

BOLETÍN  
DEL  
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA



II / 2. 2. 1

BOLETÍN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA



TOMO LV

(15.º DE LA TERCERA SERIE)

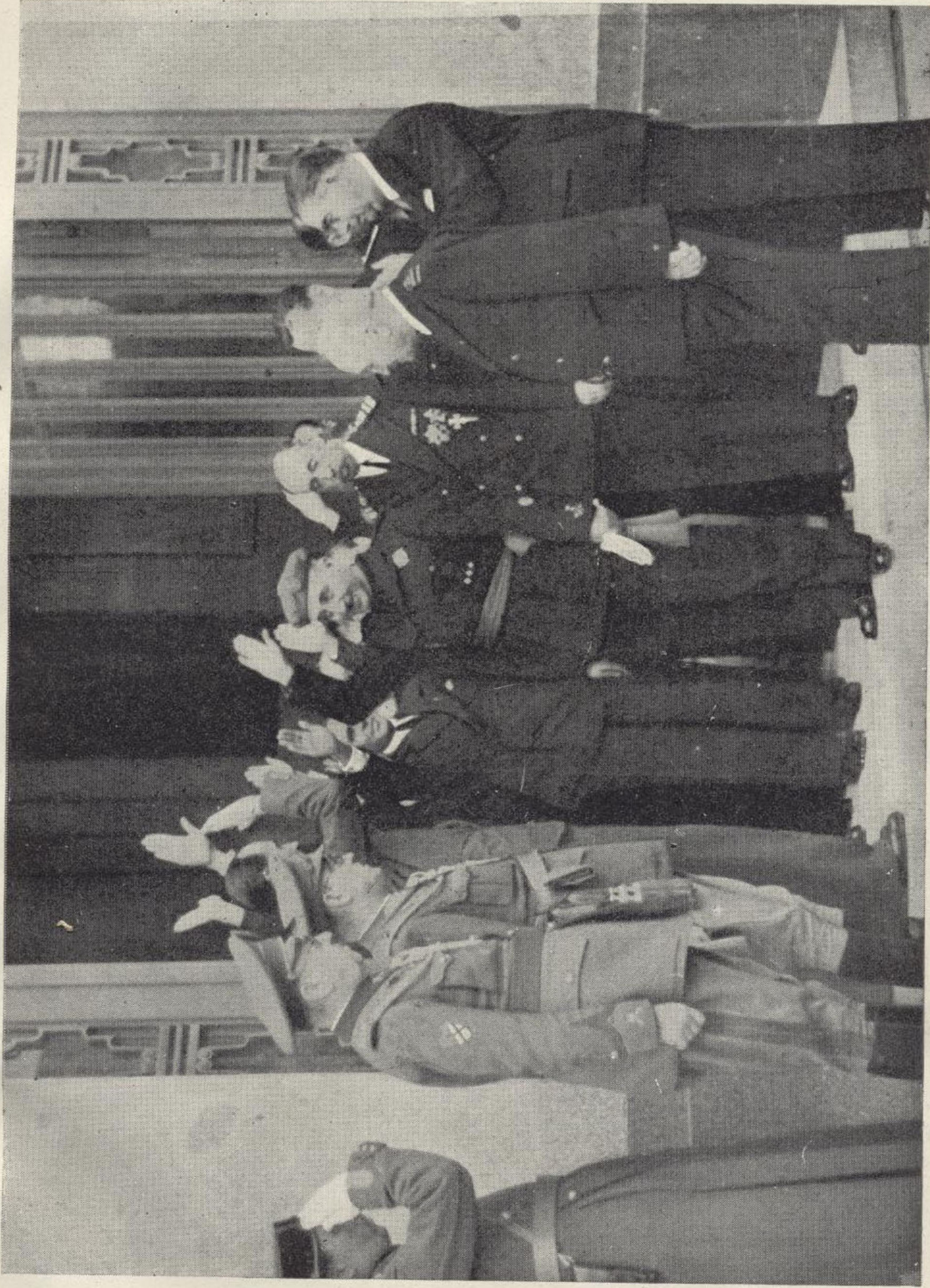
1941

GRÁFICAS REUNIDAS, S. A.

Hermosilla, 108

M A D R I D

1941



Visita al Instituto Geológico y Minero de España de S. E. el Jefe del Estado.



Dirección.



Laboratorio microscopia.

## PERSONAL DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

### INGENIEROS

Director .....	Excmo. Sr. D. Agustín Marín y Bertrán de Lis.
Subdirector .....	Ilmo. Sr. D. Alfonso del Valle de Lersundi.
Secretario .....	D. Javier Bordiu y Prat.
Vicesecretario .....	Ilmo. Sr. D. Miguel Moya y Gastón de Iriarte.
Vocal .....	Excmo. Sr. D. Primitivo Hernández Sampe- layo.
Vocal .....	Excmo. Sr. D. José García Siñeriz y Pardo Moscoso.
Vocal .....	D. Juan Gavala y Laborde.
Vocal .....	D. Diego Templado y Martínez.
Vocal .....	D. José Romero y Ortiz de Villacián.
Vocal .....	D. Alfonso de Alvarado y Medina.
Vocal .....	D. Joaquín Mendizábal y Cortázar.
Vocal .....	D. Javier Miláns del Bosch y del Pino.
Vocal .....	D. Agustín de Larragán y Alfaro.
Vocal .....	D. Juan A. Kindelán y Duany.
Vocal .....	D. José Meseguer y Pardo.
Vocal .....	D. Antonio Comba y Sigüenza.
Vocal .....	D. Carlos Ortí y Serrano.
Vocal .....	D. José Cantos y Sáinz de Carlos.
Vocal .....	D. Luis A. Larrauri y Mercadillo.
Ingeniero Auxiliar.....	D. Francisco Solache y Serrano.
Ingeniero Auxiliar.....	D. Antonio Almela y Samper.
Ingeniero Auxiliar.....	D. Manuel Pastor y Mendivil.
Ingeniero Auxiliar.....	D. Ismael Roso de Luna y Román.
Ingeniero Auxiliar.....	D. Luis Barrón del Real.
Ingeniero Auxiliar.....	D. Manuel Zaloña y Bances.
Ingeniero Auxiliar.....	Ilmo. Sr. D. Juan M. López de Azcona.
Ingeniero Auxiliar.....	D. Augusto de Gálvez-Cañero y González Luna
Ingeniero Auxiliar.....	D. Alejandro Hernández Sampelayo y Moreno.
Ingeniero Auxiliar.....	D. Juan de Lizáur y Roldán.
Ingeniero Auxiliar.....	D. José M.* Ríos y García.
Ingeniero Auxiliar.....	D. Serafín de la Concha y Ballesteros.
Ingeniero Auxiliar.....	D. José M.* Espinosa de los Monteros y Ber- mejillo.
Ingeniero Auxiliar.....	D. Joaquín Borrego y González.
Ingeniero Auxiliar.....	D. Manuel Abbad y Berger.
Ingeniero Auxiliar.....	D. Juan Fernández Caleya.

**PROFESORES DE LA ESCUELA ESPECIAL DE INGENIEROS  
DE MINAS AFECTOS A ESTE INSTITUTO**

Director del Laboratorio Químico Industrial .....	D. Ceferino L. y Sánchez Avecilla.
Profesor de Geología...	Excmo. Sr. D. Pedro de Novo y F. Chicarro.
Profesor de Paleontología .....	D. Joaquín Muñoz y Amor.
Profesor de Mineralogía .....	D. Antonio Baselga y Recarte.
Profesor de Química Analítica .....	D. Laureano Menéndez Puget.
Profesor de Topografía	D. Pedro Arsuaga y Dabán.
Profesor de Geofísica.	Ilmo. Sr. D. Wenceslao del Castillo y Gómez.

**AYUDANTES DE MINAS**

Ayudante de Minas.....	D. Dagoberto García y López.
Ayudante de Minas.....	D. Juan I. Sánchez y Monserrat.
Ayudante de Minas.....	D. Juan B. Targhetta y Junquera.
Ayudante de Minas.....	D. Emilio Porras y Revilla.
Ayudante de Minas.....	D. Federico Pinós y Ramírez.
Ayudante de Minas.....	D. Celestino Mora y López.
Ayudante de Minas.....	D. Francisco Merelo y Azañón.
Ayudante de Minas.....	D. José García y Peña.



Instituto Geológico.



## PRÓLOGO

*Después de la Liberación de España llevada a cabo por nuestro Glorioso Caudillo, el Instituto Geológico, después de haber vivido la tragedia que a aquélla precedió, en la paz de estos dos últimos años, ha procedido a su reconstrucción material y espiritual. Fruto de esta labor es el haber reanudado nuestras publicaciones, habiendo dado ya a la luz pública varias hojas del Mapa Geológico en escala 1 : 50.000, con sus explicaciones, y un primer tomo de nuestra revista NOTAS Y COMUNICACIONES. Ahora el Instituto, con el presente libro, tomo número LV, reanuda la publicación de su BOLETÍN, colección en donde ha quedado estampada la obra y la historia de este Centro, desde el año siguiente al de su fundación, en 1873.*

*Este BOLETÍN se inaugura con un trabajo de Mineralografía del Sr. Roso de Luna sobre los minerales de Huelva, donde se muestra la importancia que tiene para el tratamiento industrial de un mineral su profundo conocimiento físico-químico. En minerales tan conocidos como los piritosos de Huelva, nos sorprenden los resultados tan nuevos y tan útiles.*

*Sigue un trabajo del Sr. Almela y del que estas líneas escribe sobre un accidente tectónico en Cherta (Cuenca del Ebro), que nos ha parecido interesante dar a conocer.*

*Creemos de gran interés paleontológico el trabajo "Los cangrejos fósiles de Cataluña", de Luis Vía (Presbítero).*



que representa un esfuerzo grande, mucha competencia y que tiene el mérito de haber recogido un gran número de ejemplares que han servido de fundamento a su trabajo.

Se da cuenta también en este BOLETÍN de un trabajo de los Sres. J. F. de Villalta y M. Crusafont, de Cataluña, dando cuenta del hallazgo del *Dryopithecus Fontani*, Lartet, en el que, además de mostrar su gran interés paleontológico, se hace ver que el yacimiento mioceno en donde se ha encontrado dicho fósil es el más importante de España. En él se llevan descubiertos una gran cantidad de ejemplares de vertebrados, y entre ellos muchas especies y algunos géneros nuevos. Este Centro, estipulando la investigación y estudio de tan interesante criadero, cree hacer obra científica.

Como homenaje a la memoria del Ingeniero Vocal de esta casa Manuel Ruiz Falcó, que tanto trabajó en ella, se publica a continuación un trabajo titulado "Aportación al estudio de los terrenos Carbonífero y Permiano en España", que realizó en colaboración con el Ingeniero Ricardo Madariaga. Se recoge en forma de resumen la labor paleontológica desarrollada en muchos años por Ruiz Falcó y se da cuenta de algunos niveles marinos del Carbonífero.

Se publica también, en honra del caballero cabal e insigne Ingeniero Manuel Cincunegui, que fué vilmente asesinado por los rojos en septiembre de 1936, un trabajo que redactó en colaboración con el Vocal de este Centro Joaquín Mendizábal: "Estudio de la cuenca hidrológica del Condado de Treviño", que prueba una vez más su competencia en los estudios geológicos.

Los estudios espectroquímicos del Ingeniero de este Centro Juan Manuel López Azcona, culminan en un trabajo de importancia en el que se presenta tablas y espectrogramas con el fin de poder determinar en un momento dado, con gran rapidez, no sólo la presencia de un elemento del grupo de las

"Tierras raras" en un mineral o producto cualquiera, sino también la proporción aproximada en que está este contenido.

Y, por último, completa el volumen un estudio del Profesor J. Guzmán, del Instituto Nacional Alonso Barba, titulado "Las disertaciones metalúrgicas de Elhuyar", en que se sacan a la luz del día, con gran competencia del autor en estas materias, manuscritos y papeles antiguos que representan uno de los tesoros de la biblioteca de esta casa. Digna del ilustre Ingeniero a quien se dedica el trabajo es la labor realizada por su comentador.

Otros libros y opúsculos saldrán en seguida a luz pública, porque procuraremos, en la medida de nuestras fuerzas, dar toda la actividad posible a nuestra labor.

Creemos que debemos al lector una explicación acerca de lo que es nuestro Centro y la obra efectuada desde su liberación, con objeto de que sepa lo que somos y adonde vamos, y así será posible que este Centro preste toda su ayuda a entidades y particulares, que hasta ahora lo desconocían, y que tendrán así nuestras colecciones, nuestros laboratorios y nuestras publicaciones a su disposición para ejecutar estudios y obras que produzcan el resurgimiento de la Industria Minera y que, además, ayuden a la resolución de problemas planteados sobre hidrología, construcción o agronomía, en los que es preciso, para resolverlos, tener en cuenta la constitución geológica de nuestro suelo.

13- 2194 L  
Durante el mes de marzo último tuvo lugar en el Instituto Geológico y Minero de España la Exposición de los resultados obtenidos en la Investigación de las más importantes zonas auríferas de nuestro país. Esta, llamada "Exposición del Oro", fué visitada por numerosas personalidades del Gobierno, representaciones de Academias y Centros culturales, y de su

transcendencia y contenido se publicaron amplias referencias en las revistas de información general y de carácter técnico, y en la prensa diaria.

Los gráficos y ejemplares expuestos permitieron fijar con absoluto rigor científico lo que son las posibilidades auríferas de España en relación con la producción mundial de metal amarillo, así como el verdadero lugar que le corresponde a este problema en el cuadro de los que están planteados actualmente a la economía nacional. Quedó evidenciada también la conveniencia de proseguir la investigación en varias zonas, a fin de completar datos, señalar orientaciones y resolver algunas dudas surgidas en la iniciación de las exploraciones.

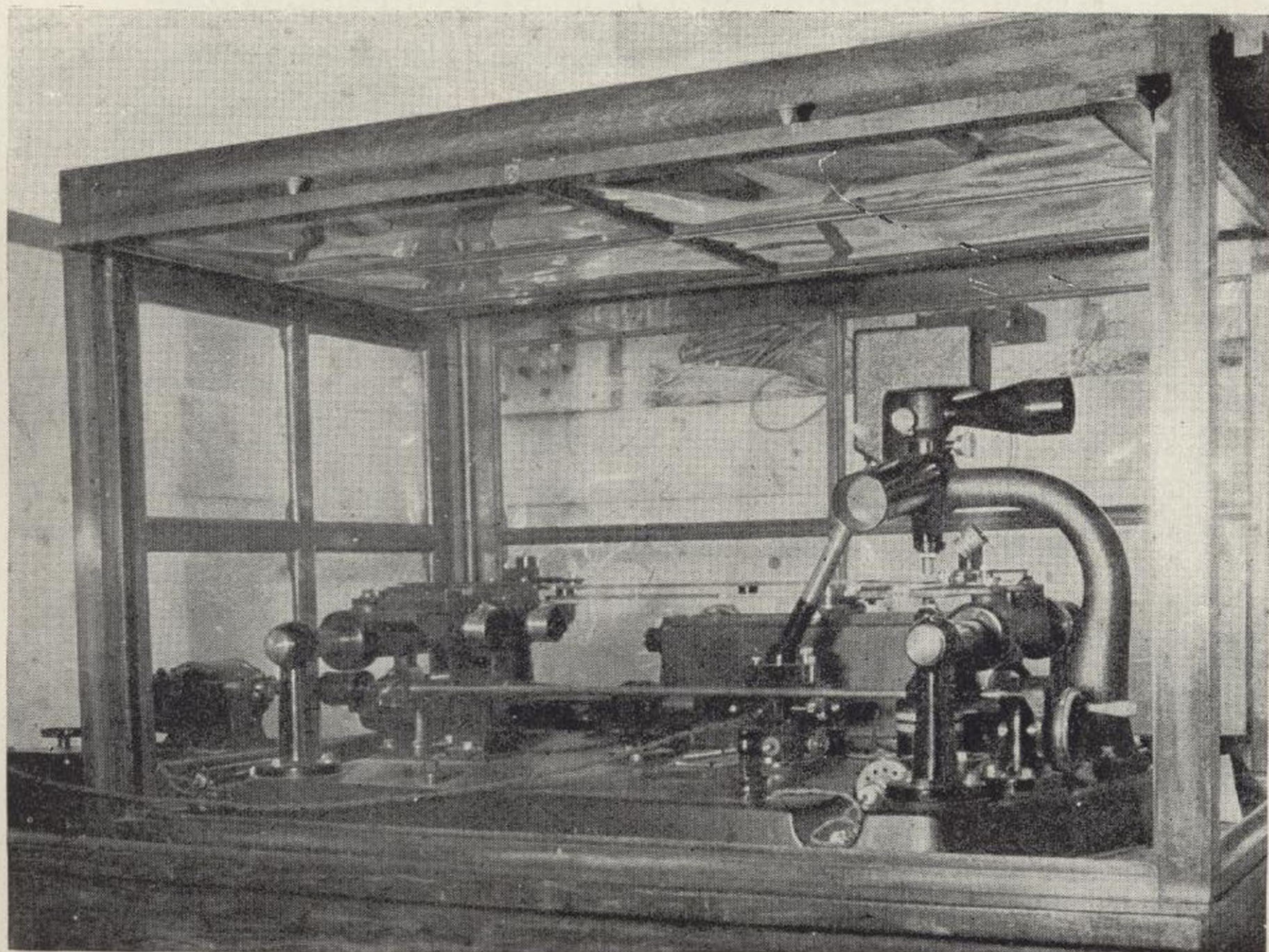
El Instituto habrá de explicar extensamente los informes de los Ingenieros encargados de la investigación aurífera, y por ello, no hacemos una referencia, que sería necesariamente incompleta y, por tanto, inadecuada a este lugar, de las zonas investigadas, labores hechas, análisis efectuados, etc., que someramente y a título de vulgarización aparecieron oportunamente en las informaciones periodísticas a que antes aludimos.

El hecho culminante de la Exposición fué el honor que recibió el Instituto con la visita de Su Excelencia el Jefe del Estado y Generalísimo de los Ejércitos, quien, después de recorrer todas las dependencias, informarse municiosamente de todos los servicios y escuchar atento y complacido las explicaciones que le fueron facilitadas por nuestro Director, inauguró el álbum de firmas del Instituto con estas palabras: "La Nueva España convertirá vuestra Ciencia en realidades".

La Exposición sirvió, pues, para que las Ilustres Personalidades que la visitaron, empezando por la más alta Jerarquía del Estado, conocieran la obra realizada por el Instituto, cuáles son sus actividades en estos momentos, sus planes para el futuro, los medios de que dispone y los que necesita para abordar la investigación de las riquezas mineras del suelo es-



Biblioteca.



Fotómetro.

*pañol, y poner en valor nuevas fuentes de la riqueza patria, precediendo y secundando, en este orden, las iniciativas del Estado y las particulares.*

*Años atrás, guiado siempre por la labor descriptiva de sus Geólogos, Paleontólogos y Mineralogistas del siglo XIX, glorias imperecederas de la Ciencia Española, el Instituto Geológico había iniciado la investigación minera, y en su BOLETÍN se detallan los múltiples trabajos realizados en este sentido: Sondeos para la explotación de sales potásicas, aluviones metalíferos, cuencas hulleras, alumbramiento de aguas subterráneas, exploración de terrenos petrolíferos, etc. Ya había empleado los aparatos y modernos métodos de prospección geofísica, formando e instalando sus museos y biblioteca y algunos de sus laboratorios. Pero las necesidades de aquellos tiempos no eran las del presente; los medios eran limitados y toda esta labor se iba llevando a cabo lentamente, sucesivamente, diríamos que tranquilamente.*

*Fué una solución de continuidad en esta obra la tremenda guerra que ha dolorido y empobrecido a España. Durante tres años el Instituto esperó quieto y mudo. Fueron protegidos, en los sótanos, aparatos, libros y colecciones; muchos objetos fueron destruidos o se extraviaron; el edificio sufrió considerables daños.*

*Y, desgraciadamente, no fueron sólo cosas materiales las que se perdieron: Manuel de Cincúnegui, Vocal de este Instituto, había muerto. Unos asesinos le habían borrado para siempre de nuestra convivencia; y hoy, una lápida colocada en la escalera principal de la casa, que fué descubierta solemnemente por el Ministro de Industria y Comercio, perpetúa el recuerdo de aquel competentísimo Ingeniero, compañero ejemplar e inolvidable amigo.*

*Hay que empezar a vivir en pie de paz, centuplicar el esfuerzo y las iniciativas, no sólo para curar las heridas que*

la guerra causara, sino para lograr el ritmo de trabajo por las urgentes necesidades del momento. Esta labor se emprendió en seguida de que tremolara nuestra bandera roja y gualda en el edificio de este Centro, y con toda celeridad, no sólo se reconstruyó lo que la guerra destruyó, sino que se dotó de nuevos laboratorios, se ampliaron los existentes y se ha procurado tener todos los medios que utiliza la Ciencia moderna para procurar descubrir los secretos que guarda nuestro subsuelo.

De la Dirección del Instituto depende la Secretaría, auxiliada en sus funciones por cierto número de empleados administrativos encargados de los archivos, registros y contabilidad, y en ella puede considerarse incluido el departamento de delineantes, en el que se confeccionan planos, esquemas, y, en general, todo el material gráfico que ilustra y acompaña las Memorias. Informes y trabajos de los Ingenieros y Ayudantes.

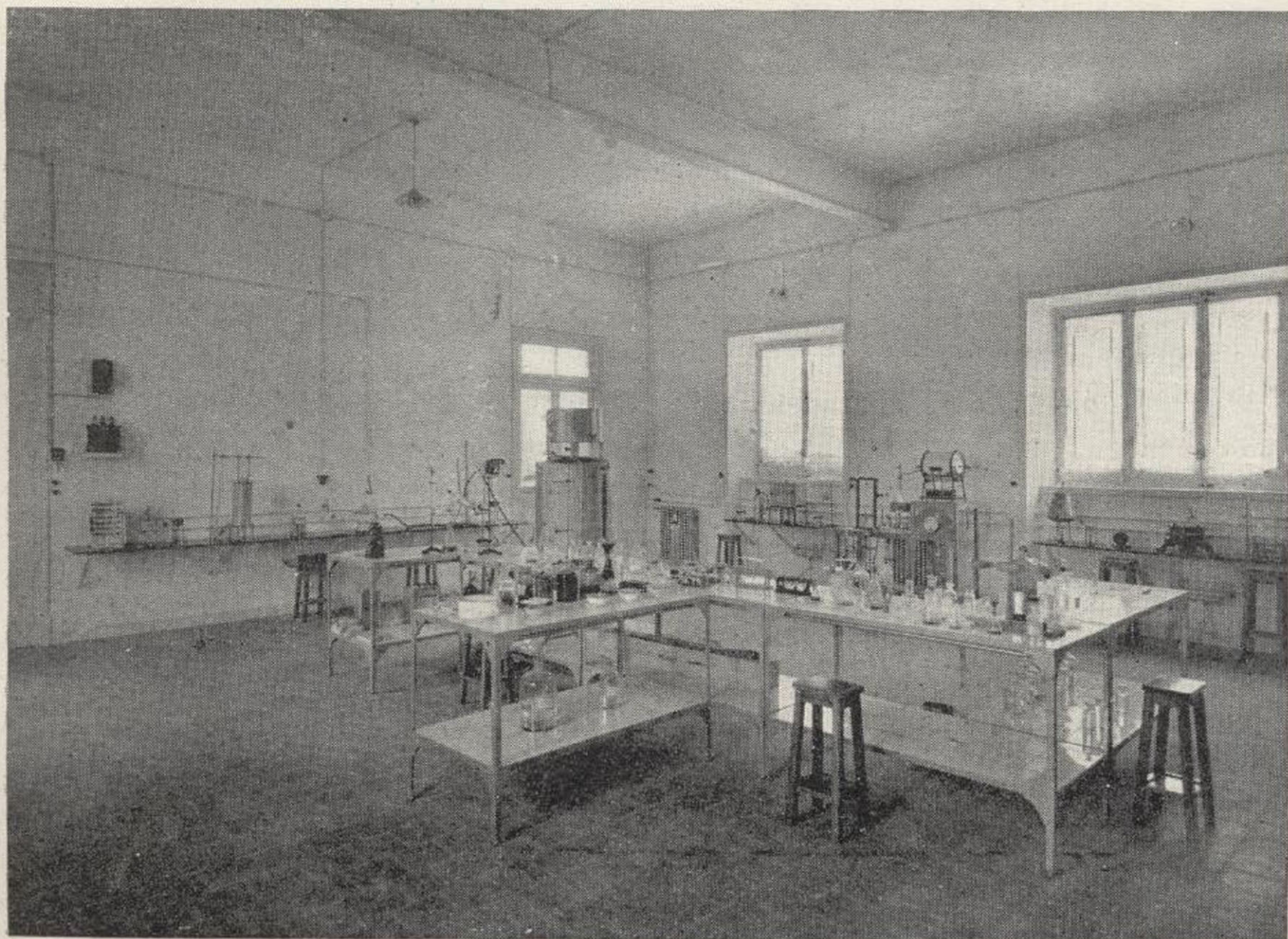
Los diversos servicios técnicos dependientes de la Dirección se encuentran distribuidos en las siguientes Secciones: Geológica, de formación del Mapa; Estudios e Investigación de criaderos; Geofísica; Publicaciones; Museos y Biblioteca; Aguas Subterráneas; Laboratorios.

Los laboratorios que funcionan en el Instituto son los siguientes: Geofísica; Química; Microscopia; Rayos X; Espectroscopia; Fotometría; Radiactividad; Combustibles; Mineralografía; Concentración de Minerales; Determinación de microfaunas.

Para la formación del Mapa Geológico en hojas escala 1 : 50.000 se considera dividida España en ocho regiones, agrupándose en cada una de ellas un cierto número de Ingenieros y Ayudantes encargados de redactar las Memorias explicativas y confeccionar los planos y cortes geológicos correspondientes. En ocasiones auxilian a estos trabajos Ingenieros geólogos y Catedráticos de otros Centros científicos.



Museo.



Laboratorio de Hidrocarburos.

*Para el estudio e investigación de criaderos, como prolongación de cuencas hulleras, yacimientos de sustancias de minerales de interés para la defensa nacional, depósitos auríferos, materias refractarias y aislantes y, en general, de cuantas sustancias interesan tanto al Estado como a la industria particular, funciona la sección correspondiente, formada por Ingenieros especializados en esta clase de trabajos.*

*Auxiliar poderoso de la Sección anterior es la de Geofísica, que, con su correspondiente laboratorio y mediante el empleo de sus métodos propios, precede a los trabajos de exploración minera y, fundándose en datos geológicos, orienta, de un modo rápido y económico, las labores que en cada caso conviene realizar.*

*La Sección de Publicaciones está encargada de dirigir y confeccionar las que periódicamente recogen la labor que va realizando el Instituto. Son estas publicaciones: El BOLETÍN, las MEMORIAS, las NOTAS Y COMUNICACIONES, las Hojas de escala 1 : 50.000 y los Mapas 1 : 400.000 y 1 : 1.000.000, y los mapas provinciales.*

*Por su importancia especial, forma una Sección todo cuanto se refiere a los trabajos para el alumbramiento de aguas subterráneas. Merced a ellos se consigue convertir en férciles extensas zonas de terreno, antes estériles, y dar satisfacción a la clamorosa demanda de numerosísimos pueblos que desgraciadamente carecen de agua, no sólo para satisfacer las necesidades de la agricultura, sino para atender los más elementales servicios del hogar. Colaboran eficazmente en los trabajos de esta Sección las Delegaciones Regionales, desempeñadas por Ingenieros y Ayudantes de las Jefaturas de los Distritos Mineros, que realizan una labor incesante de estudio y propaganda.*

*En el hermoso salón del Museo se han instalado cuatro clases de colecciones. La Paleontológica central, en 32 vitri-*



nas, con unos 4.800 ejemplares; el orden principal es por terrenos, y dentro de cada sistema geológico se sigue el orden ascendente biológico. Los fósiles, en su totalidad, son españoles y recogidos por los Ingenieros del Instituto.

Adosada a los muros y rodeando la colección anterior, se encuentra la Mineralógica, en 28 vitrinas, con unos 6.000 ejemplares. El orden seguido es el minero, es decir, agrupación por bases (Dufrenoy, Lapparent), para que preste más utilidad en las investigaciones de criaderos. Las mejores formas cristalizadas se están agrupando por sus afinidades ácidas (Zirkel, etc.).

En el piso primero del salón se han iniciado las colecciones (fósiles, menas, rocas) de cada región, y en el piso segundo se reunirán las menas de los distintos criaderos metalíferos y cuencas carboníferas, dando preferencia al sentido económico. También se expondrán los tipos de rocas de construcción y ornamentación.

El personal del Museo se encarga también de la formación de colecciones didácticas de minerales, rocas y fósiles para Centros docentes, y en ellas se sigue el orden adoptado en el Instituto de segunda Enseñanza o Universidades a que correspondan la petición que se haya elevado a la Dirección General de Minas.

En la Biblioteca del Instituto se hallan ordenadas y catalogadas, según el índice decimal internacional, cuantas obras de interés existen sobre Estratigrafía, Paleontología, Tectónica, yacimientos minerales, etc. Es la colección bibliográfica más importante de España en todo cuanto se refiera a las materias propias del Ingeniero de Minas, y posee algunos ejemplares notabilísimos.

La colección cartográfica es también muy importante, conservándose, convenientemente ordenados, los Mapas Geológicos de todas las regiones y naciones del mundo.

Entre las distintas determinaciones que se efectúan en el Laboratorio de Geofísica, figuran la determinación de las constantes de las dos "Balanzas de Torsión" que han de emplearse en los trabajos de campo; la medición y cálculo de las observaciones fotográficas en las placas sensibles; la interpretación geológica de los gradientes obtenidos.

Se dispone de un equipo con imanes insensibles a la variación de la temperatura, y de otro sin esa particularidad. Ambos tienen un aparato registrador fotográfico. ...

En el Laboratorio se miden la sensibilidad y apreciación de cada uno de ellos, se calculan los momentos magnéticos de todos los imanes empleados, se determinan las constantes de los aparatos, se registran la variación diurna y se efectúan las determinaciones relativas de la susceptibilidad magnética de las muestras de las rocas que se encuentran en las investigaciones.

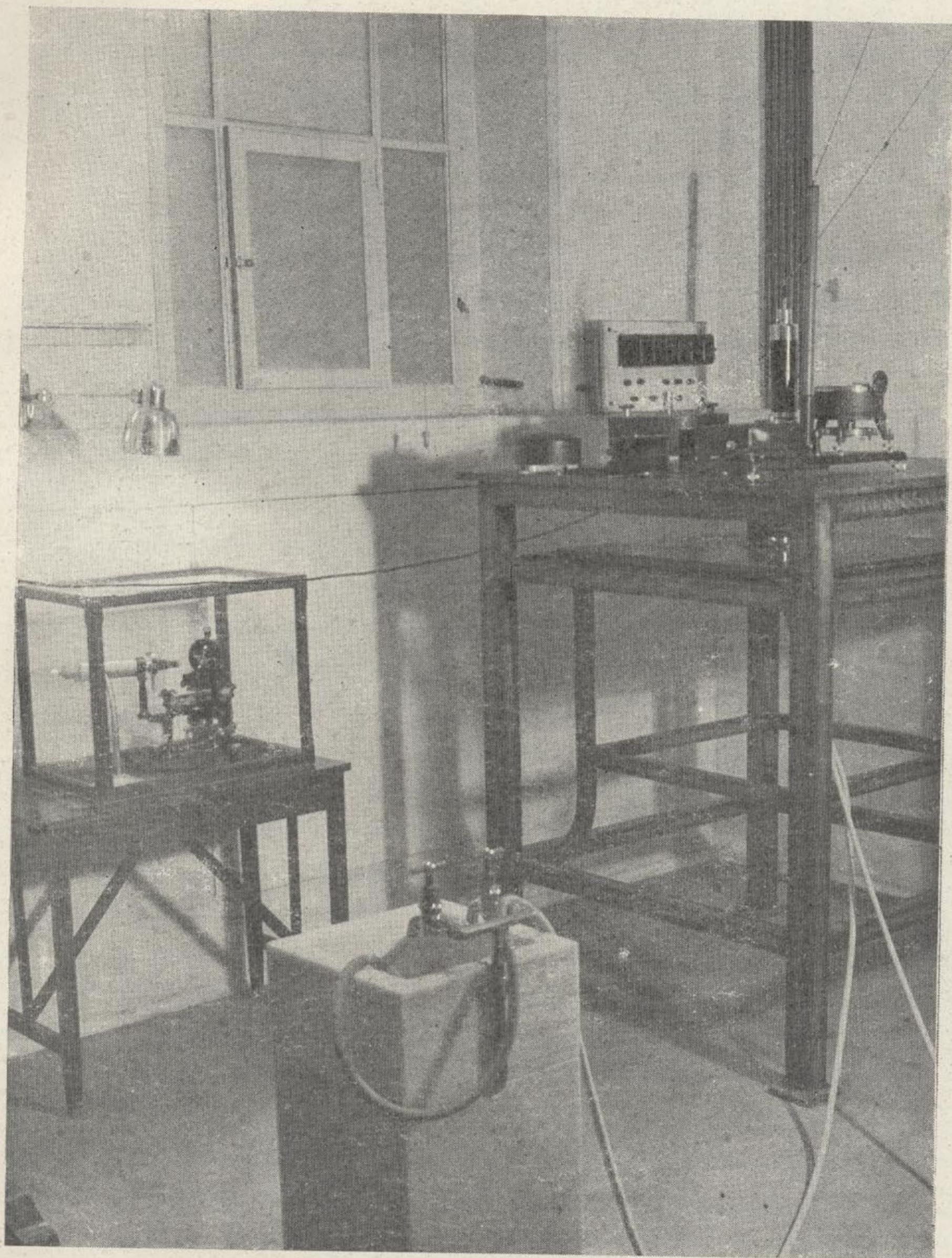
En el equipo de doce sismógrafos "Askania", se hacen las correcciones y determinaciones de constantes, así como toda clase de reparaciones mecánicas que precisan por su prolongado empleo en el campo.

Con el registro galvanométrico de Ambronn se estudian toda clase de movimientos vibratorios, producidos o no por explosiones. Se ha logrado instalar nuevos hilos de platino en los "Patrones", operación muy difícil.

Se ha logrado construir un aparato nuevo denominado "Variómetro de Resistividades Siñeriz", que tiene grandes ventajas sobre los adquiridos en el extranjero, a más de resultar mucho más económico.

En el Laboratorio de Química se procede al análisis, requerido por todo estudio geológico, de las muestras recogidas en el campo.

En él se practican toda clase de ensayos, menas, aguas, muestras de filones, rocas, etc.



Laboratorio Rayos X.

*En los últimos meses no ha interrumpido su marcha habitual de ensayos de aguas y minerales, dedicando además gran actividad a los ensayos por vía seca de 1.543 muestras de filones o aluviones auríferos, cuyos resultados han sido entregados a los Ingenieros que efectuaban las investigaciones, con la rapidez necesaria para delimitar, con el menor coste, las zonas de mayor concentración en oro.*

*Se han efectuado muchísimos ensayos de muestras de níquel, cromo, etc., respondiendo a las directrices de las investigaciones que en la actualidad ocupan principalmente al Instituto.*

*El Laboratorio de Petrografía dispone de varios grandes modelos de microscopios, entre los que merece cita especial el moderno de tipo universal denominado "Pamphot", para observación subjetiva y microfotografía, en tamaño 9 × 12, empleándose, en casos excepcionales que requieran mayores dimensiones, un banco óptico especial dotado de su propio microscopio. Dentro de esta Sección figura también el aparato de Orueta, con el doble mérito de haber sido ideado por este notable Ingeniero de Minas y construido por Torres-Quevedo, en su antiguo Laboratorio de Automática.*

*Para la determinación de las constantes ópticas se hallan instalados un refractómetro, un gran modelo de goniómetro de reflexión, un aparato para la medida del ángulo de los ejes ópticos de los cristales y otros diversos aparatos cuyas instalaciones se completarán en breve, con medidas fotométricas de reflexión y absorción y observación microscópica de cambios de estado, para ensanchar nuestra técnica de trabajo, en la que siguen métodos no solamente cualitativos, sino también cuantitativos.*

*Finalmente, para discusión, enseñanza y conferencias, dispone de excelentes microscopios de proyección que permiten obtener imágenes de gran finura de las preparaciones micros-*

cópicas, las cuales se confeccionan en un taller mecánico especial.

Relatar los trabajos que se efectúan en este Laboratorio, por su carácter de generalidad, alargaría, innecesariamente, este artículo. Baste decir que en él se persiguen fines de investigación científica y de aplicación industrial. Son ya varias las rocas que han salido de este Laboratorio con un nombre hasta entonces no citado en la petrología española, y presta su eficaz contribución para el estudio genético de criaderos minerales, de gran utilidad para la industria.

El Laboratorio de Rayos X del Instituto Geológico y Minero de España, tiene un doble carácter: técnico y científico.

Su misión consiste en aplicar métodos físicos en que se utilicen rayos X para el estudio de las sustancias minerales y sus derivados.

Sus actividades comprenden: el estudio macroscópico interno (Radiografía), los fenómenos de absorción y la estructura cristalina de la materia, tanto de los monocristales como de los agregados criptocristalinos.

Para lo primero, se tiene encargado un tubo de Rayos X con anticatodo de volframio, que trabajará con tensión de 300.000 V., junto con su instalación transformadora correspondiente.

Para la estructura fina se dispone en la actualidad de una instalación eléctrica con elevación de tensión hasta 110.000 V. y rectificación de media onda, fabricada por la casa Prieto, de Barcelona, y suministrada por Philips Müller, y de un tubo de Rayos X Müller-Metallix, con anticatodo de cobre. Respecto de las cámaras, se cuenta con una de gran precisión Fuess para diagramas Debye, y de un modelo universal junto con una Weisemberg-Torroja, construidas en el Instituto Leonardo Torres-Quevedo.

Existe también un tubo abierto de Rayos X, universal, de

juntas troncocónicas, y un equipo completo de vacío (bomba rotatoria de aceite y bomba de difusión de aceite), construido en el mismo Instituto de Leonardo Torres-Quevedo.

En el Laboratorio de Espectroscopia se hacen especialmente tres tipos de análisis espectroquímicos, que son cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos. Los primeros, cuando interesa averiguar si en un mineral o aleación existe un elemento determinado, problema que se presenta frecuentemente en este Instituto; los segundos, cuando se quiere tener una idea aproximada de la proporción en que está, con el fin de saber si una mina es explotable o no o si una aleación posee una determinada propiedad; y cuantitativos, cuando se desea que esta valoración sea exacta.

Entre los análisis destacan los de mil minerales de plomo, principalmente galenas, que nos sirven de base para el estudio geoquímico del plomo; también se ha hecho semicuantitativamente el estudio de doscientos minerales de cinc, con el fin de estudiar la geoquímica de este elemento.

Uno de los elementos más difíciles de separar químicamente, y que su análisis lleva varias semanas de trabajo, son los del grupo de las "tierras raras", para los cuales hemos hecho un detenido estudio de sus rayas, que figura en este BOLETÍN, lo que nos permite un rapidísimo análisis espectroquímico semicuantitativo.

Entre los problemas que tenemos en estudio figuran:

El análisis espectroquímico rápido, en plan industrial, de aguas minero-medicinales, aceros y aleaciones ligeras.

Además del análisis espectroquímico, nos dedicamos al análisis espectral, y entre los trabajos correspondientes a esta técnica, figuran la prolongación de los espectros de las "tierras raras" en el extremo ultravioleta.

También se hacen estudios de permeabilidad de vidrio para las distintas radiaciones visibles y ultravioletas, así como

de productos farmacéuticos destinados a la protección de la piel.

Para el análisis espectroquímico cuantitativo, es indispensable la íntima relación con el Laboratorio de Fotometría; por medio del fotómetro registrador de célula fotoeléctrica y electrómetro monofilar de Wulf, se llegan a hacer valoraciones con un error menos del 1 por 100 de su contenido, el cual suele ser del orden de millonésima de gramo o inferiores; así es que el error con que operamos en la muestra es menor de centésima de millonésima de gramo. Estas valoraciones requieren gran precisión y delicadeza.

En el Laboratorio de Radiactividad se hacen medidas de radiactividad de sólidos, líquidos y gaseosos. Se han estudiado varios problemas, y últimamente edades de minerales, entre los que figura una torbernita, una pezblenda del Carbonífero y una betafita moderna.

También se ha hecho un estudio de valoración en años de diversos periodos uranológicos y geológicos.

El Laboratorio de Concentración de Minerales estará constituido por toda clase de aparatos semi-industriales, para poder aplicar a las menas todos los procedimientos modernos de preparación mecánica, procedentes de la casa Krupp, de Alemania, y Dorr, de Estados Unidos, y consta actualmente de molino, cribas automáticas y dos aparatos Rausenbusch, uno accionario a mano para pequeñas muestras y otro por motor eléctrico para volúmenes mayores de materiales ensayados.

Este Laboratorio ha permitido aislar gravimétricamente diferentes elementos de menas complejas, obteniéndose concentrados que han anticipado soluciones posibles a los problemas que plantea su aprovechamiento. Cuando en el año próximo estén en funcionamiento las instalaciones a que hemos hecho referencia, este Laboratorio de preparación de minerales en escala semi-industrial será un poderoso auxiliar de nuestra

minería y permitirá la explotación económica de minerales de baja ley que hoy día están desaprovechados por la carencia de estudios previos que señalen el método racional de su utilización.

En el Laboratorio de Minerografía se llevan a cabo toda clase de estudios e investigaciones micrográficas de las menas metálicas y productos de preparación mecánica de minerales metálicos.

La preparación de las muestras exige una técnica muy esmerada, sobre todo en los casos de menas deleznable y productos de concentración, y también en los casos de menas de constituyentes de muy diferente dureza. El Laboratorio dispone a este respecto de una máquina pulidora, proyectada y ejecutada de modo excepcional por el Laboratorio de Construcción de Material Científico Leonardo Torres-Quevedo. Para la observación de los minerales por reflexión, con luz polarizada, y para la obtención de microfotografías, posee el Laboratorio el aparato "Pamphot", de la casa Leitz, con todos los accesorios necesarios para desempeñar los trabajos más exigentes.

Caben, por tanto, estudios micrográficos completos de toda clase de menas metálicas, como son, por ejemplo: determinación de constituyentes; análisis de la textura y estructura de los mismos (dato este de gran utilidad en los problemas de beneficio y concentración de minerales de una mena determinada); consideraciones micrográficas que ayudan a resolver los problemas genéticos del criadero; descubrimiento de especies a veces insospechadas, etc.

A este respecto cabe decir, a título de ejemplo, que en una simple muestra de mena de Bustarviejo (Madrid), se han determinado al microscopio las siguientes especies: Mispiquel ( $\text{Fe As S}$ ), blenda ( $\text{Zn S}$ ), casiterita ( $\text{Sn O}_2$ ), calcopirita ( $\text{Cu Fe S}_2$ ), pirita ( $\text{Fe S}_2$ ), pirrotina ( $\text{Fe S}$ ), marcasita ( $\text{Fe}$

*S<sub>2</sub>), covelina (Cu S), estannita (Cu<sub>2</sub> Fe Sn S<sub>4</sub>), matildita (Ag Bi S<sub>2</sub>), galena (Pb S), valleriita (Cu<sub>2</sub> Fe<sub>4</sub> S<sub>7</sub>), bismuto nativo (Bi), bismutina (Bi<sub>2</sub> S<sub>3</sub>) y cuarzo (Si O<sub>2</sub>).*

*Muchas de estas especies no han sido nunca citadas en ese criadero. Este simple ejemplo muestra la utilidad de esta clase de trabajos que en la Sección de Minerografía se efectúan.*

*En el Laboratorio de Combustibles se está iniciando actualmente un estudio sistemático de carbones y pizarras bituminosas españolas y su comportamiento en la destilación.*

*Cuenta el Laboratorio con hornos de mufla, estufas, etcétera, para el análisis inmediato de los carbones, y con dos hornos de destilación Fischer. Uno de ellos con una retorta de un kilogramo de capacidad y calentamiento eléctrico, en el que se ha montado un separador electrostático Cottrell, con objeto de reducir al mínimo las pérdidas de aceite en los ensayos.*

*El otro es de una capacidad de 15 a 20 kilogramos, para ensayos semi-industriales, con calentamiento con quemadores de gas, estando actualmente tratándose de sustituir éstos, ya que, dado el rendimiento de la potencia calorífica, al presente, del gas no es posible alcanzar la temperatura de destilación deseada.*

*Ha adquirido moderno material para realizar ensayos de destilación a alta temperatura, análisis de gases y estudios de coquización de los carbones, ya que hoy día el rendimiento y calidad del coque es uno de los problemas de palpante actualidad para la industria nacional.*

*Para los estudios de la microfauna se ha montado un Laboratorio especial. La creación de este Laboratorio se debe a exigencias de la realidad, a la necesidad de determinación de niveles y tramos en los que la vida no dejó otra clase de manifestaciones. Así sucede, por ejemplo, en los estudios de Marruecos en busca de petróleos, en que, gracias a los faro-*

*miníferos, se han podido llevar a cabo los estudios estratigráficos necesarios.*

*Todos los Laboratorios trabajan en perfecta coordinación y permiten completar el estudio de la forma, extensión y profundidad de los criaderos, edad y génesis de los mismos, elementos constitutivos de rocas y minerales, análisis total de estos últimos y estudio de más adecuado tratamiento industrial.*

*Cuentan los Laboratorios con un material modernísimo, que se acrecienta y perfecciona constantemente con la adquisición de aparatos de los últimos modelos. Todo ello hace que las instalaciones con que trabaja el Instituto Geológico puedan equipararse a las más perfectas de Centros similares extranjeros.*

*Algunos de los Ingenieros de Minas del Instituto son miembros de la Real Academia de Ciencias, Catedráticos de la Escuela de Minas, Directivos de Asociaciones Internacionales. Cuenta además el Instituto, para sus estudios geológicos, con la colaboración de Doctores en Ciencias Naturales y destacadas personalidades universitarias.*

*Es así el Instituto Geológico y Minero de España, Centro en el que convergen la investigación científica y los estudios de aplicación industrial. Siguiendo las inspiraciones del Caudillo, se ha de procurar que este Centro siga en su labor una trayectoria que nos guíe al minero, desde la especulación científica más profunda, hasta los problemas de orden práctico y material que se presentan en la Minería.*

AGUSTÍN MARÍN

1941

ALGUNAS CARACTERÍSTICAS  
MINERALÓGICAS

DE LA

**PIRITA, CALCOPIRITA Y BLENDAS  
DE RÍOTINTO**

POR

I. ROSO DE LUNA

Ingeniero de Minas

## ALGUNAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DE LA PIRITA, CALCOPIRITA Y BLENDA DE RÍOTINTO

El examen microscópico de multitud de muestras de las menas de los criaderos de Ríotinto, nos ha revelado en la pirita, calcopirita y blenda de ellos características mineralógicas que hemos creído interesante recoger en las microfotografías que ilustran estas notas informativas. El trabajo le hemos realizado en el Laboratorio Micrográfico para el estudio de Rocas, Menas y Combustibles sólidos, de la Escuela de Minas, recientemente creado y hoy ya en pleno funcionamiento.

### PIRITA $\text{FeS}_2$

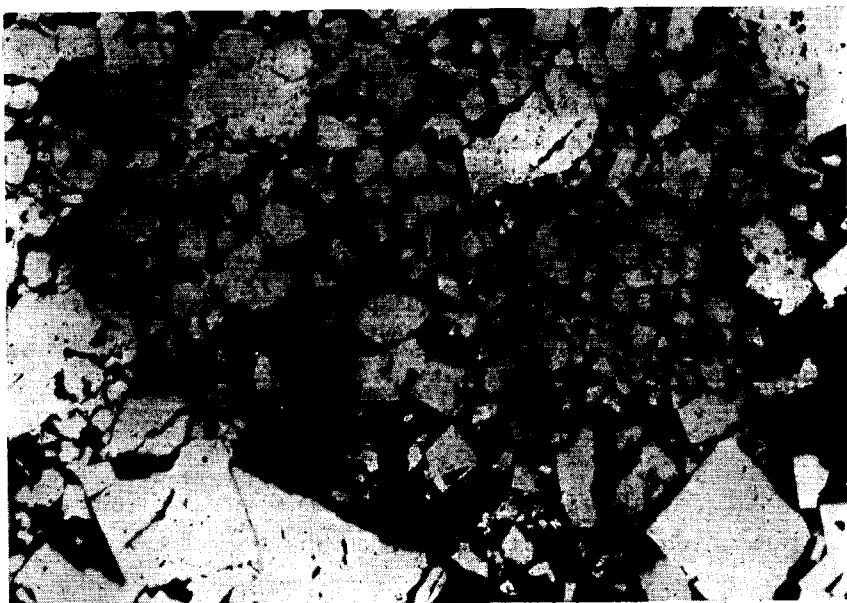
La pirita de las muestras examinadas se presenta con estructura de uno de los tipos siguientes: idiomórfica e hipoidiomórfica, compacta, brechoide, zonal, geliforme y nodular. Entre estos tipos extremos existen, como es lógico, tipos intermedios o de transición.

*Estructura idiomórfica.*—En las zonas marginales de las masas de sulfuros del criadero, la pirita se presenta de dos maneras: diseminada en cristales aislados en el pórfido y en venillas rellenando las grietas del "stockwerk". Los cristallitos diseminados en el pórfido suelen ser idiomórficos o hipoidiomórficos; los cristales idiomórficos aparecen, general-



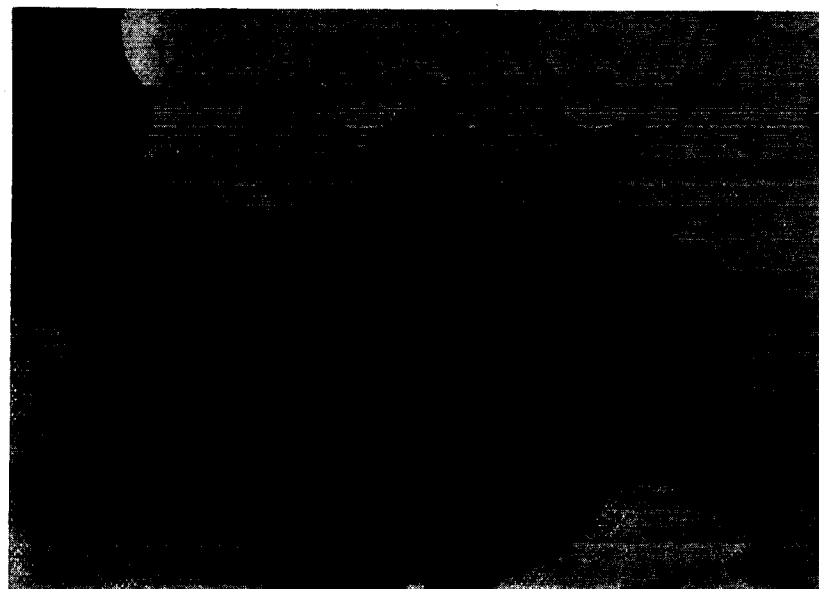
mente, rodeados de laminillas de cuarzo, las cuales, a su vez, se ven envueltas en calcita con algo de sericita; también se observan a veces cristales diminutos de rutilo adheridos a los de pirita.

En la *Foto núm. 1*, los cristales blancos son de pirita y la parte negra es pórfido; las masas grises diminutas de la parte central superior son de calcopirita. La mayoría de los cristales de  $\text{FeS}_2$  son hipoidiomórficos; hay muchos alotriomórficos y algunos idiomórficos.



FOT. NÚM. 1 ( $\times 85$ ) (Foto I. R. de L.)  
Pirita (blanca), disseminada en pórfido (negro).

En la *Foto núm. 2* se observan cristallitos idiomórficos de pirita (blancos) disseminados en la masa central de pórfido (negra). Los cristales grandes de pirita representan en cierto modo la transición hacia la pirita compacta de la masa de sulfuros principal.

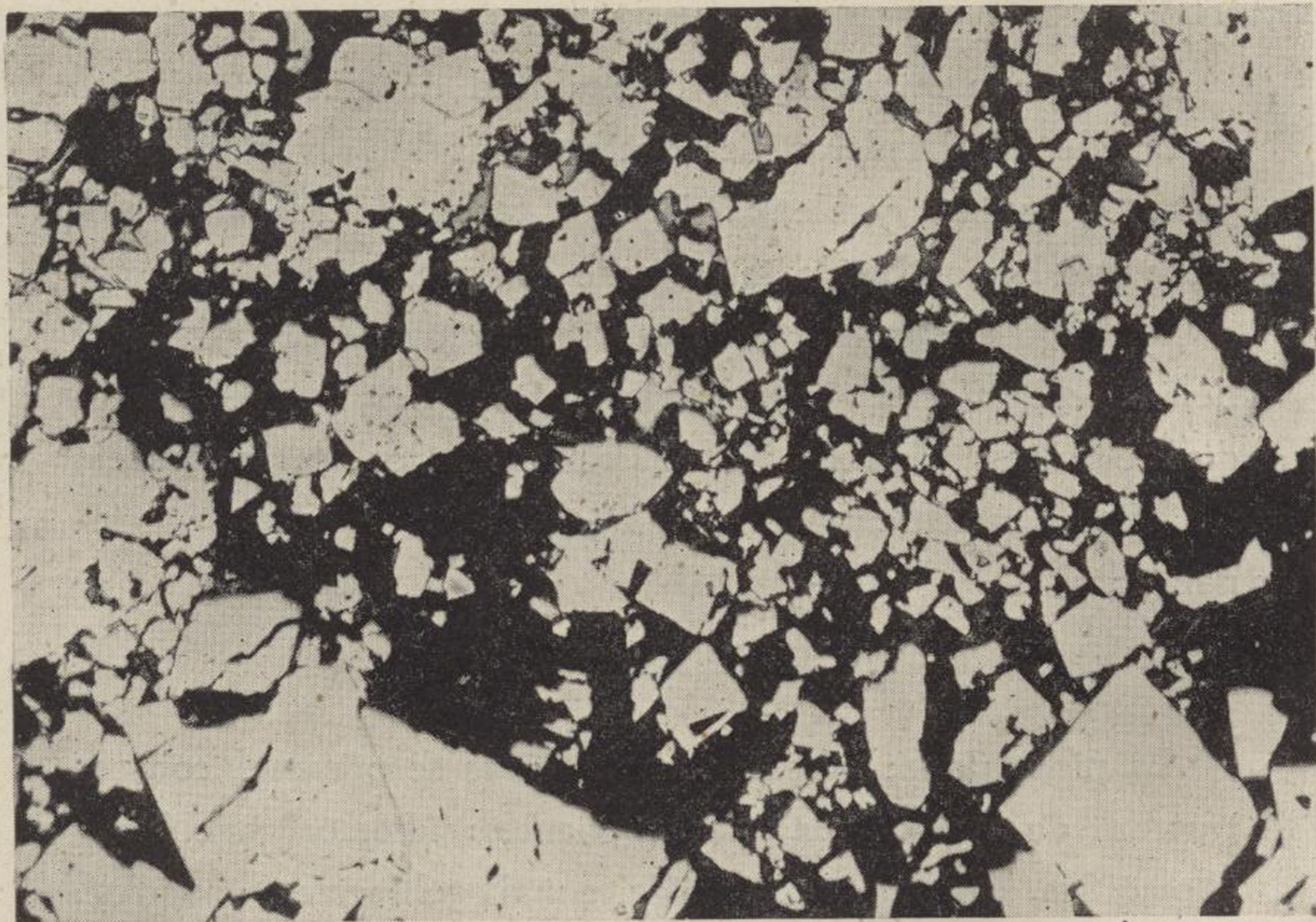


FOT. NÚM. 2 ( $\times 120$ ) (Foto I. R. de L.)  
Pirita (blanca), disseminada en pórfido (negro).

Conocida es la tendencia de la pirita a la idiomorfia, aun en aquellos casos menos favorables para esta clase de cristalización. Cuando el  $\text{FeS}_2$  viene junto con otras sustancias minerales, su capacidad de cristalización suele ser mayor que la de las sustancias que le acompañan, por lo cual no es raro encontrar pirita idiomórfica rodeada de otros minerales que no aparecen en esa forma; así se observa, por ejemplo, en la *Foto núm. 19*: en la semidiagonal superior derecha hay un cristal idiomórfico de pirita (blanco) casi rodeado por la masa gris de calcopirita.

La pirita disseminada en pórfido corresponde a la primera fase de la metalización piritosa (v. Tabla de Paragénesis en la pág. 28; los cristallitos se formaron después de la solidificación de la roca.

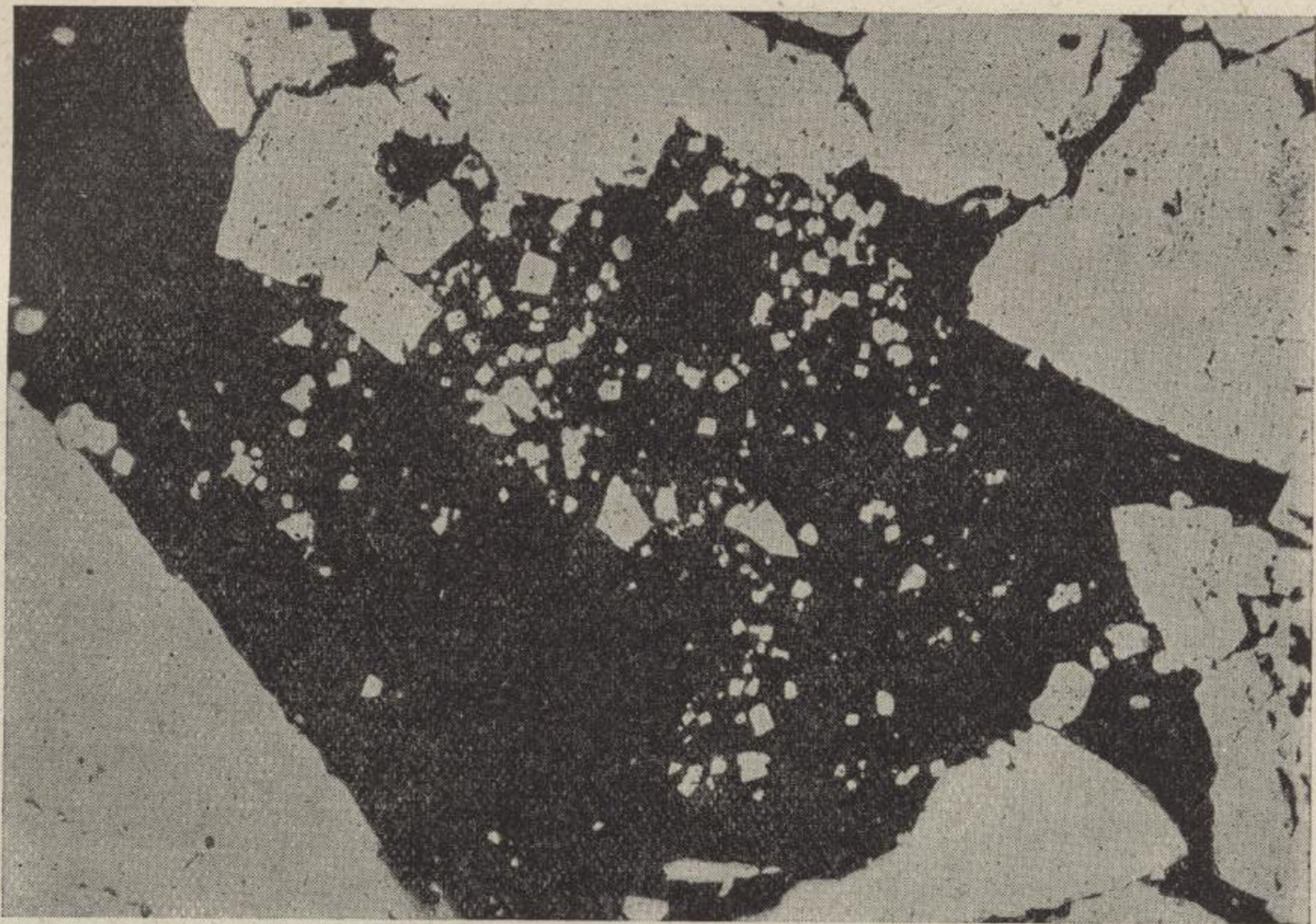
En multitud de muestras se observa la pirita idiomórfica



FOT. NÚM. 1 ( $\times 85$ )

(Foto I. R. de L.)

Pirita (blanca), diseminada en pórfido (negro).



FOT. NÚM. 2 ( $\times 120$ )

(Foto I. R. de L.)

Pirita (blanca), disseminada en pórfido (negro).

sustituida por pirita alotriomórfica (v. *Foto núm. 3*) y por otros minerales (*Foto núm. 4*; blanco=pirita; gris=blenda; negro=cuarzo). No son raros los casos en que los cristales idiomórficos de  $\text{FeS}_2$  se ven sustituidos por completo por el cuarzo



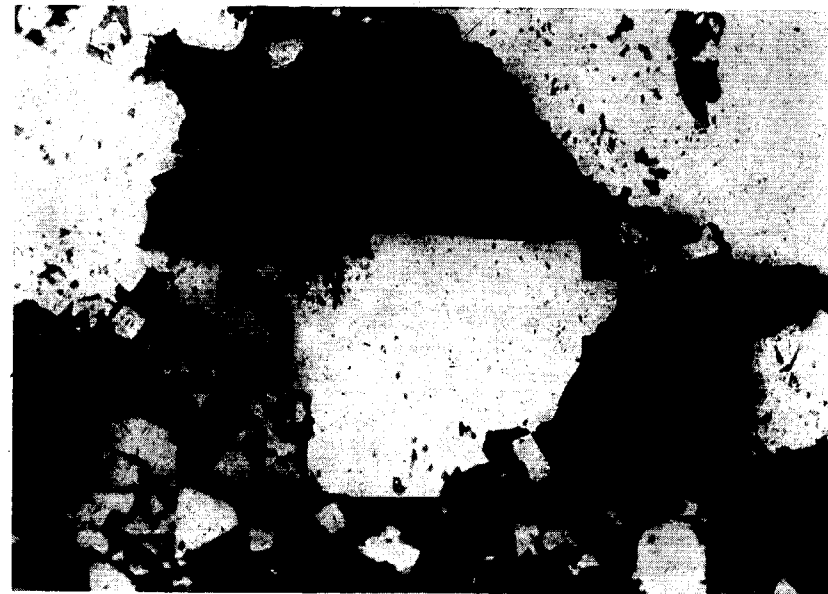
Fot. NÚM. 3 ( $\times 700$ ) (Foto I. R. de L.)  
Pirita idiomórfica (blanca) en cuarzo (negro).

que se formó también durante la metalización general, originándose así bellas pseudomorfosis microscópicas de cuarzo de contornos cúbicos, como la manifiesta en la *Foto núm. 18* (granos blancos=pirita; masa gris clara=calcopirita; algún grano gris oscuro=blenda; cristales negros=cuarzo).

*Estructura compacta.*—En el seno del criadero, la pirita aparece por lo general en masas compactas, casi sin solución de continuidad, que están integradas por granos cristalinos en contacto directo y, a veces, entre granos contiguos se observan pequeñas inclusiones de roca matriz, así como cuarzo y

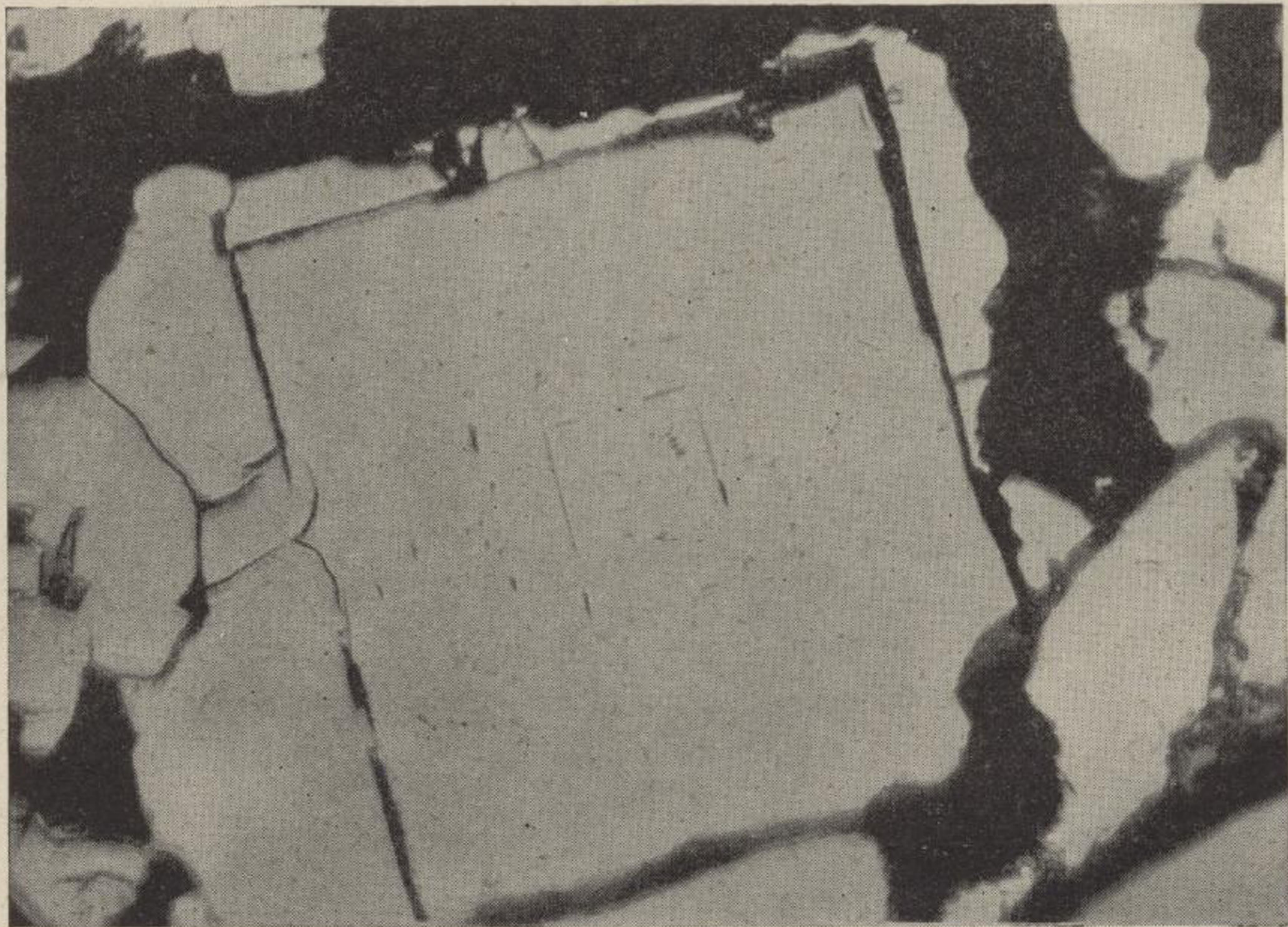
calcopirita contemporáneos con la metalización piritosa principal (v. Tabla de Paragénesis, pág. 28). Estas masas piritosas compactas no son de gran extensión, pues debido a torsiones de carácter tectónico se transforman y dan origen a la estructura cataclástica o brechoide.

*Estructura cataclástica o brechoide.*—Es tal vez la más frecuente en las muestras estudiadas. Ejemplos típicos de ella



Fot. NÚM. 4 ( $\times 120$ ) (Foto I. R. de L.)  
Pirita idiomórfica y alotriomórfica (blanco), blenda (gris) y cuarzo (negro).

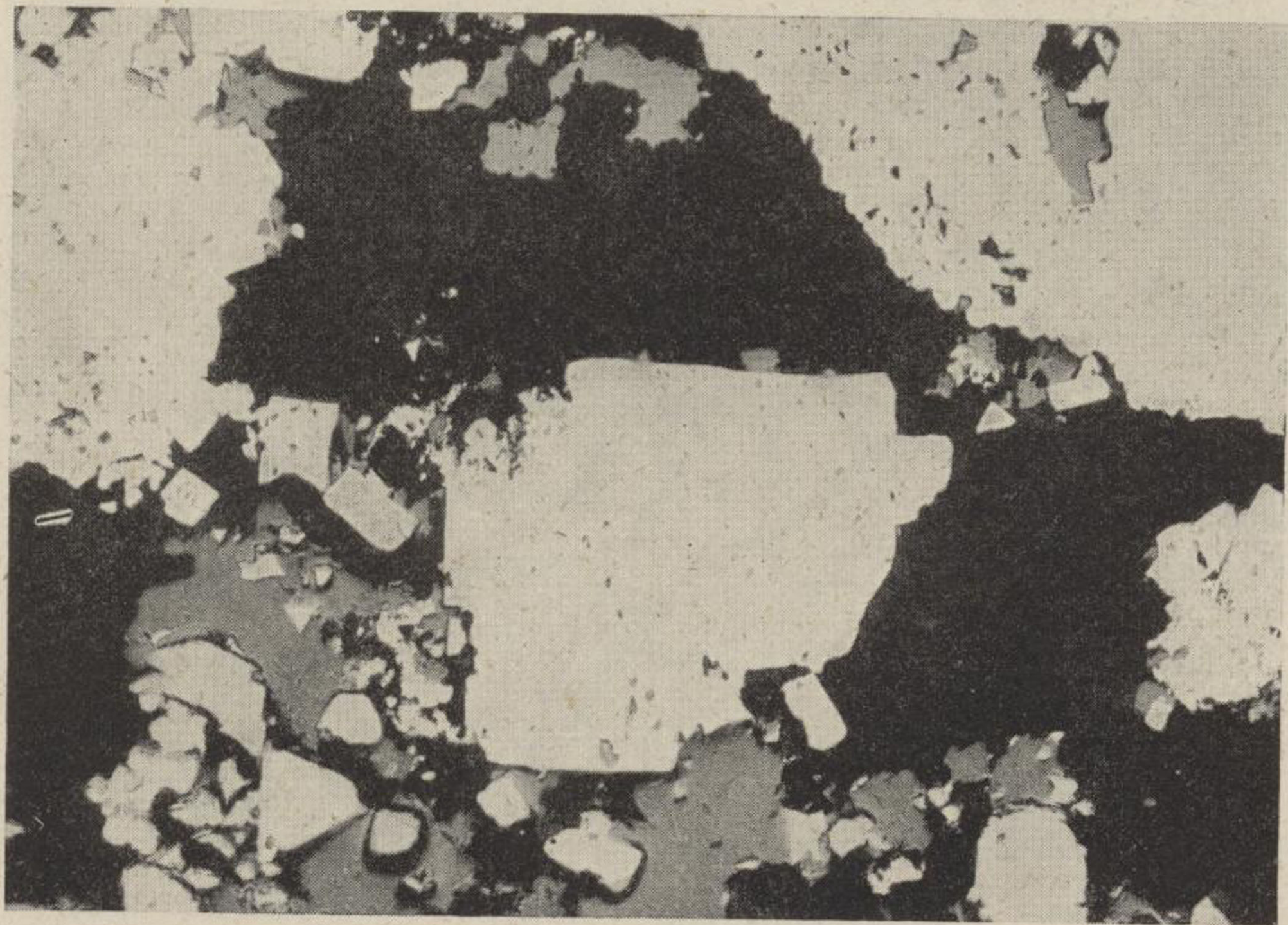
ofrecen las *Fotos núms. 5 y 6*. Las masas piritosas aparecen surcadas por intrincada red de grietecillas oscuras, que facilitaron alojamiento a los minerales primarios posteriores (calcopirita, blenda y galena principalmente. V. Tabla de Paragénesis). Resulta interesante seguir en las preparaciones las fases de sustitución de la pirita por la calcopirita y por la blenda: comienzan estos últimos minerales a depositarse en



FOT. NÚM. 3 ( $\times 700$ )

(Foto I. R. de L.)

Pirita idiomórfica (blanca) en cuarzo (negro).

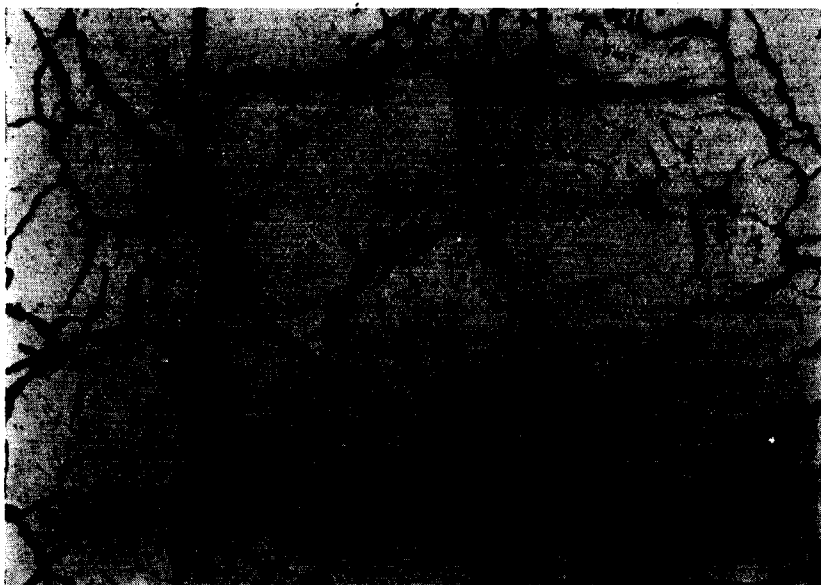


FOT. NÚM. 4 ( $\times 120$ )

*(Foto I. R. de L.)*

Pirita idiomórfica y alotriomórfica (blanco), blenda (gris) y cuarzo (negro).

las grietas y van, poco a poco, ensanchándose en ellas a expensas de la pirita de los bordes; las masas piritosas se reducen paulatinamente de tamaño al ser rodeadas por franjas de calcopirita y blenda cada vez más anchas, y en las fases finales del proceso quedan granos aislados de  $\text{FeS}_2$  en el seno de una masa de  $\text{CuFeS}_2$  y  $\text{ZnS}$ , según se observa en las

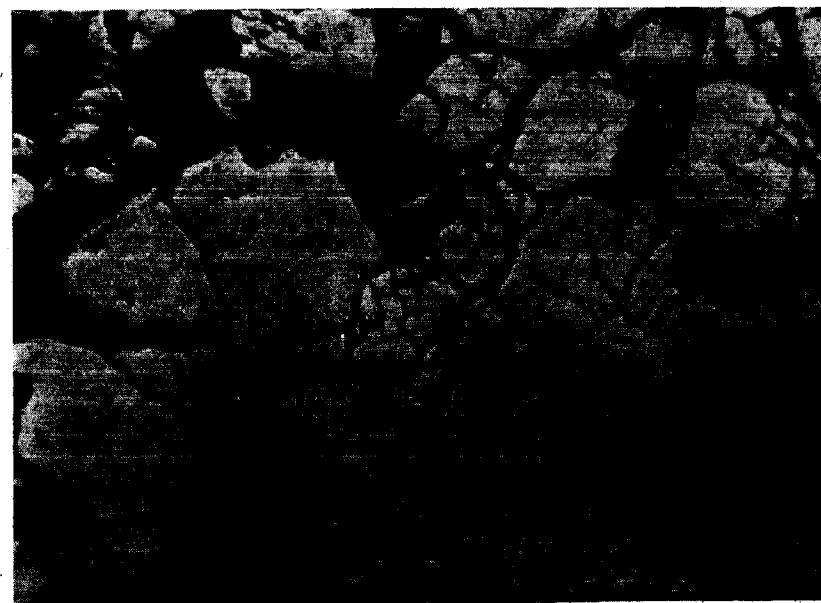


FOT. NÚM. 5 ( $\times 85$ ) (Foto I. R. de L.)

Pirita cataclástica (campo gris), alojada en sus grietas; calcopirita (gris oscuro).

*Fotos núm. 18* (granos blancos=pirita; masa blanca sucia=calcopirita; algún granillo gris en la parte superior=blenda, junto al cuarzo=negro; *núm. 19* (granos blancos=pirita; masa gris=calcopirita); *núm. 20* (granillos blancos con mucho relieve=pirita; masas blancas limpias, irregulares=calcopirita; gris=blenda; cuarzo=negro).

La estructura cataclástica o brechoide se debe, como antes se indicó, a movimientos de torsión producidos en la masa



FOT. NÚM. 6 ( $\times 45$ ) (Foto I. R. de L.)

Pirita cataclástica (campo gris) en pórfido (negro).

del criadero por fenómenos tectónicos ocurridos después de la fase principal de metalización. Los fragmentos de  $\text{FeS}_2$  pueden desplazarse a distancias notables en el seno de los minerales más plásticos, como la calcopirita y la blenda.

*Estructura en zonas.*—La estructura en zonas que presenta en ocasiones la pirita se debe a causas diversas, como son: diferencia de composición en los aportes sucesivos de materia durante la cristalización (ejemplo de ello es la bravoita); acarreo de cuerpos extraños; variación de porosidad; deposición intermitente o rítmica.

En algunas de las muestras examinadas se presentan bellos ejemplos de estructura en zonas, debida a deposición intermitente sin sensible cambio de composición. En la *Foto número 7* aparece una masa de pirita con estructura radial y

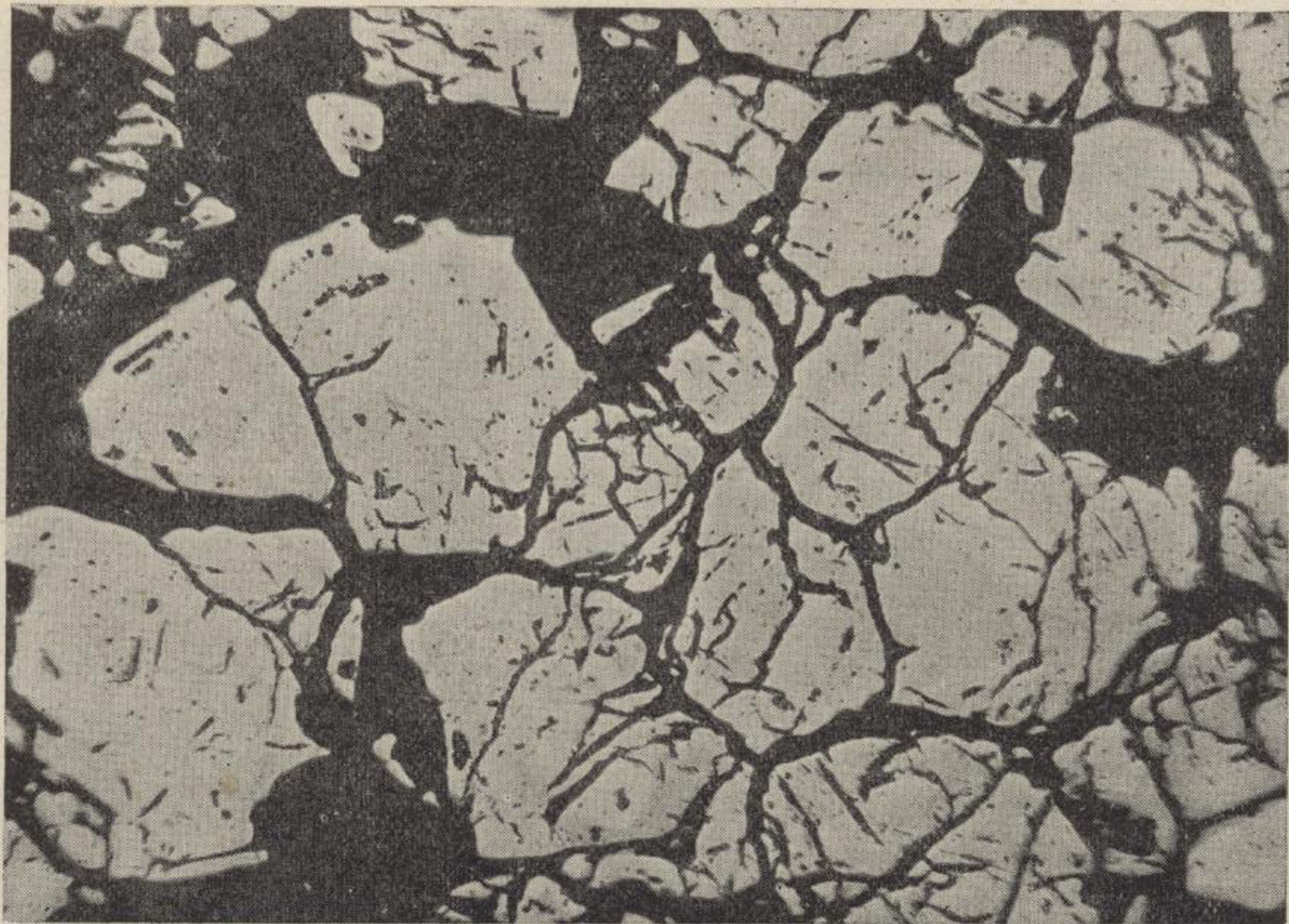


FOT. NÚM. 5 ( $\times 85$ )

(Foto l. R. de L.)

Pirita cataclástica (campo gris), alojada en sus grietas; calcopirita (gris oscuro).





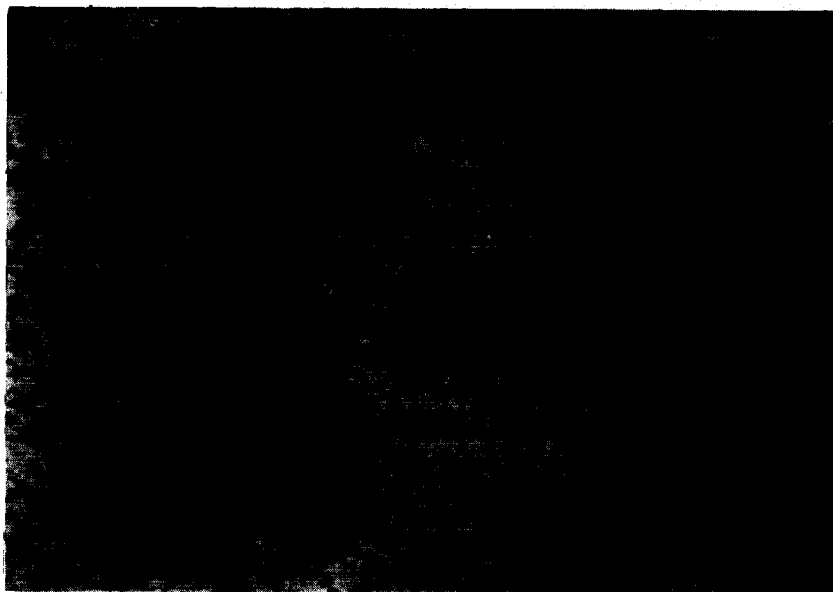
FOT. NÚM. 6 ( $\times 45$ )

(Foto I. R. de L.)

Pirita cataclástica (campo gris) en pórfido (negro).

en zonas, en el seno de un campo de pirita con inclusiones de roca y cuarzo.

De modo análogo a lo que ocurre en las grietas de la pi-



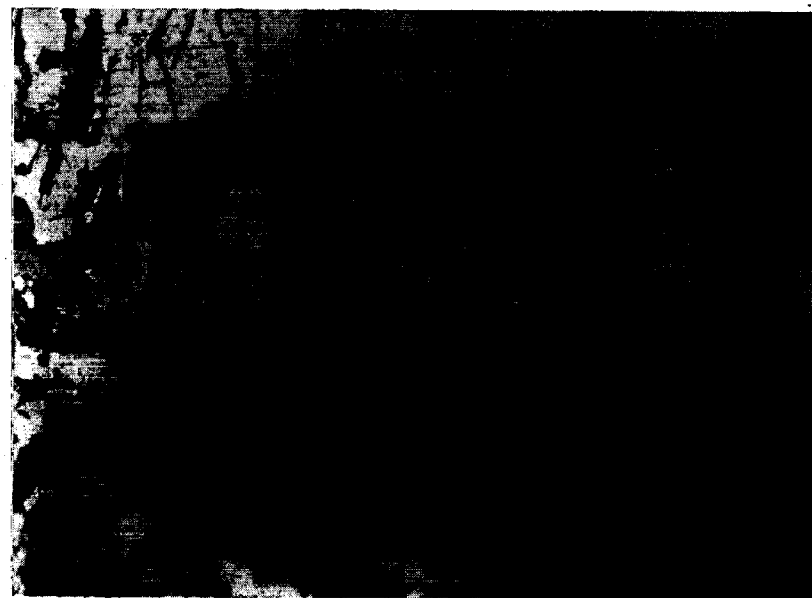
FOT. NÚM. 7 (× 40)  
Pirita zonal.

(Foto I. R. de L.)

rita cataclástica, las superficies de contacto de las zonas sucesivas ofrecen camino fácil a los minerales primarios y secundarios posteriores a la deposición de la pirita; éstos penetran por esos lugares y van ensanchando su camino a expensas de la pirita de los bordes. En la *Foto núm. 8* se observa una fase avanzada del proceso de sustitución de pirita zonal (gris claro) por calcopirita (gris oscuro) (la parte negra es cuarzo).

Esta fase final de intermitencia en la deposición de  $\text{FeS}_2$  está indicada esquemáticamente en la Tabla de Paragénesis de la pág. 28.

*Estructura geliforme y nodular.*—Las estructuras geliforme



FOT. NÚM. 8 (× 150)

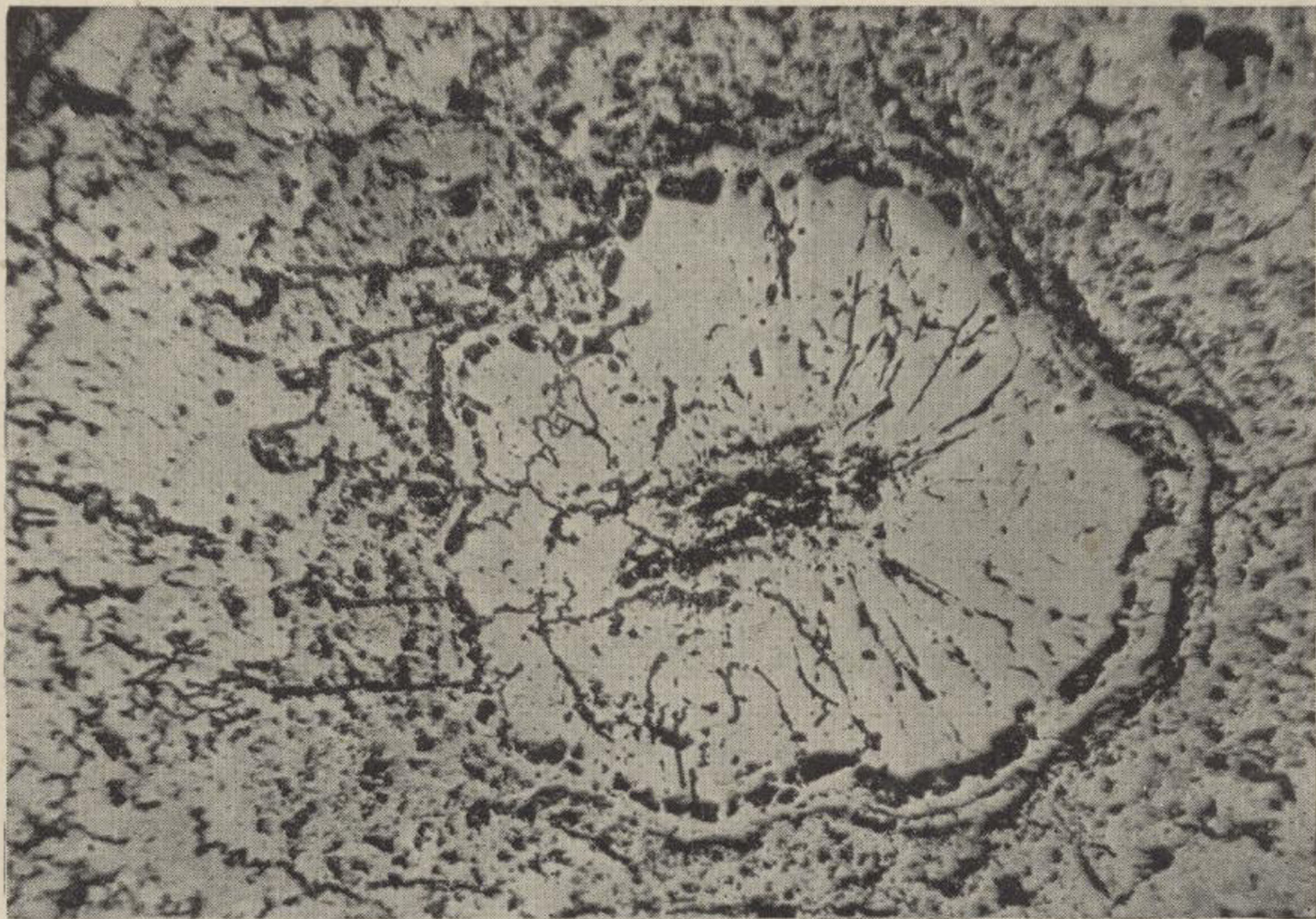
(Foto I. R. de L.)

Pirita zonal (gris claro), sustituida por calcopirita (gris oscuro); cuarzo (negro).

y nodular del  $\text{FeS}_2$  son frecuentes en los criaderos piritosos formados a baja temperatura, y aparecen también, aunque no con tanta frecuencia, en criaderos de origen hidrotermal, de temperatura notablemente mayor.

En las primitivas disoluciones coloidales de  $\text{FeS}_2$ , la fase dispersa se separa del medio de dispersión en forma de gel, constituyendo grumos de pirita gelatinosa, que en fases posteriores se solidifican por completo, reteniendo su forma gruesa original; ejemplo de un grumo de esta naturaleza ofrece la *Foto núm. 9*, en la cual aparece una masa central, a modo de nube, de pirita (blanca y gris clara) rodeada de blenda (gris oscuro), cuarzo (negro) y pirita normal (masas blancas marginales).

Las masas geliformes tienden a transformarse en cristalinas, y si encuentran condiciones favorables, los granos pri-



FOT. NÚM. 7 ( $\times 40$ )

Pirita zonal.

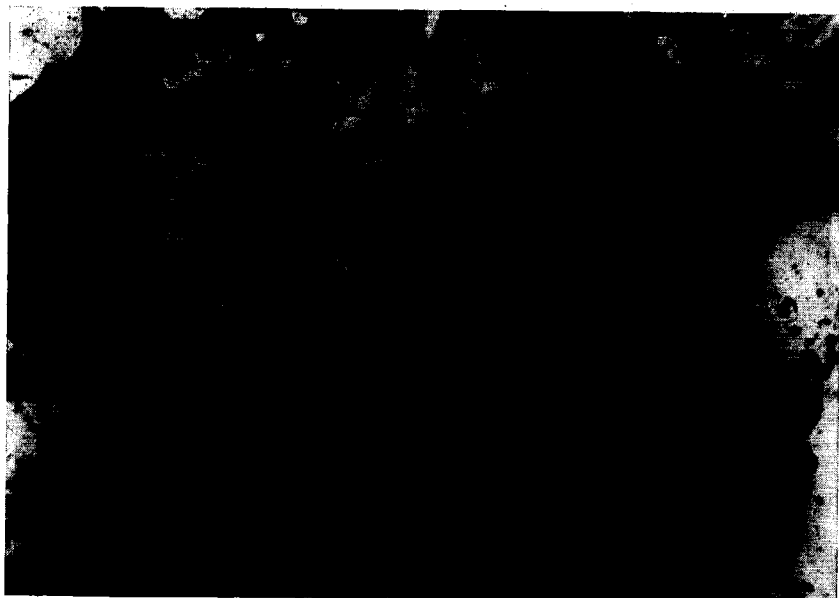
*(Foto I. R. de L.)*



FOT. NÚM. 8 ( $\times 150$ )

(Foto I. R. de L.)

Pirita zonal (gris claro), sustituida por calcopirita (gris oscuro); cuarzo (negro).

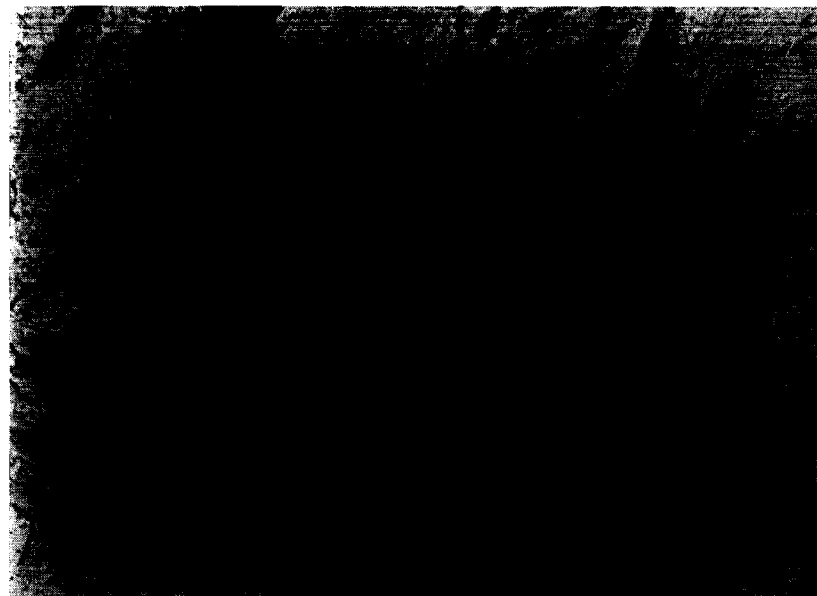


FOT. NÚM. 9 (X 120) (Foto I. R. de L.)

Pirita geliforme (masa blanca y gris clara); blenda (gris); cuarzo (negro).

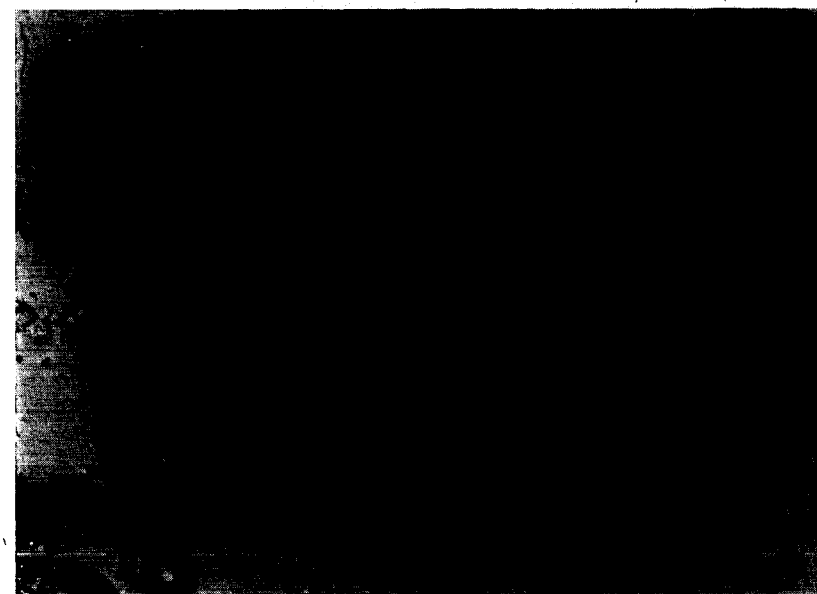
mitivos cambian su aspecto nebuloso por el de un agregado de granillos cristalinos de extrema pequeñez, como los que aparecen en las *Fotos núms. 10, 11, 12 y 13*. El agregado presenta forma irregular, y entre sus partículas de  $\text{FeS}_2$  se alojan otros minerales de formación generalmente posterior. Se constituye así un conjunto heterogéneo de minerales que resultan casi imposible de separar por procedimientos mecánicos o de flotación, circunstancia esta última de interés práctico.

En la *Foto núm. 10* se ve un agregado de esa naturaleza, integrado por pirita (masa gris clara, de aspecto granudo) y calcopirita (masas grises oscuras y limpias) (las partes negras son cuarzo). A mezclas de  $\text{FeS}_2$  y  $\text{CuFeS}_2$  análogas a la representada en la *Foto núm. 10*, mezclas puramente mecánicas, irrevelables por los procedimientos ordinarios de observación, se debe sin duda la creencia de que la pirita, como



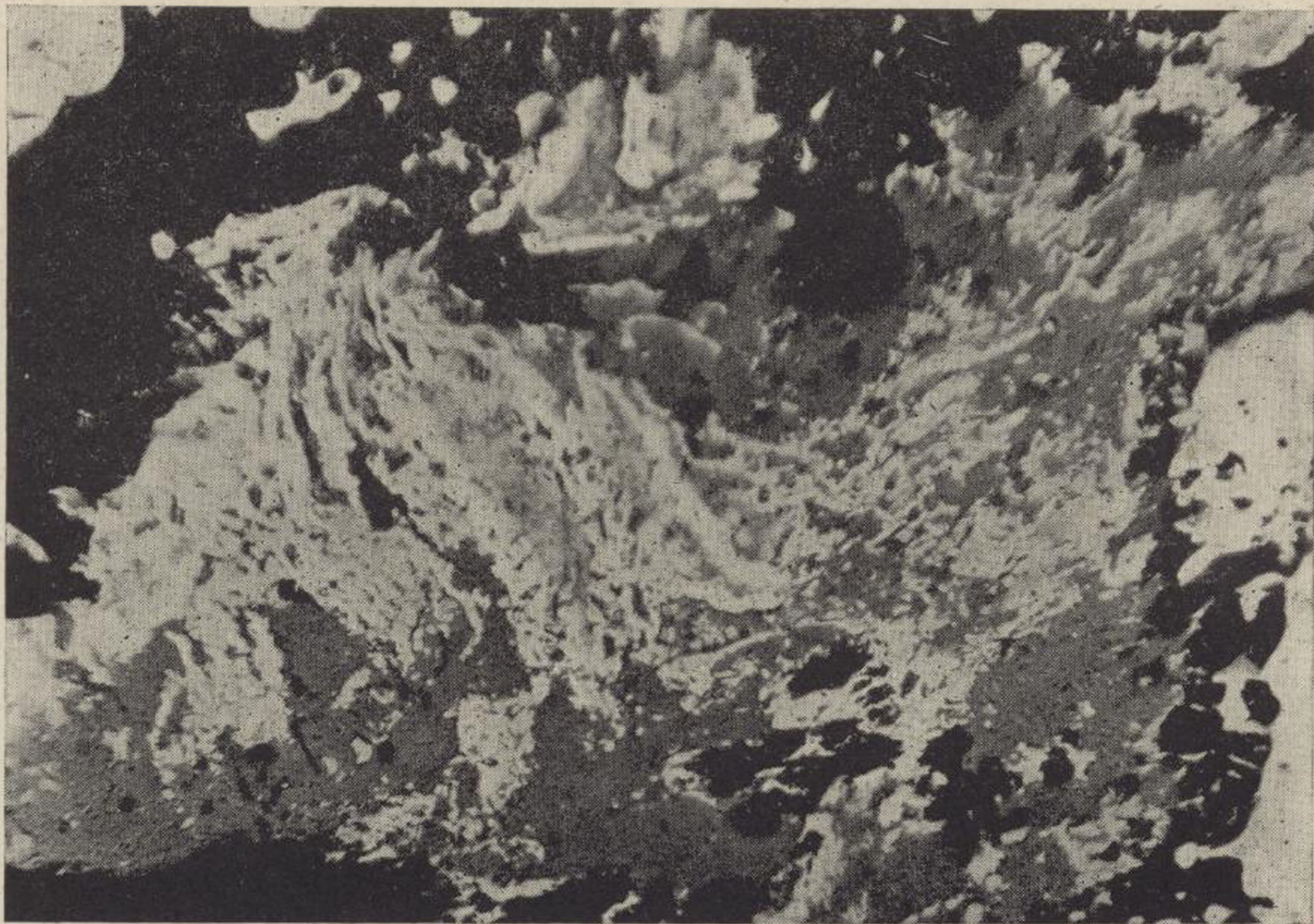
FOT. NÚM. 10 (X 250) (Foto I. R. de L.)

Calcopirita (gris) sustituyendo a pirita geliforme (gris claro); cuarzo (negro).



FOT. NÚM. 11 (X 250) (Foto I. R. de L.)

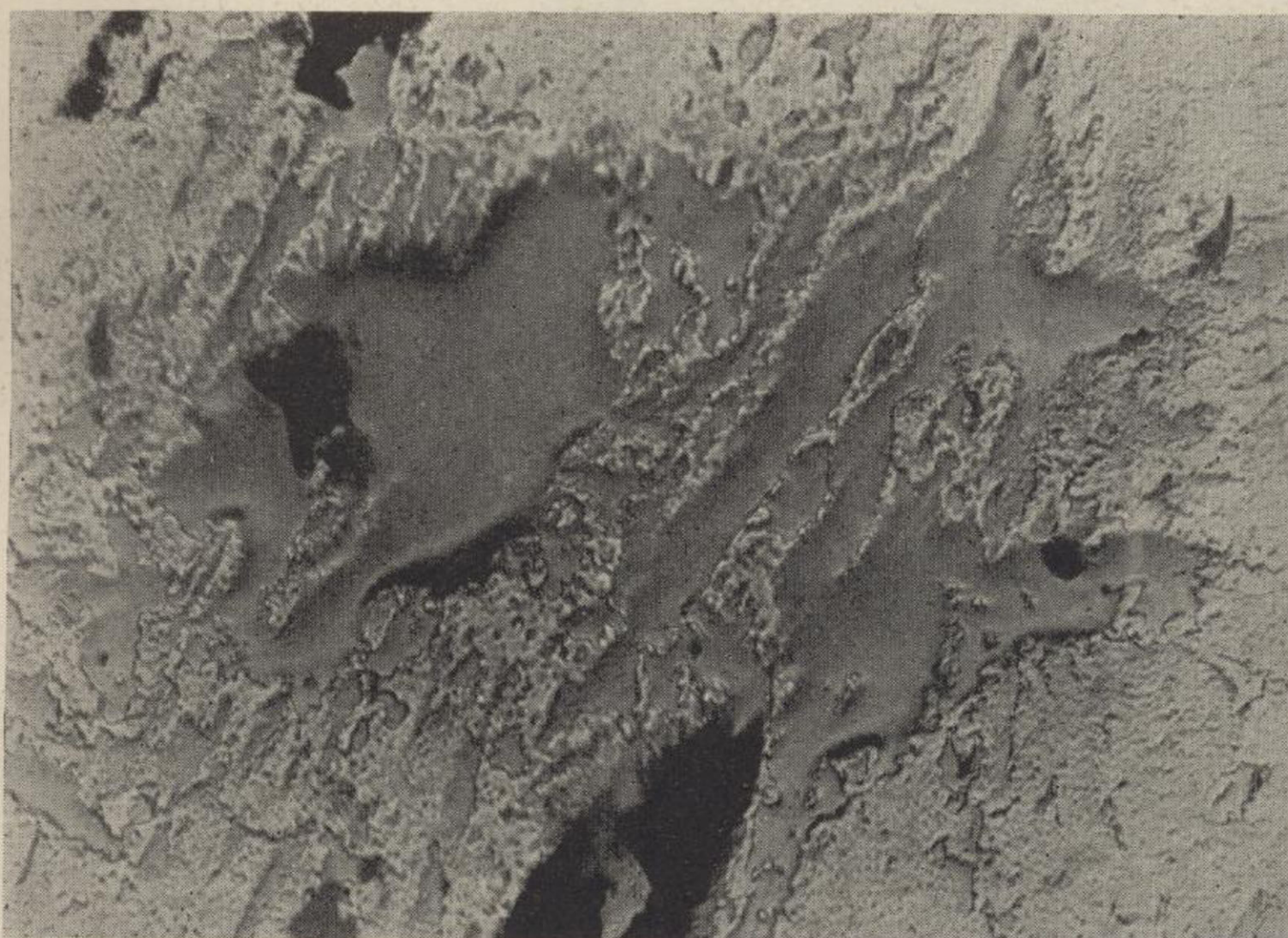
Calcopirita (gris) sustituyendo a pirita geliforme (gris claro) y blenda (masa negra).



FOT. NÚM. 9 ( $\times 120$ )

(Foto I. R. de L.)

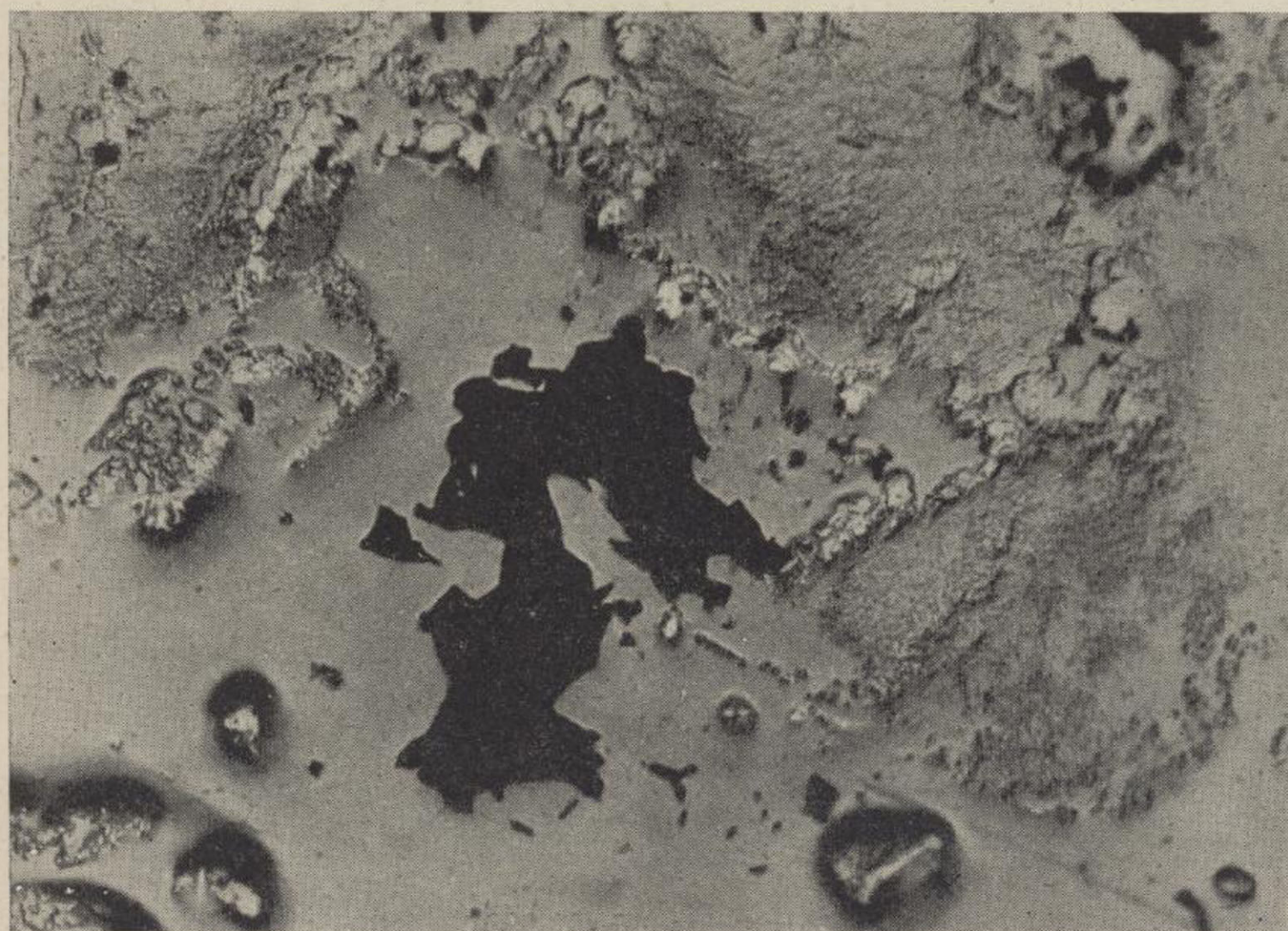
Pirita geliforme (masa blanca y gris clara); blenda (gris); cuarzo (negro).



FOT. NÚM. 10 ( $\times 250$ )

(Foto I. R. de L.)

Calcopirita (gris) sustituyendo a pirita geliforme (gris claro); cuarzo (negro).



FOT. NÚM. 11 ( $\times 250$ )

(Foto I. R. de L.)

Calcopirita (gris) sustituyendo a pirita geliforme (gris claro) y blenda (masa negra).



FOT. NÚM. 12 ( $\times 150$ )  
Pirita geliforme (blanco) y calcopirita (gris).

(Foto I. R. de L.)



FOT. NÚM. 13 ( $\times 250$ )  
Pirita ordinaria (granos blancos y gris claro) y geliforme (granillos más oscuros); calcopirita (gris oscuro); cuarzo y blenda (negros).

(Foto I. R. de L.)





FOT. NÚM. 12 ( $\times 150$ )  
Pirita geliforme (blanco) y calcopirita (gris).

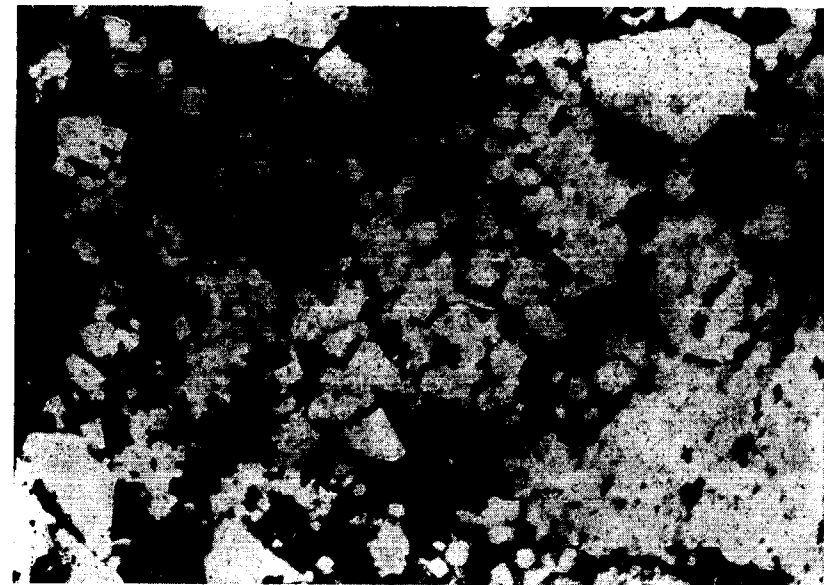
(Foto I. R. de L.)



FOT. NÚM. 13 ( $\times 250$ )  
Pirita ordinaria (granos blancos y gris claro) y geliforme (granillos más oscuros); calcopirita (gris oscuro); cuarzo y blenda (negros).

(Foto I. R. de L.)

especie mineral, contiene a veces Cu, según afirman muchos textos de mineralogía (Lapparent, Dana, etc.). La *Foto número 11* muestra una estructura análoga (mancha negra central=blenda; granos grises con bastante relieve=pirita; masa gris, lisa=calcopirita). En la *Foto núm. 13* se hace resaltar la diferencia estructural entre la pirita ordinaria (granos grandes con relieve, en la parte izquierda) y la geliforme cristalizada (granillos repartidos en la masa gris principal de calco-



FOT. NÚM. 14 ( $\times 150$ )  
Campo de blenda (gris) con pirita geliforme, nodular e idiomórfica (blanco).

(Foto I. R. de L.)

pirita). La *Foto núm. 12* ofrece un ejemplo de estructura más bien de transición (granos y masas blanquecinas rugosas=pirita; masas lisas rodeando los granos de pirita=calcopirita; negro=cuarzo).

A veces sucede que en la dispersión coloidal de  $\text{FeS}_2$ , la fase dispersa, al separarse del medio de dispersión, adopta



FOT. NÚM. 14 ( $\times 150$ )

(Foto I. R. de L.)

Campo de blenda (gris) con pirita geliforme, nodular e idiomórfica (blanco).

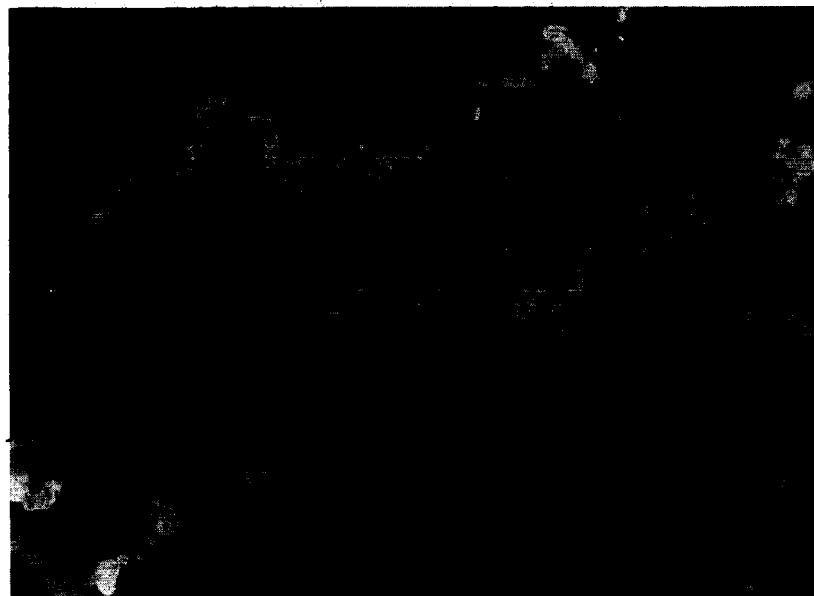


FOT. NÚM. 15 ( $\times 400$ ) (Foto I. R. de L.)  
 Pirita nodular (blanco); cuarzo (negro); calcopirita (gris).

formas esféricas; los granos redondos, al solidificarse, originan *nódulos* o *esferolitos* de pirita, que, por cristalización posterior, se convierten en agregados esféricos de multitud de cristallitos (Fotos núms. 14 y 15). Este modo de deposición de la pirita suele producirse cuando en la fase dispersa del coloide entra, además del  $\text{FeS}_2$ , algún otro mineral, como la blenda, por ejemplo. Al iniciarse la deposición, la pirita se separa en nódulos de la blenda contemporánea (v. Tabla de Paragénesis), a causa de su mayor capacidad de cristalización comparada con la de esta última. Las Fotos núms. 14 y 15 ofrecen ejemplo de este fenómeno: en la Foto núm. 14, las masas blancas son granos de pirita y claramente se aprecia que éstos son de dos tipos, unos redondos, representados con mayor aumento en la Foto núm. 15, constituídos por cristallitos agrupados, y otros cristales de tamaño mucho mayor, idiomór-

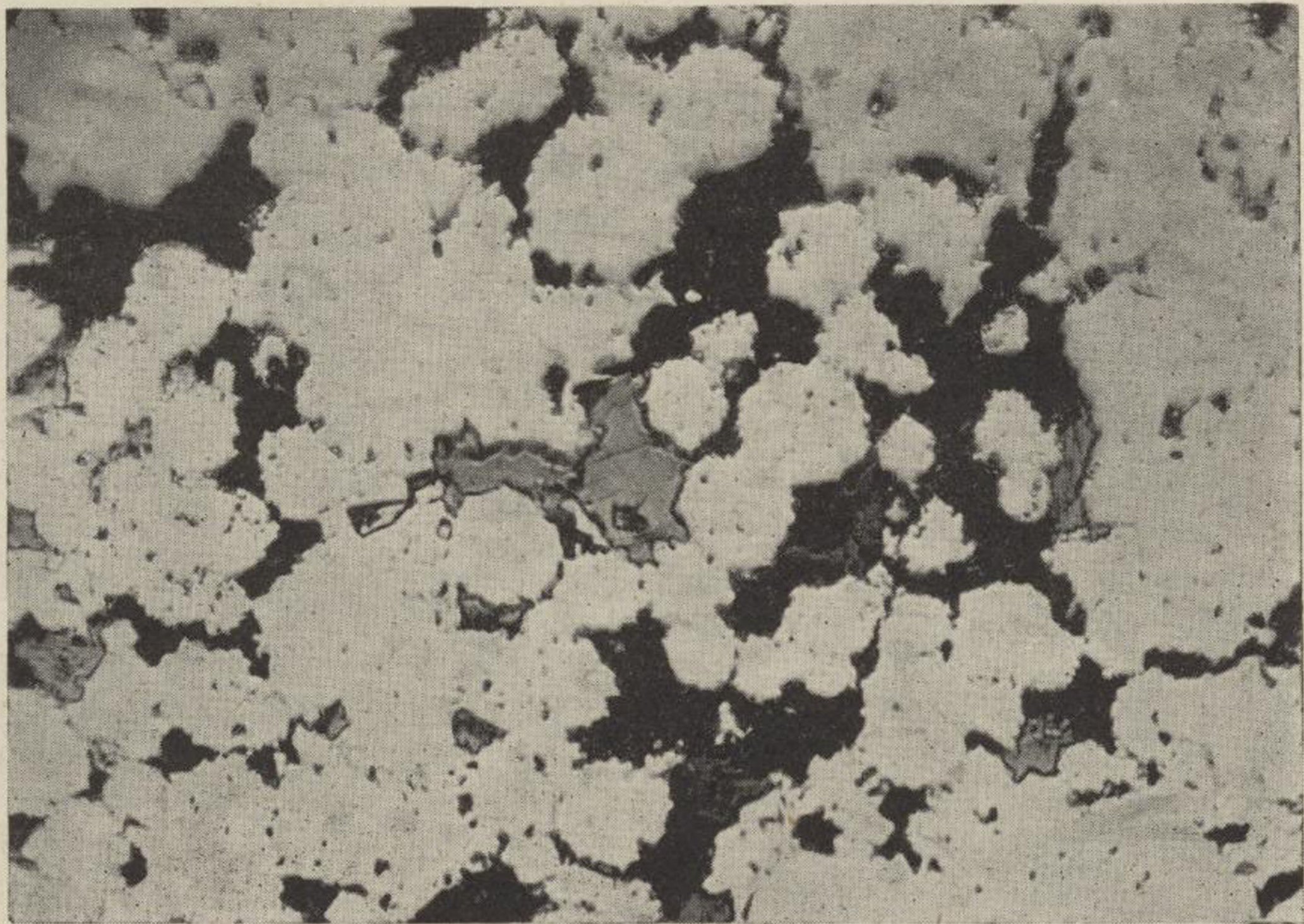
ficos e hipoidiomórficos. La pirita de los nódulos corresponde a una fase de deposición posterior a la de los cristales mayores mencionados (v. Tabla de Paragénesis).

En la Foto núm. 16 se observan en un campo negro de cuarzo grandes masas grises de blenda con inclusiones blan-



FOT. NÚM. 16 ( $\times 250$ ) (Foto I. R. de L.)  
 Cuarzo (negro); pirita (blanco); blenda (gris) con calcopirita segregada (motas blancas).

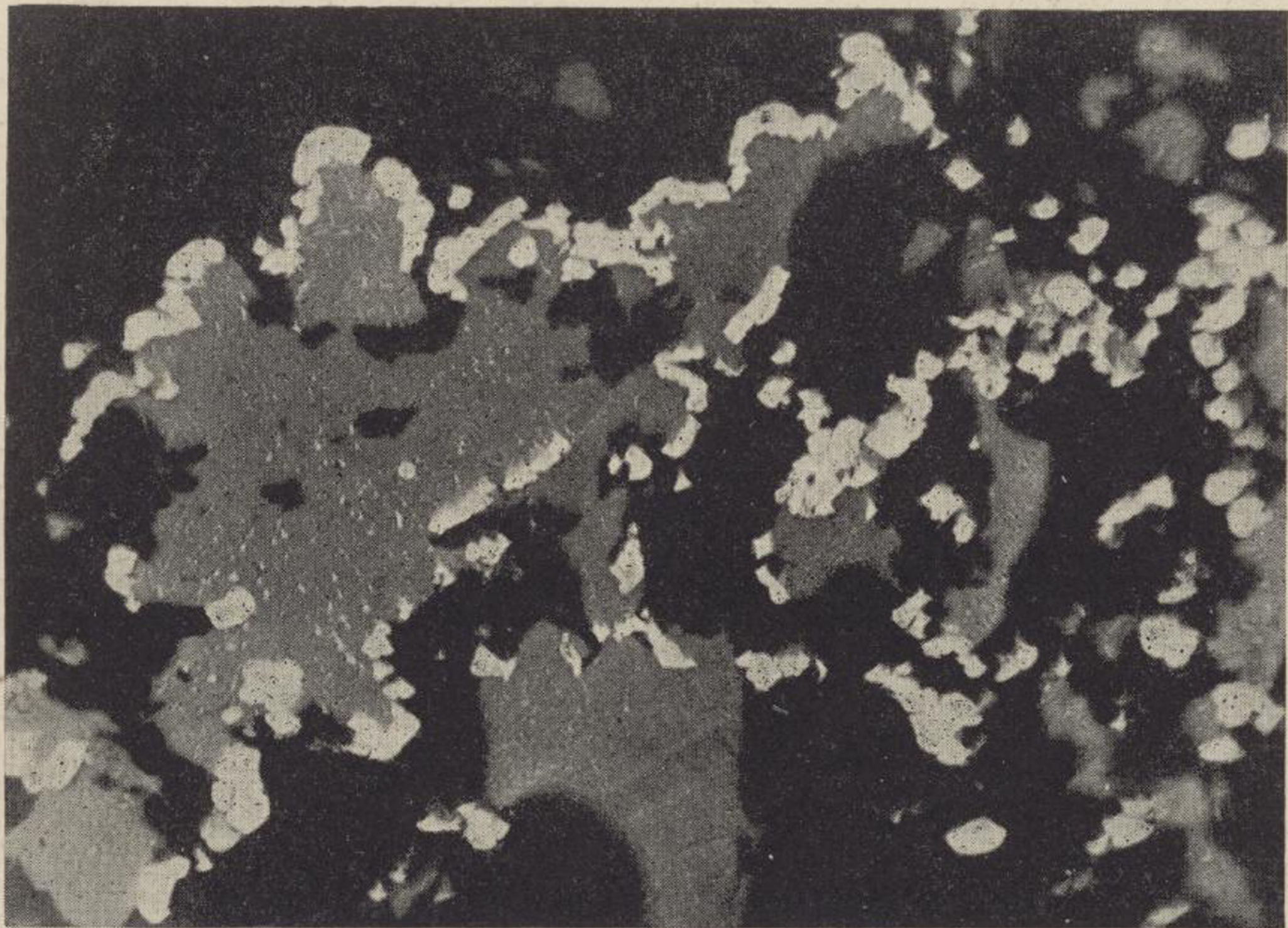
cas, diminutas, de calcopirita, festoneadas por granos blancos de pirita. Esta disposición mutua de los constituyentes se debe a un fenómeno de acción selectiva del cuarzo en disoluciones hidrotermales capaces de formar  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{CuFeS}_2$  y  $\text{ZnS}$ . Al ponerse estas disoluciones en contacto con el cuarzo previamente depositado, las paredes de los granos de  $\text{SiO}_2$  ejercieron una acción selectiva y obligaron a depositarse en contacto con ellas al componente de mayor capacidad de cristalización (pirita).



FOT. NÚM. 15 ( $\times 400$ )

(Foto I. R. de L.)

Pirita nodular (blanco); cuarzo (negro); calcopirita (gris).



FOT. NÚM. 16 ( $\times 250$ )

(Foto I. R. de L.)

Cuarzo (negro); pirita (blanco); blenda (gris) con calcopirita segregada (motas blancas).

El contenido en azufre de la pirita geliforme es menor que el que corresponde a la fórmula  $\text{FeS}_2$ . Esta clase de pirita es más propicia a la meteorización que la pirita ordinaria. El color de las piritas geliforme y nodular de los criaderos hidrotermales no es tan pardusco como en los criaderos piritosos de baja temperatura. El tamaño de los nódulos es mayor en los primeros que en los segundos.

En todas las muestras estudiadas, la pirita zonal, la geliforme y la nodular son de deposición posterior a la de las piritas idiomórfica, cataclástica y compacta. La metalización piritosa podría considerarse ocurrida poco más o menos en tres fases, como se representa esquemáticamente en la Tabla de Paragénesis.

La Foto núm. 17 muestra claramente la relación parage-



FOT. NÚM. 17 (X 120) (Foto I. R. de L.)

Pirita geliforme (blanco rugosa); pirita corriente (granos blancos con relieve); calcopirita (manchas blancas irregulares, lisas y vetillas); blenda (campo gris); cuarzo (negro).

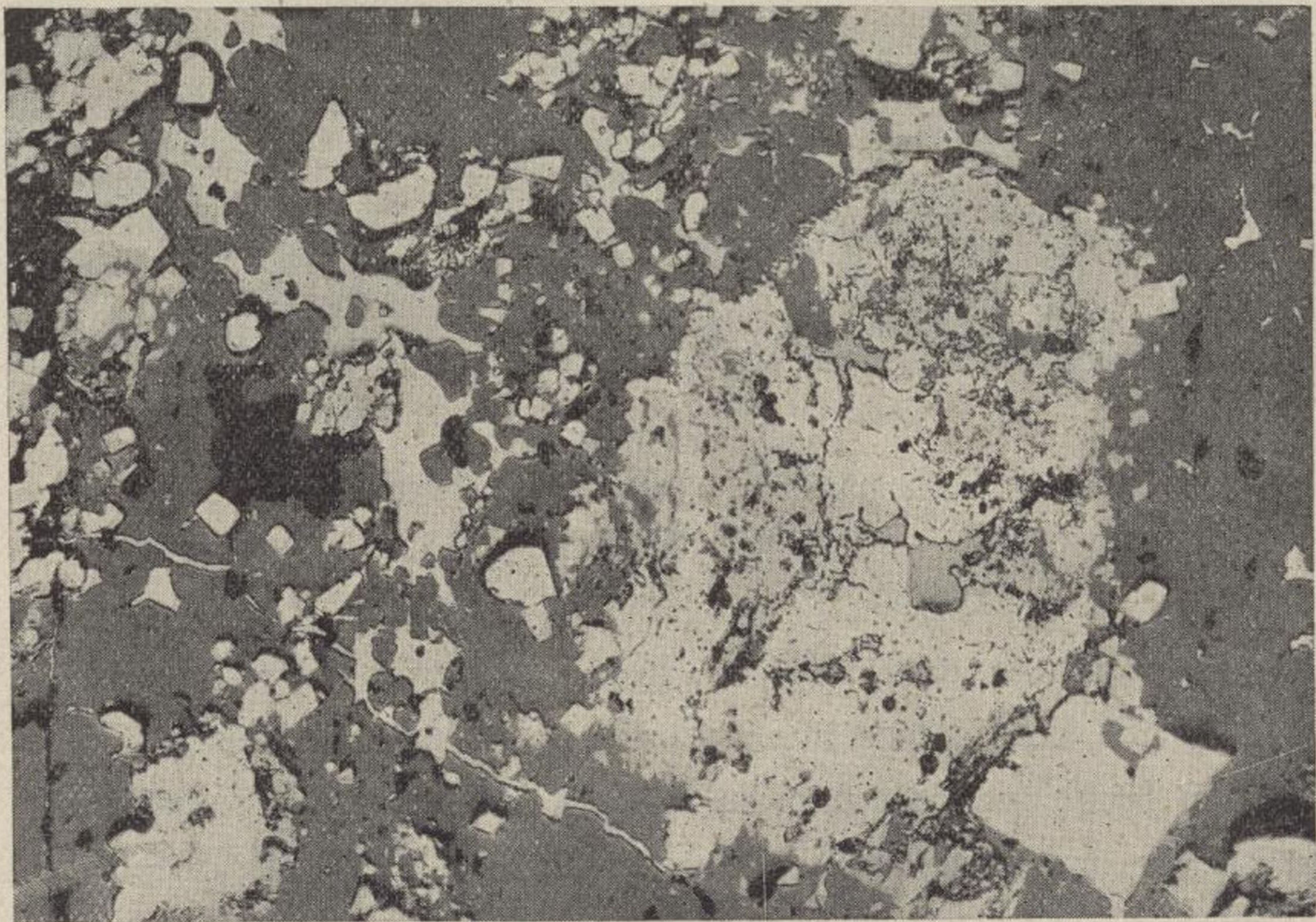
nética entre la pirita idiomórfica (granos poligonales blancos, de bastante relieve), la geliforme (gran mancha blanca ovalada), de superficie granular y contornos difusos, la blenda (campo gris), y la calcopirita (masas blancas irregulares, lisas y vetillas).

Parte de la pirita es contemporánea de la calcopirita y de la blenda, pero indudablemente la metalización de  $\text{CuFeS}_2$  y  $\text{ZnS}$  se prolongó algo más que la de la pirita (v. Tabla).

### CALCOPIRITA $\text{CuFeS}_2$

Este mineral aparece en las muestras con dos caracteres esencialmente distintos, lo cual sugiere dos modos diferentes de deposición. En su fase temprana, la calcopirita es contemporánea de la pirita compacta; poco después, empieza a abrirse paso a través de las grietas de la pirita cataclástica y sustituye a ésta según el proceso indicado antes al tratar de esta clase de pirita; en su fase principal de deposición, la calcopirita aparece contemporánea de la blenda, y, por último, una vez terminada la deposición de la blenda, se segrega de ésta según el proceso de segregación que se describe después.

*Calcopirita ordinaria.*—No ofrece ninguna característica especial. Se presenta, por lo general, en pequeñas inclusiones en la pirita compacta, en vetillas sustituyendo a la pirita brechoide (Foto núm. 5: masas grisáceas alojadas en las grietas de la parte izquierda principalmente); en grandes masas en las que quedan restos de pirita y cuarzo a modo de islas (Foto núm. 18 y Foto núm. 19: parte principal del campo); entre las capas sucesivas de la pirita zonal (Foto núm. 8: parte gris); entre los nódulos de la pirita nodular (Foto núm. 15: masas irregulares, gris claro, de la parte central) sustituyendo



FOT. NÚM. 17 ( $\times 120$ )

(Foto I. R. de L.)

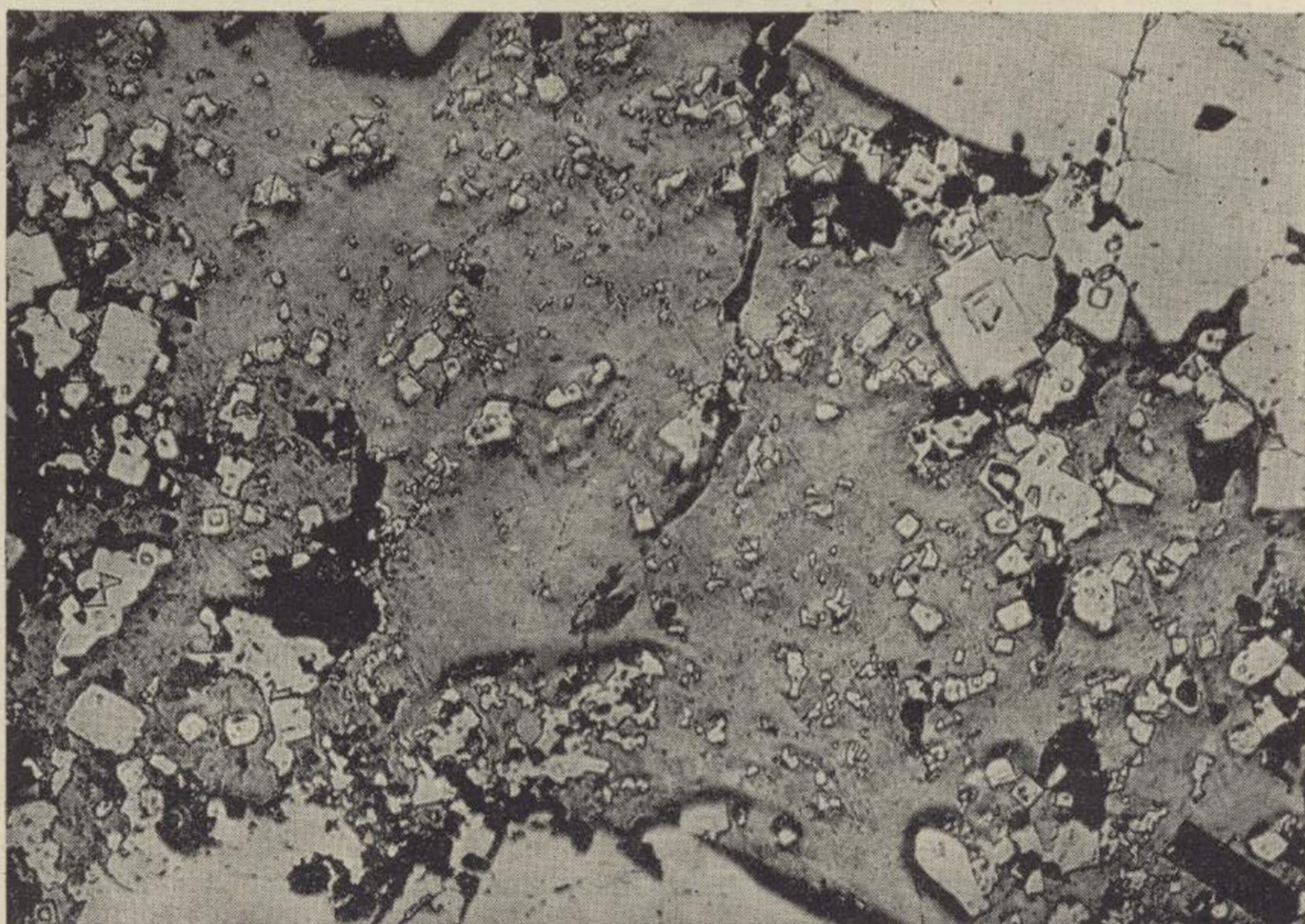
Pirita geliforme (blanco rugosa); pirita corriente (granos blancos con relieve); calcopirita (manchas blancas irregulares, lisas y vetillas); blenda (campo gris); cuarzo (negro).



FOT. NÚM. 18 ( $\times 150$ )

(Foto I. R. de L.)

Cuarzo (negro) seudomórfico de pirita, pirita (granos blancos) y calcopirita (masa gris clara).

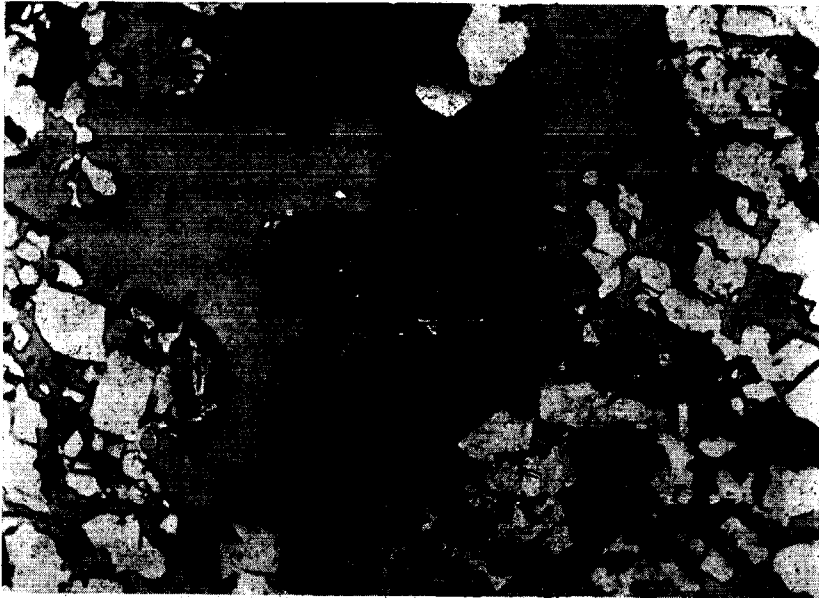


FOT. NÚM. 19 ( $\times 150$ )

(Foto I. R. de L.)

Campo de calcopirita (gris) con restos de pirita (granos blancos).

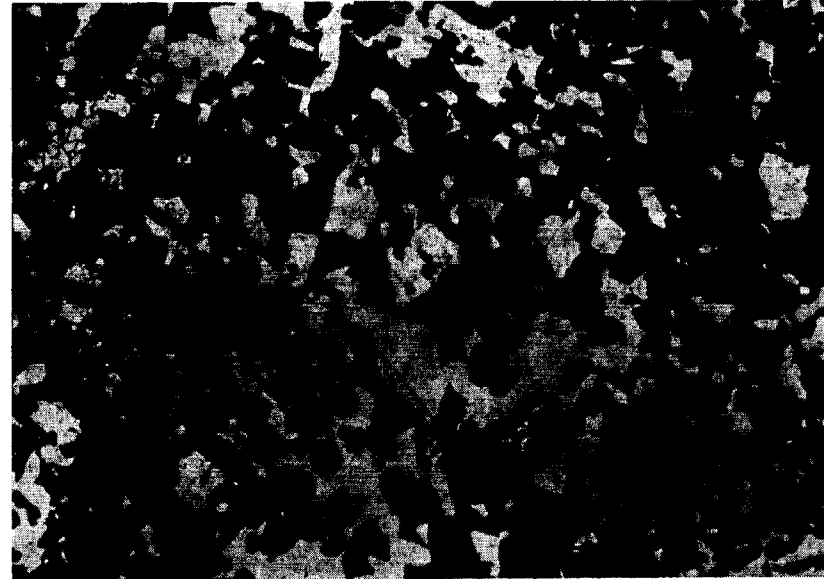




FOT. NÚM. 18 (X 150) (Foto I. R. de L.)  
Cuarzo (negro) pseudomórfico de pirita, pirita (granos blancos) y calcopirita (masa gris clara).



FOT. NÚM. 19 (X 150) (Foto I. R. de L.)  
Campo de calcopirita (gris) con restos de pirita (granos blancos).



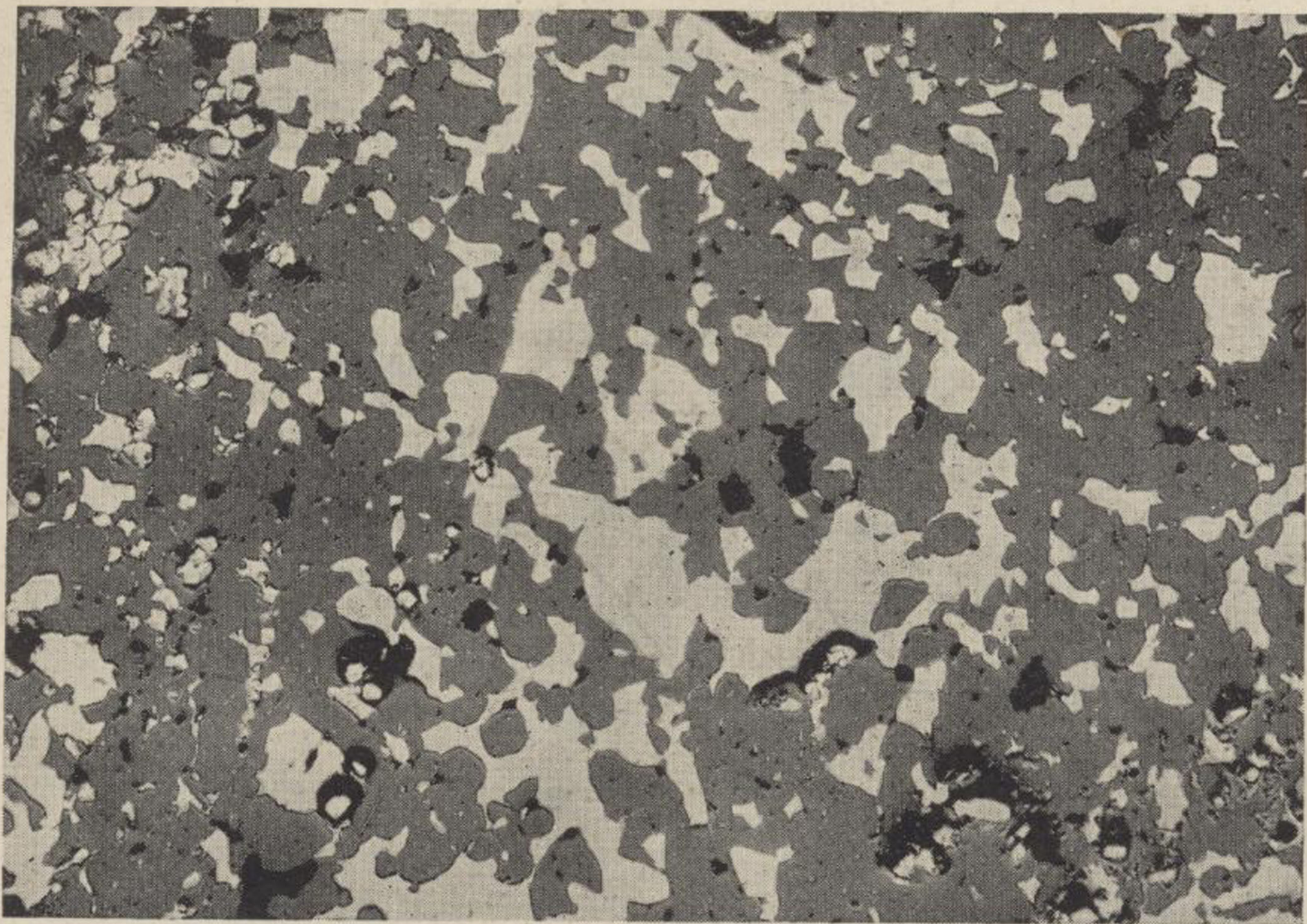
FOT. NÚM. 20 (X 120) (Foto I. R. de L.)  
Blenda (gris) con calcopirita de segregación (motas blancas casi imperceptibles); calcopirita ordinaria (manchas irregulares blancas y lisas); pirita corriente (granos blancos con relieve).

a la pirita geliforme (Foto núm. 10: parte gris) y a la blenda (vetillas en la Foto núm. 17).

La calcopirita ordinaria y la blenda son, sensiblemente, contemporáneas; pero es probable que la metalización de calcopirita se prolongase algo más que la de la blenda (v. Fotos núm. 20 y núm. 17; calcopirita=manchas irregulares, blancas y lisas; blenda=campo gris).

#### CALCOPIRITA DE SEGREGACION Y BLENDA

*Estructura íntima de la blenda y la calcopirita.*—El edificio atómico de la blenda,  $ZnS$ , está constituido del modo indicado en la figura 1, la cual representa una de las innumerables celdillas que integran un cristal de esa sustancia. Los



FOT. NÚM. 20 ( $\times 120$ )

(Foto I. R. de L.)

Blenda (gris) con calcopirita de segregación (motas blancas casi imperceptibles); calcopirita ordinaria (manchas irregulares blancas y lisas); pirita corriente (granos blancos con relieve).

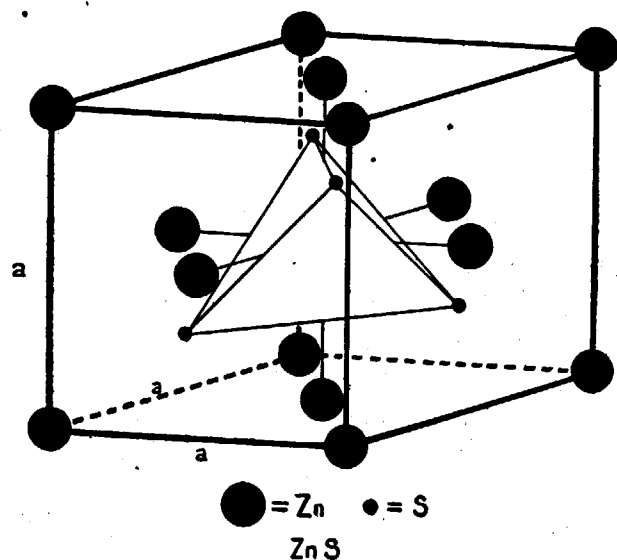


FIG. 1  
Celdilla de un cristal de blenda.

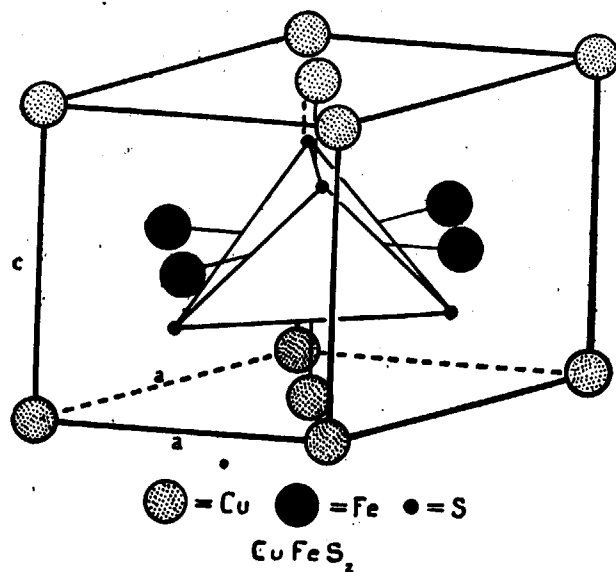


FIG. 2  
Celdilla de un cristal de calcopirita.

átomos de Zn se ordenan en los vértices y centros de las caras de un cubo de arista  $a=5,43$  Angstroms; en el interior de este cubo  $a$ , en los centros alternos de los ocho cubitos de arista  $a/2$  en que éste puede considerarse dividido, se sitúan átomos de azufre, según manifiesta la figura (este tetraedro de átomos S es responsable de la simetría tetraédrica de la blenda).

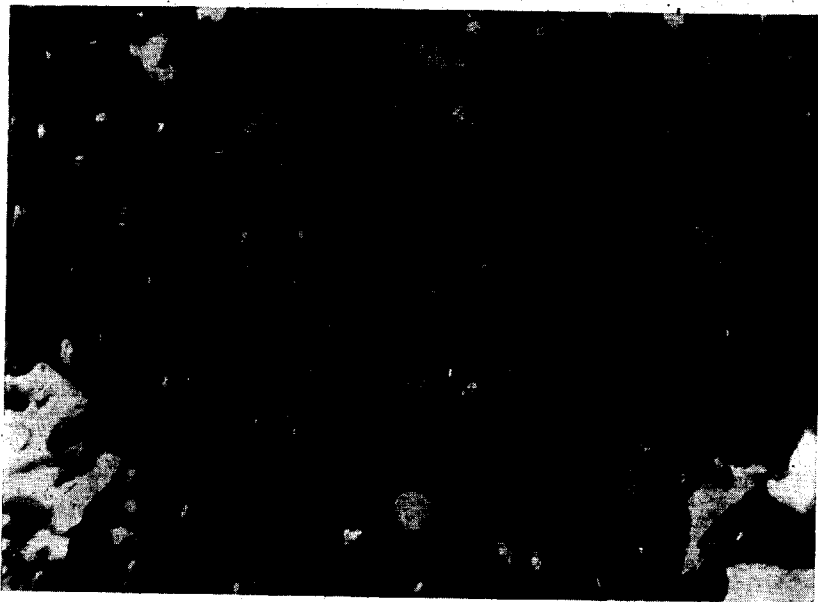
La estructura atómica de la calcopirita se basa en una red tetragonal de caras centradas, según indica la figura 2. Las dimensiones del prisma tetragonal son:  $a=5,23$  y  $c=5,15$  Angstroms, por lo cual este prisma puede decirse que es casi un cubo, muy semejante en dimensiones al de la blenda (figura 1). Los átomos de Cu se sitúan en los vértices del pseudo-cubo y en los centros de sus caras superior e inferior; los átomos de Fe se disponen en los centros de las caras laterales, y por último, los átomos de S forman en el interior del pseudo-cubo un tetraedro casi igual al correspondiente de la blenda, aunque en rigor no de simetría teseral, sino tetragonal (carece de ejes ternarios) (este tetraedro tetragonal es el que origina que la simetría del mineral no sea tetragonal holédrica, sino tetragonal escalenoédrica).

Como se ve por lo que antecede, las estructuras íntimas de la blenda y calcopirita son muy semejantes en forma y dimensiones; además, según se aprecia en el gráfico de la página 26, que representa los radios de los átomos de los elementos del Sistema Periódico, las dimensiones atribuidas a los átomos de Fe, Cu y Zn son muy parecidas. Esta última circunstancia hace aún más semejantes, desde el punto de vista físico-químico, los edificios atómicos de  $ZnS$  y  $CuFeS_2$ .

*Formación de disolución sólida ( $ZnS-CuFeS_2$ ).*—Si disoluciones hidrotermales cargadas de Zn, Cu, Fe y S en proporciones determinadas encuentran condiciones favorables para depositar  $ZnS$  y  $CuFeS_2$ , en el momento de la deposición, los

átomos de los elementos citados se disponen según indican las figuras 1 y 2 y se origina así la cristalización separada de las dos especies minerales blenda y calcopirita. Puede suceder, sin embargo, debido a la analogía estructural de ambos minerales, antes indicada, que los átomos de cinc, cobre, hierro y azufre, en lugar de construir separadamente las dos estructuras citadas (figuras 1 y 2), en parte se reúnan en una estructura única cúbica o casi-cúbica de caras centradas, con tetraedros de S en su interior, que participe a la vez de los caracteres de aquéllas, dando así origen a una *disolución sólida* de ZnS y  $\text{CuFeS}_2$ . Este fenómeno se acusa en las muestras estudiadas.

*Segregación de  $\text{CuFeS}_2$  de la disolución sólida ( $\text{ZnS-CuFeS}_2$ ).*—En condiciones de enfriamiento apropiadas, si éste



FOT. NÚM. 21 ( $\times 250$ ) (Foto I. R. de L.)

Blenda (gris) con calcopirita de segregación (motas blancas en forma de aspa, casi imperceptibles); pirita (granos blancos con relieve); cuarzo (negro).



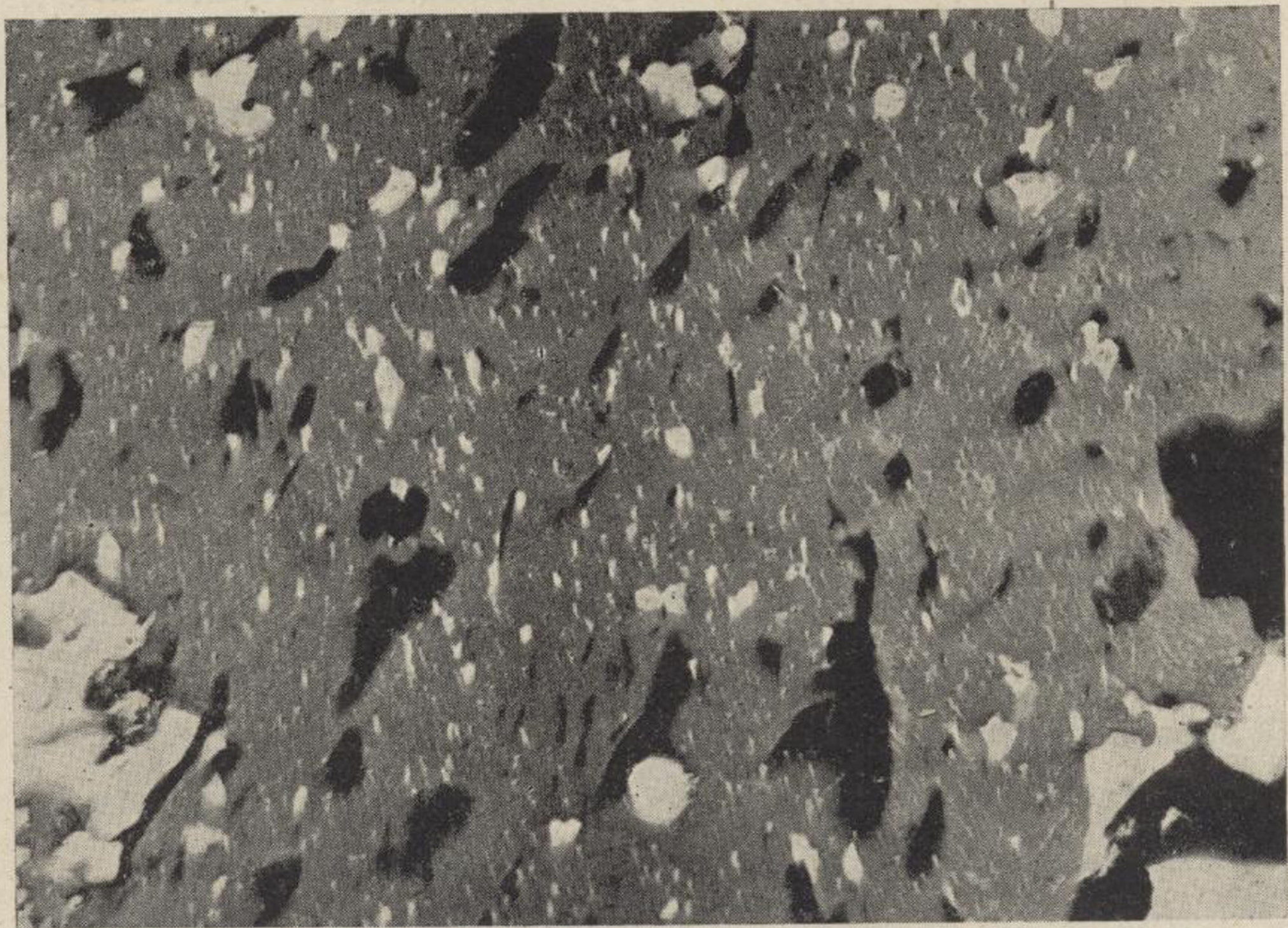
FOT. NÚM. 22 ( $\times 700$ ) (Foto I. R. de L.)

Calcopirita ordinaria (blanco); blenda (mancha oscura) con motas blancas de calcopirita de segregación; cuarzo (negro).

no es excesivamente rápido, parte del  $\text{CuFeS}_2$  de la disolución sólida se segrega de ella en forma de calcopirita. Esto ha acontecido en las muestras examinadas. En la *Foto número 21* se observan en el campo gris de blenda multitud de crucecillas blancas, casi imperceptibles, en forma de aspa, de calcopirita de segregación. La *Foto núm. 22* muestra con mayor aumento la calcopirita segregada en forma de manchas blancas, orientadas dentro de una masa gris, oscura de blenda; el resto del campo blanco es calcopirita ordinaria. Obsérvese que la calcopirita segregada se orienta en la dirección del crucero de la blenda. Probablemente la segregación de  $\text{CuFeS}_2$  no ha sido completa, por lo cual el componente gris, en la mayoría de los casos, no es blenda pura, sino disolución sólida ( $\text{CuFeS}_2\text{-ZnS}$ ).

#### BLENDA ZnS

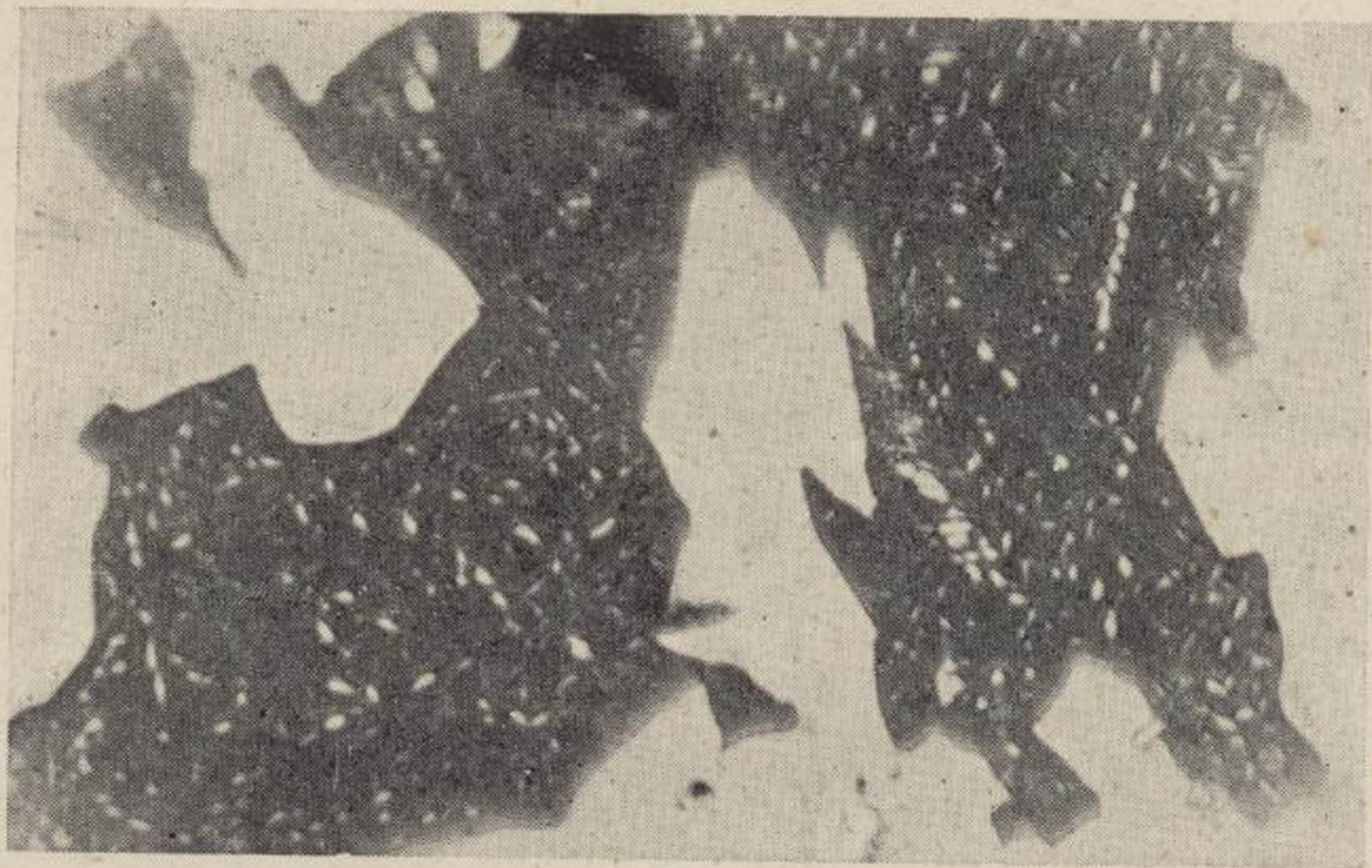
La blenda de las muestras que hemos estudiado presenta casi siempre calcopirita de segregación de las características



FOT. NÚM. 21 ( $\times 250$ )

(Foto I. R. de L.)

Blenda (gris) con calcopirita de segregación (motas blancas en forma de aspa, casi imperceptibles); pirita (granos blancos con relieve); cuarzo (negro).



FOT. NÚM. 22 ( $\times 700$ )      (*Foto I. R. de L.*)

Calcopirita ordinaria (blanco); blenda (mancha oscura) con motas blancas de calcopirita de segregación; cuarzo (negro).

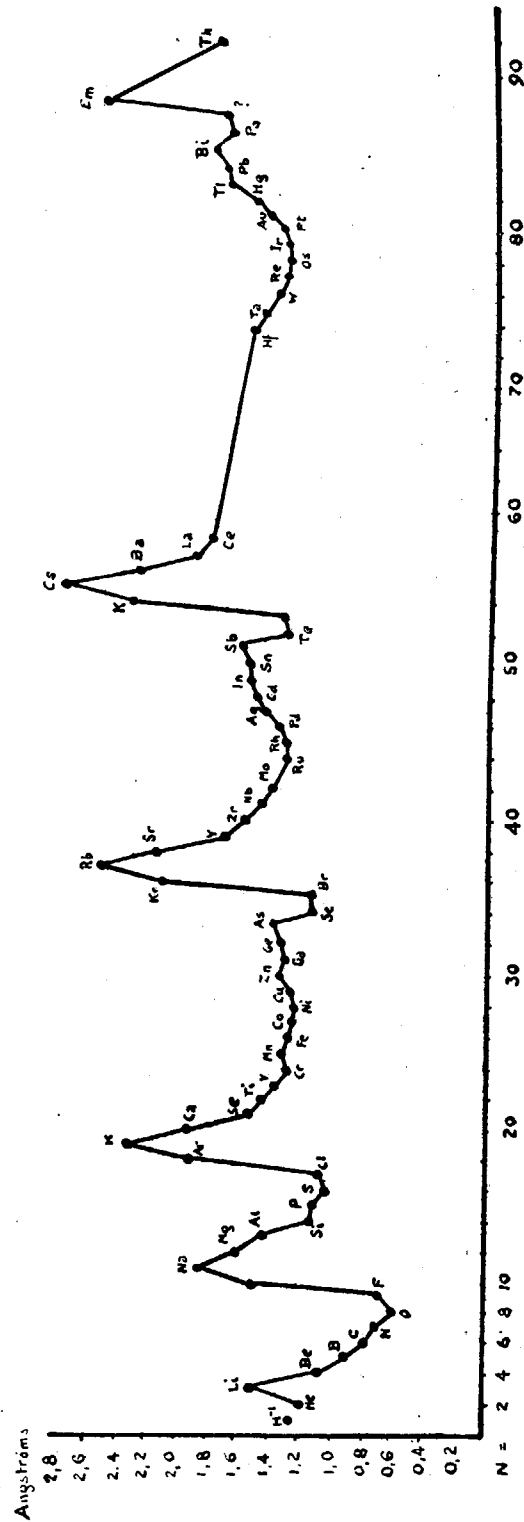


GRAFICO DE LOS RADIOS ATOMICOS DE LOS ELEMENTOS

antes examinadas. También se encuentra blenda de apariencia corriente, contemporánea de la calcopirita ordinaria, que a veces ofrece magníficos ejemplos de maclas polisintéticas. El comportamiento microquímico de algunas masas de blenda de apariencia ordinaria respecto a los reactivos corrientes es, en ocasiones, algo diferente del indicado en los libros, lo cual pudiera ser debido a que las masas analizadas no sean en realidad blenda pura, sino disolución sólida de  $\text{CuFeS}_2$  en  $\text{ZnS}$ , que no presenta segregaciones, y por tanto de apariencia microscópica análoga a la de la blenda.

La covelina y calcosina observadas en las muestras son ambas de formación secundaria, según se indica en la Tabla de Paragénesis. Se han encontrado otros minerales, en mucha menor proporción, que los indicados en estas notas. En la Tabla Paragenésica nos limitamos a señalar la relación entre los sulfuros principales por su abundancia y frecuencia en el criadero.

\* \* \*

Con lo expuesto en estas notas, de carácter meramente informativo, creemos poner de relieve el interés que para los Ingenieros de Minas pueden tener los estudios de Microscopía de las Menas (Mineralografía o Minerografía), no sólo en el aspecto científico, sino por lo que respecta a la Geología Aplicada en general y muy especialmente al estudio de los Criaderos Minerales y a la resolución de problemas que se presentan en la Preparación Mecánica y Concentración de Menas.

### I. ROSO DE LUNA

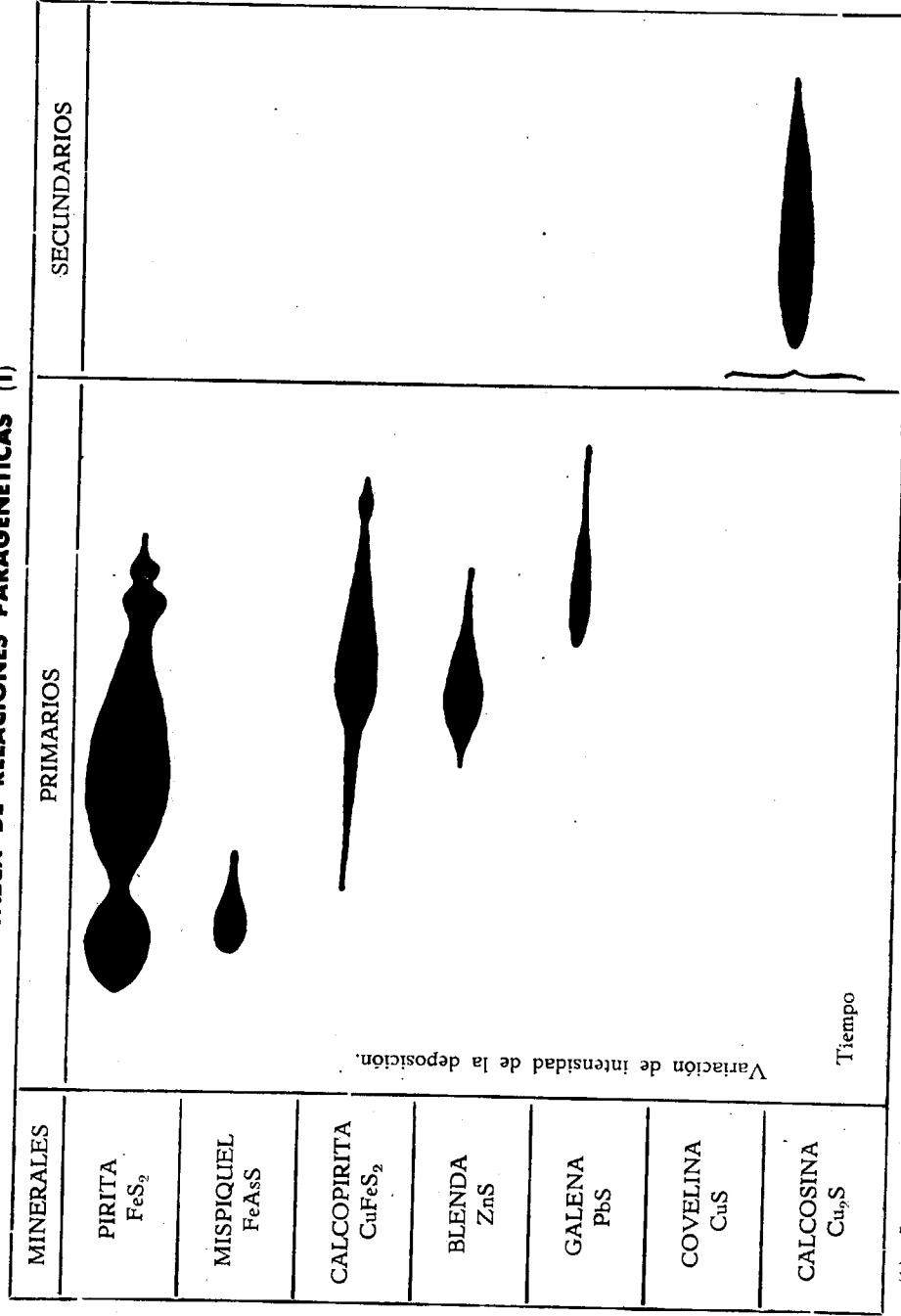
INGENIERO DE MINAS

Laboratorio Micrográfico de la Escuela de Minas

Madrid, 15 noviembre 1940.

(Véase Tabla de Paragénesis en la pág. 28.)

TABLA DE RELACIONES PARAGENETICAS (1)



(1) Los valores correspondientes a la intensidad de deposición y al tiempo, indicados en el esquema precedente, deben

NOTA SOBRE  
UN  
ACCIDENTE TECTÓNICO  
EN CHERTA (TARRAGONA)

POR  
AGUSTÍN MARÍN Y ANTONIO ALMELA



## NOTA SOBRE UN ACCIDENTE TECTÓNICO EN CHERTA (TARRAGONA)

Con ocasión de una excursión efectuada por los alrededores de Cherta, observamos en las márgenes del río Ebro una aparente repetición de algunas capas jurásicas, que nos hizo sospechar la existencia de un accidente tectónico; posteriormente hemos hecho el estudio estratigráfico y paleontológico de esta zona en las proximidades del azud de Cherta, lo que nos ha permitido comprobar la existencia de un cabalgamiento o escama, aguas arriba del azud, del que vamos a dar una breve noticia, así como de los interesantes y abundantes fósiles encontrados.

### I

#### GEOLOGIA

Toda la región de Tortosa comprendida entre las montañas de Cardó y Beceite es sumamente complicada, y a pesar de lo insistentemente que ha sido visitada por geólogos de todos los países, todavía su estructura y tectónica están por descifrar. Concretándonos exclusivamente a la región objeto de este estudio, se observan grandes trastornos y dislocaciones que son difíciles de explicar. Sin embargo, a causa de las investigaciones paleontológicas llevadas a cabo hemos podido determinar algunos niveles y nos hemos podido dar cuenta de que, precisamente en la región que nos interesa, existen

corrimientos tectónicos y cabalgamientos que explican el quebrantamiento mecánico sufrido por las rocas calizas que forman casi exclusivamente ambas márgenes del río.

Examinadas estas márgenes del río Ebro desde Benifallet a Tivenys, se encuentran varios horizontes estratigráficos que de abajo arriba son los siguientes:

1.º Margas abigarradas yesosas con algunos bancos en forma de lajas con *Fucoides* y *Daonella Lomelii* Visne, Benifallet.

2.º Dolomias y calizas con grandes oquedades y grietas comunicadas entre sí y que motiva las grandes cuevas naturales aprovechadas por los naturales de Benifallet para depósito de sus alimentos y refrigeración de los mismos en verano.

3.º Calizas y dolomias en grandes bancos con grietas y oquedades no tan importantes como las anteriores, con tintes rojizos y con algunas intercalaciones de niveles margo-calizos amarillentos.

4.º Calizas oquerosas y agrietadas de color pardo y gris con algunos fósiles: *Terebrátula*, *Zeilleria*, *Spiriferina alpina* Opp, *Rhynchonella*, *Epithyris*, *Pecten* y *Pholadomya*. Margen izquierda del Ebro.

5.º Margas pardo-amarillentas con bancos calizos, con algunos trozos de yeso. Contienen *Terebrátula*, *Zeilleria* y *Pholadomya*. Margen derecha entre los dos túneles del ferrocarril en construcción de Val de Zafán a San Carlos de la Rápita.

6.º Margas rojas y otras grises y pardas con bancos de calizas; se hallaron *Terebrátula Aulacothyris*, *Rhynchonella*, *Chlamys*, *Pecten* y algún *Ammonites* (*Hammatoceras*). En las dos márgenes del Ebro, a la altura de la fábrica de cemento de Tivenys y también en un terreno próximo al estribo izquierdo del azud de Cherta.

7.º Calizas y margas blanquecinas con abundantes fósiles,

les, sobre todo pequeños ammonites piritosos. Se acompañan ejemplares de gran tamaño del género *Garantia*. También se encuentran lamelibranquios y braquiópodos. Canteras de las fábricas de cemento de Tivenys y de Benifallet.

El estudio del abundante material fósil encontrado, cuyas listas damos más adelante; nos ha permitido determinar la edad geológica de los diferentes niveles, y así hemos podido comprender cuán grande es el desquiciamiento del terreno en la zona que nos ocupa.

Del examen de estos fósiles se deduce que la edad de los diferentes niveles es la siguiente:

Nivel 1.—Corresponde al Keuper de clara facies germánica.

Nivel 2.—Corresponde también al Keuper.

Nivel 3.—Es un tramo dudoso que lo mismo se puede situar en la parte alta del Trías que en la base del Lias. Nos inclinamos a esto último. Hemos podido observar que las dolomias pasan de uno a otro sistema insensiblemente.

Nivel 4.—Corresponde al Lias. Tramo toarciense con la facies española de Chofat.

Nivel 5.—Corresponde también al Toarciense.

Nivel 6.—Su fauna es completamente diferente a la de los niveles anteriores y también diferente del Bajociense, aunque comprende especies de uno y otro. Es, según Fallot y Blanchet, tránsito entre el Lias y Oolita. Nosotros lo consideramos como correspondiente al Aalenense, ya que algunos de los fósiles hallados son francamente liásicos.

Nivel 7.—Nivel francamente jurásico, tramo bajociense muy rico en fósiles.

Con este nivel termina en esta región la serie jurásica, no apareciendo los niveles más altos que el Bajociense.

Si ahora seguimos la margen izquierda del Ebro desde la fábrica de cemento de Julián Mayor hacia aguas abajo, se

puede apreciar que la aparición del Bajociense en las canteras de dicha fábrica se debe a un sinclinal que se presenta al Este del gran anticlinal triásico roto y desquiciado de Benifallet. Estos bancos bajocienses están en relación con los que se hallan en el collado de la Argila.

Como a unos 900 metros más aguas abajo de la fábrica cruza el río el eje de un anticlinal con falla que presenta en su charnela los bancos calizos agrietados, correspondientes a nuestro nivel número 3. Marcan estos bancos una suave ondulación sinclinal y después buzan como unos 20 grados al Este.

A continuación se presenta en el mismo buzamiento y señalando una ligera ondulación el nivel número 4, de caliza parda, roca hallada con más abundancia que todas las demás en los sondeos allí realizados para fijar la ubicación de una presa. Se presentan algunas intercalaciones margosas, y en éstas y en los bancos calizos estrechos más altos se presentan los fósiles.

Sigue también en el mismo buzamiento los niveles número 5, margoso pardo amarillento con calizas, y el número 6, formado aquí principalmente por calizas oquerosas. Sobre estos niveles en posición normal se presenta en esta margen el Bajociense, nivel número 7, pero éste no llega al río; queda colgado en el monte por encima de la fábrica.

A continuación se presenta súbitamente, y también con buzamiento al Este y a nuestro parecer en contacto completamente anormal, el nivel número 3, pudiendo reconocer perfectamente por los fósiles, superpuestos a éste, el nivel número 6, en el barranco próximo al azud. El nivel número 4 ha sido reconocido por nosotros, no así el número 5; pero nuevas y detenidas investigaciones darían por resultado el hallarlo.

Tenemos, pues, que el nivel número 3 aparece claramente superpuesto a los niveles números 6 y 7, y mucho más mo-

dermos; de modo que existe un cabalgamiento claro que da idea, por tanto, de la existencia de una escama que debe formar el monte Som, y cuyas raíces habría que buscar, por lo menos, en la parte profundamente erosionada de la región de Benifallet. Esta escama se apoya en el autóctono, en contacto oblicuo, y ocasiona que el Bajociense no llegue al río y que no se presente en la otra margen, como a continuación veremos.

Si ahora seguimos la margen derecha desde el barranco La Ram hacia aguas abajo, se puede observar que las calizas y dolomias de los niveles números 3 y 4 forman como un anticlinal en el cerro perforado por el túnel, inmediato y al Este del citado barranco.

En la trinchera existente entre este túnel y el siguiente, más al Este, se puede observar bien el nivel número 5, donde hemos recogido fósiles al mismo tiempo que trocitos de yeso. Se apoyan sobre éste nivel, formado por margas y lechos calizos, el nivel número 6, compuesto por calizas y margas grises y pardas, donde hemos recogido fósiles que atribuimos al Aaleniense.

Sobre estas margas, sin aparecer las calizas margosas blanquecinas con ammonites piritosos del Bajociense que se presentan en la otra margen, se hallan, en cambio, unas calizas sumamente agrietadas y cavernosas, que nos parece corresponden al nivel número 3, o sea que se repite aquí el contacto anormal de la otra margen, pero aquí a causa de que ese contacto es oblicuo no aparece, como hemos dicho, el tramo bajociense.

Se comprenderá, por consiguiente, que estos corrimientos o cabalgamientos han producido grandes quebrantos en el terreno. No hemos podido hallar rocas milonitizadas en la superficie de contacto del corrimiento, aunque sí se observa un gran agrietamiento en las rocas de la base de la masa cabal-

gante, que indican bien los esfuerzos a que han estado sometidas.

La planta y cortes que insertamos aclara la superposición de los distintos niveles y pone de relieve la escama de Som.

## II

### PALEONTOLOGIA

La fauna fósil de los alrededores de Cherta es en extremo interesante, tanto por su abundancia como por la relativa variedad de especies y buen estado de conservación de algunos ejemplares, especialmente los pequeños ammonites bajocienses.

Estos depósitos están próximos a algunos de los tan acertadamente estudiados por los Sres. Fallot y Blanchet en una obra, *Observations sur la fauna des terrains jurassiques de la région du Cardó et de Tortosa*, y su presentación y características son semejantes a éstos; los ejemplares clasificados por nosotros corresponden casi exactamente a la fauna estudiada en esta obra, con algunas especies no señaladas en ella, por lo que nos limitaremos a describir sucintamente los depósitos encontrados y a dar las listas de fósiles correspondientes, sin entrar en detalles paleontológicos que están perfectamente estudiados en la obra citada, a la cual nos remitimos.

Los fósiles clasificados corresponden únicamente al Lias superior y al Bajociense, no estando representada la Oolita superior ni el Jurásico superior, como en otros depósitos de esta zona.

En el Lias superior son escasísimos los Cefalópodos e inclasificable algún trozo encontrado, y, por el contrario, abundan mucho y son el principal elemento en el Bajociense, lo que constituye una diferencia neta entre las dos faunas.

Los braquiópodos son muy abundantes en el Lias y algo

menos en el Bajociense, mientras que los lamelibranquios son escasos en los dos pisos, si bien abundan más en el Lias, y los gasterópodos son escasísimos.

A continuación damos la reseña de cada uno de los yacimientos encontrados.

### LIASICO

*Margen izquierda, sobre el perfil A.*

Fauna del Lias superior, abundante en terebrátulas, con algunos lamelibranquios, especialmente Pholadomyas.

No hemos encontrado ammonites. La conservación de estos fósiles suele ser deficiente, especialmente los lamelibranquios. Se han podido clasificar dos ejemplares de Spiriferina alpina no citada por Fallot y Blanchet, pero señalados ya en esta región en la Hoja de Hospitalet.

La lista de las especies determinadas es la siguiente:

Terebrátula	subnumismalis, Dav.
—	subpunctata, Dav.
Zeilleria	moorei, Dav.
—	jauberti, Dav. en Roll.
—	radstockensis, Dav.
—	utriformis, Roll.
Spiriferina	alpina, Opp.
—	— — var. falloti, Corroy.
Rhynchonella	tetraedra, Sow.
—	northamptonensis, W.
Pecten	sp.
Pholadomya	voltzi, Ag.

*Tramo blanco.*—Las mismas características y el mismo nivel que el yacimiento anterior, con las siguientes especies determinadas:

Terebrátula	subpunctata, Dav.
Zeilleria	jauberti, Dav. em Roll.
Epithyris	subovoides, Roem.
Rhynchonella	tetraedra, Sow.
Pecten	æquivalvis, Sow.
Mytilus	sp.
Pholadomya	ambigua, Sow.
—	voltzi, Ag.
Mactromya	sp.
Phassianella	sp.

Juntamente con otros fósiles del Bajociense, nos entregan un fragmento de Ammonites, que corresponde a *Grammoceras orbignii*, Buckman, dado por este autor en *Inf. Ool. Ammonites*, lám. XXVII, figs. 3 a 6. Pertenece al mismo nivel dado anteriormente, pero el hecho de llegar a nosotros confundido probablemente con fósiles de otro yacimiento nos tiene a incluirlo en la lista.

*Margen derecha, entre los dos túneles, a la altura del perfil A.*—Corresponde al mismo nivel de los yacimientos anteriores, con terebrátulas y pholadomyas, pero poco abundante en fósiles, de los que hemos determinado los siguientes:

Terebrátula	edwardsii, Dav.
Zeilleria	moorei, Dav.
—	utriformis, Roll.
Pholadomya	ambigua, Sow.

Próximo a este lugar, en la margen derecha, perfil A, junto

al túnel, hemos encontrado algunos ejemplares de *Zeilleria utriformis*, Roll.

*Margas rojas, estribo izquierdo de la presa.*—Este y los dos yacimientos que reseñamos a continuación pertenecen al mismo nivel estratigráfico, tanto por la identidad de las margas que los constituyen, como por su fauna. Esta es abundante en braquiópodos, con algunos lamelibranquios de difícil clasificación y raros cefalópodos. En su conjunto, es totalmente diferente a la Liásica estudiada y a la Bajociense, si bien contiene especies que pertenecen ya a uno, ya a otro de los sistemas, constituyendo, a nuestro juicio, el tránsito del Lias a la Oolita a que hacen referencia los Sres. Fallot y Blanchet. En este yacimiento, que es el más abundante de los tres, encontramos, juntamente con *Dumortieria radians*, *Terebrátula sphæroidalis* y *Rhynchonella plicatella*, pero, aparte de estos braquiópodos que se repiten en los yacimientos bajocienses que más adelante reseñamos, el resto de las especies bajocienses no se encuentran en éstos, lo que da una fisonomía completamente distinta a las dos faunas. Esto y la presencia de Ammonites liásicos nos hace incluir esta fauna en el Aaleniense.

Especies determinadas:

Terebrátula	sphæroidalis, Sow.
—	submaxillata, Dav.
—	infra-oolithica, Desl.
Aulacothyris	carinata, Lmk. var. blakei, Walker.
Rhynchonella	plicatella, Sow.
—	oolithica, Dav.
—	tetraedra, Sow.
—	stephensi, Dav.
—	cynocephala, Rich.
—	cf. yaxleyensis, Dav.

Chlamys	sp.
Pecten	sp.
Hammatoceras	cf. insigne, Schüb.
Dumortieria	radians, Rein.

*Margen derecho; el mismo nivel de la fábrica.*—En este yacimiento sólo hemos podido determinar algunas Rhynchonellas, pues, en general, los ejemplares están deformados e incompletos.

Rhynchonella	plicatella, Sow.
—	subangulata, Dav.
—	walkeri, Roll.
—	jurensis, Quenst.
Gryphaea	sp.

*Margen izquierda, nivel de la fábrica de cemento.*

Terebrátula	infra-oolithica, Desl.
—	etheridgü, Dav. ?
Rhynchonella	stephensi, Dav.
—	cynocefala, Rich.
—	jurensis, Quenst.
—	oolithica, Dav.
—	amlthei, Quenst. ?

### BAJOCIENSE

La fauna bajociense en Cherta es mucho más abundante y ofrece ejemplares mejor conservados que la fauna liásica. Está constituida por braquiópodos no muy abundantes, escasísimos lamelibranquios y, sobre todo, pequeños ammonites pirritosos muy bien conservados y otros de mayor tamaño, casi

siempre comprimidos entre las hiladas de una caliza arcillosa. También se encuentran algunos belemmites.

Los braquiopodos son de pequeño tamaño, representando individuos jóvenes, lo que dificulta su determinación, pero, en general, responden a los tipos señalados por Fallot y Blanchet en Cardó.

Esta fauna ha sido reconocida en tres yacimientos abundantes, en los que se repiten casi todas las especies.

*Nivel de ammonites pequeños (1.º yacimiento).*—En la fauna de pequeños ammonites, hemos encontrado buenos ejemplares de especies del género *Garantia*, *Opelia*, *Lisoceras* y algunos pequeños *Perisphinctes* y *Cadomites* que corresponden a las especies figuradas en el Jurásico de Cardó y Tortosa. El género más abundantemente representado es *Garantia* y le sigue en importancia *Sphaeroceras*, con la especie *Sph. brongniarti*, Sow. De esta especie hemos encontrado algunos ejemplares buenos, en los que se aprecian las líneas de sutura y el sifón.

Los ejemplares de ammonites grandes se encuentran casi siempre aplastados y no se les puede destacar de la roca. Abundan los *Cadomites*, entre los que hemos encontrado un ejemplar de las mismas características de *Cadomites* como *politicus*, Moer., pero sus costillas son más finas y abundantes. Su diámetro aproximado es de 120 milímetros, al que corresponde en una vuelta entera unas 180 costillas secundarias. Los ejemplares de esta especie que poseemos tienen, para el mismo diámetro, unas 120 costillas secundarias; suponemos que se trata de una variedad, que no determinaremos mientras no se encuentren nuevos ejemplares.

También abundan los *Perisphinctes* de regular tamaño, entre los que hemos podido determinar las especies *P. nicolescoi*, de Gross. *P. lucretius*, d'Orb. *P. Martiusi*, d'Orb.

Hemos tenido la suerte de encontrar también algunos in-

dividuos de talla bastante grande, del género *Garantia*, que confirman la clasificación hecha por Fallot y Blanchet de las pequeñas *Garantias*.

Se ha podido determinar un ejemplar de *Garantia*, *garanti*, d'Orb., de 57 milímetros de diámetro, con costillas algo inclinadas hacia delante, que corresponde a la descripción y figura dadas por Douvillé en su *Etudes sur les cosmoceratides* (lám. I, fig. 3).

Varios individuos en regular estado los referimos a las especies *Garantia baculata*, Quent., y corresponden a la lámina V, fig. 3, de Douvillé, aunque la costulación es algo más fuerte.

Por último, otro ejemplar lo atribuimos, con duda, a *Garantia bifurcata*, Ziet. (Douvillé, lám. IV, fig. 3.)

Un trozo de vuelta de *Sonnimia* de tamaño grande (más de 200 milímetros de diámetro), con gruesas costillas espaciadas, algo inclinadas hacia delante, que en la parte externa se curvan y atenúan, lo referimos a la especie *S. dominaus*, Buck., figurada por el autor en *Inferior Oolithe Ammonites* (lámina LXVI).

Sobre este ejemplar hay varios lamelibranquios de la especie *Lucina zonaria*, Quenst. (D. Marzloff, J. Daresté de la Chavanne, L. Moret: *Faune du Bajocien Supérieur du Mont d'Or Lyonnais*, lám. XI, figs. 22 y 23.)

*Cadomites* ? n. sp.—Hemos encontrado en este yacimiento, entre varios ejemplares dudosos por su mala conservación, uno de 20 milímetros de diámetro, que corresponde a los descritos y figurados por los Sres. Fallot y Blanchet en la página 165, lámina IV, figs. 5 a 7, de la obra citada.

A más de este ejemplar, se han identificado con certeza otros dos de los yacimientos que estudiamos a continuación, todos ellos de puntos distintos y diferentes del yacimiento señalado por los Sres. Fallot y Blanchet.

A continuación transcribimos la descripción dada por los autores:

"Para terminar la serie de los *Ammonites* del grupo del *Humphriesi*, debemos mencionar una forma curiosa que por su sección a los diámetros de 8 y 29 milímetros recuerda los *Ammonites sub-coronatus* que hemos admitido que eran individuos jóvenes de *C. Brodiaei*, pero que sobre este aspecto general presenta costillas radiales que se descomponen en haces de cuatro o cinco costillas secundarias y que, como carácter notable, tiene cuatro surcos por vuelta netamente marcados a partir de un diámetro de seis milímetros. Estos surcos afectan sólo a la parte ventral y están constituidos por la exageración del intervalo que separa dos costillas secundarias consecutivas. Este surco, algunas veces, se encuentra entre costillas correspondientes a dos haces. Frecuentemente el surco no es simple, sino que se repite entre las dos costillas que siguen inmediatamente al primer surco.

"Este carácter no se presenta en ninguna especie del género *Cadomites*. Aparece posteriormente en las primeras *Reineckeia*, pero acompañado de un carácter especial: la interrupción ventral de las costillas que no existe en nuestros ejemplares. Los haces de costillas que parten de un tubérculo se unen por mitad a los tubérculos siguientes y anterior del flanco opuesto. Este carácter es muy neto en *C. blagdeni* Sow. sp. (Pal. Fr. T. Jur., pl. 132)."

Esta descripción coincide casi exactamente con los tres ejemplares encontrados en Cherta, pero se han observado en éstos algunas pequeñas diferencias que a continuación anotamos:

Los haces de cuatro o cinco costillas que parten de un tubérculo, no se unen por mitad a los tubérculos siguientes y anterior del flanco opuesto, sino que la última costilla de un haz se une al tubérculo siguiente del flanco opuesto.

Los surcos, que suelen ser dobles, se producen porque de algunos tubérculos arrancan solamente dos costillas que se unen cada una de ellas a un tubérculo distinto del flanco opuesto y a veces hay un par de tubérculos unidos por una sola costilla.

Sérpula, sp.—También se encuentran con gran frecuencia entre los ammonites piritosos, restos de sección circular sin trazas de ornamentación, arrollados en formas varias, casi nunca en un plano, y a veces rectos, que por su mala conservación no permiten su identificación. Creemos se trata del género Sérpula.

A continuación damos las especies determinadas en este abundante yacimiento:

Terebrátula	sphaeroidalis, Sow.
—	ovoides, Sow.
—	anglica, Opp.
Rhynchonella	plicatella, Sow.
—	subobsoleta, Dav.
—	varians, Schl.
Lucina	zonaria, Quenst.
Núcula	sp.
Oppelia	subradiata, Sow.
Lissoceras	oolithicum, d'Orb.
Sphaeroceras	brongniarti, Sow.
Cadomites	cosmopoliticus, Moer.
—	— — — var.
—	braikenridgii, d'Orb.
—	brodiaei, Sow.
Cadomites ?	n. sp. Fall. y Blan.
Perisphinctes	martiusi, d'Orb.
—	nicolescoi, de Gross.
—	lucretius, d'Orb.

Garantia	garanti, d'Orb.
—	baculata, Quenst.
—	bifurcata, Ziet.
—	— — var. acuticostata, Fall.
Strenoceras	niortense, d'Orb.
Phylloceras	kudernatschi, Hau.
Pæcilomorphus	cycloides, d'Orb.
Sonninia	dominans, Buck.
Belemnites	helveticus, May.
—	(Belemnopsis) sulcatus, Mill.
Sérpula	sp.

Cantera de D. Julián Mayor a 1 ½ kilómetro aguas arriba de la cantera de la estación.

Fauna análoga a la anterior, pero no se encuentran los ammonites grandes.

Terebrátula	sphaeroidalis, Sow.
—	ovoides, Sow.
—	decipiens, Desl.
Rhynchonella	tetraedra, Sow.
Pecten	sp.
Oppelia	subradiata, Sow.
Lioceras	concovum, Sow.
Cadomites ?	n. sp. Fall. y Blan.
Perisphinctes	martiusi, d'Orb.
—	nicolescoi, de Gross.
Garantia	garanti, d'Orb.
Belemnites	(Belemnopsis) sulcatus, Mill.
Sérpula	sp.

Cantera de arriba, junto a la carretera.

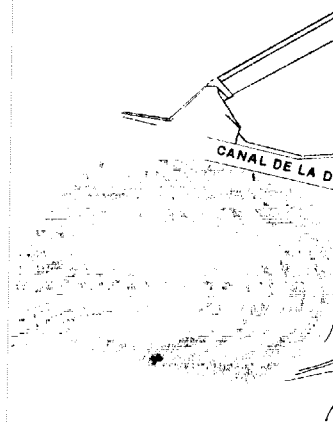


Fauna de las mismas características que la anterior.

Terebrátula	sphaeroidalis, Sow.
—	ovoides, Sow.
—	decipiens, Desl.
Nautilus	lireatus, Sow.
Lissoceras	oolithicum, d'Orb.
Sphæroceras	brongniarti, Sow.
Cadomites	braikenrigii, d'Orb.
—	humphriesiamus, Sow.
Cadomites ?	n. sp. Fall. y Blan.
Perisphinctes	nicolescoi, de Gross.
Garantia	garanti, d'Orb.
—	baculata, Quenst.
—	bifurcata, Ziet.
Strenóceras	niortense, d'Orb.
Pæcilomorphus	cycloides, d'Orb.
Spiroceras	bispinatum, Baug. y Sauz.
Sérpula	sp.

Madrid, enero de 1941.

B R O

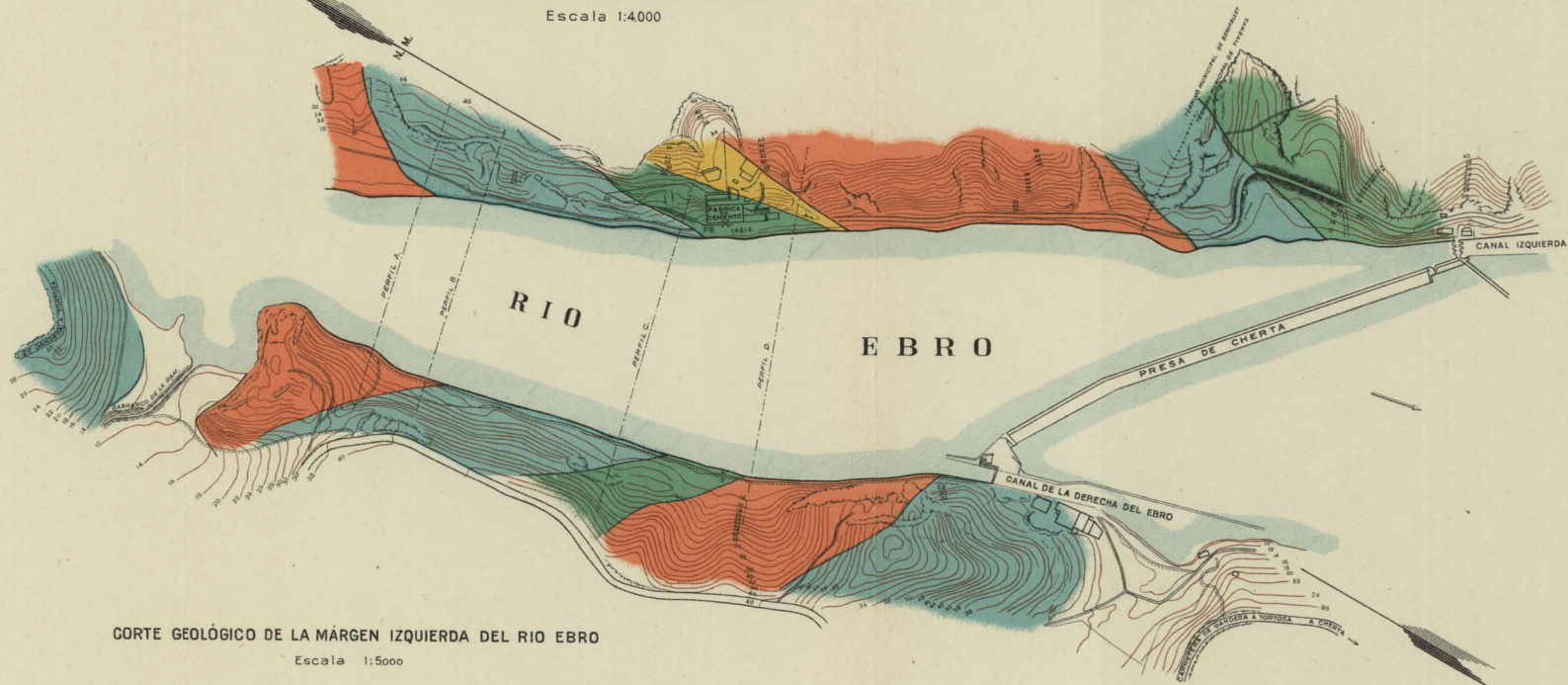


CORTE GEI



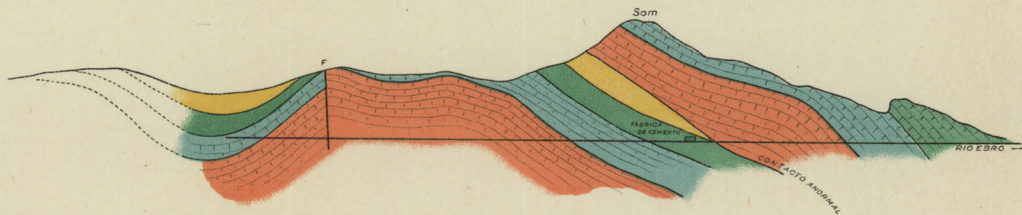
# PLANO GENERAL

Escala 1:4.000



CORTE GEOLÓGICO DE LA MÁRGEN IZQUIERDA DEL RÍO EBRO

Escala 1:5.000



CORTE GEOLÓGICO DE LA MÁRGEN DERECHA DEL RÍO EBRO

Escala 1:5.000



## EXPLICACIÓN

- TRIAS Y LIAS INFERIOR
- TOARCIENSE
- AALENIENSE
- BAJOCIENSE



## BIBLIOGRAFÍA

- 1.—Branco, W.: "Der Untere Dogger Deutsch-Lothringens".—Strasbourg, 1879.
- 2.—Buckman: "A Monograph on the Inferior Oolite Ammonites of the British Islands". Palæontogr. Soc.—Londres, 1887-1907.
- 3.—Choffat, P.: "Description de la faune jurassique du Portugal". Dirección trav. geol. du Portugal.—Lisboa, 1895.
- 4.—Davidson, Th.: "A Monograph of British Oolitic and Liasic Brachiopoda". Palæontogr. Soc.—Londres, 1851-1882.
- 5.—Deslongchamps, E.: "Etude critique sur les Brachiopodes nouveaux ou peu connus".—Paris-Caen, 1862.
- 6.—Deslongchamps, E.: "Brachiopodes nouveaux ou peu connus du Lias d'Espagne".—Paris-Caen, 1863.
- 7.—Deslongchamps, E.: "Terrains Jurassiques.—Brachiopodes.—Paleontologie française".—Paris, 1886.
- 8.—Douville, R.: "Etude sur les Oppéliidés de Dives et Villers-s.-Mer". Men. Soc. Geol. de France, Mem. 48, t. 21.
- 9.—Douville, R.: "Etude sur les Cosmocératidés des Collections de l'Ecole Supérieure des Mines". Mem. du Serv. de la Carte geol. de France. Paris, 1915.
- 10.—Dumortier, E.: "Etude paleontologique sur les depots jurassiques du Bassin du Rhône".—Paris, 1871-1874, t. 3.º
- 11.—Fallot, P., y Blanchet, F.: "Observations sur la faune des terrains Jurassiques de la Región de Cardó et de Tortosa (Tarragone)".—Barcelona, 1923.
- 12.—Favre, E.: "Description des fossiles du terrain Jurassique de la montagne Des Voirons". Mem. Soc. Paleont. Suisse, vol. 2.º, 1875.
- 13.—Favre, E.: "Contribution a l'étude des Oppelia du Jurassique moyen". Mem. Soc. Pal. Suisse, 1912.
- 14.—Gemmellaro: "Sopra alcune Faune Giuresi e Liasiche della Sicilia". Palermo, 1872-1882.
- 15.—Gemmellaro: "Sul Dogger inferiore di Monte San Giuliano (Erice)". Bull. d. soc. Nat. ed econom. di Palermo, 1886.
- 16.—Geyer, G.: "Liasischen Brachiopoden des Hierlatz bei Hallstadt".
- 17.—Goldfuss: "Petrefacta Germaniæ".—Dusserdorf, 1834-1840.
- 18.—Jiménez de Cisneros, D.: "Algunos fósiles piritosos del sureste de España". A. E. P. C. Congreso de Zaragoza. Tom. IV.—Madrid, 1910.
- 19.—Jiménez de Cisneros, D.: "Noticia acerca de algunos fósiles liásicos de Solana del Algarejo". Bol. R. S. E. His. Nat., 1924.
- 20.—Jiménez de Cisneros, D.: "El gran depósito de fósiles liásicos del Cerro de la Campana". Bol. R. S. E. His. Nat., 1923.

- 21.—Mallada, L.: "Reconocimiento geográfico y geológico de la provincia de Tarragona". Bol. Com. Mapa Geológico de España. T. XVI, 1890.
- 22.—Marzloff, D.; Daresti de la Chavane, J., y Moret, L.: "Etude sur la Faune du Bajocien Superieur du Mont d'Or Lyonnais" (1936).
- 23.—Orbigny, A. d': "Paleontologie Française.—Terrains Jurassiques.—Céphalopodes".—Paris, 1842-1849.
- 24.—Popovici, Hatzeg: "Les Céphalopodes du Jurassique moyen du Mont Struga". Mem. Soc. Geol. France. T. 13, fasc. 3, n.º 35.—Paris, 1905.
- 25.—Quenstedt: "Petrefactenkunde Deutschlands.—Cephalopoden". Tubingen, 1849.
- 26.—Quenstedt: "Die Ammoniten des chwäbischen Jura".—Stuttgart, 1883-1885.
- 27.—Riche: "Etude stratigraphique et paleontologique sur la zone a Lioce-ras concavum du Mont d'Or lyonnais". Annales Université de Lyon, 1904.
- 28.—Rollier: "Sinopsis des Spirobranches Jurassiques celto-souabes". Mem. Soc. Pal. Suisse, 1915-1920.
- 29.—Roman, Petourand: "Etude sur la Faune du Bajocien superieur du Mont d'Or Lyonnais (Ciret)". Trab. Lab. Geol. Fac. Sciences du Lyon. Fas. XI, Mem. 9-1927.
- 30.—Sowerby: "The Mineral conchology of Great Britain", 1812-1846.
- 31.—Wright, T.: "Monograph on the Lias Ammonites of the British Islands". Paleontogr. Soc. Londres, 1878-1886.

## LOS CANGREJOS FÓSILES DE CATALUÑA

POR

LUÍS VÍA

Presbítero

## LOS CANGREJOS FÓSILES DE CATALUÑA

### HISTORIA

*Monsieur Alphonse Milne-Edwards es el primer carcinólogo que se ocupa de los cangrejos fósiles de Cataluña. En 1862 y en su monumental obra Monographie des Crustacés fossiles de la famille des Cancériens, describe y representa algunos de los ejemplares que Mr. Vezian recogió en la provincia de Barcelona cuando vino a Cataluña para confeccionar su conocida tesis sobre los terrenos postpirenaicos de los alrededores de dicha ciudad. Atribuye estos ejemplares a dos especies distintas: el Harpactocarcinus punctulatus, Desm., y el Harpactocarcinus ovalis, A. M.-Edws., siendo esta última especie nueva para la ciencia. No consta la localidad precisa de dichos ejemplares.*

*En la misma obra dice que M. de Verneuil encontró el H. punctulatus con gran abundancia en el castillo de Gurb.*

*El Dr. Almera, en 1894, cita otra especie, el Xantho tuberculatus, Bell., en el Siliciense marino del subsuelo de Prat de Llobregat y Vilassar.*

*En el año 1896, en su Memoria Reconocimiento de la presencia del primer piso Mediterráneo, etc., cita por primera vez el Neptunus granulatus, M.-Edws., en el Helveciense inferior*

de Monjos. El año 1898 reproduce esta misma cita en el *Compte rendu de l'excursion... aux environs de Vilanova et Villafranca*, y el año 1900, en la tercera hoja del mapa topográfico y geológico de la provincia de Barcelona, intercala esta especie en la lista de los fósiles más frecuentes del Helveciense inferior comprendido por dicha hoja.

El año 1904 ratifica la presencia del *Xantho tuberculatus*, Bell., en Vilassar, a raíz de su estudio sobre la playa de terreno cuaternario antiguo por él descubierta en dicha localidad. Cabe observar que el Dr. Almera se limita, en todas las ocasiones ya citadas, a dar el nombre de la especie sin ninguna observación.

El año 1908, Faura y Sans publica su trabajo *Crustacis fòssils de Catalunya*, en donde se limita, en lo que toca a cangrejos, a reproducir las referencias ya citadas del Dr. Almera. Bajo este aspecto, el estudio del Rdo. Faura resulta muy superficial.

En 1927, el Director del Museo Real de Bélgica, Mr. Victor van Straelen, publicó la *Contribution à l'étude des Crustacés fossiles de la Péninsule Ibérique*, primero y único estudio serio y de conjunto, aunque necesariamente incompleto, sobre los cangrejos fósiles de España. En lo referente a los de Cataluña, confirma algunas de las determinaciones anteriores y crea una nueva especie, el *Lobocarcinus catalaunicus*, todo a base del material que le fué enviado por el Dr. Faura. Recientemente ha reconocido entre los ejemplares de un envío que le hizo el Dr. Bataller algunas especies que corroboran también determinaciones anteriores.

En 1929, Glaessner publica su catálogo general, en el que incluye las formas anteriormente mencionadas, basándose en las publicaciones ya referidas de Milne-Edwards, de Faura y Sans y de Van Straelen.

En 1930, Dalloni publica su trabajo *Etude geologique des*

*Pyrinées catalanes*, en el cual señala la presencia de tres especies: *Harpactocarcinus punctulatus*, Desm., en el Luteciense de Montgrony; *Allogoneplax Dalloni*, en el Luteciense de Vilada (Berga) y el *Cancrixantho pyrenaicus*, en el Senoniense del valle del Segre.

En 1934, Victor van Straelen, en su *Contribution à l'étude des Crustacés decapodes fossiles de la Catalogne*, juntamente con la lista de los crustáceos decápodos conocidos en Cataluña, publica la descripción de estas dos últimas formas nuevas para la ciencia y hasta entonces inéditas, ya que en el trabajo de Dalloni solamente se hacía mención de ellas.

Todo lo que hasta aquí queda dicho se refiere a las formas específicamente determinadas, puesto que a más de éstas se han mencionado otras con determinaciones genéricas y aun dudosas. Así, tenemos que el mismo Dr. Almera, en el año 1894, cita, al lado del *Xantho tuberculatus*, Bell., un *Portunus*, sp., procedente del Astiense de Gracia y San Martí (Barcelona).

En el año 1906, en la Descripción geológica y génesis de la Plana de Vich, atribuye, con duda, al género *Portunus*, otro individuo del Luteciense de Cánovas a Puiglagulla, y al género *Cancer*, algunos individuos del Puigsec y de la localidad anterior.

En el año 1908, Faura y Sans, en la reseña de una excursión geológica que efectuó a Gurb, refiere haber hallado un *Cancer*, sp., y durante el mismo año y en el trabajo anteriormente aludido sobre los crustáceos fósiles de Cataluña, reúne, bajo el común denominador de *Cancer*, sp., el individuo a que se refería en aquella reseña y los que el Dr. Almera, en la asimismo aludida Memoria sobre la geología de la Plana de Vich, atribuye a este género.

Recientemente, Dalloni, en su mencionada obra, señala la familia *Portunidae* en el Luteciense de Vilada (Berga).

Dejando aparte estas formas tan genéricamente determinadas, tenemos que los cangrejos fósiles hasta el presente conocidos en Cataluña se reducen a las siete especies ya citadas y que representan dos tribus y cuatro familias distintas.

He aquí su distribución sistemática y estratigráfica:

#### Cuadro de distribución sistemática

TRIBU	FAMILIA	GENERO Y ESPECIE
<i>Cancriformia</i> , Glaessner.	<i>Cancridae</i> , Ortman.	<i>Lobocarcinus catalaunicus</i> , V. van Straelen.
	¿Familia desconocida?	<i>Cancrixantho pyrenaicus</i> , V. van Straelen.
<i>Brachygnatha</i> , Borradaile.  SUBTRIBU  <i>Brachyrhyncha</i> , Borradaile.	<i>Portunidae</i> , Dana.	<i>Neptunus granulatus</i> , A. M.-Edwards.
		<i>Xantho tuberculatus</i> , Bell.
	<i>Xanthidae</i> , Alcock.	<i>Harpactocarcinus punctulatus</i> , Desm.
		<i>Harpactocarcinus ovalis</i> , A. M.-Edwards.
	<i>Goneplacidae</i> , Dana.	<i>Allogoneplax Dallonii</i> , V. van Straelen.

#### Cuadro de distribución estratigráfica

NIVEL	GENERO Y ESPECIE
Cuaternario y Plioceno	<i>Xantho tuberculatus</i> , Bell.
Mioceno	<i>Neptunus granulatus</i> , A. M.-Edwards.
Eoceno	<i>Lobocarcinus catalaunicus</i> , V. van Straelen. <i>Harpactocarcinus punctulatus</i> , Desm. <i>Harpactocarcinus ovalis</i> , A. M.-Edwards. <i>Allogoneplax Dallonii</i> , V. van Straelen.
Senoniense	<i>Cancrixantho pyrenaicus</i> , V. van Straelen.

## BIBLIOGRAFÍA

- MILNE-EDWARDS (A.): "Monographie des crustacés fossiles de la famille des Cancéries".—*Ann. Sci. Zool.*, ser. IV, vol. 18, pág. 67, pl. IX, f. 2. Paris, 1862.
- ALMERA (DR. J.): "Descripción de los depósitos pliocénicos de la cuenca del bajo Llobregat y llano de Barcelona".—*Mems. de la R. A. de Ciens. y A.*, vol. III, pág. 125.—Barcelona, 1894.
- ALMERA (DR. J.): "Reconocimiento de la presencia del primer piso mediterráneo en el Panadés", seguido de cortes geológicos, etc.—*Mems. de la R. A. de Ciens. y A.*, vol. I, Mem. núm. XX, pág. 22.—Barcelona, 1896.
- ALMERA (DR. J.): "Compte rendu de l'excursion du vendredi 7 octobre aux environs de Vilanova et de Vilafranca".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 3.<sup>a</sup> serie, tomo XXVI, pág. 821.—Paris, 1898.
- ALMERA (DR. J.): "Mapa geológico y topográfico de la provincia de Barcelona. Región tercera o del Río Foix y la Llacuna", escala 1/40000. Explicación somera, Helveciense inferior (m<sup>2</sup>).—Barcelona, 1900.
- ALMERA (DR. J.): "Alrededores de Villanova y Vilafranca".—*Bol. de la Com. del Mapa Geol. de España*, tomo XXVII, pág. 174 (262).—Madrid, 1903.
- ALMERA (DR. J.): "Una playa de terreno cuaternario antiguo en el llano de San Juan de Vilassar".—*Mems. de la R. A. de Ciens. y A.*, vol. IV, pág. 5.—Barcelona, 1904.
- ALMERA (DR. J.): "Descripción geológica de la comarca titulada Plana de Vich".—*Mems. de la Soc. Esp. de Hist. Nat.*, tomo III, Mem. núm. 6, pág. 449 (27).—Madrid, 1906.
- ALMERA (DR. J.): "Descripción geológica y génesis de la Plana de Vich".—*Mems. de la R. A. de Ciens. y A.*, 3.<sup>a</sup> época, vol. V, núm. 20, pág. 28.—Barcelona, 1906.
- FAURA Y SANS (M.): "Excursión geológica a Gurb (Plana de Vich)".—*Butll. de la Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, año V, núm. 3, pág. 38.—Barcelona, 1908.
- FAURA Y SANS (M.): "Crustacis fósils de Catalunya".—*Butll. de la Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, 2.<sup>a</sup> época, vol. V, núms. 8 y 9, pág. 115.—Barcelona, 1908.
- FAURA Y SANS (M.): "Sur les Bryozoaires des terrains tertiaires de la Catalogne".—*Treballs Ins. Cat. His. Nat.*, pág. 81.—Barcelona, 1916.
- FAURA Y SANS (M.): "Explicació de la fulla 34; Vilafranca del Penedés".—*Servei del Mapa geològic de Catalunya*, a l'escala de 1/100000, pàgina 54.—Barcelona, 1922.
- STRAELEN (V. VAN): "Contribution a l'étude des Crustacés décapodes fos-

- siles de la Péninsule Ibérique".—*Eos, Rev. esp. Entomología*, página 86.—Madrid, 1927.
- GLAESSNER (M. F.): "Crustacea Decapoda".—Ed. J. F. Pompeckj.—Berlin, 1929.
- DALLONI: "Etude geologique des Pyrenées catalanes", pág. 231, 351, 274 y 277.—Alger, 1930.
- VIA (LL.): "Els crancs fósils del Terciari de Catalunya".—*Butll. de la Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, vol. XXXII, núm. 4, 16 págs. y 2 láms.—Barcelona, 1932.
- STRAELEN (V. VAN): "Contribution a l'étude des Crustacés décapodes fossiles de la Catalogne", dans *Géologie des Pays Catalans*, vol. III, 3.<sup>a</sup> parte, núm. 25.—*Géologie de la Méditerranée occidentale*.—Barcelona, agosto de 1934.

*La lectura de esta breve reseña histórico-bibliográfica induce a creer en una gran pobreza carcinológica de los depósitos del Terciario de Cataluña, pobreza que contrastaría, a decir verdad, con la abundancia y calidad de las demás faunas fósiles de nuestra región.*

*Como se verá a continuación, más bien que de una fauna exigua se trata de un conocimiento aun muy limitado e imperfecto de la misma. Efectivamente; hace ya algunos años que, con motivo de querer clasificar algunos cangrejos fósiles recogidos en varias localidades del Panadés, tuve la ocasión de constatar cuán descuidado andaba en Cataluña el estudio de una rama tan interesante de la paleontología. El hallazgo de nuevos e interesantes ejemplares, por una parte, y, sobre todo, el interés que Mn. Bataller tomó en el asunto, me han determinado a emprender el estudio de los cangrejos fósiles de la región catalana. A pesar de la escasez de medios económicos con que se ha tropezado, a estas horas son ya muy numerosos los ejemplares aparecidos en localidades hasta el presente completamente ignoradas. El estudio de todo este material nuevo y del material hasta aquí hacinado y arrinconado en varias colecciones particulares, ha dado por resultado la determinación de otras nueve especies, entre ellas cuatro nue-*



vas para la ciencia, y la confirmación de algunas de las determinaciones hechas anteriormente por los autores arriba mencionados. Con este trabajo, el conjunto de las especies catalanas conocidas asciende, por lo tanto, al número de 16, que representan cuatro tribus, ocho familias y doce géneros diferentes.

Hay que confesar, con todo, que el material estudiado no es completo, ni mucho menos. Una exploración metódica y ordenada ad hoc de los estratos fosilíferos catalanes queda aún por hacer. De emprenderse, no cabe ninguna duda que el número de las formas conocidas aumentaría considerablemente.

Desde estas páginas me complazco en hacer constar mi más sincera gratitud hacia Mn. Bataller, a cuya iniciativa y orientación se debe la realización del presente estudio; sin su valiosa mediación no hubiese tampoco podido contar con las raras y costosas obras extranjeras más imprescindibles y que, por desgracia, no poseen nuestras bibliotecas nacionales.

En segundo lugar, tengo también la gran satisfacción de hacer público mi agradecimiento al Director del Museo Real de Bélgica, Monsieur Victor van Straelen, por la singular deferencia que ha manifestado atendiendo a las diferentes consultas que se le han hecho acerca de los casos difíciles o dudosos.

Finalmente, hay que hacer constar la gentileza de los coleccionistas cuyos nombres aparecen a través de este estudio y que tan desinteresadamente han puesto a mi disposición sus ejemplares. Merece una mención especial, por el número extraordinario de piezas, la colección del Sr. Mario Guérin, de Barcelona. También la merece, por su parte, el seminarista Castelltort, por la abundancia y variedad de los ejemplares por él recolectados en los alrededores de Igualada y por él mismo destinados a formar parte de la colección paleontológica del Seminario de Barcelona.

## DESCRIPCIÓN DE LAS ESPECIES

### I. — Material determinado.

*Brachyuridae*, Glaessner (1).

*Brachygnatha*, Borradaile.

*Brachyrhyncha*, Borradaile.

*Portunidae*, Dana.

*Neptunus*, Haan.

#### ***Neptunus catalaunicus*, n. sp.**

Lámina I, figuras 1-6.

1932.—*Neptunus*, n. sp.? Vía: "Els crancs fòssils del Terciari de Catalunya", pág. 142 (las pinzas).

*Material*.—Dos individuos, uno de ellos en muy buen estado y una serie de pinzas sueltas, de las colecciones del Museo Geológico del Seminario.

*Procedencia*.—Los carapachos y la mayor parte de las pinzas provienen del Luteciense de Collbás; las demás pinzas han sido recogidas en el Luteciense de Santa Margarida de Montbui e inmediaciones; hay también una pequeña mano procedente del Luteciense de Centelles.

*Descripción*.—El carácter general más saliente del carapacho es el pronunciadísimo relieve de las regiones del dorso. Natural consecuencia de ello es la marcada diferenciación de

(1) La agrupación taxonómica adoptada es la establecida por Glaessner. (Véase: "Fossilium catalogus, I animalia".—Pars, 41.—M. F. Glaessner: "Crustacea Decapoda", editus a J. F. Pompeckj.—Berlín, 1929.)

dichas regiones con sus lóbulos, de cuya disposición dan buena idea las fotografías que acompañan. Todas las regiones son prominentes, a excepción de las hepáticas y la frontal, que forman una notable depresión, cuyo máximo corresponde a las hepáticas en las inmediaciones de la región gástrica y detrás de las órbitas.

En la región frontal, la parte hundida se dispone en sentido de surco longitudinal y termina con los dos dientes frontales interiores, más salientes que los exteriores contiguos. La

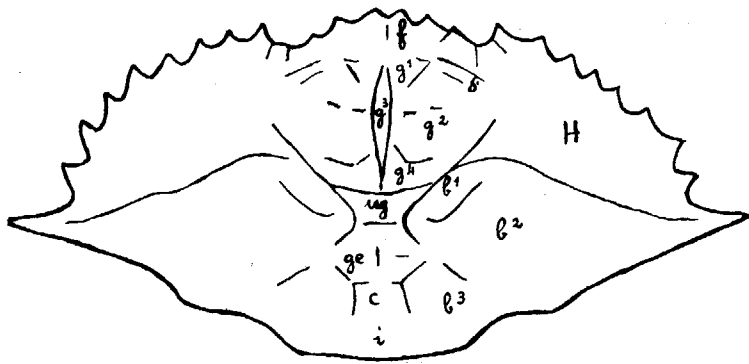


Fig. 1.—*Neptunus catalaunicus*, n. sp. Dorso del caparazón, con sus regiones, esquematizado a base del ejemplar tipo de Collbàs (lám. I, f. 1). *f*, región frontal; *g*, región gástrica; *g*<sup>1</sup>, lóbulos epigástricos; *g*<sup>2</sup>, lóbulos protogástricos; *g*<sup>3</sup>, lóbulos mesogástricos; *g*<sup>4</sup>, lóbulos hipogástricos; *ug*, lóbulos urogástricos; *ge*, lóbulos genitales; *c*, lóbulos cardíacos; *i*, región intestinal; *H*, región hepática; *d*, franja que corresponde a la mayor depresión del dorso; *b*, región branquial; *b*<sup>1</sup>, lóbulos dobles epibranquiales; *b*<sup>2</sup>, lóbulos mesobranquiales; *b*<sup>3</sup>, lóbulos (llanos) postbranquiales.

depresión hepática queda limitada anterior y lateralmente por los dientes de los bordes latero-anteriores, en los cuales se observa una marcada dirección hacia arriba, disposición que se acentúa más y más junto a las órbitas, las cuales están también fuertemente enderezadas.

La región gástrica se eleva notablemente sobre la depre-

sión hepática y está constituida por siete lóbulos bien diferenciados. Tiene además una línea epigástrica recta y discontinua, determinada por cuatro pequeñas prominencias situadas dos y dos en los lóbulos protogástricos.

La región urogástrica está integrada por un solo lóbulos adosado a la región gástrica en el fondo de la depresión que separa esta región de la genital.

Las regiones branquiales y la genital constituyen la parte más elevada y protuberante del dorso. Los lóbulos de las regiones branquiales están perfectamente caracterizados. Los epibranquiales están divididos en dos partes desiguales: la anterior, en relación con la arista epibranquial, y la posterior, que empieza por un tubérculo agudo y cónico que se allana rápidamente, separando la región genital y cardíaca de los demás lóbulos branquiales.

Los lóbulos mesobranquiales y metabranquiales alcanzan el nivel mayor del carapacho. La parte posterior de estos lóbulos (metabranquiales) forma con la región intestinal una depresión ligeramente accidentada por los surcos que separan la región branquial de la intestinal.

La región genital y la cardíaca están perfectamente caracterizadas, guardando estrecha relación: los dos lóbulos de la primera, cónicos y bien separados por una depresión longitudinal, forman los ángulos de la base de una especie de triángulo muy prominente, cuyo ángulo en el vértice es el único lóbulos de la región cardíaca, de menor elevación y más obtuso que los dos lóbulos genitales antedichos.

Esta prominencia triangular, junto con los lóbulos branquiales, constituyen, como queda dicho, la parte más prominente de todo el carapacho.

Las dimensiones absolutas de éste, sin los cuernos laterales, son de 0,05 × 0,09 m.: con los cuernos laterales, el diámetro transversal alcanzaría unos 0,11 m.

La superficie del plastrón esternal es completamente plana, a excepción de la parte anterior, que forma un pronunciado bajorrelieve, especialmente en el espacio correspondiente a las dos primeras esternitas. Sus dimensiones máximas son: desde el extremo de la primera esternita hasta la base del abdomen, 0,042 m.; diámetro máximo transversal, 0,042 m. Su aspecto es el típico del género *Neptunus*, destacando en él claramente la arista pectoral característica.

El abdomen es triangular. En el individuo en que mejor se ha conservado, mide 0,024 y 0,028 de base y altura, respectivamente. Sus cuatro últimos anillos son los únicos que se han conservado; el tercero y el cuarto (soldados entre sí), con sus prominencias y dilataciones laterales, y el sexto y séptimo, con su articulación especial, son muy característicos.

Las pinzas reúnen todos los detalles característicos de las formas del género *Neptunus*. Las aristas longitudinales, en número de siete, son distintas y bien marcadas, distribuyéndose de manera idéntica a las de la pinza del *Neptunus granulatus*, con la cual y a pesar de la distancia estratigráfica que separa ambas formas, las pinzas en cuestión guardan una extraordinaria semejanza; a no ser por una mayor obtusidad de dichas aristas en el *N. catalaunicus*, apenas se distinguirían. Algunas de estas aristas terminan hacia adelante, con sendas espinas, siendo la espina más desarrollada y erizada la de la arista interior de la cara superior de la mano. La arista que limita exteriormente la misma cara superior de la mano se terminaría también con una espina análoga, a juzgar por la sección básica que da su truncamiento. Los dedos son robustos y están armados de dientes fuertes y cortantes, cuya forma y disposición no ofrecen particularidad alguna. Están además cruzados por surcos longitudinales más o menos acentuados en una y otra de sus caras laterales. Los antebrazos encontrados son rarísimos y aun muy defectuosos; de los restos más

determinables puede deducirse que el ángulo latero-interno de dicho artejo estaría armado de una espina, no muy robusta, dirigida hacia adelante; también se observan indicios de una arista filiforme que cruzaría la superficie de su cara externa.

El único brazo observado, prismático, de sección triangular, permite precisar con toda certeza la ausencia de cualquier clase de espinas o dientes en su borde latero-anterior. Las dos únicas espinas del brazo, y por cierto bien desarrolladas, se encuentran en la porción terminal del borde posterior, distanciadas una de otra en algunos milímetros.

*Observaciones.*—El *Neptunus catalaunicus* es, sin duda alguna, el más genuino representante de su género durante el período eocénico. La comparación con las demás formas nummulíticas hasta el presente conocidas y atribuidas al género *Neptunus*, permite hacerse cargo de ello fácilmente; todas estas formas, en efecto, presentan alguna desviación con respecto al género *Neptunus S. str.*, lo que no puede afirmarse de nuestra especie, cuyos caracteres se desarrollan por entero dentro de los límites precisos de dicho género.

Las dos formas eocenas más parecidas al *N. catalaunicus* son el *N. Kochii*, Bittner (1), y el *N. hungaricus* Lorenthey (2), del Eoceno inferior y medio, respectivamente, de Hungría. Las analogías con el primero se reducen al relieve del dorso del carapacho, cuya configuración coincide bastante, en general, y a la forma prismática de las pinzas, cruzadas longitudinalmente por igual número de aristas. Por lo demás, y aun respecto de estos mismos caracteres considerados en detalle, estas dos especies difieren entre sí notablemente. Por lo que se refiere al relieve del carapacho y a su distribución en regiones y lóbulos, el *N. catalaunicus* coincide casi al detalle

(1) Bittner, A.: "Decapoden des pannonischen Tertiärs".—*Sitzungsber de K. Akad. d. Wissensch.*, t. 1, f. 1.—Wien.

(2) Véase su descripción en la página 21 de este trabajo.

con el *N. hungaricus*, Lorenthey. Sin embargo, el número de dientes del borde latero-anterior, la escultura de la parte anterior del plastrón, los brazos y las pinzas de las manos, ofrecen caracteres distintos muy acentuados que separan notablemente una especie de otra.

Con el hallazgo del *N. catalaunicus* en los depósitos luteocenos, se avanza notablemente en el conocimiento del género *Neptunus*, s. str., ya que sus representantes más antiguos conocidos hasta el presente no remontaban más allá del Oligoceno.

***Neptunus granulatus*, A. Milne-Edwards (1)**

Lám. I, figs. 7-9; lám. II, figs. 10-17.

- 1860.—*Neptunus granulatus*.—Milne-Edwards, A.: "Histoire des Crustacés Podophtalmaires fossiles".—*Ann. Sci. Nat. Zool.*, 4<sup>o</sup> ser., tomo XIV, pág. 241, pl. III, f. 1 et pl. 7, f. 2.
- 1860.—*Neptunus monspeliensis*.—Milne-Edwards, A.: ib. pág. 232, pl. IV, f. 1, pl. V, f. 1.
- 1888.—*Neptunus granulatus*.—Ristori, G.: "Alcuni Crostacei del Mioceno medio italiano".—*Atti. Soc. Toscana Sci. Nat.*, Mem. IX, pág. 4, pl. IV, f. 5-11.
- 1893.—*Neptunus cf. granulatus*.—Bittner, A.: "Decapoden des pannonischen Tertiärs".—*Sitzungsber. de K. Akad. d. Wissensch.*—Wien, v. 102, Abth. I, pág. 2.
- 1896.—*Neptunus granulatus*.—Almera, J.: "Reconocimiento de la presencia del primer piso mediterráneo en el Panadés".—*Mem. R. Ac. de Cienc. y Artes*, pág. 22.—Barcelona.
- 1897.—*Neptunus monspeliensis*.—Roman, F.: "Recherches stratigraphiques et paléontologiques dans le Bas-Languedoc".—*Ann. Université Lyon*, vol. XXXIV, pág. 128.
- 1898.—*Neptunus granulatus*.—Lorenthey, E.: "Beitragé zur Dekapodenfauna des Ungarischen Tertiärs".—*Vermész. Fuzetek*, vol. 21, pág. 92, lám. IX, f. 2-3.
- 1898.—*Neptunus granulatus*.—Almera, J.: "Reunion extraordinaire de la

(1) Para ésta y algunas otras formas muy frecuentes y muy estudiadas, hemos transcrito la bibliografía del catálogo de Glaessner, anteriormente citado. Las reducciones a sinonimia en tales casos son debidas a dicho carciólogo, cuyo criterio suscribimos en el particular.

- Société Géologique a Barcelone (Espagne)".—*Bull. Soc. Géol. France*, 3<sup>e</sup> ser., tomo 26, pág. 821.
- 1900.—*Neptunus granulatus*.—Almera, J.: "Mapa geológico y topográfico de la provincia de Barcelona. Región tercera o del río Foix a la Llacuna". Esc. 1 : 40000.—Barcelona.
- 1901.—*Neptunus granulatus*.—Blanckenhorn, M.: "Neues zur Geologie und Paleontologie Aegyptens. III Das Miozan".—*Zeitschrift, d. Deutschen, geol. ges.*, v. 53, pág. 76-112.
- 1903.—*Neptunus granulatus*.—Almera, J.: "Alrededores de Villanueva y Villafranca".—*Bol. de la Com. del Mapa Geológico de España*, tomo XXVII, pág. 174 (262).
- 1907.—*Neptunus granulatus*.—Lorenthey, E.: "Palaentologiati tanulmányok a harmadkoru rakok korebol. VI Adtatox Sardinia Harmadszak-beli rak faunajahoz".—*Mathematikai és Természettudományi Közlemnek*, Bd. XXIX, pág. 88, lám. LV, f. 1-2.
- 1908.—*Neptunus granulatus*.—Faura y Sans, M.: "Crustacis fósils de Catalunya".—*Butll. de la Inst. Catalana d'Hist. Nat.*, 2.<sup>a</sup> época, volumen V, núms. 8 y 9, pág. 115.—Barcelona.
- 1909.—*Neptunus granulatus*.—Lorenthey, E.: "Beitragé zur tertieren Decapodenfauna Sardiniens".—*Math. Naturw. Ber. a Ungarns*, volumen 24, pág. 242, lám. II, f. 1-2.
- 1911.—*Neptunus cf. granulatus*.—Toula, F.: "Neptunus cf. granulatus M.-Edws.".—*Verh. k. k. geol. Reichanstalt*, Wien, vol. 61, lámina 48, f. 1-2.
- 1922.—*Neptunus granulatus*.—Faura y Sans, M.: "Explicació de la Fulla 34: Vilafranca del Penedés".—*Servei del Mapa geologic de Catalunya*, a l'escala 1 : 100000, pág. 54.
- 1927.—*Neptunus granulatus*.—Straelen, V. van: "Contribution à l'étude des Crustacés decapodes fossiles de la Peninsule Ibérique".—*Eos, Rev. esp. entomologia*, vol. III, pág. 86.
- 1928.—*Neptunus granulatus*.—Glaessner, M.: "Die Dekapodenfauna des Oster reichichen Jungtertiärs".—*Jahrb. geol. Bunde Sandst.*, Wien, vol. 78, h. 1-2, pág. 183.
- 1929.—*Neptunus granulatus*.—Glaessner, M.: "Fossilium Catalogus Crustacea Decapoda".—Berlin, 1929.
- 1932.—*Neptunus granulatus*.—Vía, Ll.: "Els crancs fósils del Terciari de Catalunya".—*Butll. de la Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, vol. XXXII, número 4, pág. 7, lám. 5, f. 2-5, y lám. 6, f. 2.

**Material.**—Unos 50 individuos distribuidos entre las siguientes colecciones: colección del autor (35 ejemplares); colección del Seminario de Barcelona; Colección del Museo Boet, de Sant Sadurn d'Anoia; Colección Guérin; Colección Saperas, y Colección del Museo de Ciencias Naturales de Barcelona.

*Procedencia.*—*Burdigaliense* de Monjos, Moja, La Sana-bra (Monjos), Penefel (Moja), Vendrell, Ermita de Bará, Roda de Bará, Pobla de Montornés Castellet.

*Helveciense* de C. Miquelet (Sant Pere Molanta), La Ferreria (Gelida), Mas Sunyer (Arbossà), Sant Sadurni S'Anoia, Les Masuques (Monjos).

*Tortonense* de Villafranca (subsuelo) y de Montjuich (Barcelona).

*Descripción.*—Carapacho muy ancho y cubierto de finas granulaciones raramente conservadas en los ejemplares catalanes estudiados, por haber desaparecido en casi todos ellos la capa más superficial de la corteza. La corrosión que han sufrido las capas inmediatamente inferiores en el curso de su fosilización les da un aspecto algo achagrinado, que a primera vista hace dudar de la determinación adoptada.

Las regiones del dorso aparecen muy bien diferenciadas, sobre todo en los ejemplares jóvenes. En los ejemplares adultos, los surcos se allanan de tal manera, que en algunos de ellos el lóbulo mesogástrico, tan característico, tiende a desaparecer.

La línea epigástrica es rectilínea. Sus granulaciones, como también las de la línea epibranquial, han saltado en todos los ejemplares.

Es notable, por su desarrollo, la escotadura del borde latero-posterior, destinada a alojar los artejos basilares de las patas natatorias.

La frente se termina con seis dientes: los dos medianos, que son los más pequeños, se adelantan a los contiguos laterales, los cuales, a su vez, son más avanzados que los externos, cuya orientación es hacia el exterior.

El borde superior de las órbitas está perfectamente y desigualmente trilobado; el más interior de sus lóbulos es tan ancho como los dos restantes juntos.

Una de las características más salientes de esta especie es el relieve especial de la parte anterior del plastrón, parte perfectamente conservada en la casi totalidad de los ejemplares estudiados. La superficie restante del plastrón es lisa, llana y más elevada que la de dicha parte anterior. La divisoria o borde que separa estas dos zonas es rectilínea y constituye lo que Milne-Edwards llama la "arista pectoral". El abdomen no presenta ninguna particularidad apreciable.

Las patas prensoras, iguales las dos, son largas y robustas. El brazo es prismático y su borde antero-superior está armado de varios dientes espiniformes, cuyo número no he podido precisar; Milne-Edwards señala de tres a cuatro. El antebrazo, pieza que muchos individuos han conservado intacta, tiene un diente grande y alargado en su ángulo latero-anterior; el borde latero-exterior tiene también un pequeño diente espiniforme, prolongación de la arista longitudinal que constituye el borde



Fig. 2.—*Neptunus granulatus*. A. M. Edwards. Sección transversal media de la mano derecha. (Vista por delante.)

posterior externo. En su cara superior y convergente en su origen con dicha arista, hay otra arista filiforme, muy destacada y en sentido longitudinal, que termina un poco más allá de la mitad de la pieza. La pinza en su conjunto es larga, alta y relativamente comprimida; su superficie estaba también cubierta de finas granulaciones que raramente se han conservado. La mano prismática está cruzada por siete aristas longitudinales, muy acusadas, cuya sección representa la figura 2.

Los dedos son largos y robustos, aunque lateralmente algo deprimidos.

Los dientes de que están armados sus bordes interiores son robustos y cortantes a la vez, y están agrupados de tal manera, que pueden engranar perfectamente. Destaca por su robustez y tamaño el primero de los dientes del dedo móvil y el correspondiente tubérculo del inmóvil. Por su mayor delgadez y menor longitud, la pinza del *N. granulatus* resulta más esbelta y más proporcionada que las pinzas de otras formas congéneres que viven en la actualidad.

Las demás patas son altas y muy comprimidas lateralmente, conservándose de ellas muchos fragmentos. También he tenido la ocasión de reconocer una pata natatoria, muy desarrollada, y cuya forma no ofrece ninguna particularidad, en un ejemplar procedente del Vendrell.

*Observaciones.*—El *N. granulatus* es una de las especies más frecuentes del período miocénico, al cual caracteriza en su totalidad.

El Dr. Almera la cita por primera vez en Cataluña el año 1896 en el Helveciense inferior de las proximidades de Monjos. En varias de sus publicaciones posteriores a esta fecha ha ratificado su presencia en la misma localidad y en el mismo nivel estratigráfico. Faura y Sans repiten las citas del Dr. Almera, y recientemente V. van Straelen ha tenido ocasión de atribuir al *N. granulatus*, algunos fragmentos más conservados del Helveciense de Sant Sadurni d'Anoia, pertenecientes al Museo de Ciencias Naturales de Barcelona, y aun más recientemente un ejemplar de la colección del Seminario, procedente del Tortoniense de Villafranca del Panadés.

La abundancia del material últimamente recogido y estudiado me han permitido comprobar las referidas determinaciones anteriores y asimismo reconocer para esta especie gran número de nuevas localidades, pudiendo desde luego ser con-

siderada como forma común en todo el Mioceno medio e inferior de los depósitos del Panadés-Camp de Tarragona.

Es digno de especial mención el hallazgo del *N. granulatus* en la molasa del Tortoniense de la montaña de Montjuic (Barcelona), por tratarse del primer cangrejo fósil citado en el tan conocido como abundante yacimiento.

La cualidad del material encontrado no desmerece en nada de su abundancia, como puede verse por las fotografías adjuntas. Es notable la conservación casi total de algunas pinzas con los antebrazos correspondientes, tanto más cuanto que hasta ahora dichas piezas raramente se habían encontrado en buen estado. Así se deduce, por lo menos, de las descripciones y figuras que dan de esta especie los señores A. Milne-Edwards, Ristori y Lorenthey, cuyas publicaciones he consultado. La descripción y detallada representación de dichas pinzas contribuirá, sin duda, a un conocimiento aun más exacto de esta tan vistosa especie.

#### **Neptunus hungaricus**, Lorenthey

- 1897.—*Neptunus hungaricus*.—Lorenthey, E.: "Beitrage zur Decapodenfauna des Ungarischen Tertiärs".—*Math. u. Naturwiss. Ber. a. Ungar.*, Bd. XIV, pág. 95.—Budapest, 1897.
- 1898.—*Neptunus hungaricus*.—Lorenthey, E.: "Beitrage zur Decapodenfauna des Ungarischen Tertiärs".—*Termész. Füzetek*, volumen XXI, pág. 14, taf. I, fig. 1.—Budapest, 1898.
- 1929.—*Colneptunus hungaricus*.—Lorenthey, E., y Beurlen, K.: "Die fossilen Dekapoden der Lander der Ungarischen Krone".—*Geol. hungarica, ser. Paleontol.*, fan. 3, pág. 180, lám. XIII, fig. 2 et 7. Budapest, 1929.

*Material.*—Cuatro carapachos casi enteros y otros tres fragmentarios en muy mal estado. Además de las pinzas que acompañan a dos de los carapachos, se han recogido otras cincuenta, sueltas la mayor parte y también fragmentarias. Anejas a algunas pinzas, pocas, van el antebrazo y brazo co-

rrespondiente. Colección del Museo Geológico del Seminario de Barcelona y colección Guérin.

*Procedencias.*—La mayoría de las piezas provienen del Luteciense del Mas d'en Coll (Folgarolas-Vich). Dos de los fragmentos de carapacho, con 11 pinzas sueltas y fragmentarias, proceden del Luteciense de Puigsec (St. Julià de Vilatorrada-Vich). Uno de los carapachos fragmentarios ya indicados ha sido recogido en el Luteciense de Goitallops (Taradell-Vich) (colección Bataller). Recientemente, en el kilómetro 40 de la carretera de Vich a Olot, entre La Salut y el Far, Mn. Bataller ha recogido dos ejemplares, uno de ellos notablemente bien conservado (colección Seminario).

*Descripción.*—Carapacho extremadamente abombado, con las regiones muy bien diferenciadas. El diámetro transversal no llega al doble de la longitud del diámetro antero-posterior ( $0,045 \times 0,082$ ). Los bordes latero-anteriores están guarnecidos de seis dientes, grandes y robustos, el último de los cuales obtiene el mayor desarrollo.

La frente, terminada por cuatro dientes, está surcada en el sentido longitudinal por una depresión que no es más que la prolongación de la que ya se inicia en el lóbulo mesogástrico. Los dos dientes que forman el borde interno superior de las órbitas, por estar muy separados de los cuatro dientes frontales y a un nivel superior al de la superficie frontal, no pueden considerarse como terminaciones de esta región. Las órbitas están dirigidas hacia arriba. Las regiones del dorso son todas muy prominentes, a excepción de las hepáticas y frontal, cuyas superficies están en un mismo bajo nivel. La región gástrica presenta netamente caracterizados todos sus lóbulos. Los protogástricos están cruzados transversalmente por una arista lineal interrumpida por el lóbulo o, más propiamente, por la depresión mesogástrica ya aludida. El lóbulo urogástrico es único, adosado al hipogástrico, que tampoco se

desdobra en dos. Una notable depresión separa la región gástrica (lóbulo urogástrico) de la genital, constituida ésta por dos pequeños lóbulos algo aristados transversalmente y separados por una ancha depresión longitudinal. A poca distancia de la región genital se encuentra el único lóbulo de la región cardíaca, poco prominente y separado de las regiones branquiales por un surco suave y bien marcado. Las regiones branquiales son muy destacadas y prominentes. El lóbulo epibranchial queda partido en dos: uno de ellos, encajado entre la región gástrica y el lóbulo mesobranquial al principio, tuerce suavemente hacia el exterior, terminándose con el diente lateral (o cuerno) después de haber marcado en su trayecto la divisoria entre la región hepática y el resto de la branquial; el otro, empieza al lado de la honda depresión que divide la región gástrica y la genital. Prominente en su origen, se allana progresivamente hasta desaparecer, después de haber marcado sucesivamente la divisoria entre la región genital-cardíaca-intestinal y los lóbulos meso y metabranquiales. Estos últimos forman dos montículos algo cónicos, el más obtuso y desarrollado de los cuales es el mesobranquial.

El plastrón esternal es muy estrecho, siendo mayor su diámetro longitudinal que el transversal en los ejemplares machos ( $0,040 \times 0,035$ ). La placa formada por las primeras piezas esternales (esternitas delanteras) forman un relieve suavemente esculturado.

El abdomen es muy alargado (0,020 de base por 0,030 de altura). En el ejemplar macho los anillos tercero, cuarto y quinto están soldados entre sí, formando una placa muy desarrollada, trapecial, con los ángulos posteriores redondeados y algo prolongados lateralmente. En el ejemplar hembra, en cambio, estos anillos (por lo menos el cuarto y quinto) están articulados, destacando todo el abdomen por su gran anchura, coincidiendo el diámetro longitudinal con el transversal.

Las pinzas, prismáticas, están cruzadas longitudinalmente por las aristas típicas del género *Neptunus*, en número de seis: dos, que limitan o bordean la cara superior de la mano, la interna con una prolongación espiniforme, la externa sin ninguna prolongación; otras dos que bordean la cara inferior, siendo la externa muy suavizada, llegando a desaparecer por completo en una extensa porción (hacia el antebrazo); de las otras dos aristas una cruza longitudinalmente y por el medio la cara interna de la mano, terminando con una prolongación espiniforme; la otra cruza la cara externa, sin ninguna prolongación. Todas estas aristas, especialmente estas dos últimas, se ven generalmente más acusadas en la pinza izquierda que en la derecha, la cual se caracteriza por una mayor obtusidad y robustez. Este ligero dimorfismo se traduce también en un mayor desarrollo del primer tubérculo del dedo inmóvil en la pinza derecha. Fuera de ello, los demás dientes de los dedos no ofrecen ninguna particularidad interesante.

El antebrazo es, en cambio, interesante, por lo especial de su configuración. Mirando por encima, es, aproximadamente, cuadrangular. Los dos ángulos anteriores, principalmente, son sensiblemente rectangulares; el externo se articula con la mano, y el interno, libre, termina con una fina y aguda espina dirigida hacia adelante.

El brazo es prismático, de sección triangular, careciendo de espinas en su borde antero-superior. En las proximidades del antebrazo, por truncamiento progresivo de dicho borde, la sección del brazo es casi netamente trapezoidal.

*Observaciones.*—El *Neptunus hungaricus* se encontró por primera y hasta aquí única vez entre las calizas grises con miliólidos del eocénico medio de Solimar (Budapest). Lorenthey, en 1898, publicó su descripción, relacionando el defectuoso carapacho de la nueva especie con el *Neptunus Suessi*,

del oligocénico de Laverda (Vicentino, Italia), del cual la separan numerosos y bien determinados caracteres.

Recientemente, en 1929, Beurlen ha publicado una monografía de Lorenthey sobre los Decapodos fósiles de Hungría, y en ella se incluye al *N. hungaricus* en el nuevo subgénero *Colneptunus*, creado por Lorenthey a base de caracteres intermedios entre los géneros *Neptunus* y *Scylla*. El hallazgo en Cataluña de ejemplares numerosos y bien conservados del *N. hungaricus* ha permitido completar la descripción de la especie húngara, procurándonos asimismo ocasión de precisar mejor su relación de semejanza y desemejanza con respecto a otros congéneres y de decidir en sentido negativo acerca de su inclusión en el subgénero *Colneptunus*, de Lorenthey y Beurlen.

En cuanto a lo primero, hay que recordar que el *N. hungaricus* dista mucho del *Neptunus Suessi*, Bittner (1). Los únicos puntos de marcada coincidencia están en la placa anterior del plastrón y en el número de las aristas de las manos, que son seis para ambas especies, aunque las laterales en el *N. Suessi* son mucho más débiles y obtusas, con tendencia a desaparecer, carácter que ha influido sin duda en la decisión de incluir esta especie en el subgénero ya referido. En cuanto a los demás caracteres, la especie húngara y la del Vicentino difieren notablemente.

Atendiendo al relieve, dimensiones y configuración del dorso del carapacho e incluso a la forma del plastrón esternal, no hay duda que el *N. hungaricus* coincide notablemente con el *N. Kochii*, también de Bittner (2), procedente del Luteciense

(1) Bittner, A.: "Die Brachyuren des Vicentinischen Tertiargebietes", *Deutscher. K. Akad. d. Wissensch.*, vol. 34, pág. 80, lám. 4, f. 1, Wien. El *N. Suessi* es otra de las especies incluídas por Lorenthey-Beurlen en el nuevo subgénero *Colneptunus*.

(2) Bittner, A.: "Decapoden des pannonischen Tertiars".—*Sitzungsber. d. K. Akad. d. Wissensch.*, pág. 22, lám. 1, f. 1.—Wien.



de Szucság (Panónia); la coincidencia del nivel estratigráfico hace aún más estrechas las relaciones entre las dos formas. Sin embargo, el número de dientes de los bordes latero-anteros, algunos detalles del relieve del dorso del carapacho y la forma de las pinzas (1), difieren mucho en las dos especies.

Por lo que se refiere a la agrupación genérica del *N. hungaricus*, los datos aportados por los individuos catalanes excluyen por completo una posición intermedia entre los géneros *Neptunus-Scylla* y, por lo tanto, la inclusión de nuestra especie en el subgénero *Colneptunus*. La forma de las pinzas, el notable desarrollo del cuerno (diente) lateral del carapacho y el número de dientes de sus bordes (de éste), sin insistir sobre otros detalles, son caracteres suficientes para dirimir fácilmente esta cuestión.

Que algunos caracteres de la especie de Solimar tienden hacia otro género, no puede ocultarse a nadie; basta con observar el número de dientes (seis) de los antedichos bordes del carapacho y la reducción relativa del mismo y del plastrón en el sentido transversal.

Pero esta manifiesta desviación no parece tender hacia el género *Scylla*, sino más bien hacia otro género distinto, tal vez inédito, que, por el momento, desconozco. Análoga es la posición de Lorenthey-Beurlen con respecto del *Neptunus Kochii*, cuyas relaciones con el *N. hungaricus* hemos ya notado, y del *Neptunus gallicus*, de A. Milne-Edwards, cuyos caracteres (de uno y otro) indican también sendas desviaciones del género *Neptunus*, s. stricto (véase la obra de dichos autores).

(1) Para la descripción y representación de las pinzas del *N. Kochii*, véase el ya citado trabajo de Lorenthey-Beurlen, pág. 188, lám. XIII, f. 5, en donde se complementa la descripción de Bittner.

**Colneptunus**, Lorenthey-Beurlen.

**Colneptunus catalaunicus**, n. sp.

Lám. III, figs. 27-28; lám. IV, figs. 29-30.

1932.—*Neptunus*, n. sp.—Vía: "Els crancs fòssils del Terciari de Catalunya", pág. 142, lám. 5, f. 4.

*Material*.—Tres porciones de cefalotórax, una de ellas muy incompleta, y las otras dos con el plastrón relativamente en muy buen estado de conservación. El dorso del carapacho no se ha conservado entero en ninguno de los ejemplares. (Colección del Seminario de Barcelona.)

*Procedencia*.—Luteciense de Collbàs (Igualada), en comitanancia con el *Neptunus catalaunicus*.

*Descripción*.—Carapacho abombado, con las regiones del dorso netamente caracterizadas. De su configuración y dimensiones nada puede afirmarse, ya que en ninguno de los individuos recogidos se conservan los bordes laterales y latero-anteros. La región frontal es llana, con el borde laminar recortado en forma de cuatro dientes, de los cuales los dos anteriores son más agudos, más pequeños y más avanzados que los dos restantes. Los dos dientes formados por los bordes superiores internos de las órbitas, que son muy pequeñas y miran hacia arriba, quedan más atrás y a un nivel superior al de los cuatro dientes frontales.

La región gástrica es relativamente larga y estrecha; sus siete lóbulos se distinguen perfectamente. El urogástrico está adosado al hipogástrico, de forma trapecial. El mesogástrico pasa por entre los protogástricos a un nivel muy inferior. Cada uno de estos últimos está coronado por dos gránulos alineados en sentido transversal, esbozando una especie de línea epigástrica discontinua y algo arqueada. La región genital queda separada de la gástrica por una extensa depresión limitada

lateralmente por dos prominencias cónicas, que corresponden a la parte posterior del lóbulo epibranquial.

La parte anterior de este lóbulo, en su trayecto inicial, avanza casi paralelamente al eje longitudinal del carapacho, separando la región gástrica de los demás lóbulos branquiales; tuerce después bruscamente hacia el exterior, continuando siempre en esta dirección, pero con una desviación muy acentuada hacia la parte tergal del carapacho, indicio seguro del gran desplazamiento en longitud que tendrían los bordes dentados latero-antiores. Los lóbulos mesobranquiales y metabranquiales están coronados por sendas eminencias cónicas y obtusas. La región genital-cardiaca-intestinal forma una zona longitudinal prominente y lateralmente deprimida, separada de las regiones branquiales (que forman aquí una ancha depresión) por medio de surcos lineales bien marcados. Corresponden a la genital dos eminencias cónicas y obtusas, separadas por una suave depresión longitudinal; algo distanciada de ellas está la prominencia cardiaca, algo cónica y más obtusa, aunque menos desarrollada que los tubérculos genitales referidos.

Las dimensiones máximas del plastrón esternal guardan una relación de 125/100, correspondiendo la mayor de ellas al diámetro longitudinal. La superficie es algo abovedada, con un declive bastante pronunciado que afecta principalmente a los dos últimos pares de esternitas. La parte anterior, alargada, ofrece un bajo relieve muy acusado, formado por los cuatro lóbulos de las dos primeras esternitas.

El abdomen es muy alargado (0,043 de altura por 0,030 de base). Su cuarto anillo está algo ensanchado lateralmente, presentando un marcado y característico relieve.

*Observaciones.*—Es extraordinaria la semejanza del *Colneptunus catalaunicus* con el *Neptunus catalaunicus*, n. sp., procedente del mismo yacimiento de Collbás (Igualada), de

cuya descripción nos hemos ocupado anteriormente (pág. 11). Son idénticos los elementos estructurales observados, tanto los que se refieren al carapacho como los que corresponden al abdomen y plastrón esternal. Si alguna diferencia interviene entre dichos elementos, es consecuencia de la marcada dilatación que todos ellos experimentan en el sentido longitudinal por parte del *Colneptunus catalaunicus*. Este detalle, al parecer de poca importancia, constituye por sí solo, con las modificaciones estructurales consiguientes, la única y capital diferencia entre las dos especies, Diferencia tal, que es suficiente para separar las dos formas específicamente y aun para incluir una de ellas en el subgénero *Colneptunus* (1) y tal vez en el género *Scylla*, de Haan. No obstante, y a pesar de la manifiesta coincidencia de los caracteres observables en nuestros ejemplares con los del género *Scylla*, la escasez y limitación del material no nos permite aventurarnos más allá del subgénero *Colneptunus*.

Donde mejor puede observarse la dilatación general referida es en el plastrón esternal y en el abdomen, por ser éstas las piezas mejor y más íntegramente conservadas. He aquí, comparativamente, las dimensiones relativas de cada una de ellas en ambas especies:

	NEPTUNUS CATALAUNICUS	COLNEPTUNUS CATALAUNICUS
<i>Plastrón esternal</i> (diámetro longitudinal y transversal).	100/100	125/100
<i>Placa anterior del plastrón</i> (formado por la soldadura de las tres primeras esternitas).	50/100 (0,021 m. × 0,042 m.)	70/100
Abdomen.	117/100 0,028 m. altura 0,024 m. base	150/100 0,045 m. altura 0,030 m. base

(1) Subgénero de Lorenthey, véase pág. 26.

Otro carácter de importancia y propio del género *Scylla* que se observa en el *Colneptunus catalaunicus* es un abombamiento general y suave del dorso del carapacho, cuyas regiones no aparecen tan agudamente escultradas como en el *Neptunus catalaunicus*. Este abombamiento es general, trascendiendo al plastrón, cuya región posterior, como se ha notado en la descripción, ofrece un notable declive, contrastando por ello con la pláncie característica de esta parte del plastrón en todas las formas del género *Neptunus*, s. st. Los lóbulos de la placa anterior del plastrón son muy suaves, habiendo desaparecido la arista pectoral, netamente marcada en el *N. catalaunicus*.

Otra de las diferencias más notables en la disposición de los lóbulos del carapacho, además de la general tendencia al alargamiento y reducción en los sentidos longitudinal y transversal, respectivamente, está en la disposición del lóbulo epibranchial en su trayectoria entre las regiones gástrica y hepática sucesivamente y los demás lóbulos branquiales. En efecto: además de que en el *N. catalaunicus* dicho lóbulo, en su trayecto inicial, presenta una oblicuidad mucho mayor respecto del eje longitudinal, en el *Colneptunus catalaunicus*, inmediatamente después de este primer trayecto, tuerce bruscamente, casi en ángulo recto, hacia el exterior, torciendo después hacia atrás, en cuya dirección persiste, hasta terminar con el diente lateral, que no se ha conservado y que, suponiendo se tratase del género *Scylla*, no se distinguiría en el tamaño de los demás dientes del borde latero-anterior, cuya observación tampoco ha sido posible. A propósito del lóbulo epibranchial en cuestión, hay que reconocer, no obstante, que su acusado desarrollo, especialmente en su trayecto final, indica que su prolongación dentiforme alcanzaría también un considerable desarrollo, y en tal caso no estaríamos tan lejos del género *Neptunus* como parecen indicarlo los demás caracteres anotados; a no ser por

este detalle, quizá nos habríamos ya determinado por la inclusión de nuestra especie en el género *Scylla*. Por lo tanto, y mientras no aparezca material nuevo y mejor conservado que pueda dilucidar tan interesante cuestión, lo más razonable es, sin duda, determinarse por una división a base de caracteres intermedios entre los géneros *Neptunus* y *Scylla*. Para terminar, téngase en cuenta que el caso de un paralelismo tan acentuado entre dos formas, genéricamente tan alejadas, no sería el único ni el primero. No hay más que fijarnos en las dos formas del Mioceno superior de Radoboj (Croacia), *Neptunus (Colneptunus)*, según Lorenthey) *radobojanus*, Bittner, y el *Neptunus (Scylla)*, según Lorenthey) *sindensis*, Bittner (1). Sus mutuas relaciones no pueden ser más análogas a las que median entre las dos especies catalanas. Dentro del género *Scylla* o el subgénero *Colneptunus*, la única forma que dice alguna relación con el *Colneptunus catalaunicus* es el *Cancer Beaumonti*, de Milne-Edwards (2), de procedencia desconocida (probablemente Eoceno) y que Lorenthey, con evidente acierto, considera como una forma del género *Scylla*. Sin embargo, dista mucho en lo que se refiere al relieve del dorso del carapacho.

(1) Bittner, A.: "Beitrage zur Kenntnis tertiarer Brachyurenfaunen". *Deuhschr. K. Akad. d. Wissensch.*, vol. 48, págs. 8 y 9 (20 y 21). lám. II, figs. 1 y 2.—Wien, 1883.

Lorenthey, E., y Beurlen, K.: "Die fossilen Dekapoden der Landen der Ungarischen Krone"; *Geol. hungarica ser. paléont.*, fasc. 3, pág. 183, lám. XIV, f. 3 y pág. 176, tal. XIV, f. 2.—Budapest, 1929.

(2) Milne-Edwards, A.: "Monographie des crustacés fossiles de la famille des Cancériens", *Ann. Sci. Nat. Zool.*, 4<sup>e</sup> année, sér. 9<sup>e</sup>, vol. 18, p. 180, pl. XXI, fig. 1 (*Cancer Beaumonti*).—Lorenthey-Beurlen, op. cit., p. 176, 309.

**Scylla, Haan.****Scylla Batalleri, nov. sp.**

Lám. IV, figs. 35-37; lám. V, figs. 31-32; lám. VI, figs. 33-34.

1932.—*Scylla Batalleri*.—Vía: "Els crancs fòssils del Terciari de Catalunya", pág. 8.

**Material.**—Dos individuos que pertenecen el uno de ellos a la colección del Seminario de Barcelona y el otro a la del autor.

**Procedencia.**—El individuo del Seminario ha sido recogido

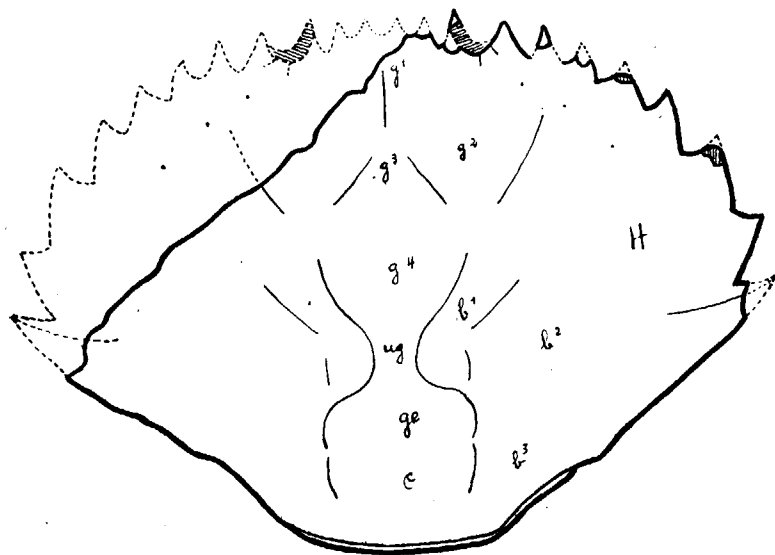


Fig. 3.—*Scylla Batalleri*, n. sp. Conjunto esquemático del dorso del carapacho, a base del ejemplar tipo de Moja (trazo continuo). Las letras indicadoras de las regiones corresponden a las de la fig. 1 (pág. 12).

en la molasa margosa, atribuida al Burdigaliense, de la Ermita de Bará. El otro procede de Moja (Villafranca) y corresponde al mismo nivel estratigráfico.

**Descripción.**—El carapacho no presenta ninguna particu-

laridad digna de especial mención; la única, aun dudosa y de valor muy relativo, es el número de dientes de los bordes latero-anteros. El individuo de Moja conserva entero uno de los lados antedichos (el único que me ha sido posible observar), con ocho dientes en lugar de los nueve que caracterizan el género *Scylla*.

La parte anterior del plastrón, o sea la placa formada por la soldadura de las tres primeras esternitas, es casi tan larga como ancha, y la parte correspondiente a las patas prensoras (tercera esternita) presenta netamente iniciada la que Milne-

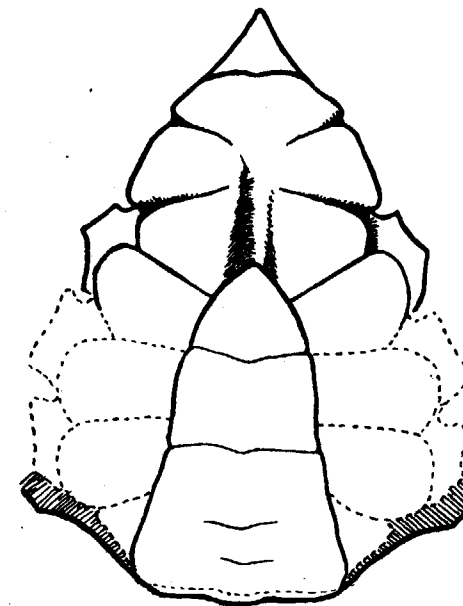


Fig. 4.—*Scylla Batalleri*, n. sp. Esquema del abdomen y plastrón esternal a base del individuo de Bará (trazo continuo).

Edwards llama "arista pectoral", característica de algunas formas del género *Neptunus* (vid, *Neptunus granulatus*, p. 19). Este carácter puede apreciarse perfectamente en el ejemplar de Bará.



Las patas prensoras son cortas y muy robustas. El brazo se caracteriza por la ausencia en absoluto de dientes. El antebrazo no tiene más que un diente robusto y largo en el ángulo latero-anterior.

La mano es muy robusta y abombada, no obstante lo cual las aristas superiores que limitan lateralmente su cara superior son bastantes marcadas y terminadas por sólidos dientes, de los cuales el externo está apenas iniciado. Esto, por lo que se refiere a la pata más desarrollada (derecha o izquierda, indiferentemente); pues cabe observar un dimorfismo muy acentuado dentro de un mismo individuo. El de Bará es el que da motivo a tal observación, pues su mano derecha es mucho más pequeña que la izquierda; además, es más cilíndrica y alargada y las aristas superiores aludidas no se prolongan en forma de diente. Esta mano conserva parte del dedo inmóvil, con algunos dientes de pequeño tamaño. (Lám. IV, fig. 37.)

En el ejemplar de Moja, la pata desarrollada, única que conserva, es la derecha. Del dedo móvil solamente se ha conservado el fragmento inicial con el primer tubérculo. Dicho tubérculo es muy aplastado y alargado en sentido longitudinal. Los maxilípedos, por lo que permiten deducir sus fragmentos conservados, son bastante alargados en sentido longitudinal.

En cuanto a la descripción de los demás caracteres apreciables en los individuos en cuestión, remito al lector a la minuciosa descripción que da Milne-Edwards de la *Scylla*, Forskal, en estado fósil (1), con los cuales concuerdan perfectamente.

*Observaciones.*—De las pocas especies fósiles conocidas del género *Scylla*, la que más se acerca a la *Scylla Batalleri* es la *Scylla serrata* del miocénico de la India. De ella la separan

(1) "Histoire des crustacés podophtalmaires fossiles".—*Ann. S. Nat. Zool.*, s. 4, v. 14, p. 252, pl. I, f. 2; pl. II, f. 1.

los caracteres dados en la descripción que antecede; por lo demás, como se ha dicho, se identifica con la especie de Forskal. De las referidas diferencias se deduce que la *S. Batalleri* es una forma más robusta que la *S. serrata*, robustez que radica principalmente en las patas prensoras y que se traduce por la ausencia de toda ornamentación, en general, y por el marcado abombamiento de la mano, en particular; disposición ésta que facilitaría en gran manera al animal viviente la retracción del músculo del dedo móvil.

En cuanto a la mano con todo, cabe decir que la *S. Batalleri* es muy afin a la *S. Michelini*, Milne-Edwards (1). Las pequeñas diferencias existentes entre una y otra no serían suficientes para separar la especie del Penedés de la de los "faluns" de la Touraine y de Anjou; no obstante, la limitación de los elementos conocidos de la *S. Michelini* (2) permite establecer (mientras no se encuentran restos más completos) una nueva división específica. Así opina Mr. V. van Straelen, a quien he consultado sobre el particular.

Un detalle interesante es el número de dientes del único borde latero-anterior, que ha conservado y que pertenece al individuo de Moja, como se ha dicho anteriormente. En cuanto a la existencia de tal número, no hay lugar a duda, pues aunque el lado en cuestión no los conserve todos enteros, el contramolde recogido reproduce fielmente los ocho dientes. Este detalle, aunque raro (dada la constancia del número de estos dientes en la familia Portunidae), me inclino a considerarlo como una variación individual y no específica, esperando el hallazgo de nuevos ejemplares que permitan precisarlo mejor.

(1) *Ibid.*, p. 262, pl. III, f. 3.

(2) De esta especie no se conocen más que las pinzas a base de las cuales únicamente fué creada y que abundan, por otra parte, en algunas localidades de Anjou.

**Scylla, sp.**

Lám. IV, fig. 38.

1932.—*Scylla, sp.*—Vía: "El crancs fòssils del Terciari de Catalunya" pág. 9.

**Material.**—Dos fragmentos del dedo móvil de la mano derecha.

**Procedencia.**—Uno de dichos fragmentos (colección Rocabert) procede del Helveciense inferior de Moja; el otro fué recogido en el mismo nivel en la Sanabra (Monjos). (Colección del autor.)

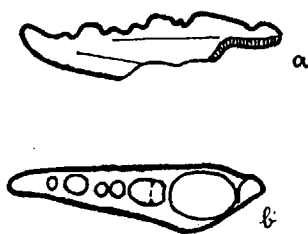


Fig. 5.—*Scylla sp.* Esquema del dedo inmóvil representado por la fig. 38 de la lámina IV: a, sección longitudinal-lateral. b, cara superior del mismo mostrando la disposición y sección de sus dientes.

**Observaciones.**—Es curioso el hecho de que ambos fragmentos presenten idéntica línea de fractura. Podrían atribuirse a *Scylla Michelinii*, no siendo obstáculo para ello que el tubérculo quinto del dedo móvil de esta especie no sobresalga ni destaque entre el cuarto y el sexto, disposición contraria a la que se observa en nuestras piezas, cuyo quinto tubérculo destaca notablemente entre los demás. No obstante, me abstengo de hacerlo por el hecho de haber sido encontrados en el mismo nivel estratigráfico, y uno de ellos en el mismo yacimiento de la *Scylla Batalleri*, a la cual seguramente corres-

ponderán. Con todo, como que de esta especie no se conoce aún el índice (dedo inmóvil), y por otra parte los que nos ocupan se encuentran aislados, no sería prudente atribuirselos de una manera absoluta.

Nuevos hallazgos darán luz sobre este particular. Las dimensiones de dichas piezas son 0,034 de longitud  $\times$  0,010 de anchura.

**Portunus, Fabricus.****Portunus, sp.**

- 1894.—Almera, J.: "Descripción de los depósitos Pliocénicos de la cuenca del Bajo Llobregat y de Barcelona".—*Mems. de la R. Acad. de Cienc. y Artes de Barcelona*, vol. III, pág. 125.
- 1908.—Faura y Sans, M.: "Crustacis fòssils de Catalunya".—*Butll. Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, 2.<sup>a</sup> época, vol. V, núms. 8 y 9, pág. 116.
- 1930.—"Memoria explicativa de la Hoja 420" (San Baudilio de Llobregat). pág. 100.—*Inst. Geol. y Minero de España*.

La única indicación precisa que se ha hecho de este género en Cataluña ha sido la del Dr. Almera, quien lo cita como procedente del Astiense de Gracia y St. Martí (Barcelona), determinación que no he podido comprobar por no haberme sido posible dar con el ejemplar del Dr. Almera.

**Xanthidae, Alcock.****Xantho, Leach.****Xantho tuberculatus, Bell.**

- 1853.—*Xantho tuberculatus*.—Bell Th.: "Hist. British stalk-eyed Crust", pág. 359.
- 1885.—*Xantho tuberculatus*.—Carus, J. V.: "Prodromus Faunae Méditerranæ...", vol. I, pág. 513.—Stuttgart, 1885.
- 1894.—*Xantho tuberculatus*.—Almera, J.: "Descripción de los depósitos Pliocénicos de la cuenca del Bajo Llobregat y Llano de Barcelona".—*Mems. R. Acad. de Cienc. y Artes de Barcelona*, vol. III, pág. 125.

- 1904.—*Xantho tuberculatus*.—Almera, J.: "Una playa de terreno cuaternario antiguo en el llano de San Juan de Vilassar".—*Mems R. Acad. de Cienc. y Artes de Barcelona*, vol. V, pág. 5.
- 1908.—*Xantho tuberculatus*.—Faura y Sans, M.: "Crustacis fòssils de Catalunya".—*Butll. Ins. Cat. d'Hist.*, 2.<sup>a</sup> época, vol. V, núms. 8 y 9, pág. 116.
- 1929.—*Xantho tuberculatus*.—Glæssner: "Crustacea decapoda".—Berlin, 1929.
- 1932.—*Xantho tuberculatus*.—Via: "Els crancs fòssils del Terciari de Catalunya", pág. 10.

*Material*.—El detalle y número de los ejemplares citados no constan en ningún lugar. En las colecciones del Seminario no quedaba ningún indicio de los ejemplares estudiados por el Dr. Almera, ya antes de los sucesos revolucionarios de 1936, y en el Museo de Ciencias Naturales de Barcelona, donde deberían estar, nadie me ha sabido dar razón de ellos.

*Procedencia*.—Subsuelo de Prat de Llobregat (Siliciense): Playa del cuaternario antiguo de Vilassar.

*Descripción*.—Copiamos la de Carus (1): "*Carapax ante leviter depressus, frons medio leviter incisa, margo latero-anterior dentibus quator trigonis; manus et carpus tuberculatus et rugosus, digiti fere nigri, mobilis sulcis tribus; articulus tertius pedum gressoriorum supra denticulatus. Fusco-rubra. Longitudo 22 mm.*"

*Observaciones*.—El *X. tuberculatus* vive aún hoy día en el Mediterráneo, habiéndosele recogido, entre otras muchas localidades, en Barcelona, según Gibert (2). Vive, además, en el litoral meridional de Inglaterra y en el mar del Norte. El Dr. Almera, en 1894, lo cita por primera vez en Cataluña como fósil procedente del Siliciense marino, de Prat de Llo-

(1) Carus, Julius Victor: "Prodomus Faunae Mediterraneae, sive descriptio Animalium Maris Mediterranei, etc.".—Stuttgart, 1885, vol. I, página 513.

(2) Gibert, Dr. Agusti Maria: "Crustacis de Catalunya".—*Treballs de la Instit. Cat. d'Hist. Nat.*, vol. 1919-20, pág. 24 (16).—Barcelona.

bregat y de Vilasar. En 1904 ratifica su presencia en la playa de esta última localidad, cuyo nivel estratigráfico eleva definitivamente al Cuaternario antiguo.

### **Harpactocarcinus, A. M.-Edwards.**

#### **Harpactocarcinus punctulatus, Desmarest.**

Lám. IV, figs. 39-40-48; lám. VIII, figs. 41-43-46; lám. IX, fig. 47; lám. XI, fig. 42.

- 1820.—*Brachyurites australis*.—Schlotheim, E. F. v.: "Die Petrefactenkunde".—*Gotha*, pág. 36.
- 1822.—*Cancer punctulatus*.—Desmarest, A. G.: "Histoire naturelle des Crustacés fossiles. Les Crustacés proprement dits".—París, pág. 92, pl. 7, f. 3, 4.
- 1822.—*Brachyurites australis*.—Schlotheim, E. F. v.: "Nachtrage zur Petrefactenkunde. Abt. I. Beitrage zur naheren Bestimmung der verteinerten und fossilen. Krebsarten".—*Gotha*, pág. 24.
- 1823.—*Cancer punctulatus*.—Schlotheim, E. F. v.: "Nachtrage zur Petrefactenkunde, Abt. II. Vermischte Beitrage".—*Gotha*, pág. 53.
- 1846.—*Cancer punctulatus*.—d'Archiac, A.: "Description des fossiles recueillis par Mr. Thorent dans les couches à Nummulina des environs de Bayonne".—*Mem. Soc. Geol. de France*, s. 2, v. 2, pág. 216.
- 1850.—*Cancer punctulatus*, *C. Seguieri*, *C. Brachychelus*, *C. macrodactylus*.—Milne-Edwards, H., in d'Archiac: "Histoire des progrès de la Geologie de 1834 a 1849", vol. 3, pág. 304. 304 K. 304 L.—París.
- 1852.—*Cancer punctulatus*.—Meyer, H. v.: "Briefliche Mitteilungen in N." *Jahrb., f. Min.*, pág. 302.
- 1854.—*Cancer punctulatus*.—Catullo, T. A.: "Sui Crostacei fossili de la Calcaria gressolana del Veronese".—*Padova*, pág. 1.
- 1854.—*Cancer punctulatus*.—Catullo, T. A.: "In *Jahrb. k. k. Geol. Reichsanst.*".—Wien, vol. 5, pág. 886.
- 1859.—*Cancer punctulatus*.—Reuss, A.: "Zur Kenntnis fossiler Krabben".—*Denkschr. k. Akad. d. Wissensch.*—Wien Bd. 17, pág. 25, lám. 15, f. 1-5; lám. 16, f. 1-4; lám. 17, f. 1-4.
- 1859.—*Cancer brachychelus*.—Reuss, A.: *ib.*, pág. 29, lám. 13, f. 5; lám. 18, f. 1-3.
- 1861.—*Cancer punctulatus*, *Cancer Seguieri*.—Michelotti: "Etude sur le Miocene inferieur de l'Italie septentrionale".—*Mem. Soc. Holl. Sci.*, pág. 139.
- 1861.—*Cancer pachycheilus*.—Michelotti, G.: *ib.*, pág. 140, pl. 14, f. 1.
- 1862.—*Cancer pachycheilus*.—Meyer, H. v.: "Tertiare Decapoden aus dem Alpen, von Oeningen und dem Taunus".—*Paleontographie*, volumen 10, pág. 165, lám. 18, f. 1-4.

- 1862.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Milne-Edwards, A.: "Monographie des Crustacés fossiles de la famille des Cancériens".—*Ann. Sci. Nat. Zool.*, 4<sup>e</sup> ser., 9<sup>e</sup> ann., pág. 66, pl. 8, f. 1; pl. 9, f. 1.
- 1862.—*Harpactocarcinus macrodactylus*.—Milne-Edwards, A.: *ib.*, pág. 70, pl. X, f. 1.
- 1862.—*Harpactocarcinus rotundatus*.—Milne-Edwards, A.: *ib.*, pág. 71, pl. X, f. 2.
- 1870.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Bayan, F.: "Sur les terrains tertiaires de la Venetie".—*Bull. Soc. Geol. de France*, 2<sup>e</sup> ser., tomo XXVII, pág. 464.
- 1875.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Bittner, A.: "Die Brachyuren des Vicentinischen Tertiargebirges".—*Denkschr. k. Akad. d. Wissensch. und Wien*, vol. 34, pág. 86.
- 1875.—*H. rotundatus*, *H. macrodactylus*.—Bittner, A.: *ib.*, 87.
- 1883.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Bittner, A.: "Neue Beiträge zur Alttertiars von Vicenza und Verona".—*Denkschr. k. Akad. d. Wissensch.*—Wien, v. 46, pág. 311.
- 1887.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Mayer-Eymar, K.: "Systematisches Verzeichnis der Kreide und Tertarversteinerungen der Umgebung von Thun".—*Beilage z. Geol. Karte d. Schweiz*, 24 Lief., 2 Teil, pág. 117.
- 1895.—*Cancer (H.) punctulatus*.—Gregorio, A. de: "Description des faunes tertiaires de la Venetie. Note sur certains Crustacés (Brachyures) éocéniques".—*Ann. Geol. Pal. Palermo*, 14<sup>e</sup> livr., pág. 10, pl. I, f. 1-4.
- 1895.—*Cancer (Palaeocarpilius) gicheliensis*.—Gregorio, A. de: *ib.*, pág. 14, pl. 3, f. 1-3.
- 1898.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Lorenthey, E.: "Beiträge zur Dekapodenfauna des Ungarischen Tertiärs".—*Termesz. Füzetek*, vol. XXI, págs. 13, 78, lám. 7, f. 1.
- 1901.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Oppenheim, P.: "Die Priabonischichten und ihre Fauna".—*Palaentograph*, vol. XLVII, pág. 280.
- 1904.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Checchia-Rispoli, G.: "L'*Harpactocarcinus punctulatus* Desm. dell'Eocene di Peschi ci nel Monte Gargano".—*Boll. Soc. Zool. It.*, ser. II, vol. 5, pág. 50, fig. 57, pág. 57.
- 1908.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Fabiani, R.: "Palaeontologia dei Colli Berici".—*Mem. Soc. Ital. Sci.*, ser. III, vol. XV, pág. 210.
- 1909.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Toniolo, A. R.: "L'Eocene dei dintorni di Rozin Istria e la sua fauna".—*Palaentograph. Ital.*, volumen XV, pág. 292, pl. 26, f. 3.
- 1926.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Lorenthey, E.: "Beiträge zur Entwicklung des Eozans und seiner Fauna in Nord Albanien".—*Mitt. a. d. Jahrb. de K. Ungarns. Geol., Anst.* v. XXV, Heft. 1, pág. 19.

- 1927.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Straelen, V. van: "Contribution e l'étude des Crustacés Décapodes fossiles de la Peninsule Iberique".—*Eos, Rev. Esp. de Entomología*, vol. 3, 19, pág. 88.
- 1929.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Glaessner: "Crustacea Decapoda". Berlin, 1929.
- 1930.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Dalloni: "Etude géologique des Pyrénées Catalanes".—Alger, 1930, pág. 251.
- 1932.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Vía, Ll.: "Els crancs fòssils del Terciari de Catalunya".—*Butll. de la Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, volumen XXXII, núm. 4, pág. 6, lám. 5, f. 1, 3, 6; lám. 6, f. 1.
- 1934.—*Harpactocarcinus punctulatus*.—Straelen, V. van: "Contribution à l'étude de Crustacés Décapodes fossiles de la Catalogne".—*Geol. de la Méditerranée occid.*—Barcelona, 1934, pág. 5.

*Material*.—El total de individuos estudiados pasa de los 200, repartidos entre las siguientes colecciones: Colección del Seminario (60 individuos), colección Guérin (80), colección Caja Pensiones de Igualada, colección Segalés, Club Montanyenc, Saperas, Rocabert, Andorrá, colección del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid).

*Procedencia*.—Bartoniense de Gurb, Collsuspina, St. Hipólit de Voltregá (plana de Vich), Vilanova del Camí, Els Moions, Igualada (Conca d'Odena), Luteciense de Montgrony, Eoceno inferior de Gombreny y Aren.

*Descripción*.—A causa de la gran variedad y número de ejemplares y, principalmente, por las marcadas diferencias sexuales e individuales de los mismos, se hace bastante difícil señalar con exactitud todos los caracteres diferenciales de esta especie. Pongo a continuación los principales de estos caracteres, observados en los ejemplares de Cataluña, no entrando en la descripción de todos los detalles para dar margen a las variaciones anteriormente aludidas.

El carapacho es oval, bastante redondeado; la relación más constante entre sus dos diámetros es de 78/100 y el término medio de sus dimensiones absolutas es de 0,055 × 0,070 m.

El dorso, cubierto de pequeñas cavidades, que le dan un



aspecto achagrinado, es abultado y completamente liso, a excepción de la parte tergal, en donde están ligeramente indicados los surcos gástrico-cardíacos.

El número de dientes de los bordes latero-anteriores oscila entre 9 y 12. En cuanto a la región bucal y antenaria, no es necesario hacer la descripción. Las figuras que acompañan dan de ellas buena idea. Es notable, no obstante, la conservación de la casi totalidad de piezas de estas dos regiones, a pesar de su frecuente delicadeza.

El plastrón y el abdomen no ofrecen particularidad alguna digna de mención.

La pinza derecha es larga y estrecha, no llegando su altura a la mitad de su longitud total, cuyo término medio es de unos 0,050 milímetros, habiendo algún ejemplar que llega a los 0,070.

La cara externa, no obstante, es más convexa que la interna. Aquélla, en su origen, y cerca de la articulación con el antebrazo, presenta dos o tres tubérculos alineados oblicuamente.

La cara superior queda limitada lateral y longitudinalmente por dos hileras de tubérculos, más numerosos en la exterior que en la interior. La arista inferior de la mano en muchos individuos presenta también una línea de dientes numerosos y pequeños; esta arista va allanándose a medida que se acerca el dedo inmóvil.

El borde cortante de este dedo está armado de un doble tubérculo aplastado y largo. Algunos individuos tienen ligeramente iniciado un segundo tubérculo.

El borde inferior de su cara externa presenta un surco que se prolonga desde su extremidad hasta la mitad de la mano.

En la cara interna de este mismo dedo hay también un surco semejante, aunque menos prolongado.

El dedo móvil, más largo que el índice inmóvil, está armado

de tres tubérculos aplastados, que disminuyen de tamaño a partir del primero; la longitud de esta pieza representa un 43 por 100 de la longitud total de la pinza. Es alto y aplastado lateralmente; su cara externa es lisa, y la interna está surcada por un canal ancho y poco profundo. Todos estos caracteres referentes a la pinza derecha adquieren un gran desarrollo en los ejemplares machos adultos. Los jóvenes y los ejemplares hembras los tienen idénticos en ambas manos. Algún macho de edad avanzada tiene el dedo inmóvil ligeramente incurvado hacia el exterior.

La pinza izquierda difiere bastante de la derecha, por ser más pequeña y más cilíndrica (1). Su dedo móvil es relativamente mucho más largo y delgado, representando un 50 por 100 de la longitud total de la pinza. Su borde cortante está armado de seis o siete dientes de diferente tamaño, y en algunos ejemplares, separados entre sí por otros dientes minúsculos. La cara externa presenta dos surcos longitudinales lineares. El dedo inmóvil está armado a su vez de otros seis o siete dientes semejantes a los del móvil y está extraordinariamente incurvado hacia el exterior. Los demás caracteres son idénticos a los de la pinza derecha.

El antebrazo, en general, está mal conservado; los pocos que he podido observar enteros, tienen un diente en la parte antero-interna y tres en la cara externa.

El brazo es relativamente pequeño y en general no rebasa los bordes latero-anteriores. En el extremo de su arista posterior presenta un diente agudo espiniforme. En algunos ejemplares robustos he observado una hilera de finísimos dientes que corona la arista antero-superior.

Las patas ambulatorias son largas y estrechas. Sus pri-

(1) La figura 45 de la lámina VIII representa un ejemplar (Colección Segalés) que, excepcionalmente, tiene atrofiada la pata derecha, habiendo adquirido la izquierda un gran desarrollo.

meros artejos se conservan frecuentemente enteros en los individuos observados.

*Observaciones.*—El *H. punctulatus* es una de las especies fósiles más abundantes y mejor caracterizadas y estudiadas.

Ha sido citado en numerosas localidades europeas del Eoceno, al cual caracteriza. Como se ha visto, abunda también extraordinariamente en Cataluña, en donde fué reconocida por primera vez por Milne-Edwards, en el año 1862. El material que le dió ocasión para ello fué recogido en Gurb, por M. de Verneuil, y en alguna otra localidad (quizá Gurb mismo) de la provincia de Barcelona, por Vezian V. van Straelen, recientemente ha confirmado reiteradamente la presencia del *H. punctulatus* en el Bartonense de Gurb, y Dalloni lo ha reconocido en el Luteciense de Montgrony. Más recientemente, en 1934, V. Straelen lo señala en el Eoceno inferior de Gombreny y de Aren.

Los ejemplares catalanes, como se desprende de la descripción precedente, ofrecen algunas variantes accidentales con relación a los ejemplares que sirvieron a Milne-Edwards para establecer los caracteres del *C. punctulatus*, de Desmarest.

En primer lugar, aquéllos tienen el carapacho algo más redondeado; además, la doble línea de tubérculos de la cara superior, de sendas pinzas, es constante, y los dedos de la pinza izquierda están armados de dientes bien determinados; detalles éstos de que Milne-Edwards no hace mención.

Además, los individuos locales, por su número extraordinario y excelente conservación, han permitido completar aún en algún otro detalle la descripción de las pinzas.

### **Harpactocarcinus ovalis, A. M.-Edw.**

Lám. IV, fig. 49; lám. VIII, fig. 50.

- 1862.—*Harpactocarcinus ovalis*.—Milne-Edwards, A.: "Monographie des Crustacés fossiles de la famille des Cancériens".—*Ann. Sci. Nat. Zool.*, 4<sup>o</sup> ser., 9<sup>o</sup> ann., pág. 72, pl. 9, f. 2.
- 1875.—*Harpactocarcinus ovalis*.—Bittner, A.: "Die Brachyuren des Vicentinischen Tertiargebirges".—*Denkschr. mathemat. Naturwissen. Cl. Kaiserl. Akad. d. Wissensch.*—Wien. Bd. XXXIV, pág. 88.
- 1927.—*Harpactocarcinus ovalis*.—Straelen, V. van: "Contribution à l'étude des crustacés décapodes fossiles de la Peninsule Iberique".—*Eos. Rev. Española de Entomología*, vol. III, cuad. 1.<sup>o</sup>, pág. 89.
- 1929.—*Harpactocarcinus ovalis*.—Glaessner: "Crustacea Decapoda".—Berlin, 1929.
- 1932.—*Harpactocarcinus ovalis*.—Via, Ll.: "Els crancs fòssils del Terciari de Catalunya".—*Butll. de la Inst. Cat. d'Hist. Nat.*, vol. XXXII, núm. 4, pág. 6.
- 1934.—*Harpactocarcinus ovalis*.—Straelen, V. van: "Contribution à l'étude des crustacés décapodes fossiles de la Catalogne".—*Géol. Médit. occidentale*, pág. 5.

Esta especie fué creada por A. Milne-Edwards, en el año 1862, a base de unos ejemplares recogidos en el eocénico de la provincia de Barcelona, probablemente en Gurb o Igualada. He aquí la descripción comparativa que de ella hace su autor: "*Difiere del H. punctulatus por la forma más ancha del carapacho y por la existencia, encima de la cara externa del antebrazo, de una alineación de tres o cuatro tubérculos perfectamente destacados. Los tubérculos que adornan las manos son más fuertemente marcados que en las especies precedentes (H. punctulatus); de ellas se observan dos o tres encima de la articulación de la mano con el antebrazo; en cuanto a lo demás, esta especie se reduce al H. punctulatus.*"

En el año 1875, Bittner reconoció la presencia del *H. ovalis* en Luteciense del Vicentino (Italia), y recientemente V. van Straelen ha atribuido a esta especie un ejemplar procedente de Barranco de Aguas (Alicante). Esto no obstante, Bittner con-

sidera dudosa su autenticidad, y V. van Straelen modifica notablemente el concepto que del *H. ovalis* demuestra tener su fundador en la descripción reproducida, reduciendo la distinción esencial entre el *H. punctulatus* y el *H. ovalis* a un mayor espesor y abombamiento del cefalotórax de este último.

En cuanto a este particular, lo único que puedo decir es que de todos los numerosos *Harpactocarcinus* del eocénico catalán que he tenido a la vista con motivo de este estudio, ninguno puede atribuirse al *H. ovalis*, ni refiriéndole a la descripción de Milne-Edwards ni a la de V. van Straelen.

Reproduzco dos de las figuras de Milne-Edwards que permiten observar la afinidad, por no decir identidad, de la especie en cuestión con el *H. punctulatus*.

**Galenopsis, A. M.-Edwards.**

**Galenopsis, cfr. similis, Bittner.**

- 1875.—*Galenopsis similis*.—Bittner, A.: "Die Brachyuren des Vicentinischen Tertiär gebirges".—*Denkschr. k. Akad. d. Wissensch.*—Wien, vol. 34, pág. 97, lám. 2, f. 9.
- 1898.—*Galenopsis similis*.—Lorenthey, E.: "Beitrage zur Decapodenfauna des Ungarischen Tertiärs".—*Termész. Furetek.*, vol. 21, pág. 64, lám. 5, f. 1-2.
- 1899.—*Galenopsis similis*.—Oppenheim, P.: "I supposti rapporti dei Crostacei terziarii di Ofen descritti da Lorenthey con quelli veneti".—*Rivista ital. Paleont.*, vol. 5, fasc. II, pág. 58.
- 1905.—*Galenopsis similis*.—Chechia-Rispoli, G.: "I Crostacei del Eocene dei dintorni di Monreale in provincia de Palermo".—*Giorn. Soc. Sci. Nat. Econom. Palermo*, vol. 25, pág. 319.
- 1929.—*Galenopsis similis* (emend).—Lorenthey, E., und Beurlen, K.: "Die fossile Dekapoden der Länder der Ungarischen Krone".—*Geol. Ungarica, ser. paleontol.*, fasc. 3, pág. 247, taf. XVI, f. 3-4, 6-7.

**Material.**—Un pequeño carapacho, muy aplastado y quebrado, con los bordes casi deshechos (Colección del Seminario).

**Procedencia.**—Luteciense del kilómetro 40 de la carretera de Vich a Olot (entre la Salut y el Far), en Coll Condreu.

**Observaciones.**—La pésima conservación de nuestro ejemplar no permite otra cosa que una simple referencia a la especie de Bittner, frecuente en el Eoceno medio y superior de Europa (Sicilia, Vicentino, Hungría), tal como la interpretan Lorenthey-Beurlen.

A pesar de la mala conservación y de las diferencias que acusa el ejemplar en cuestión comparado con dicha especie, guarda con la misma analogías mucho mayores que con las otras especies que he podido examinar.

**Diferencias.**—El carapacho de *Galenopsis similis* es mucho más abombado y sus regiones, especialmente la gástrica, no están tan desarrolladas como en el ejemplar catalán; en cuanto a la disposición de las mismas, las diferencias observables son insignificantes.

**Analogías.**—El borde latero-anterior izquierdo de nuestro ejemplar permite observar, a pesar de su mal estado, la coincidencia del diente lateral extremo y de los dos lóbulos, alargados, entre aquél y la órbita. La frente coincide también perfectamente con la del ejemplar procedente del Eoceno superior de Kis-Svábhegy representado en el trabajo de Lorenthey-Beurlen (lám. XVI, f. 7).

**Dimensiones.**—Diámetro longitudinal, 0,019 milímetros. Diámetro transversal, 0,023 milímetros.

**Menippe, de Haan.**

**Menippe Almerai, n. sp.**

Lám. VII, figs. 51-52; lám. VIII, fig. 54; lám. IX, figs. 53-55-59-61; lám. X, fig. 60; lám. XI, fig. 62.

1932.—*Carpilius*, n. sp.?—Vía: "Els crancs fòssils del Terciari de Catalunya", pág. 141, lám. 6, f. 3.

**Material.**—Dos individuos relativamente bien conservados, un fragmento suelto de carapacho, varias patas prensoras y

una serie de dedos sueltos generalmente fragmentados. Forman parte de las colecciones del Sr. Amenós (de Igualada), Guérin, Andorrá y Colección del Seminario.

*Procedencia.*—Santa Margarida de Montbuí (los mejores ejemplares), Gurb, Vilanova del Camí, Malvals (Manresa), Serra Tossa (Sn. Hipólito de Voltregá), Collbàs (Coll de la Llentia), Montlleó (Manresa).

*Descripción.*—El carapacho es bastante abombado, con el dorso cubierto de pequeñas cavidades espaciadas y poco profundas. Todo él, incluso estas cavidades, está además tapizado de finísimas puntuaciones casi imperceptibles.

La superficie dorsal ofrece una sección curva pronunciada en el sentido antero-posterior, siendo casi horizontal en el sentido transverso. Sus regiones son difícilmente apreciables, pues los únicos surcos que se distinguen sólo están ligeramente insinuados; tales son los que separan la región gastrocardíaca de las branquiales.

Los bordes latero-anteriores son muy desarrollados, formando una curva muy pronunciada cuyos extremos terminan más allá de la línea media transversa, que casi coincide con el diámetro máximo. Cada uno de estos bordes está guarnecido de algunos dientes o tubérculos escalonados que, a juzgar por la notable separación que media entre los dos extremos (los únicos que se han conservado), no pasarán de cuatro o cinco. Los bordes latero-posteriores son menos desarrollados y se doblan suavemente sin formar ninguna arista.

La frente es muy avanzada y está armada de cuatro tubérculos robustos, de los cuales los medianos están más aproximados y más avanzados que los laterales.

Las órbitas son circulares, pequeñas y profundas. Su borde superior es muy desarrollado, destacándose notablemente de la superficie que le rodea.

La región antenaria y facial se ha conservado muy bien

en algunos ejemplares; para hacerse cargo de su disposición, remitimos al lector a la figura.

El plastrón es estrecho y alargado ( $0,048 \times 0,034$ ); la placa formada por las tres primeras esternitas es muy desarrollada y su superficie es lisa, destacándose solamente los surcos que señalan el límite de dichas piezas, y aun de aquellos, solamente el primero (entre la primera y segunda esternita) es continuo, pues el otro solamente se observa en sus extremos.

El abdomen está integrado por siete artejos libres en los ejemplares machos, el tercero de los cuales destaca por su anchura; el último es triangular, con el ángulo en el vértice muy agudo.

Las patas prensoras son desiguales y robustas. Su mayor desarrollo corresponde indistintamente a la derecha o la izquierda. La superficie de las pinzas es enteramente lisa y su costra adquiere un espesor extraordinario en los dedos, en donde llega en algunos individuos a más de 0,005 milímetros. El espesor mínimo corresponde a la cara externa de la mano, en donde, a causa de su delgadez y menor dureza, parte de dicha costra ha saltado en muchos ejemplares.

La mano es completamente lisa; un corte transversal medio daría una sección ovoidal alargada e irregular, pues la cara externa es más convexa que la interior, que es allanada. Los bordes superior o inferior son convergentes en la dirección del antebrazo, dando a la mano una configuración trapezoidal.

Los dedos son largos y retorcidos hacia el interior. El inmóvil tiene dos tubérculos muy robustos y bien destacados. El primero, a partir de la base, es ancho, alargado y muy saliente, elevándose a medida que avanza; en algún ejemplar se insinúa una ligera depresión transversal que tiende a dividirlo en dos. El segundo tubérculo, situado a un nivel muy inferior que el primero, es redondeado y mucho más reducido.

Algún ejemplar tiene insinuado un tercer diente insignificante.

El dedo móvil está armado de tres prominencias muy poco salientes. La primera es ancha, alargada y extremadamente aplastada. La segunda es redondeada y algo más individualizada que la anterior, y va seguida de otra casi imperceptible.

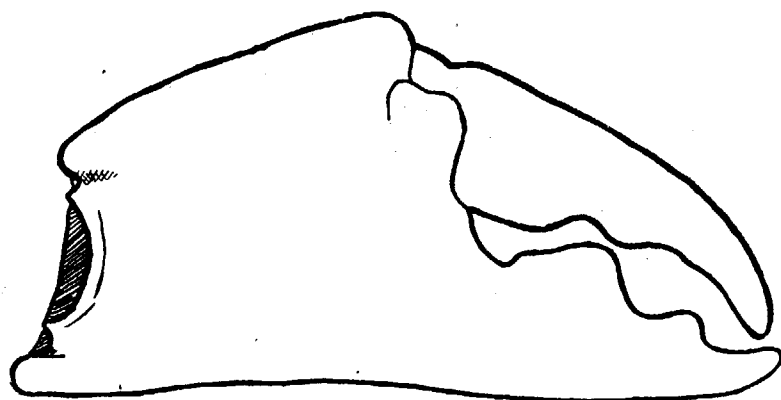


Fig. 6.—*Menippe Almerai*, n. sp. Conjunto esquemático de una pinza, vista por su cara interna.

Tanto el dedo móvil como el inmóvil de las pinzas de los individuos más jóvenes, en su cara externa, tienen un surco longitudinal lineal a base de finísimas cavidades. Las dimensiones relativas de la pinza descrita guardan la siguiente proporción aproximadamente: la longitud total duplica la altura máxima, que a su vez duplica la anchura máxima. Su tamaño suele ser extraordinario, llegando a alcanzar 0,012 milímetros de longitud total.

La pinza no desarrollada (hasta aquí nos hemos ocupado de la mayor) es más alargada, de configuración lateral menos romboidal, y sus dedos, más débiles, están armados de numerosos dientes, pequeños y cortantes. En el dedo inmóvil

varian de cinco a siete, y en el móvil no pasan de tres, cortantes y poco diferenciados. Ambos dedos presentan muy distintamente marcado el surco lineal de su cara exterior.

El antebrazo es liso por su parte exterior; la parte latero-interna termina con un tubérculo dirigido hacia adelante y bastante pronunciado, contiguo a otro menos saliente que está debajo de él, formando los dos una especie de doble tubérculo característico. El brazo es corto y muy robusto, de sección triangular, con los bordes anteriores suaves, especialmente el antero-inferior; el borde posterior es aristado y tiene un tubérculo dentiforme en su extremidad. Las patas ambulatorias son lisas y robustas, especialmente los brazos, cuya sección es oval, bastante redondeada; los antebrazos son más comprimidos lateralmente y, en consecuencia, dan una sección más oblongada.

*Observaciones.*—El *Menippe Almerai* guarda estrechas relaciones con el *M. Chauvini P.*, de Berville, del Luteciense del valle de Paris (1), especialmente en cuanto a las pinzas, plastrón y abdomen, que coinciden exactamente. Le separan no obstante de esta especie los caracteres siguientes:

La diferencia entre los diámetros antero-posterior y lateral que en el *M. Almerai* es menor (78/100). Los bordes latero-anteros de esta especie son más desarrollados y forman una curva más pronunciada cuyos extremos terminan más allá de la línea media transversa, que coincide casi con el diámetro máximo lateral. Dichos bordes están recortados en menor número de dientes (que no pasarán de cinco). Además, el cefalotórax, en su conjunto, es más abombado y su dorso casi es

(1) P. de Berville: "Notice sur une nouvelle espèce de Crustacé fossil, trouvée dans le calcaire grossier inférieur".—*Bull. Soc. Geol. de la France*, 2<sup>e</sup> ser., vol. 14, p. 108, pl. 11. (*Pseudocarcinus Chauvini*).—Paris, 1856.

A. Milne-Edwards: "Monographie des Crustacés fossiles de la famille des Cancériens".—*Ann. Sci. Nat. Zool.*, ser. 4, vol. 18, p. 52, pl. 12, f. 1.

enteramente liso, pues sólo algunas regiones están ligeramente insinuadas. Por otra parte, la región gastro-cardíaca, cuyos surcos laterales se insinúan, está más adelantada que en el *M. Chauvini*. Por último, la frente de esta especie no sobrepasa de la curva general latero-anterior, mientras que en el *M. Almerai*, aquélla avanza notablemente respecto de dicha curva.

El *M. Almerai* es la tercera especie fósil que representa al género *Menippe*, cuyas especies actuales son exclusivas de los mares cálidos. Las otras dos especies fósiles son el *M. Chauvini*, que, como el *M. Almerai*, vivió durante el Eoceno, aunque la forma parisiense precedió a la catalana, y el *M. mercenaria*, Say (1), que ya en 1818 se citó en el postpliocénico de la Carolina del Sur (EE. UU.).

#### **Goneplacidae, Dana.**

#### **Allogoneplax, Van Straelen.**

#### **Allogoneplax Dallonii, V. Van Straelen.**

- 1930.—*Allogoneplax Dallonii*.—Dallonii: "Etude geologique des Pyrénées catalanes", págs. 274 y 277.  
 1932.—*Allogoneplax Dallonii*.—Via: "Els trancs fòssils del Terciari de Catalunya", pág. 7.  
 1934.—*Allogoneplax Dallonii*.—Straelen, V. van: "Contribution a l'étude des Crustacés fossiles de la Catalogne".—*Geologie de la Méditerranée occidentale*, vol. III, núm. 25 (parte III), pág. 4, pl. 1. Barcelona.

*Material*.—Un ejemplar (carapacho).

*Procedencia*.—Luteciense de Vilada (Berga).

(1) Say: "Journ. Acad. Nat. Sci. Philadelphia", vol. I-II, p. 448 (*Cancer mercenarius*), 1818.

Holmes, F. S.: "Post-pleiocene Fossils of South-Carolina", Nr. 6, 7; p. 8, 1, 2; f. 7.—Charleston, 1859.

*Descripción*.—Transcribimos del trabajo de van Straelen:  
*Cefalotórax* más o menos exagonal, más ancho que largo, ligeramente convexo, deprimido hacia atrás.

El borde frontal no corresponde a la anchura mayor del cefalotórax, alargado hacia adelante en el centro, excediendo así las órbitas.

Entalladura mediana frontal profunda y ancha.

Bordes antero-laterales del cefalotórax, dentados.

Bordes postero-laterales del cefalotórax, carenados y alargándose las puntas.

Órbitas transversas.

Surco cervical ancho y profundo en su parte central.

Regiones protogástricas, llevando una cresta tuberculosa transversa, encorvada en la parte posterior; regiones metagástricas, llevando una cresta transversal rectilínea.

Región cardíaca, llevando tres tubérculos dispuestos según los vértices de un triángulo.

Regiones branquiales, llevando cada una dos gruesos tubérculos en los alrededores del surco branchiocardiaco.

Pleon del macho, compuesto aparentemente de cinco somites por fusión incompleta del primero y del segundo.

Plastrón esternal, dividido en cinco segmentos pares.

"Los bordes del cefalotórax están muy incompletamente conservados; algunas partes del carapacho están destruidas. A pesar de este estado imperfecto de conservación, es posible darse cuenta que este crustáceo no puede colocarse en ningún género conocido en estado fósil. Los caracteres del carapacho recuerdan a la vez los de los *Xanthidae* y los de algunos *Goneplacidae*.

"Constituirá un género nuevo, *Allogoneplax*, que deberá colocarse provisionalmente en la familia de los *Goneplacidae*."

**¿Familia desconocida?****Cancrixantho**, V. Straelen.**Cancrixanto pyrenaicus**, V. Straelen.*Material.*—Un cefalotórax.*Procedencia.*—Luteciense de Vilada (Berga).*Descripción.*—Transcribimos del trabajo de van Straelen: «Cefalotórax subcuadrilateral, más ancho que largo, muy convexo, liso y profundamente surcado.

Borde frontal correspondiendo a la mayor anchura del cefalotórax y provisto de un rostro.

Bordes fronto-laterales, alargándose lateralmente; cada uno corresponde a una tercera parte de la longitud total del borde frontal.

Orbitas transversales.

Región gástrica extensa, ocupando aproximadamente un tercio de la parte anterior; subregiones protogástricas claramente separadas de la subregión meso-gástrica; esta última sobrealzada; subregiones orbitarias y frontales señaladas por una depresión; subregión urogástrica limitada anteriormente por un surco.

Regiones hepáticas, presentando una fuerte hinchazón inmediatamente delante del surco cervical.

Regiones branquiales, llevando por lo menos dos carenas transversales, yendo cada una de ellas del surco cervical a los bordes laterales.

Cara esternal y apéndice desconocidos.

*Cancrixantho* por su ancho rostro, poco desarrollado, se parece a los *Cancridae*, mientras que, por la disposición de las regiones del cefalotórax, se acerca a los *Xanthidae*. Esta forma no se encuentra en ningún género conocido hasta ahora. Su nombre recuerda la participación en los caracteres de las dos

familias. El descubrimiento de nuevos ejemplares, más completos, permitirá resolver, si no se trata de un representante de una familia aun desconocida.»

*Observaciones.*—La tan extraordinaria semejanza del ejemplar de Vilada con los ejemplares descritos anteriormente del *Neptunus hungaricus*, nos infunde serias dudas acerca de la recta interpretación de los caracteres de este ejemplar. A juzgar sólo por la fotografía, no dudamos de que se trata de la especie de Lorenthey."**Cancriformia**, Gaesner.**Cancridae**, Ortmann.**Lobocarcinus**, Reuss.**Lobocarcinus catalaunicus**, V. van Straelen.1927.—*Lobocarcinus catalaunicus*.—Straelen, V. van: "Contribution a l'étude des crustacés décapodes fossiles de la Peninsule Ibérique.—*Eos, Rev. esp. de Entomología*, tomo III, cuad. 1.º, pág. 87, pl. III, f. 1.1932.—*Lobocarcinus catalaunicus*.—Vía: "Els crancs fòssils del Terciari de Catalunya", pág. 5.1934.—*Lobocarcinus catalaunicus*.—Straelen, V. van: "Contribution a l'étude des crustacés décapodes fossiles de la Catalogne".—*Geol. de la Médit. occidentale*, op. cit., pág. 5.*Material.*—Porción tergal de un cefalotórax en gran parte reducido al molde interno, que forma parte de la colección del Museo de Ciencias Naturales de Barcelona.*Procedencia.*—Luteciense superior de St. Llorenç y Puigsec.*Descripción.*—Transcribimos del trabajo de van Straelen: «Cefalotórax muy ensanchado; la anchura alcanza más del doble de la longitud. Recortes del borde frontal y de los bordes latero-anteriores numerosos y profundos, pero las extre-

midades de los lóbulos, destruidas durante la fosilización. Región gástrica mucho más ancha que en *L. Paulino-Wurtembergicus*, del eocénico del Mokattam; el lóbulo anterior de la región urogástrica, más estrecho que en la especie mencionada, muy avanzada hacia adelante. Algunas regiones llevan salientes, sobre todo en la parte interna de las regiones branquiales."

*Observaciones.*—El ejemplar estudiado y descrito por van Straelen formaba parte de la expedición del Dr. Faura, ya mencionada, expedición cuyo material me ha sido imposible examinar por no encontrarse en el Museo de Ciencias Naturales, del cual es propiedad, y en donde no nos han podido dar (de aquél) referencia alguna.

Con posterioridad a la fecha de la publicación del trabajo de van Straelen y de mi nota de 1932, se han efectuado algunas exploraciones en el yacimiento de Puigsec, de donde procede el ejemplar que nos ocupa, y en un paraje vecino a aquella localidad, el pequeño cerro de Mas d'en Coll (a tres kilómetros escasos de Puigsec). Dichas exploraciones, aunque escasas en número y no muy intensivas, han dado como resultado el hallazgo de abundante material carcinológico, predominando sobre todo las pinzas entre algunos carapachos y fragmentos de éstos en relativo buen estado de conservación, todo ello perteneciente al *Neptunus hungaricus*, Lorenthey, cuya descripción complementaria se ha dado en el lugar correspondiente de este trabajo. Entre los demás restos, que son bastante variados, aunque desgraciadamente incompletos, no ha aparecido indicio alguno de piezas referibles al género *Lobocarcinus*, lo cual no deja de causar alguna extrañeza. Esta admiración, quizá infundada al principio, se convirtió para mí en franca duda al comparar los ejemplares del *N. hungaricus* con la figura de V. van Straelen. Detenidos y numerosos han sido los cotejos efectuados, y en todos ellos me he convencido

de que el ejemplar enviado al Director del Museo Real de Bélgica pertenece a la especie húngara, ya que con ella coincide detalle por detalle.

La pésima conservación de dicho ejemplar ha sido la causa, a no dudar, de que van Straelen lo atribuyera a un género tan apartado del *Neptunus* como lo está el *Lobocarcinus*. En efecto, como él mismo reconoce, se trata de un molde interno, parte de cuyo borde tergal ha desaparecido, como también los bordes latero-anteriores con sus dientes característicos; añádase a ello la presencia de algunos detalles estructurales del dorso (único elemento de juicio con que se contaba) que se prestan, y más aun su moldeado, a una interpretación en el sentido del género *Lobocarcinus*. Tales son los profundos y dilatados surcos que median entre los dientes de los bordes latero-anteriores, que corresponderían a las cisuras interlobulares de los mencionados bordes en aquel género; las prominencias frecuentes, especialmente las de las regiones branquiales que corresponderían a las tuberosidades características de las formas del género *Lobocarcinus*; la forma, casi triangular del lóbulo mesogástrico, etc. En definitiva: la acertada determinación de un ejemplar como el enviado por Faura a van Straelen sólo es posible por comparación con ejemplares de la misma especie, bien conservados y previamente determinados, condiciones, por lo menos la primera, no muy raras en los tampoco raros ejemplares del mismo yacimiento. Con una exploración más detenida (si es que alguna exploración se había hecho con posterioridad al Dr. Almera) del yacimiento en el aspecto carcinológico, hubiérase evitado la falsa interpretación.

A pesar de todo, el no haber podido observar directamente el ejemplar en cuestión, no nos permite juzgar de una manera absoluta y definitiva.



**Oxystomata**, Haan.

**Calappidae**, Alcock.

**Calappa**, Weber.

**Calappa**, cfr. **Heberti**, Brochi.

Lám. X, fig. 64.

1932.—*Calappa*, cfr. *granulata*.—Vía: "Els crancs fòssils del Terciari de Catalunya", pág. 140.

*Material*.—El dedo móvil de la pinza derecha, truncado en su extremidad.

*Procedencia*.—Tortonense marino arenoso-arcilloso de Montjuic (Barcelona).

*Observaciones*.—Pocas son las formas fósiles bien determinadas del género *Calappa* reconocidas en Europa. En Amé-

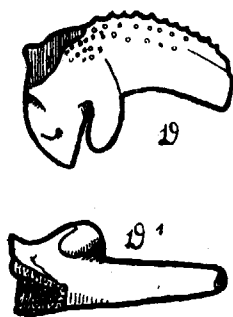


Fig. 7.—*Calappa & Heberti*.—Esquema del dedo inmóvil, representado por la fig. 64, lám. X. D, cara interna. D<sup>1</sup>, cara inferior, X 2'5.

rica abundan más y descienden hasta el Oligoceno. Las de aquéllas en Europa son relativamente recientes, no bajando del Mioceno. El pequeño dedo móvil del Tortonense marino de Montjuic parece pertenecer a la más antigua de las formas

europas, a *C. Heberti*, de Brochi (1), que ha sido reconocida en el Mioceno medio y superior de Hungría y de Austria. Todos los detalles observables coinciden exactamente: disposición y tamaño de los gránulos, ausencia de dientes en el borde cortante, etc., no habiendo ningún dato negativo. La limitación del material no permite atribuirlo en absoluto a dicha especie, a la cual, no obstante, debe referirse.

La escasez de material iconográfico me impidió la comparación de la pieza de Montjuic con otras formas congéneres, entre ellas la *Calappa Heberti*, cuando la publicación de mi primera nota, en la que hube de contentarme con referirla a *Calappa granulata*, Linn., única especie con que me fué posible establecer comparación.

**Leucosiidae**, Dana.

**Myra**, Leach.

**Myra Paenitensis**, n. sp.

Lám. X, figs. 65-69.

1932.—*Myra amoena* Bohn.—Vía: "Els crancs fòssils del Terciari de Catalunya", pág. 139 (9).

*Material*.—Un pequeño caparazón de la colección del autor.

*Procedencia*.—Burdigaliense detrítico de la base del Mioceno del Penedés en la Vall (Monjos).

*Descripción*.—Caparazón de aspecto piriforme, fuertemente abovedado, cuyas dimensiones son: longitud, 0,015 milímetros; anchura, 0,015 milímetros; espesor, 0,008 milímetros.

(1) Brochi P.<sup>a</sup>: "Note sur les Crustacés fossiles des terrains tertiaires de la Hongrie".—*Ann. Sci. Geol.*, vol. 14 (1883), art. 2, pág. 2, pl. 4, fig. 3, 3.<sup>a</sup>

Lorenthey, E.: "Beitrag zur Dekapodenfauna des Ungarischen Tertiärs".—*Termész. Füzetek*, vol. XXI (1898), pág. 88, lám. IX, f. 1.

Su superficie es lisa casi por entero. Las únicas regiones diferenciadas (en conjunto) son la gástrica-genital-cardíaca-intestinal que ocupan la línea media longitudinal del caparazón, a manera de una aguda cuña cuya punta se prolonga hasta la frente y forman una arista divisoria de las dos vertientes ocupadas por las regiones hepáticas y branquiales, no diferenciadas entre sí. La región frontal ha desaparecido; en la suave escotadura que ha quedado en su lugar, se alojan las cavidades antenulares y las reducidísimas órbitas, de cuyos bordes externos parten sendas aristas filiformes, oblicuas, de unos 0,004 milímetros de largo, que determinan la separación entre la superficie superior del caparazón y la inferior (pterigostomía), formando el borde anterior, redondeado y de una obtusidad extraordinaria. En cada una de dichas regiones de la pterigostomía se observan las secciones básicas de una pequeña espina que, por su pequeñez y poca consistencia, ha desaparecido. Los bordes laterales, de perfil redondeado, parecen muy obtusos; se hace difícil su determinación, por no aparecer clara la línea divisoria entre la superficie superior y la inferior en este punto; contribuye a ello la rotura que han sufrido por ambos lados dichos bordes, que al parecer tendrían dos pequeñas prolongaciones espiniformes en su parte delantera (¿límite anterior de la región branquial?). Los bordes latero-posteriores son rectos, no son aristados, formando una faja de más de un milímetro de ancho cubierta de varias hileras longitudinales de pequeñísimas cavidades circulares, cuya observación sólo es posible con el auxilio de la lupa, y que a simple vista semejan finísimas puntuaciones. En el borde superior de dicha faja punteada, y casi en su extremo posterior, hay una finísima espina, que corresponderá al límite posterior de las regiones branquiales.

El borde posterior del caparazón está formado por una prominencia que corresponde a la región cardíaca e intestinal,

las cuales adquieren un gran desarrollo. La disposición de esta prominencia o protuberancia, que se prolonga hacia fuera interrumpiendo la redondez general de los bordes, es lo que más contribuye a dar al caparazón su aspecto piriforme. En su parte posterior dicha prominencia termina con tres espinas, la mayor de las cuales se desarrolla en la dirección del eje longitudinal, un tanto dirigida hacia arriba. Las otras dos, de un tamaño algo menor, arrancan a un nivel inferior y se disponen simétricamente, distanciadas mutuamente en 3 milímetros (las bases), bastante divergentes y en sentido horizontal. De las respectivas truncaduras puede inferirse que la espina mayor sería algo más obtusa que las dos últimas. La superficie de todas ellas y la de toda la región intestinal, en lo que tiene de prominencia, está recubierta de las mismas aparentes puntuaciones de los bordes latero-posteriores contiguos; toda la superficie restante del caparazón estaría cubierta también de puntuaciones mucho más pequeñas, visibles solamente con el auxilio de la lupa en los escasos lugares en que la primera capa superficial no ha saltado, pudiéndose aun observar perfectamente sus huellas en la capa subyacente, que es la que se conserva en una mayor extensión.

*Observaciones.*—Cuatro son las formas fósiles conocidas del género *Myra*. Tres de ellas proceden del Mioceno de Java.

La *Myra emarginata*, Glaessner (1), del Helveciense de Steiermark (Austria), es la única especie europea hasta el presente reconocida; su caparazón tiene un aspecto piriforme tan característico como la *M. paenitensis*, aunque lo tiene en sentido opuesto, ya que en esta última especie la parte deprimida es la tergal (prominencia cardíaco-intestinal), y en aquella corresponde a la región frontal, muy desarrollada longitudi-

(1) Glaessner, M.: "Die Dekapodenfauna des osterreichischen Jungtertiars".—*Jahrb. Geol. Bundesant.*, vol. 78, h. 1, 2; p. 175, taf. III, fig. 16 texto, fig. 3.—Wien, 1928.

nalmente. Consecuencia natural de esta disposición es la inversión de los caracteres de los bordes. En efecto; mientras en la *M. emarginata* los bordes latero-anteriores son rectos y los latero-posteriores son arqueales, en la *M. paenitensis*, como se ha visto, sucede lo contrario. La región cardíaca intestinal en *M. emarginata* no forma ningún saliente que interrumpa el semicírculo perfecto que forma el borde tergal con los bordes laterales contiguos, y la espina central en esta especie no se distingue de las demás en cuanto al tamaño. Otra diferencia muy notable está en las proporciones del caparazón; el de la *M. paenitensis* tiene un desarrollo en espesor mucho mayor en igualdad de condiciones para las otras dimensiones.

La importancia y notoriedad de las diferencias anotadas nos excusan de insistir sobre otras diferencias, por cierto interesantes, que se observan con una comparación minuciosa entre las dos formas europeas.

Con mayor razón tal vez que a la *M. emarginata* de Austria, la nueva especie podría referirse a la *M. amoena*, Böhm, una de las aludidas especies de Java, procedente del Mioceno inferior de Goenoeng Spólóng (1), con la cual guarda mayores y más estrechas relaciones. El caparazón de *M. amoena*, por de pronto, es también piriforme en el mismo sentido, aunque no tan marcadamente como en la forma catalana, por razón de que sus bordes latero-posteriores son curvos y no rectos como en ésta. De ahí la mayor redondez del contorno general de caparazón de la *M. amoena*, cuya anchura máxima

(1) Böhm, J., in K. Martin: "Die fossilien von Java. I. Bd. Arthropoda Crustacea".—*Samml. Geol. Reichmus. Leiden, N. F.*, vol. I, p. 529, lám. 63, f. 3, 1923. Son dignos de especial mención la gentileza y el alto ejemplo de la colaboración científica de Hugo Boissevain y del Profesor de Geología y Paleontología en la Universidad de Utrecht, Dr. Rutten, a quienes nos dirigimos por mediación de J. R. Bataller, para que nos proporcionaran un ejemplar del trabajo de Böhm aquí citado. No pudiendo complacernos de otra manera, tomaron la molestia de reproducir fotográficamente, página por página, este precioso trabajo.

coincide con la línea media transversa (diámetro), mientras que en la *M. paenitensis* dicha línea media queda bastante por detrás de la máxima amplitud. Otro carácter distintivo está en el mayor espesor o altura del caparazón por parte de la *M. paenitensis*. Además de que, a semejanza de lo que ocurre con la amplitud máxima, la máxima altura en esta especie queda más adelante que la línea media transversa, coincidiendo casi con la mayor amplitud. En la *M. amoena*, por el contrario, el mayor abultamiento corresponde manifiestamente a la parte posterior del carapacho; además, este abultamiento es determinado por las regiones branquiales que en su parte posterior caen bruscamente, contrariamente a lo que sucede en la *M. paenitensis*, en la cual dichas regiones ofrecen un suave declive a ambos lados de la arista media, que sobresale por encima de todas las demás regiones en toda su extensión. A propósito de las regiones branquiales, también hay que notar que a partir de las espinas que presentan en su parte posterior, y cuya disposición coincide en ambas especies, no arranca ninguna arista en la *M. paenitensis*, cuyas regiones (branquiales) son completamente lisas en todo lo que tienen de visible, miradas por encima. La presencia de esta arista en la *M. amoena*, tanto si es independiente del borde lateral del caparazón como si ella misma lo constituye (probablemente será así), nos proporciona un nuevo dato de considerable importancia para la distinción de las dos formas. Finalmente, con hacer notar la mayor obtusidad de las espinas de la prominencia cardíaca-intestinal, por lo menos en lo que se refiere a la mayor, por parte de la *M. paenitensis*, y una mayor amplitud de la región frontal orbitaria en la *M. amoena*, creo no habrá necesidad de pasar a otras consideraciones para convencerse de la diversidad específica de las dos especies, por otra parte tan estrechamente relacionadas, aunque geográficamente tan distanciadas.

Mi primera determinación del ejemplar de la Vall atribuyéndolo, no sin notar algunas de las principales discrepancias, a la *M. amoena*, obedeció en primer lugar al examen un tanto superficial del mencionado ejemplar y a la desconfianza en el propio juicio, natural en todo principiante: un análisis comparativo más detenido y el juicio emitido por V. van Straelen a propósito del ejemplar en cuestión, que recientemente ha tenido entre sus manos, han determinado nuestra posición definitiva.

**Oxyrrhyncha**, Latreille.

**Maidae**, Alcock.

**Maia**, Lamark.

**Maia**, cfr. **Orbignyana**, Millet.

Lám. X, fig. 70.

1932.—*Maia*, sp.—Vía: "Els crancs fòssils del Terciari de Catalunya", pág. 139 (9).

Se trata de un fragmento que conserva una zona longitudinal, dorsal, del lado derecho del carapacho, comprendiendo parte de las regiones frontal, gástrica, genital y branquial (lóbulos branquiales internos), faltando el borde lateral en casi toda su extensión. La superficie de estas regiones, en la parte conservada, aparece cubierta, principalmente en las prominencias, de gránulos de tamaño vario, no pasando de un milímetro de diámetro los mayores.

De todas las formas fósiles citadas del género *Maia*, la que más se relaciona con nuestro ejemplar es la más antigua de ellas, la *Maia Orbignyana*, Millet, procedente del Helveciense falúnico de Sceaux (Maine et Loire) (1).

(1) Couffon, O.: "Sur quelques Crustacés des faluns de Touraine et d'Anjou".—*Feuille des jeunes Naturalistes*, ser. 4<sup>a</sup>, vol. 39, p. 2, pl. I. f. 1-4.

Sin embargo, el ejemplar catalán es demasiado imperfecto, ya para poder afirmar que se trata de la especie de los faluns de la Touraine, ya de otra especie aun no descrita. V. van Straelen, que ha examinado directamente el ejemplar, se inclina a creer lo último.

*Procedencia*.—Burdigaliense del Torrente de Sta. Margarida (Monjos). Colección del autor.

## II. — Material indeterminado.

Numerosas son las piezas cuya segura o por lo menos prudente determinación, aun la genérica, no ha sido posible. En la gran mayoría de los casos ello es debido a su mala conservación o a su insuficiencia. A continuación daremos una breve referencia de cada una de ellas, indicando su procedencia; frecuentemente proceden de localidades inexploradas aún y son indicios muy probables de nuevos y afortunados hallazgos. Se incluirán en esta lista las referencias genéricas, algunas abiertamente dudosas, ya aludidas al principio de este trabajo y que se habían dado con anterioridad a su publicación (véase Historia y Bibliografía). También incluimos algunos ejemplares genéricamente determinados y que tal vez pertenecen a especies referidas o descritas en estas mismas páginas, pero que por sus malas condiciones no pueden atribuírseles con certeza.

## E OCÉNICO

PORTUNIDAE.—V. van Straelen ha reconocido la presencia de representantes de esta familia entre los restos recogidos y citados por Dalloni en el Luteciense de Vilada (Berga).

En su trabajo de 1934, V. van Straelen señala en el Coll

de Malpás la presencia de restos de individuos que atribuye al grupo de *Dromiidea*.

PORTUNUS, sp. (?)—Con esta dudosa determinación del doctor Almera, sin otra referencia, da cuenta de la presencia de cangrejos en Luteciense de Cánoves a Puiglagulla. ¿Se referiría a las pinzas del *N. hungaricus*? Faura y Sans se contenta con reproducir escuetamente la referencia del Dr. Almera.

CANCER, sp.—Con esta denominación, tal vez en su sentido de corriente equivalencia a la palabra "cangrejo", se han citado ejemplares procedentes de distinto nivel estratigráfico y a todas luces distintos específicamente. El Dr. Almera se refiere al material procedente de Puigsec y de la Sierra de Cánoves a Puiglagulla (Luteciense); tal vez se trataría de ejemplares o piezas del *Neptunus hungaricus*, tan abundantes en estos parajes, y aun me atrevo a sospechar que el ejemplar de Puigsec sería el que van Straelen posteriormente atribuyó al género *Lobocarcinus*. Faura y Sans, por su parte, da cuenta de haber encontrado en Gurb un ejemplar bien conservado (¿sería el *Harpactocarcinus punctulatus*, Desm?) del género *Cancer* (en el sentido corriente antes indicado), y posteriormente, en su trabajo sobre los crustáceos fósiles catalanes, reproduce bajo el común denominador de *Cancer*, sp., su referencia anterior y las del Dr. Almera.

CANCRIDAE.—Se trata de unas pinzas muy interesantes por lo infrecuente de su forma. Hace algunos años enviamos a van Straelen una reproducción fotográfica no muy perfecta, cuya observación le hizo creer que se trataba de alguna forma de la tribu Dromiacea (véase mi nota de 1932, pág. 143). Recientemente ha tenido ocasión de examinar directamente los ejemplares, y no duda en afirmar que pertenecen a una especie inédita de la familia *Cancriidae*; el material, con todo, es insuficiente para fundar a base de él una especie. En total, son cuatro los fragmentos de pinzas encontrados; el mayor y

mejor conservado procede del Luteciense de St. Juliá de Vilatorca; otro del mismo nivel en el Mas d'en Coll (en concomitancia con el *Neptunus hungaricus*); el tercer fragmento, muy fracturado, con sus pedazos dislocados, procede de St. Climent d'Amer, y otro fragmento muy reducido y defectuoso ha sido recogido en Tavertet. Los dos primeros ejemplares forman parte de las colecciones del Museo Geológico del Seminario los otros dos son propiedad del Sr. Llopis. Lám. XI, fig. 71-73.

PORTUNIDAE, XANTHIDAE (?).—En la nota de 1931 (página 142) atribuía con reserva al género *Xantho* un pequeño ejemplar, reducido a su parte anterior (plastrón y abdomen), con algunas patas adheridas, procedente del kilómetro 86 de la carretera de Vich a Ripoll (proximidades de Montesquíu). La ausencia del caparazón dorsal impide aún esta determinación genérica, pues los caracteres de las patas conservadas del mismo podrían convenir a una forma de la familia *Portunidae* que a la *Xanthidae*, como opina van Straelen. (Colección del Seminario.) Lám. XI, fig. 74.

NEPTUNUS (?).—Juntamente con la pieza anterior fué recogido un fragmento de superficie dorsal de carapacho que, por la forma de su marcado relieve, parece pertenecería a un individuo del género *Neptunus*, en cuyo caso quizá podría referirse al *Neptunus hungaricus* del Eoceno inferior. (Colección del Seminario.)

NEPTUNUS HUNGARICUS (?).—A esta especie parecen corresponder unos restos de patas ambulatorias y un brazo derecho del primer par de patas prensoras procedentes del Sinatorio del Puig d'Olena (St. Quirze Safaja). (Colección del Seminario.)

COLNEPTUNUS HUNGARICUS (?).—Por su mala conservación, no pueden atribuirse a esta especie una mano derecha y un fragmento derecho de cefalotórax, precisamente los documentos

decisivos para solucionar el problema de la determinación genérica (*Scylla?*, *Colneptunus?*) de esta forma tan interesante.

Lo único que permiten observar es que se apartan del género *Neptunus*, con abierta tendencia hacia el *Scylla*.

Proceden del Luteciense de Sta. Margarida de Montbuí, yacimiento del *N. catalaunicus*. (Colección del Seminario.)

NEPTUNUS CATALAUNICUS (?).—Probablemente corresponderá a un individuo de esta especie una mano izquierda, aplastada, de *Neptunus*, procedente de las inmediaciones del castillo de Queralt. (Colección del Seminario.) Próximo al castillo de Queralt está el yacimiento de Riudeboix y de Bellprat, los cuales también han dado restos de *Décapodos* (algunas pinzas y fragmentos de dedo y de otros artejos de pata), de casi imposible determinación. (Colección del Seminario.)

MENIPPE ALMERAI (?).—Podrían corresponder a esta especie una mano y un fragmento de dedo móvil, procedentes de Malvals (Manresa), cuyo defectuoso estado no permite asegurarlo. (Colección del Seminario.)

Quedan aún restos (siempre de pinzas o de otros artejos de patas) de las siguientes localidades:

Vilada (*Allogoneplax Dallonii?*). La Calsina (dos dedos de formas varias diferentes). Mas d'en Coll, Navarcles (Colección del Seminario). Collbás, Collsuspina (Colección Guérin).

### MIOCÉNICO

ILIINAE EBALIINAE (?).—Procede del Burdigaliense de Santa Margarida (Monjos) un caparazón de  $0,014 \times 0,017$  milímetros, cuya superficie está cubierta de varias espinas pequeñas y dispuestas con cierta regularidad. Es interesante la forma de su región cardíaca, ocupada por una prominencia coronada por tres gránulos y completamente aislada de los restantes de

la superficie por su notable elevación, que contrasta con la llaneza general del caparazón. Pertenece sin duda a la tribu *Oxystomata* (*Iliinae*, *Ebaliinae?*). (Véase mi avance de 1932, página 143.) Recientemente, van Straelen ha examinado directamente el ejemplar del cual afirma que es una nueva especie, cuya determinación genérica requeriría un largo trabajo que en la actualidad él no puede abordar y que a mí me es absolutamente imposible por lo difícil de ello y por la carencia de material bibliográfico, ya que hasta el presente aun no he encontrado representada ninguna forma a la cual mi ejemplar pudiese referirse ni remotamente. (Colección del autor.) Lám. X, fig. 75.

NEPTUNUS (?).—En las colecciones del Seminario se encuentra una impresión de crustáceo, completamente indeterminable, en una marga procedente del nivel de la *Pereiraea Gervaisi*, Vezian., de St. Sadurní d'Anoia. La acompaña un autógrafo de Mr. Dépéret, quien tuvo ocasión de examinarla, redactado en estos términos: "Echantillon bien difficile à déterminer ce pourrait être un cephalothorax écrasé d'un Crustacé brachyture (crabe) avec une des pinces sortant du dessous de la carapace. La forme de la pince rapelle bien le *Neptunus*."

No he podido referir a ninguna de las formas consultadas una mano derecha, completamente lisa y bastante abombada que junto con su antebrazo, muy característico, fué recogida en el Helveciense de la Costa (cerca de Les Masuques, Monjos). (Colección del autor.)

### PLIOCÉNICO

ERIPHIA (?).—"Els crancs fòssils...", 1932, pág. 11.) Bajo esta denominación genérica agrupaba en 1932 unas 80 piezas (pequeños dedos móviles e inmóviles de ambas manos; los mayores no pasan de 0,014 milímetros), recogidos en su mayoría

en Papiol, y algunas de ellas en el subsuelo de Palleja. Todas corresponden seguramente a una sola especie, de difícil determinación y cuyo género tampoco puede darse con certeza, atendida la insuficiencia de los caracteres que pueden dar tal clase de piezas. El haberlos referido al género *Eriphia* no significa más que de entre todas las formas de dedos con que las he comparado, los de la *Eriphia spinifrons* (forma actual cuya aparición data precisamente del Siliciense), son las que más analogía tienen con los dedos en cuestión.

Sin embargo, dada la limitación del material iconográfico, relacionado con las formas pliocenas, de que dispongo, sería injusto dar por cierta esta determinación.

Colección Guérin (71 piezas) y Colección del Seminario (8 piezas). Lám. X, fig. 76.

Procede también de Papiol un finísimo dedo, muy agudo

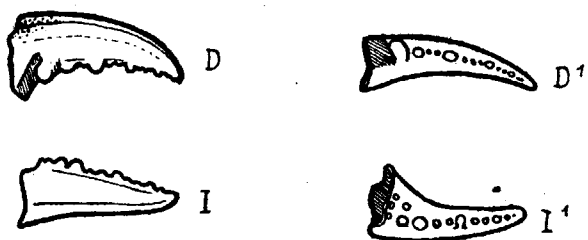


Fig. 8.—*Eriphia*, sp.?.—D, dedo inmóvil, visto por cara externa. D<sup>1</sup>, el mismo por su cara interior. I, dedo inmóvil, visto por su cara externa. I<sup>1</sup>, el mismo por su cara superior. X 2.

y pequeño (0,05 milímetros de longitud), cuya determinación, aun la genérica, se me hace también imposible.

Aplastado en una marga procedente del torrente del Terme (St. Feliú de Llobregat), se encontró, hace ya mucho tiempo, un cangrejo cuyo cefalotórax está completamente deshecho, con las patas reducidas a una impresión sobre la marga (figu-

ra 77 de la lám. X). En 1930 fué enviado a V. van Straelen, quien lo calificó de completamente indeterminable. (Colección del Seminario.)

### Observación final.

Hasta aquí el estudio analítico y particular de cada una de las formas catalanas. El estudio de conjunto y la comparación con la fauna carcinológica de los depósitos extranjeros, nos sugeriría, sin duda alguna, una serie de consideraciones y constataciones de carácter estratigráfico y sobre todo paleontológico, a cual más interesante. De momento me veo obligado a aplazar dicho estudio en atención a las circunstancias extraordinarias que acabamos de atravesar. Los siguientes cuadros sinópticos, que muestran el resultado del trabajo hasta el presente realizado, son el punto de partida para dichos estudios ulteriores; precisamente por ello no he creído conveniente aplazar la publicación del trabajo ya realizado junto con dichas sinopsis. Los datos y conocimientos aportados pueden así aprovechar a todos aquellos a quienes interese el estudio de la carcinología.

### Distribución sistemática de las especies.

#### Brachyuridaea, Glaessner.

TRIBU	FAMILIA	GENERO Y ESPECIE
<i>Cancriformia</i> , Glaessner.	<i>Cancridae</i> , Ortmann.	<i>Lobocarcinus catalaunicus</i> , van Straelen.
	¿Familia desconocida?	<i>Cancrixantho pyrenaicus</i> , van Straelen.
<i>Brachygnatha</i> , Borradaile.	<i>Portunidae</i> , Dana.	<i>Neptunus catalaunicus</i> , n. sp. <i>Neptunus granulatus</i> , Milne-Edwards. <i>Neptunus hungaricus</i> , Lorenthey. <i>Colneptunus catalaunicus</i> , n. sp. <i>Scylla Batalleri</i> , n. sp. <i>Scylla</i> , sp., <i>Portunus</i> , sp.
		<i>Xantho tuberculatus</i> , Bell. <i>Harpactocarcinus punctulatus</i> , Desmarest. <i>Harpactocarcinus ovalis</i> , Milne-Edwards. <i>Galenopsis</i> , cfr. <i>similis</i> , Bittner. <i>Menippe Almerai</i> , n. sp.
SUBTRIBU <i>Brachyrhyncha</i> , Borradaile.	<i>Xanthidae</i> , Alcock.	<i>Allogoneplax Dallonii</i> , van Straelen.
<i>Oxystomata</i> , Haan.	<i>Leucosiidae</i> , Alcock.	<i>Myra paenitensis</i> , n. sp.
	<i>Calappidae</i> , Alcock.	<i>Calappa</i> , cfr., <i>Heberti</i> , Brochi.
<i>Oxyrhyncha</i> , Latreille.	<i>Maiidae</i> , Alcock.	<i>Maia</i> , cfr., <i>Orbignyana</i> , Millet.

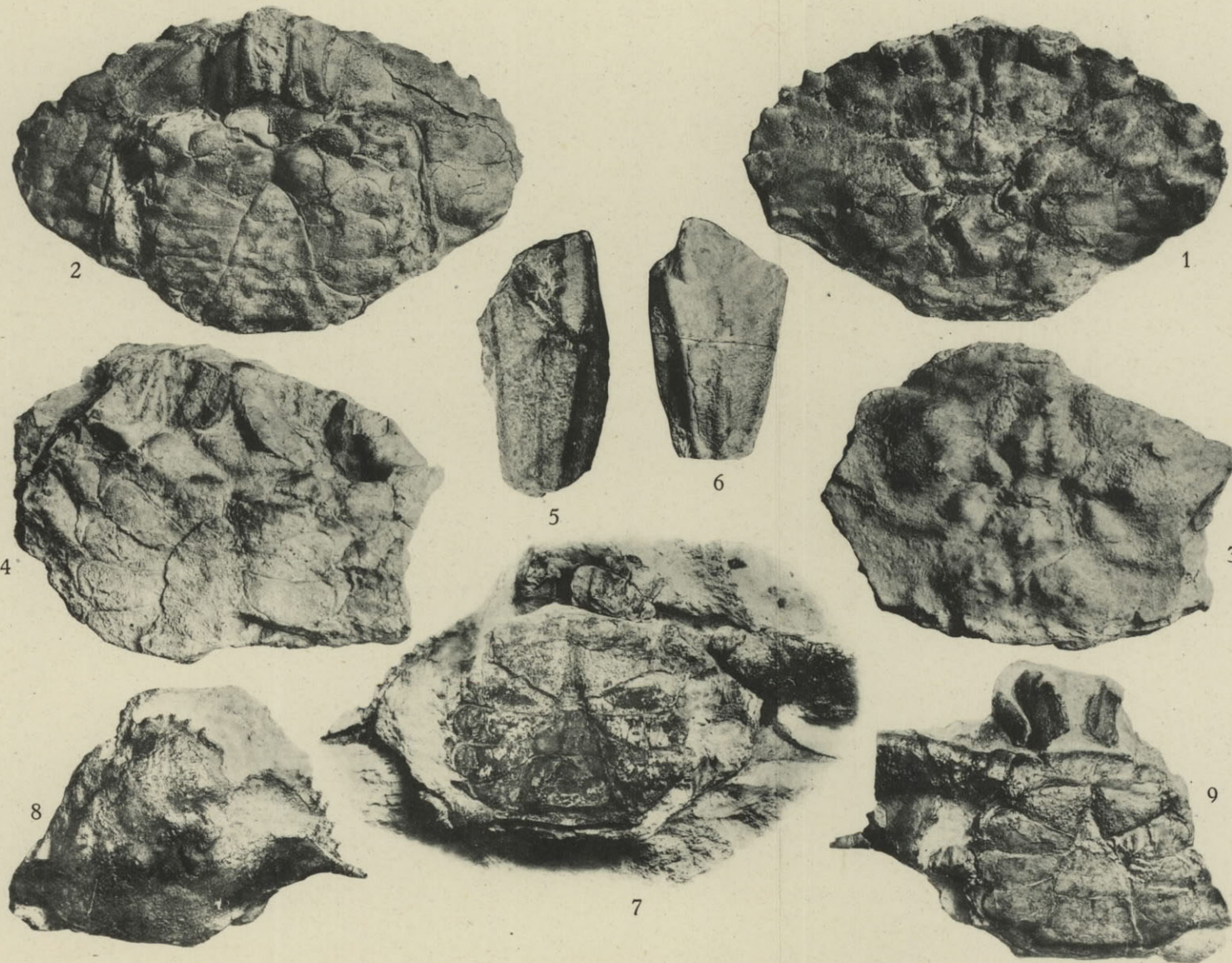
### Distribución estratigráfica.

PERIODO	PISO	GENERO Y ESPECIE
Cuaternario antiguo		<i>Xantho tuberculatus</i> , Bell.
Pliocénico	Siciliense	<i>Xantho tuberculatus</i> , Bell.
	Astiense	<i>Portunus</i> , sp.
Miocénico	Vindoboniense	<i>Calappa</i> , cfr., <i>Heberti</i> , Brochi. <i>Neptunus granulatus</i> , Milne-Edwards. <i>Scylla Batalleri</i> , n. sp.
	Burdigaliense	<i>Neptunus granulatus</i> , Milne-Edwards. <i>Scylla Batalleri</i> , n. sp. <i>Maia</i> , cfr., <i>Orbignyana</i> , Millet. <i>Myra paenitensis</i> , n. sp.
Eocénico	Superior	<i>Harpactocarcinus ovalis</i> , Milne-Edwards. <i>Harpactocarcinus punctulatus</i> , Desmarest. <i>Menippe Almerai</i> , n. sp.
	Medio e inferior	<i>Galenopsis</i> , cfr., <i>similis</i> , Bittner. <i>Allogoneplax Dallonii</i> , van Straelen. <i>Lobocarcinus catalaunicus</i> , van Straelen. <i>Colneptunus catalaunicus</i> , n. sp. <i>Neptunus hungaricus</i> , Lorenthey. <i>Neptunus catalaunicus</i> , n. sp.
Cretáceo	Senoniense	<i>Cancrixantho pyrenaicus</i> , van Straelen.

Barcelona, junio 1936.

Laboratorio de Geología del Seminario.





1.—*Neptunus catalaunicus* n. sp.—Ejemplar tipo, visto por su cara dorsal. Procede del Luteciense de Collbás (Igalada). Col. del Seminario.

2.—El mismo individuo, visto por su cara abdominal.

3.—Otro individuo, procedente de la misma localidad, visto por su cara dorsal. Col. del Seminario

4.—El mismo, visto por su cara abdominal.

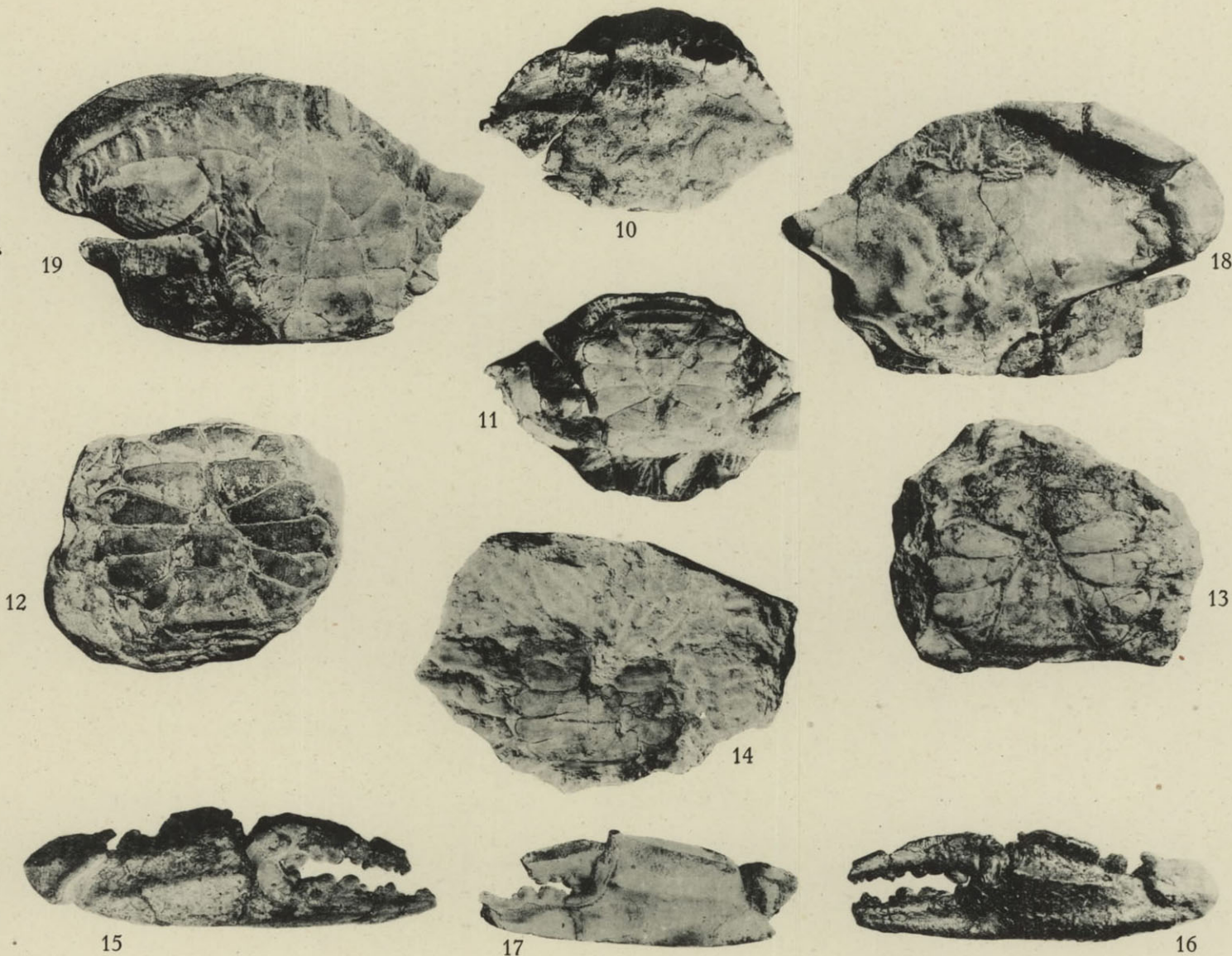
5.—Mano y fragmentos de los dedos de una pinza izquierda (suelta).

6.—Mano suelta de una pinza derecha, procedente también de Collbás. Obsérvense en esta mano, y en la anterior, las dos aristas longitudinales características.

7.—*Neptunus granulatus* A. Milne-Edwards.—Ejemplar procedente del Helveciense de C. Miquélet (St. Pere Molanta). Cara abdominal. Col. del autor.

8.—Ejemplar procedente del Burdigaliense superior de Moja (Vilafranca), visto por su cara dorsal. Col. del autor.

9.—El mismo, visto por la cara abdominal.



10.—*Neptunus granulatus* A. Milne-Edwards.—Individuo procedente del Burdigaliense del torrente de Sta. Margarida (Monjos), visto por la parte dorsal. Col. del autor.  
 11.—El mismo, visto por la cara abdominal. (La figura está invertida).  
 12.—Única parte bien conservada (abdomen y plastrón) de un fragmento procedente del subsuelo de Villafranca del Panadés (Tortonense). Col. del Seminario.  
 13.—Otro fragmento, similar al anterior, procedente del Burdigaliense superior de Monjos Col. del Seminario.  
 14.—Restos de plastrón y de abdomen de uno de los raros ejemplares hembras de esta especie. Procede del Burdigaliense de Monjos. Col. del autor.

15.—Pinza derecha con el antebrazo, correspondiente al ejemplar de la figura 8 y 9 de la lámina I, visto por su cara externa. Col. del autor.  
 16.—La misma pinza por su cara interna.  
 17.—Otra pinza, suelta, procedente del Burdigaliense del torrente de Sta. Margarida. (Monjos). Cara interna. Col. del autor.  
 18.—*Neptunus hungaricus* Lorenthey.—Interesante ejemplar recogido en el Luteciense del Km. 40 de la Carretera de Vic a Olot (entre La Salut y el Far). Col. del Seminario.  
 19.—El mismo individuo, visto por la parte abdominal.



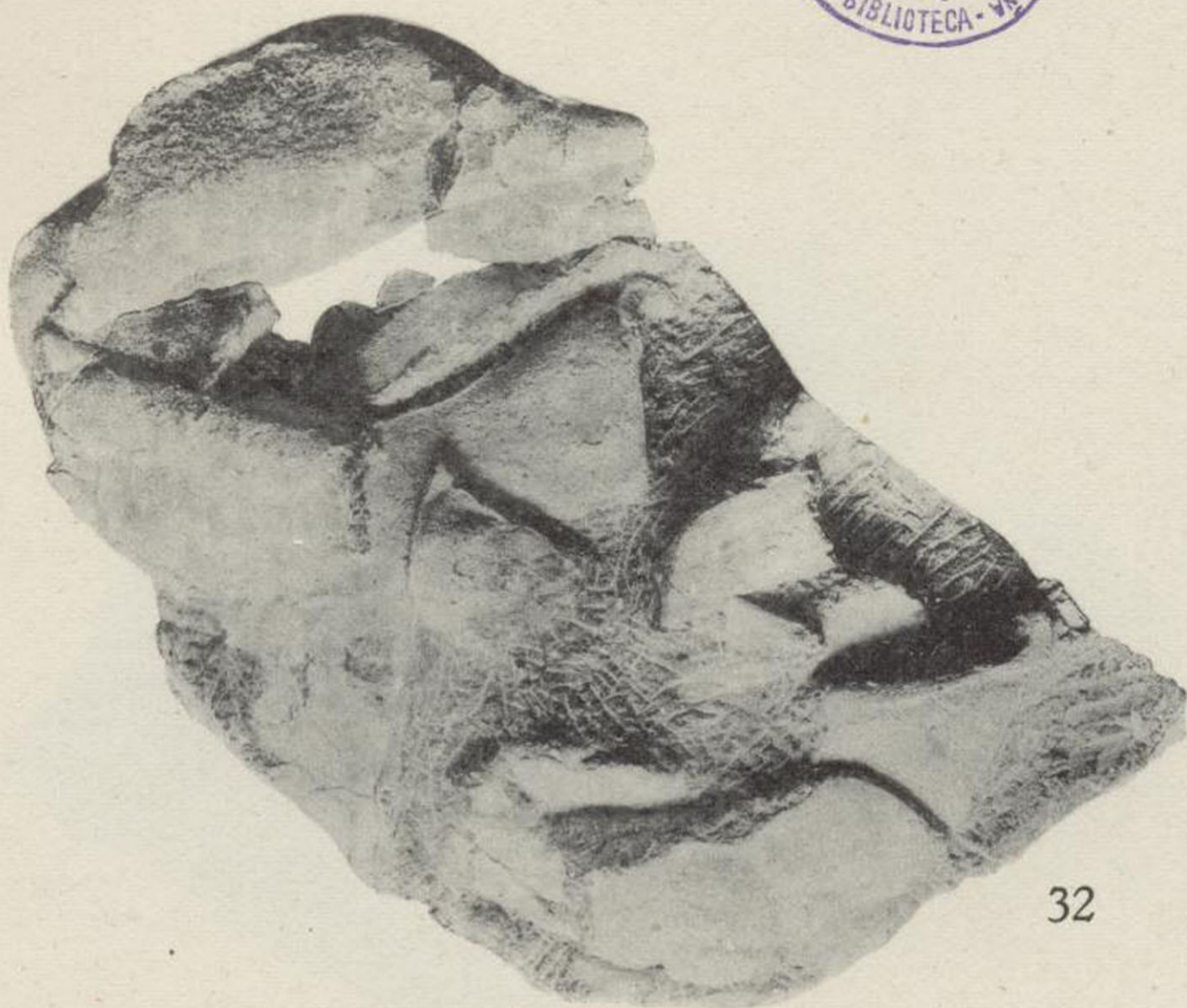
- 20.—*Neptunus hungaricus* Lorenthey.—Ejemplar algo comprimido transversalmente, procedente del Luteciense de M. d'en Coll (Folgaroles). Col. del Seminario.
- 21.—El mismo, visto por la parte abdominal.
- 22.—Otro ejemplar de la misma localidad y colección que el anterior. Su parte dorsal está reducida a la región central del carapacho, como lo muestra la fotografía.
- 23.—El mismo, visto por su parte abdominal.
- 24.—Brazo, antebrazo y pinza izquierdos recogidos en el Luteciense de M. d'en Coll. Obsérvese la especial conformación del antebrazo, descrita en el texto; la espina del ángulo látero-interno, como se ve, está truncada. Col. del Seminario.

- 25.—Antebrazo y pinza izquierda, con los dedos truncados, recogidos en el Luteciense de M. d'en Coll. Obsérvese la única arista longitudinal de la cara externa de la mano, característica de esta especie. Col. del Seminario.
- 26.—La misma pieza, por su cara interna.
- 27.—*Colneptunus catalaunicus* n. sp.—Fragmento central de cefalotórax recogido en los alrededores de Igualada, probablemente en Collbás. Col. del Seminario.
- 28.—El mismo, visto por la parte dorsal; las regiones genital y cardíaca están rotas y desplazadas hacia la izquierda.

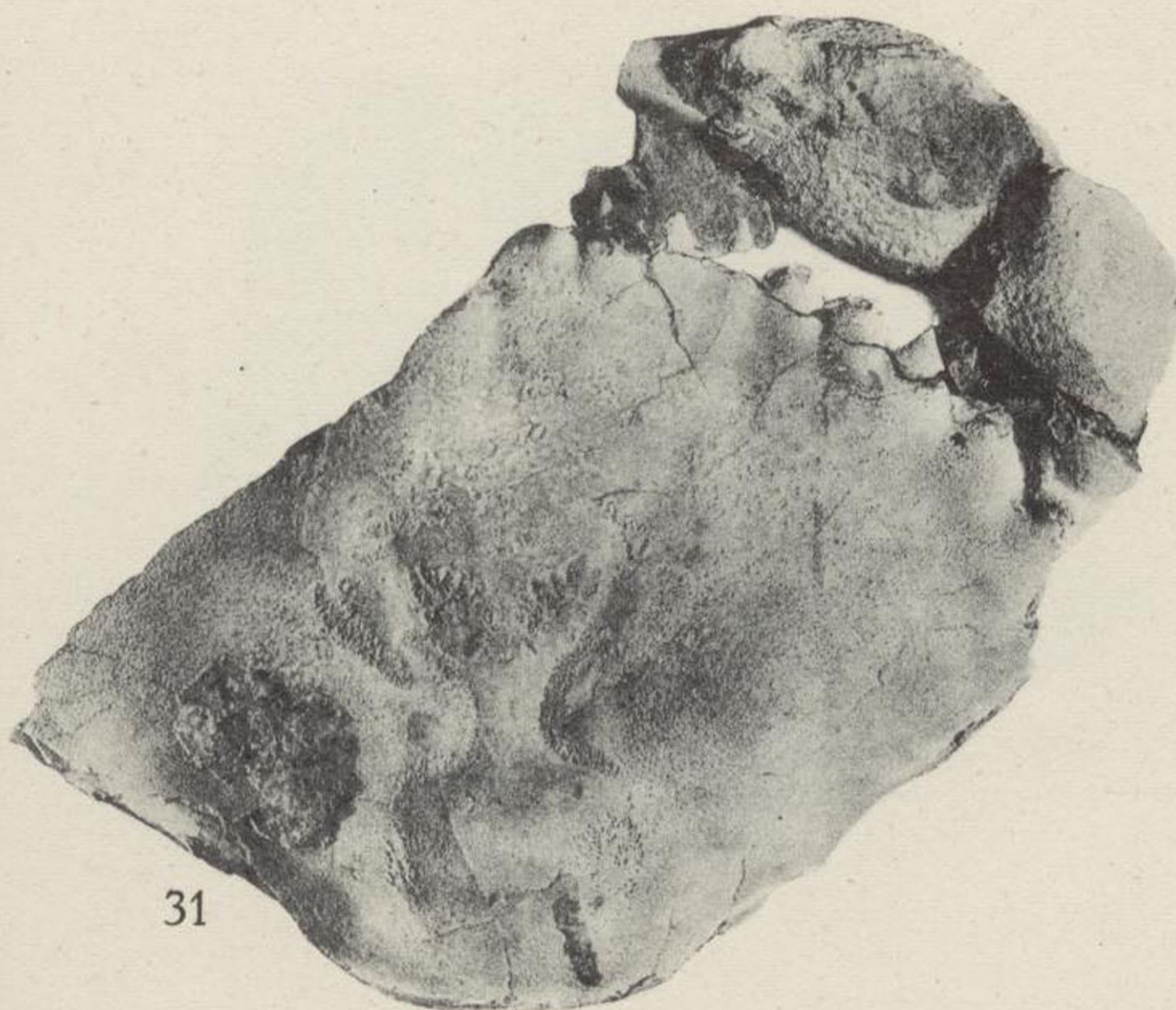


- 29.—*Colneptunus catalaunicus* n. sp.—Fragmento de cefalotórax, visto por la parte dorsal, en donde destacan perfectamente la mayor parte de las regiones. Procede del Luteciense de Collbás. Col. del Seminario.
- 30.—El mismo fragmento, visto por la parte abdominal, reducido al plastrón.
- 35.—*Scylla Batalleri* n. sp.—Mano izquierda, correspondiente al ejemplar de la lámina VI, vista por su cara externa. Col. del Seminario.
- 36.—La misma mano, vista por su cara interna, con el antebrazo anejo.

- 37.—La mano derecha del mismo ejemplar, cilíndrica y completamente distinta de la anterior.
- 38.—*Scylla* sp.—Dedo inmóvil, fragmentario, correspondiente a una pinza derecha, recogido en el Burdigaliense superior de Moja (Vilafranca).
- 39.—*Harpactocarcinus punctulatus* Desmarest.—Ejemplar ♀ procedente del Bartonense de S. Hipólito de Voltregá (Plana de Vic), visto por la parte dorsal. Obsérvese en sus partes conservadas, el aspecto achagrinado de la superficie. Col. del Seminario.
- 40.—El mismo ejemplar, visto por la parte abdominal.



32



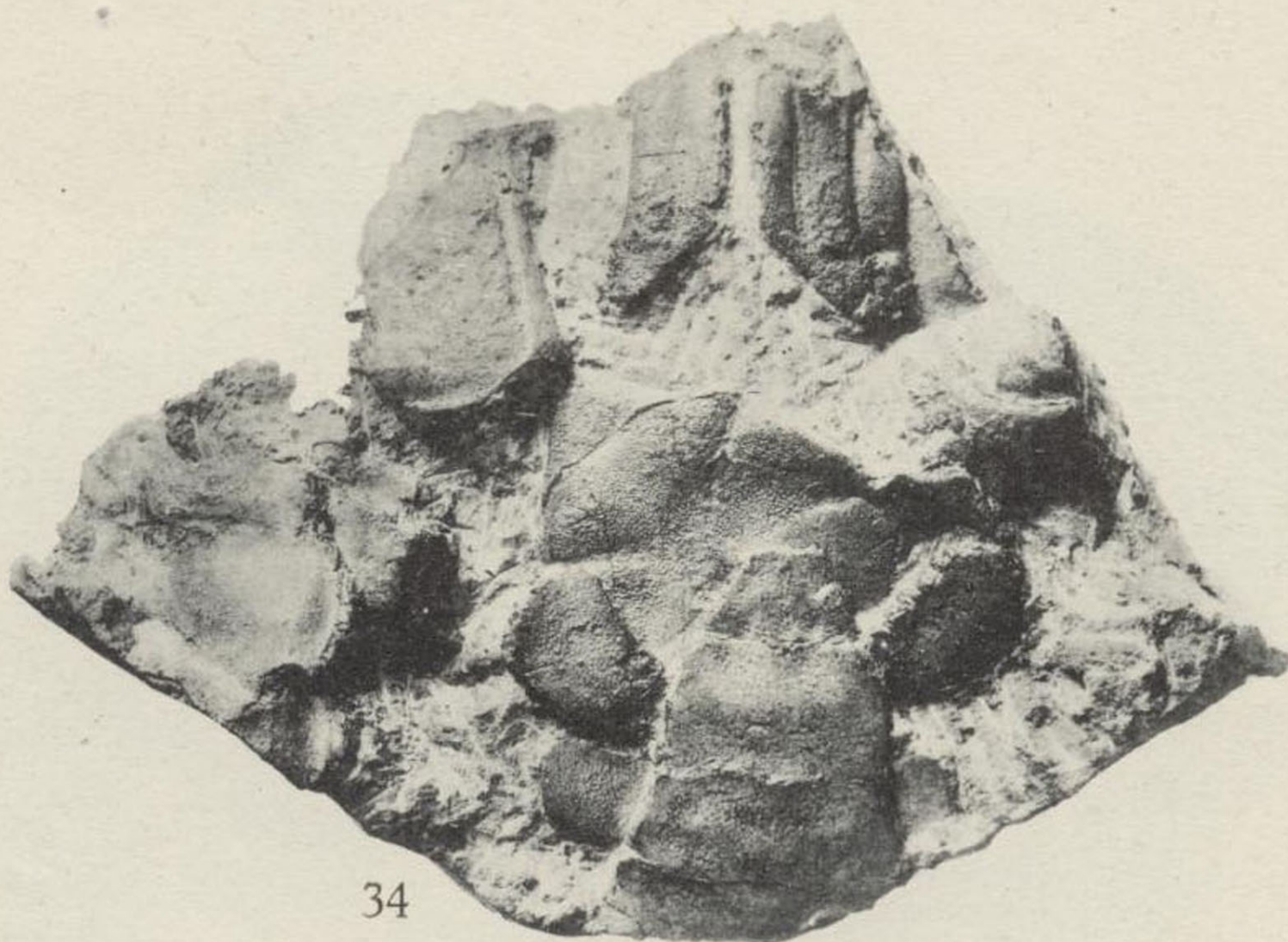
31

31.—*Scylla Batalleri n. sp.*—Individuo ♀, tipo, procedente del Burdigaliense superior de Moja (Vilafranca), visto por la parte dorsal. Col. del autor.

32.—El mismo ejemplar, visto por la cara abdominal, cuyos elementos están completamente desplazados.



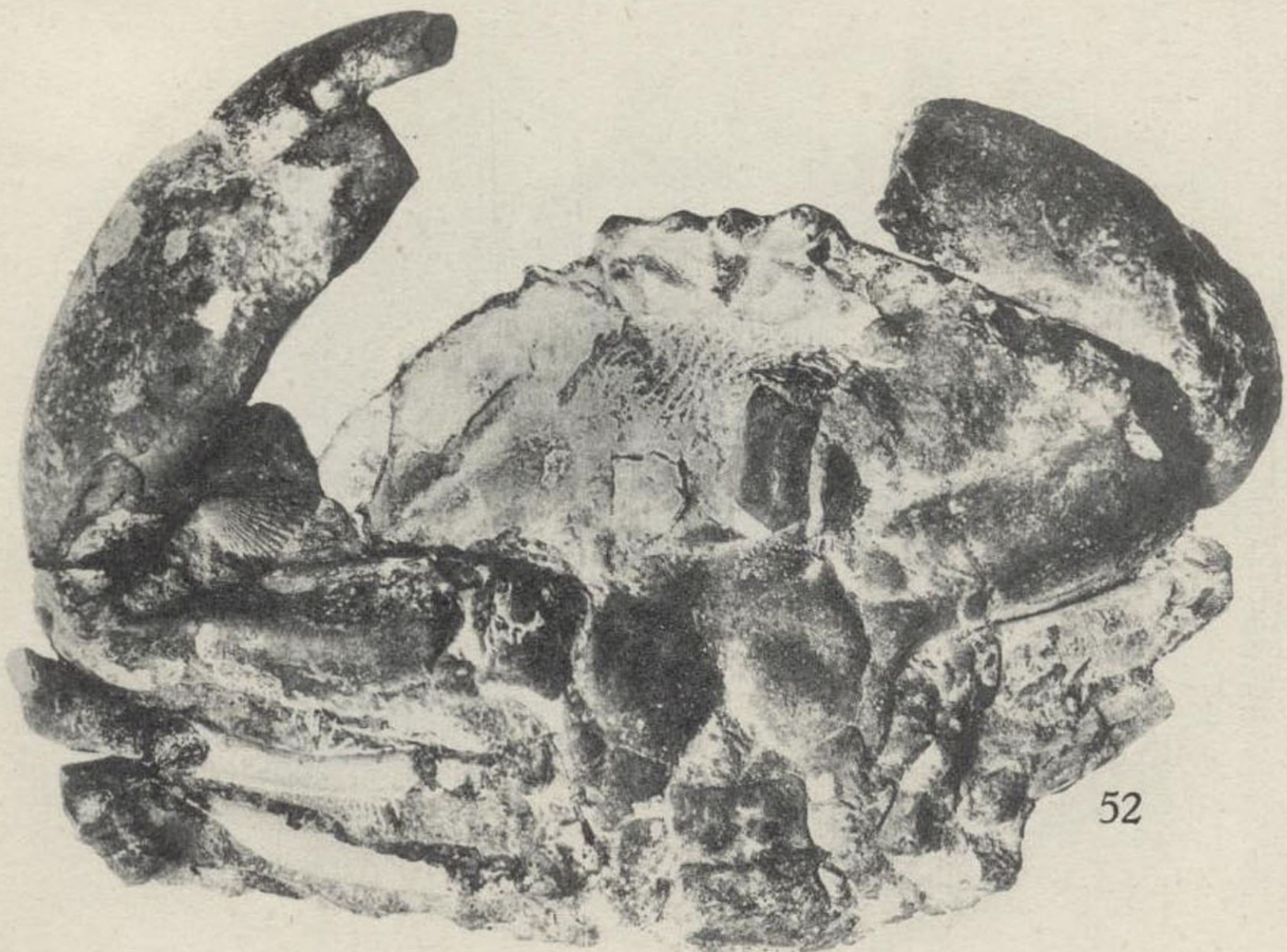
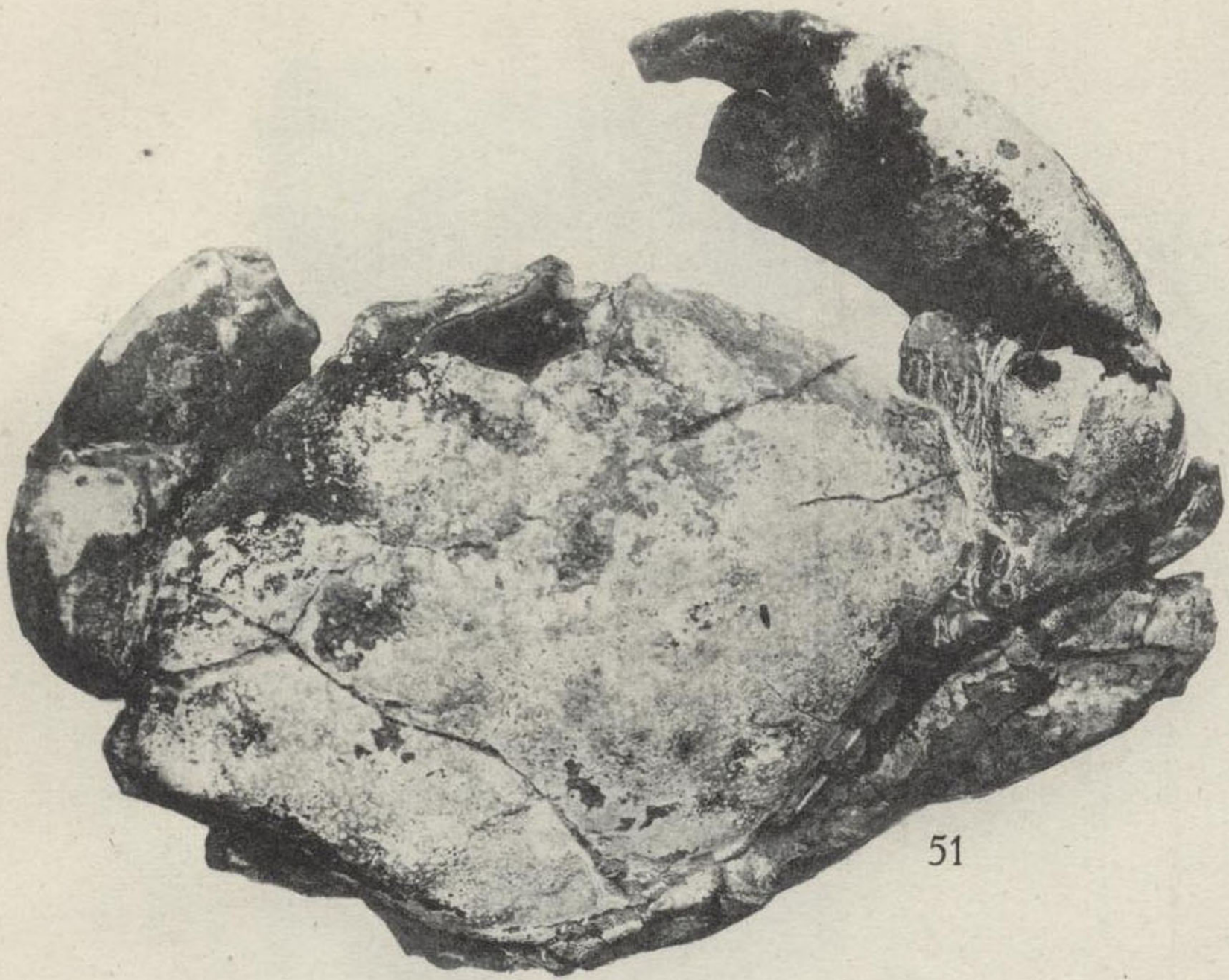
33



34

33.—*Scylla Batalleri* n. sp.—Ejemplar ♂, con los bordes látero-anteriores completamente destrozados, procedente del Burdigaliense de Bará. Col. del Seminario.

34.—El mismo individuo, visto por la parte abdominal, cuyas piezas están también desplazadas.



51.—*Menippe Almerai* n. sp.—Ejemplar tipo, procedente del Bartonense de Sta. Margarida de Montbui (Igalada). Col. Amenós.

52.—El mismo individuo, visto por la parte abdominal.





41.—*Harpactocarcinus punctulatus* Desmarest.—Ejemplar ♂ notable por la excelente conservación de las piezas de la parte abdominal. Procede del Bartonense de Gurb. Col. Guérin.  
 43.—Individuo ♀ interesante por la excelente conservación de sus patas prensoras y del abdomen. Procede de Gurb. Col. Andorrá.  
 44.—Soberbio ejemplar ♂, notable por la magnitud de sus pinzas, las mayores observadas en individuos de esta especie. Procede de Gurb, y forma parte de la Col. Guérin.

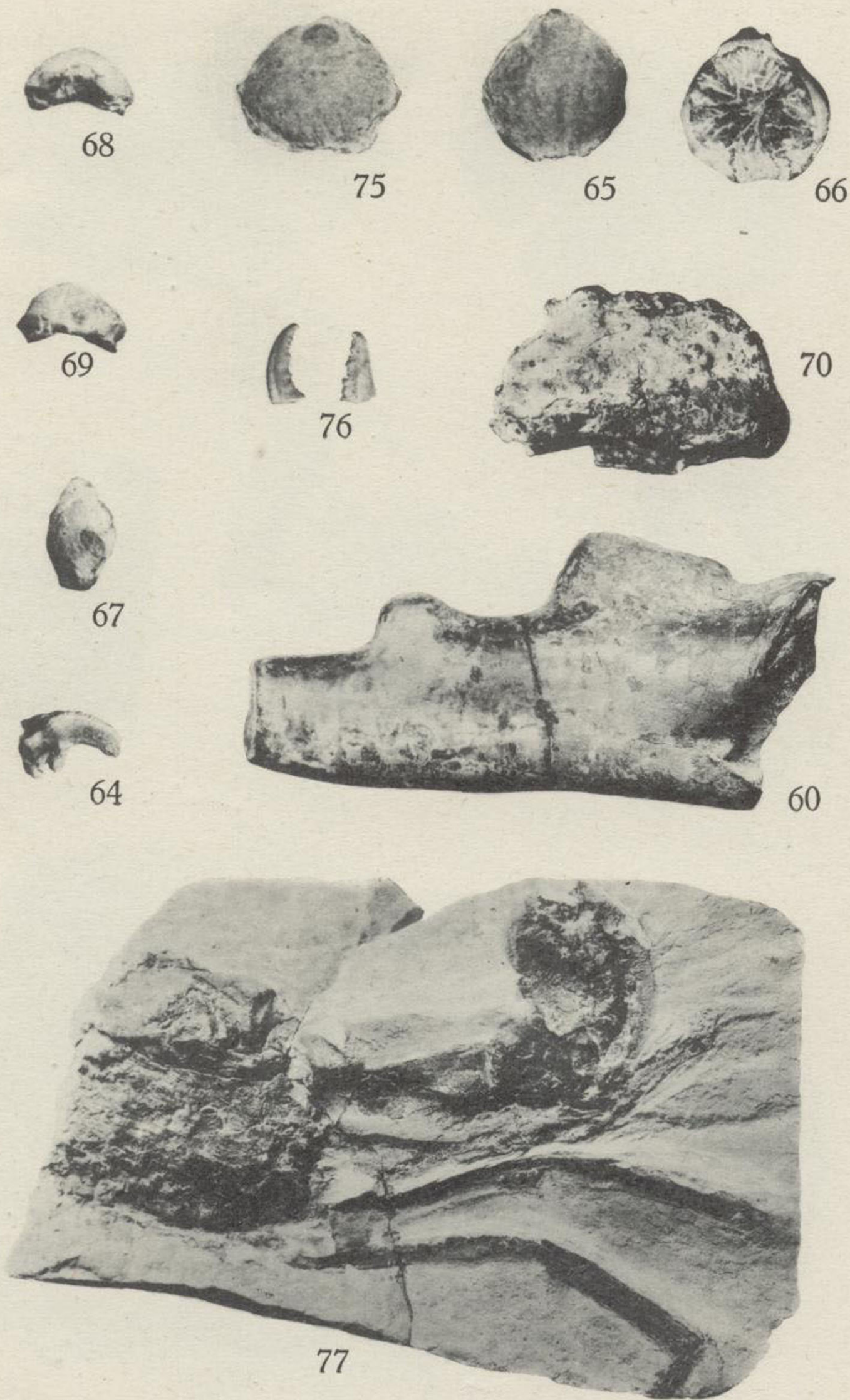
45.—Curioso ejemplar ♀, cuyas patas prensoras presentan un diformismo invertido con relación a los demás ejemplares. Fué recogido en Gurb por el Rdo. Segalés, de cuya colección forma parte.  
 46.—Ejemplar ♂ recogido en el Eoceno superior de Moions (Igualada). Col. del Seminario.  
 50.—*Harpactocarcinus ovalis* A. Milne-Edwards.—Reproducción de la pinza derecha del individuo representado en la lámina IV, fig. 49.  
 54.—*Menippe Almerai* n. sp.—Pinza izquierda, por separado, del ejemplar de la lámina IX, fig. 53. (Cara externa).



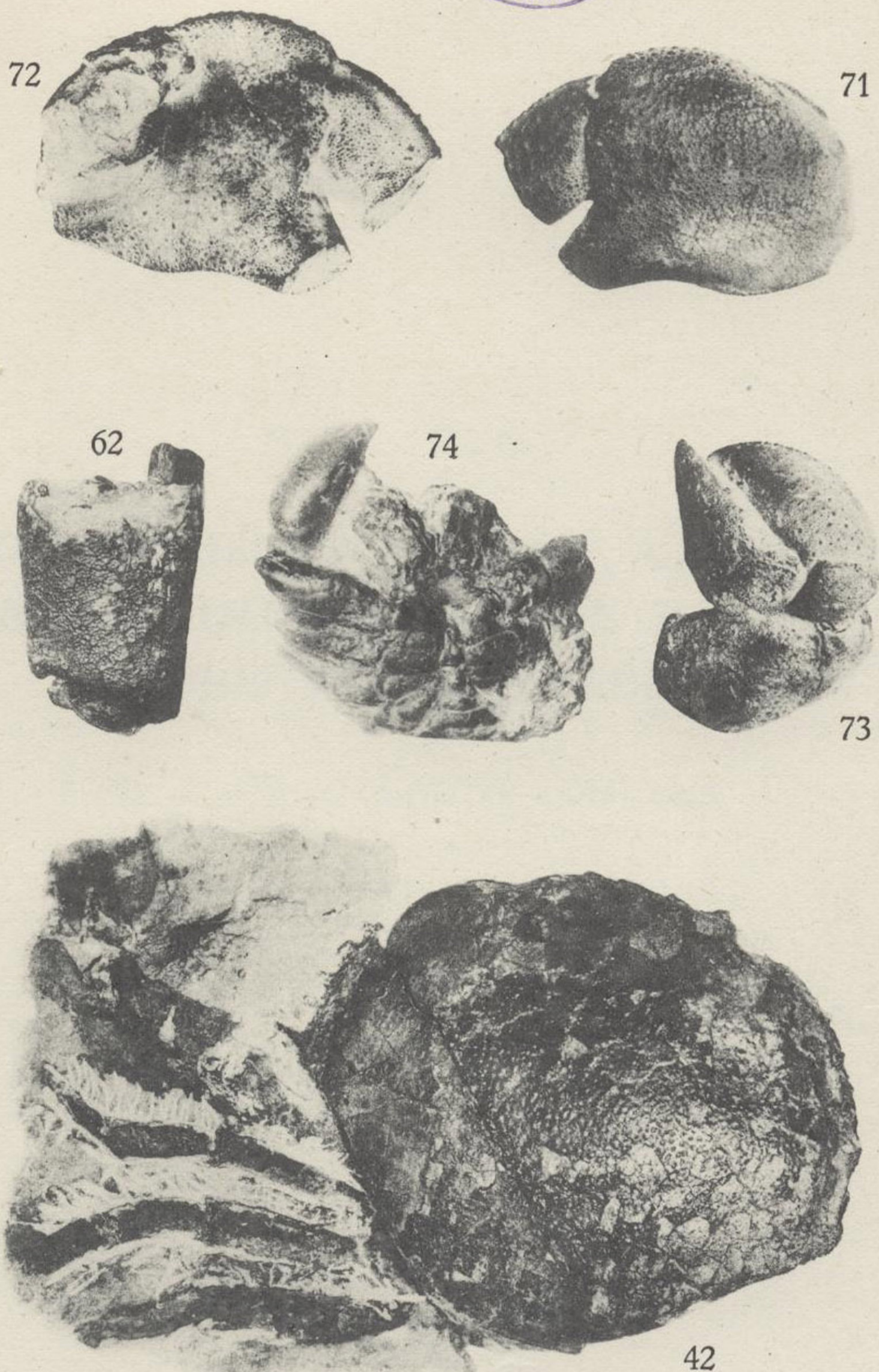


47.—*Harpactocarcinus punctulatus* Desmarest.—Cefalotórax, suelto, procedente de los alrededores de Igualada, visto por su parte abdominal. Col. de la Caja de Pensiones de Igualada.  
 53.—*Menippe Almerai* n. sp.—Ejemplar procedente del Bartoniense de Sta. Margarida de Montbui. La parte conservada se reduce a las patas prensoras. Col. Amenós.  
 55.—La pinza derecha del mismo ejemplar, por separado. (Cara externa).  
 56.—Fragmento de carapacho procedente del Bartoniense de Gurb, notable por la buena conservación de la parte externa del borde látero-anterior, con dos de sus dientes característicos. Col. Guérin.

57.—Pinza procedente del Bartoniense de Gurb, notable por su gran tamaño. Col. Andorrá.  
 58.—La misma pieza, vista por su cara interna.  
 59.—Otra pinza, aneja al antebrazo, vista por su cara interna. Procede también de Gurb, y pertenece a la Col. Guérin.  
 61.—Dedo inmóvil, suelto y entero, procedente de Sta. Margarida de Montbui. Col. Amenós.



60. — *Menippe Almerai* n. sp. — Dedo inmóvil, suelto, que correspondería a la pinza de mayor tamaño entre todas las estudiadas en este trabajo. Procede del Bartonense de Sta. Margarida de Montbui (Igualada) Col. Amenós. 64. — *Calappa* gr. *Heberti* Brecchi. — Dedo móvil de la pinza izquierda, recogido suelto en el Tortoniense de Montjuic (Barcelona). Col. Guérin. 65. — *Myra paenitensis* n. sp. — Caparazón tipo, procedente del Burdigaliense de la Vall (Monjos), visto por la cara dorsal. Col. del autor. 66. — El mismo, visto por la parte inferior (abdominal). 67. — El mismo, visto de perfil (lado izquierdo). Esta figura y las dos anteriores están invertidas. 68. — El mismo, visto por su parte anterior. 69. — El mismo, visto por la parte tergal. 70. — *Maia* cfr. *Orbignyana* Mille. — Fragmento dorsal del caparacho (parte media-lateral derecha), recogido en el Burdigaliense del torrente de Sta. Margarida (Monjos). Col. del autor. 75. — *Iliinae*, *Ebaliinae*? — Pequeño caparazón procedente del torrente de Sta. Margarida (Monjos). Cara dorsal. Col. del autor. (Esta figura está invertida). 76. — *Eriphia*? — Dedos sueltos, correspondientes a una pinza derecha, visto por su cara externa. Proceden del Plasenciense de Papiol. Col. Guérin. 77. — ? — Celatórax aplastado y deshecho con impresiones de las patas ambulatorias y prensoras, recogido en el Plasenciense del torrente del Terme (San Feliú de Llobregat). Es completamente indeterminable. Col. del Seminario.



- 42.—*Harpactocarcinus punctulatus* Desmarest.—Ejemplar procedente del eoceno superior de Moions (Igualada), con la única particularidad de conservar algunas patas ambulatorias extendidas y relativamente en buen estado. Col. del Seminario.
- 62.—*Menippe Almerai* n. sp.—Mano izquierda procedente del Bartonense de Gurb (cara externa). Col. Guérin.
- 71.—*Cancroidea*.—Mano izquierda, con los dedos truncados, vista por su cara exterior (convexa). Procede de los alrededores de San Juliá de Vilatorrada (Vic). Col. del Seminario.
- 72.—La misma pieza, vista por su cara interna.
- 73.—Pinza izquierda procedente del Luteciense de S. Clemente de Amer. La mano está completamente deshecha, con todas sus partes dislocadas; a pesar de ello los dedos se han conservado íntegramente. Col. Llopis.
- 74.—*Portunidae, Xanthidae?*—Curioso ejemplar procedente del Bartonense de las proximidades de Montesquie (Carretera de Vic a Ripoll). Col. del Seminario.

HALLAZGO  
DEL  
**"DRYOPITHECUS FONTANI", LARTET,  
EN EL VINDOBONIENSE DE LA  
CÚENCA VALLÉS-PENEDÉS**

POR  
JOSÉ F. DE VILLALTA COMELLA

Y  
M. CRUSAFONT PAIRÓ

## HALLAZGO DEL «DRYOPITHECUS FONTANI», LARTET, EN EL VINDOBONIENSE DE LA CUENCA VALLÉS-PENEDÉS

El interesante hallazgo por nosotros realizado el mes de mayo del presente año en el notabilísimo yacimiento Vindoboniense de Hostalets de Pierola, en el Penedés, de unos dientes de mono fósil, nos determinaron a redactar la presente nota paleontológica, aunque esto significase, en cierto modo, alterar nuestro método y orden de clasificación de los abundantes restos de mamíferos que el susodicho yacimiento nos ha proporcionado y que le colocan a la altura de los mejores yacimientos europeos de la misma época. Hasta el presente, teníamos estudiados los insectívoros fósiles del Mioceno de la comarca, que fueron acoplados en un trabajo de próxima publicación, y en la actualidad nos ocupa la determinación de los variados restos de carnívoros, de los cuales hemos redactado una nota preliminar.

El yacimiento de Hostalets, descubierto por M. Guérin y dado a conocer por vez primera al mundo científico por el Dr. Bataller, de Barcelona, nos ha proporcionado, hasta la fecha, alrededor de las 50 especies de mamíferos vindobonieneses, procedentes todas ellas de la zona de Can Mata-Ocata, mientras que en sus bordes hemos descubierto unos niveles

superiores con *Hipparion* y algunas otras especies pontienses. El conjunto faunístico del nivel más antiguo y más abundante, nos hace situar a nuestra localidad en el mismo piso estratigráfico que el célebre yacimiento de La Grive Saint-Alban, o sea en el Vindoboniense superior.

Los restos que son objeto de la presente nota fueron hallados, por el segundo firmante de la misma, en las proximidades del camino vecinal de Can Vila a Can Mata, en unas capas de margas arcillosas blancas que contrastan con las formaciones rojo-vinosas de los alrededores. La edad de los mencionados restos de antropomorfo viene señalada por la fauna de mamíferos asociada a los mismos en estas capas. Aquí hemos encontrado las siguientes especies:

*Listriodon splendens*, v. Meyer.

*Hyoherium*, cf. *simorreense*, Lartet.

*Dicroceras furcatus*, Hensel.

*Dinotherium giganteum*, Kaup, var. *laevius*, Jourdan.

*Sciuropterus*, sp.

*Prolagus oenningensis*, v. Meyer.

Esta asociación de especies, que por otra parte no difiere de la del resto de la formación central del yacimiento, acusa claramente su edad vindoboniense.

Los restos hallados consisten en un fragmento de mandíbula izquierda que lleva adheridos el  $M_2$  y el  $M_3$ , y en unos fragmentos sueltos de la misma rama mandibular. No hay ninguna duda respecto a su clasificación dentro de la especie *Dryopithecus Fontani*, Lartet, aunque en las mencionadas piezas se observan algunas curiosas y notables particularidades al ser comparadas con los restos ya conocidos de la misma especie y que demuestran el polimorfismo dentario de este antropomorfo.

### Descripción de los restos

Los molares en cuestión están adheridos a un pequeño fragmento de mandíbula del borde interno, de manera que por la cara exterior se hallan al descubierto, lo que permite observar perfectamente la forma y disposición de las raíces, que están enteras en el  $M_2$  y rotas cerca del lugar de bifurcación en el  $M_3$ .

$M_2$ .—La forma general de esta pieza (figs. 1 y 2) es cuadrangular suboval, presentando en su cara externa tres puntas o tubérculos: la anterior (protocónico  $\beta$ ), fuerte; la media

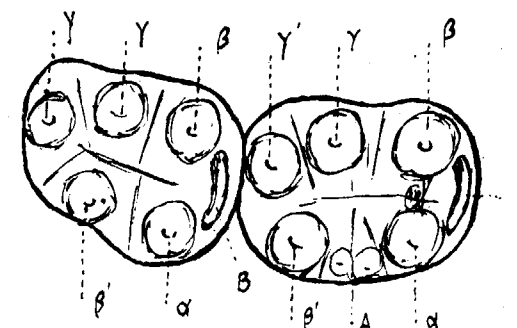


FIG. 1. — Dibujo esquemático del segundo y tercer molares inferiores izquierdos del *Dryopithecus Fontani*, Lartet, de Hostalets de Pierola, para mostrar la disposición de los tubérculos. (Tamaño aproximado 3/1.)

(hipocónido  $\gamma$ ), al mismo nivel de la anterior, y la última (mesocónido  $\gamma'$ ), más hacia el centro de la cara posterior, separadas entre ellas por dos profundos valles. En la cara externa del diente y tercio anterior, debajo de la primera punta, se halla un reducidísimo reborde basilar oblicuo que, partiendo de la base del surco externo que separa la primera y segunda puntas, se extingue mucho antes de llegar a la cara anterior de la pieza. En la cara interna se aprecia: una punta anterior



(paracónido  $\alpha$ ) que se une, por una cresta interrumpida en su parte media por un estrecho y profundo surco, al protocónido, y otra posterior (metacónido  $\beta'$ ) que casi se corresponde con la tercera punta de la cara externa. Entre estos dos tubércu-



FIG. 2. — Segundo y tercer molares inferiores izquierdos del *Dryopithecus Fontani*, Lartet, de Hostalets de Pirola. Tamaño natural. (Col. Crusafont. Museo de Sabadell.)

los existe una punta accesoria débil y bifida (A), claramente separada del paracónido, el cual presenta, también sobre su borde exterior y a la mitad de su altura, una muy pequeña punta accesoria. El metacónido se une semicircularmente con el mesocónido, dejando entre ellos y la porción final del diente una fosa profunda y redondeada. En esta pieza se observa que el valle longitudinal que separa las puntas externas de las



FIG. 3. — Segundo y tercer molares inferiores izquierdos del *Dryopithecus Fontani*, Lartet, de Hostalets de Pirola, vistos por la cara interna. Tamaño natural. (Col. Crusafont. Museo de Sabadell.)

internas, es poco marcado y mal definido, siéndolo, en cambio, fuertemente los valles transversales. En la porción anterior de la corona y por delante de la cresta que une los dos tubérculos anteriores (interno y externo), se forma una profunda depresión transversal (B) que comunica por una honda

y angosta escotadura con el valle longitudinal del diente. Sobre la cara anterior falta en absoluto el rudimento de reborde basilar. En conjunto, la corona está en magnífico estado de conservación y el desgaste está apenas esbozado en las puntas y algunas crestas. Las raíces son largas, más la segunda que la primera, y divergentes, siendo la primera casi perpendicular a la mandíbula.

$M_3$ .—La forma general del último molar es rectangular ovalada (véanse figuras), siendo marcadamente más estrecho en la parte posterior que en la anterior. La cara externa tiene las tres puntas indicadas en la pieza anterior, separadas por profundos surcos más amplios y marcados que en aquélla. Como en ella, del surco que separa el protocónido del hipocónido parte un ligero reborde basilar algo más marcado que en el  $M_2$ , pero que no llega ni con mucho a la cara anterior, pues se extingue rápidamente. En la cara interna existen sólo dos tubérculos, el primero (paracónido  $\alpha$ ) colocado un poco más atrás que el protocónido. De ambas puntas parte una cresta que, a la mitad de su longitud, se bifurca formando una profunda depresión en el curso del valle longitudinal, que está bien marcado, estándolo también, aunque con menos intensidad, los transversales. Por delante de las mencionadas puntas, la cresta aludida limita, como en el  $M_2$ , una fosa transversal (B) alargada, más estrecha y menos profunda por el lado de la cara interna. Este diente no presenta el menor indicio de desgaste, pues no había entrado todavía en uso, tal como demuestra su posición en la mandíbula. Las raíces están soldadas en la parte superior una a la otra, siendo la anterior aplanada transversalmente y la posterior longitudinalmente; esta última, además, está muy desarrollada en el sentido de la longitud del diente.

Es notable observar, como ya estableció Harlé, que en nuestro  $M_2$  el desgaste está más acentuado en la parte ex-

terna que en la interna. Según el mismo autor, el  $M_1$  superior desgasta sobre los 2/3 posteriores del  $M_1$  inferior y sobre el primer tercio del  $M_2$  también inferior, quedando entre los desgastes una cresta.

### Historia

El *Dryopithecus Fontani*, Lartet, hasta el presente ha sido encontrado en Saint-Gaudens (Haute Garonne, Francia), y en España en Seo de Urgel (Lérida). El yacimiento de Hostalets de Pierola es, pues, el tercero de Europa de esta especie, y nuestro hallazgo el segundo de España y el primero del Vindoboniense, toda vez que el resto de Lérida fué encontrado en el Pontense inferior. Los restos más abundantes fueron hallados en Saint-Gaudens, y consisten en tres mandíbulas, la primera encontrada en 1856 por Fontán, y que han sido estudiadas respectivamente por E. Lartet, A. Gaudry y E. Harlé. Este último, más tarde, describió dos molares sueltos del mismo yacimiento.

Del conjunto de las apreciaciones de los paleontólogos que han estudiado las capas de Saint-Gaudens (Lartet, Gaudry, Harlé, Noulet, Dépéret, Boettger, etc.), se deduce que el mencionado yacimiento de donde procede el *Dryopithecus* puede considerarse paralelo al de Simorre, sincrónico a su vez del de la Grive Saint-Alban, quizás algo superior. Siendo nuestro yacimiento de Hostalets de Pierola contemporáneo, según hemos dicho, de la Grive, concluimos que el resto hallado por nosotros debe considerarse, si no el más antiguo de los de la especie, por lo menos de la misma edad paleontológica que los del Alto Garona, aunque nos inclinamos a creer en la primera suposición. La mandíbula descubierta en la Seo de Urgel y descrita por L. M. Vidal y A. S. Woodward es, en cambio, el ejemplar más moderno de la especie hallado hasta la fecha,

pues pertenece a unas capas con *Hipparion* del Pontense inferior (1).

Los restos procedentes de Eppelsheim y del Bohnerz de Salmendingen, Melchingen y Trochtelfingen, anteriormente atribuidos a nuestra especie, pertenecen al *Dryopithecus rhenanus*, Pohlig.

No queremos insistir en la posición filogenética del *Dryopithecus*, toda vez que los diversos autores han especulado ampliamente sobre ella. Zittel, que ha compendiado los conocimientos que sobre este asunto se han emitido, considera este antropomorfo como el mono fósil más grande y más vecino del hombre que se ha encontrado en el Terciario de Europa, y aunque sus dimensiones son comparables a las del Chimpancé, muestra mayores afinidades con el Gorila, por la forma y caracteres de los molares. Se señala como notable la estrechez del intervalo comprendido entre las dos ramas mandibulares, lo que, contrariamente a la aseveración de Lartet, daba forma de hocico al rostro del *Dryopithecus*. Las hileras de los molares divergen hacia afuera por la porción delantera, al revés de lo que sucede en el hombre; por lo tanto, las afinidades con la especie humana han sido por algunos autores muy exageradas, aunque deba considerarse a este mono como uno de los antropomorfos más elevados.

(1) He aquí la fauna que acompaña al *Dryopithecus Fontani* en Saint-Gaudens y en la Seo: Saint-Gaudens (según Harlé): *Dinotherium giganteum*, Kaup; *Chalicotherium grande* (?); *Goldfussi* (?); *Rhinoceros*, sp.; *Listriodon splendens*, Meyer (según Dépéret); *Sus*, sp.; *Dicroceras elegans*, Lartet.—Seo de Urgel (según Bataller): *Hipparion gracile*, Kaup; *Tapirus priscus*, Kaup; *Aceratherium tetradactylum* (?), Lartet; *Rhinoceros Schleiermayeri*, Kaup; *Rhinoceros*, sp.; *Chalicotherium Goldfussi*, Kaup; *Hyothe-rium Soemeringü*, Meyer; *Sus major*, Gervais; *Dicroceras*, sp.; *Cervulus dicranocerus*, Kaup; *Mastodon angustidens*, Cuvier; *Id. var. pyrenaicus*, Lartet; *M. longirrostris*, Kaup; *Castor Jaegeri*, Kaup.



### Semejanzas y diferencias

Al comparar nuestro ejemplar con los ya conocidos de la especie-tipo, encontramos ciertas notables características y diferencias que conviene señalar por su importancia. En primer lugar, conviene notar que los molares del ejemplar de Hostalets son los menores de la especie encontrados hasta la fecha, bastante más que los de Saint-Gaudens y ligeramente más que los de la Seo de Urgel, tal como puede observarse por las siguientes medidas comparativas:

M <sub>2</sub>	SAINT-GAUDENS	SAINT-GAUDENS	SAINT-GAUDENS	SAINT-GAUDENS
	(Lartet)	(Gaudry)	(Harlé, 1. <sup>a</sup> )	(Harlé, 2. <sup>a</sup> )
Longitud.....	10,5 mm.	11,5 mm.	12 mm.	10,5 mm.
Anchura.....	(?)	10 mm.	10,5 mm.	10,5 mm.
	SEO DE URGEL		HOSTALETS	
Longitud.....	11,5 mm.		10,8 mm.	
Anchura.....	9 mm.		9 mm.	
M <sub>3</sub>	SAINT-GAUDENS	SAINT-GAUDENS	SAINT-GAUDENS	SAINT-GAUDENS
	(Lartet)	(Gaudry)	(Harlé, 1. <sup>a</sup> )	(Harlé, 2. <sup>a</sup> )
Longitud.....	11 mm.	12 mm.	12 mm.	12,5 mm.
Anchura.....	(?)	9 mm.	10,5 mm.	10,5 mm.
	SEO DE URGEL		HOSTALETS	
Longitud.....	11,2 mm.		11 mm.	
Anchura.....	9,2 mm.		8,5 mm.	

La forma de los molares de Hostalets es sensiblemente rectangular, siendo más largos que anchos, como sucede en la mayoría de los ejemplares conocidos, excepción hecha del

M<sub>2</sub> descrito por Harlé, a raíz de su segundo descubrimiento en Saint-Gaudens, lo que daba a aquella pieza un aspecto humano. El M<sub>3</sub> de nuestro ejemplar difiere algo del conjunto de las piezas homólogas con las cuales le hemos comparado, siendo marcadamente más estrecho hacia la porción posterior del diente de lo que se observa en aquéllas.

En cuanto a ciertos caracteres de la corona, nuestro M<sub>2</sub> puede considerarse intermedio entre el tipo del molar de Saint-Gaudens y el de la Seo de Urgel. Mientras que en los primeros, la parte interna de la corona no mantiene dos tubérculos aislados, sino que se puede considerar como una cresta bordoneada de pequeñas puntas redondeadas, y en los de la Seo, en cambio, aparecen netos y únicos el paracónido y el metacónido, en nuestro M<sub>2</sub> se observa un carácter mixto, pues, además de los dos tubérculos destacados, señalase entre ellos un rudimento de cresta lobada que viene representada por la punta bifida, de la cual hemos hablado al describir la pieza.

Como en los molares sueltos descritos por Harlé, en las piezas que estamos describiendo, el reborde basal o cingulum, tan marcado y visible en los demás ejemplares de la especie, aparece muy rudimentario y casi llega a pasar inadvertido.

Conviene, por último, hacer hincapié en las dos profundas y marcadas fosas anteriores que hemos marcado con la letra B en nuestro esquema, inapreciables en las láminas de los ejemplares de Saint-Gaudens y en los molares correspondientes de la Seo, con los cuales los hemos podido comparar directamente gracias a la amabilidad del Sr. Mario Guérin, poseedor de la mandíbula de aquella procedencia.

Todas estas características que hemos observado en el ejemplar de Hostalets, en contraste con los restos anteriormente descubiertos, marcan ciertas particularidades que quizás puedan ser ampliadas algún día si nuestro yacimiento se muestra generoso en nuevos hallazgos que vengan a dar a las

mismas mayor valor y transcendencia. Por todo ello, se manifiesta el polimorfismo de esta especie de antropomorfo en cuanto a los caracteres de forma y estructura de sus molares.

\* \* \*

El ejemplar objeto de la presente nota ha pasado a formar parte de la Colección de mamíferos miocénicos del Museo de Sabadell por cesión de su descubridor.

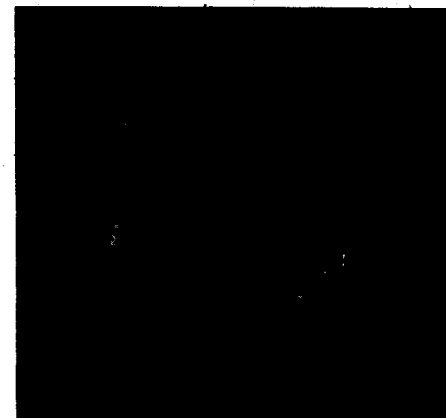
Museo de Sabadell, junio de 1941.

## BIBLIOGRAFÍA

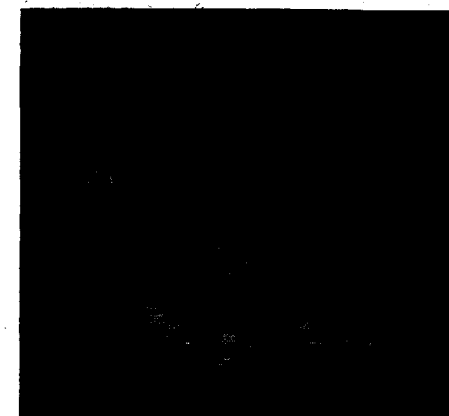
- 1856.—E. LARTET: "Note sur un grand Singe fossile qui se rattache au groupe des Singes superieurs".—*Comp. Rend. Acad. Scienc. Paris*, XLIII, págs. 219-223, 1 lám.
- 1859.—P. GERVAIS: "Zool. et Paleont. Franç.", pág. 7, fig.2.
- 1861.—M. NOULET: "De la repartition stratigraphique des corps organisés fossiles dans le terrain tertiaire moyen ou Miocene d'eau douce du Sud-Ouest de la France, d'après les gisements des bassins de la Garonne et de l'Ariège".—*Mem. Acad. Scienc. de Toulouse* 5 serie, tomo V, pág. 125.
- 1867-69.—P. GERVAIS: "Zool. et Paleont. Générales", vol. II, pág. 10, lám. 5, fig. 8.
- 1872.—FORSYTH MAJOR: "Note sur les Singes fossiles trouvés en Italie, précédé d'un aperçu sur les quadrumans fossiles en général".—*Atti della Soc. Italiana di Scienze Nat.*—Milán.
- 1875.—DUHOUSSET: "Etude comparative de l'os maxillaire inférieur, L'Homme et le Singe".—*La Nature*, 3<sup>e</sup> an., pág. 252.
- 1877.—A. GAUDRY: "Les enchainements du monde animal", etc.
- 1885.—R. LYDEKKER: "Cat. of the fossil Mammalia in the British Museum" part. I.
- 1887.—M. SCHLOSSER: "Die Affen, Lemuren, Chiropteren, etc.".—*Beitrag zur Paleontologie Oestreich-Ungars und des Orients*, VI, páginas 14-15.
- 1888.—M. SCHLOSSER: "Die fossilen Affen".—*Arch. für Anthropologie*.
- 1890.—A. GAUDRY: "Le Dryopithèque".—*Mem. Soc. Geol. de France. Paleontologie*, I, pág. 5.
- 1898.—E. HARLÉ: "Une machoire de Dryopithèque".—*Bull. Soc. Geol. de France*, 3 serie, vol. XXVI, págs. 377-383.
- 1899.—E. HARLÉ: "Nouvelles pieces de Dryopithèque & quelques conchilles de Saint-Gaudens (Haute Garonne)".—*Bull. Soc. Geol. de France*, vol. XXVII, págs. 304-310, lám. 4.
- 1902.—O. ABEL: "Zwei Neue Menschenaffen aus den Leithenkalkbildungen des Wiener Beckens".—*Sitzungsb. k. Akad. Wissensch. Wien. Math-Naturw.*, cl. 1, vol. CXI, sect. I (1902), págs. 1.171-1.207, con lámina.

- 1913.—L. M. VIDAL: "Nota sobre la presencia del "Dryopithecus", etc.—*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo XIII, págs. 499-507, figuras 1 a 5.
- 1913.—L. M. VIDAL: "Sobre la presencia del "Dryopithecus Fontani" al Miocè superior del Pirineu Català".—*Soc. Cat. de Biologia*.—Barcelona, 1913.
- 1914.—E. HERNÁNDEZ-PACHECO: "Los vertebrados terrestres del Mioceno, etcétera".—*Mems. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo IX, pág. 470 (28).
- 1914.—A. S. WOODWARD: "Dryopithecus Fontani".—*Quart. Journ. Geol. Soc.*, vol. lxx, págs. 316-320 & pl. xlv.
- 1914.—L. M. VIDAL: "Comunicación sobre la nota de A. S. Woodward a la Soc. Geol. de Londres, sobre", etc.—*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo XIV, pág. 288.
- 1918.—J. R. BATALLER: "Mamífers fòssils de Catalunya".—*Treb. de la Ins. Cat. de Hist. Nat.*
- 1924.—J. R. BATALLER: "Contribució a l'estudi de-nous mamífers fòssils de Catalunya".—*Arxius de l'Inst. de Ciències*, any. XII, núm. I.
- 1928.—J. R. BATALLER: "Los yacimientos de vertebrados fósiles miocénicos de Cataluña".—*Compt. Rend. XIV Congreso Geol. Intern.*, 1926, fasc. III.

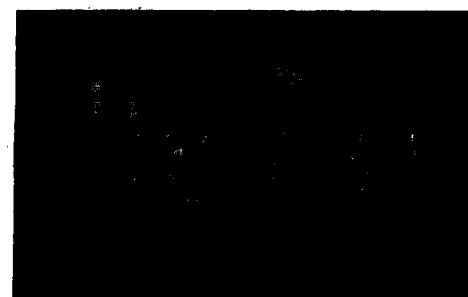
La especie está también representada y descrita en los Tratados de Paleontología general de Zittel, Boule: Abel, etc., etc.



*Dryopithecus Fontani*, Lartet.  
M<sub>1</sub> y M<sub>3</sub>, vistos por la cara externa. Tamaño 2/1.



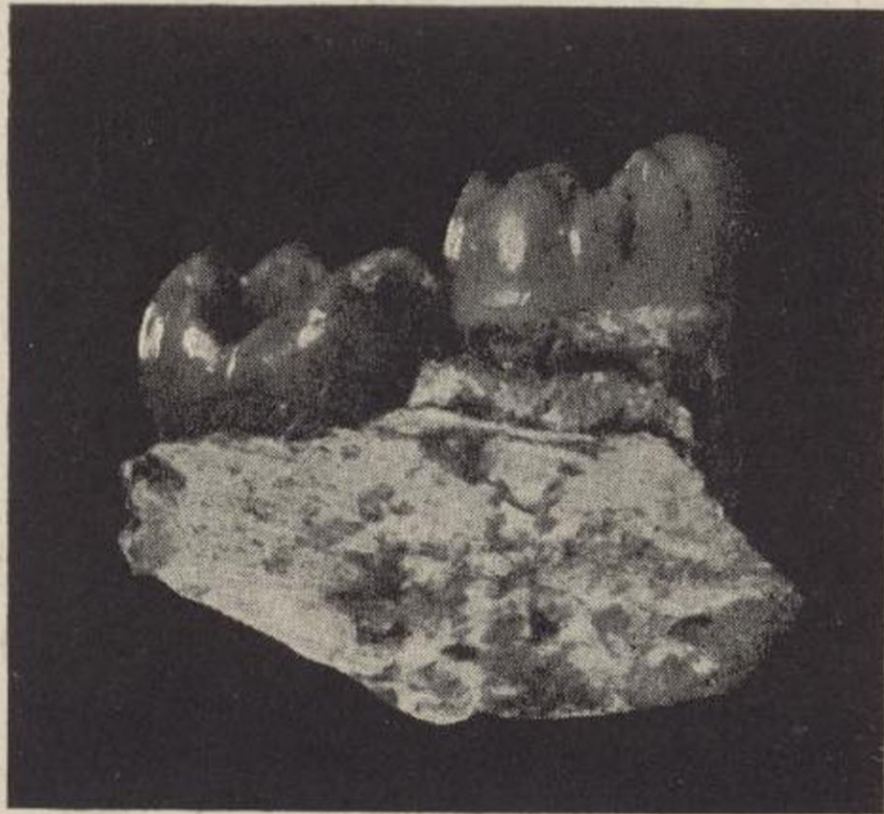
*Dryopithecus Fontani*, Lartet.  
M<sub>1</sub> y M<sub>3</sub>, vistos por la cara interna. Tamaño 2/1.



*Dryopithecus Fontani*,  
Lartet.  
M<sub>1</sub> y M<sub>3</sub>, vista superior. Tamaño 2/1.  
(Col. Museo de Sabadell.)  
(Fotos Thomas.)



*Dryopithecus Fontani*, Lartet.  
M<sub>2</sub> y M<sub>3</sub>, vistos por la cara ex-  
terna. Tamaño 2/1.



*Dryopithecus Fontani*, Lartet.  
M<sub>2</sub> y M<sub>3</sub>, vistos por la cara in-  
terna. Tamaño 2/1.



*Dryopithecus Fontani*,  
Lartet.  
M<sub>2</sub> y M<sub>3</sub>, vista superior. Ta-  
maño 2/1.

(Col. Museo de Sabadell.)

(Fotos Thomas.)

APORTACIÓN AL ESTUDIO  
DE LOS  
TERRENOS  
**CARBONÍFERO Y PERMIANO**

EN  
ESPAÑA  
POR  
MANUEL RUIZ FALCÓ  
Y  
RICARDO MADARIAGA  
**Ingenieros de Minas**

*El estudio que figura a continuación pone en punto actual, histórico y de bibliografía, las publicaciones del carbonífero español; este trabajo de recogida, que lleva todo el estilo de nuestro malogrado compañero D. Manuel Ruiz Falcó, maestro de este terreno y su tectónica, fué recibido por el Director del Instituto D. Agustín Marín de manos de la familia de nuestro compañero D. Ricardo Madariaga, colaborador constante de Falcó en sus análisis sobre flora y fauna antracólicas, y como a la parte histórica habían de seguir las críticas y aclaraciones paleobotánicas de ambos eminentes compañeros desaparecidos, es deseo de nuestro Director, interpretando el sentir del Instituto, reunir en esas notas históricas los nombres de Falcó y Madariaga, representando así la continuación del deseo de sus espíritus y nuestro rendimiento a su unión, como el mejor homenaje a su memoria.*

# ÍNDICE

## CARBONÍFERO

	PÁGINAS
REGION CANTABRICA:	
Tectónica . . . . .	7
Estratigrafía . . . . .	15
Paleontología . . . . .	23
REGION PIRENAICA:	
Guipúzcoa y Navarra . . . . .	31
Huesca . . . . .	33
Lérida y Gerona . . . . .	38
Barcelona y Tarragona . . . . .	45
REGION CENTRAL:	
Burgos . . . . .	48
Logroño . . . . .	50
Guadalajara y Teruel . . . . .	51
Cuenca . . . . .	55
Soria y Zaragoza . . . . .	56
Ciudad Real . . . . .	57
REGION MERIDIONAL:	
Córdoba . . . . .	59
Sevilla . . . . .	67
Badajoz . . . . .	70
Huelva . . . . .	72

## PERMIANO

GENERALIDADES . . . . .	77
REGION CANTABRICA:	
Asturias . . . . .	78

REGION PIRENAICA:	PÁGINAS
Guipúzcoa y Navarra.....	81
Huesca .....	82
Lérida .....	83
Barcelona y Gerona .....	85
REGION CENTRAL:	
Cuenca .....	87
Ciudad Real .....	87
REGION MERIDIONAL:	
Córdoba .....	88
Sevilla .....	88
BIBLIOGRAFÍA .....	93

## CARBONIFERO

### Región Cantábrica

#### Tectónica

El terreno Carbonífero comprendido en ella constituye la principal parte del de España y se extiende por las provincias de Oviedo, Santander, León y Palencia, formando uno de los conjuntos de orografía y estratigrafía más complicada que pueden encontrarse.

Esta complejidad, observada por cuantos geólogos la han recorrido, ha dado lugar a teorías muy diversas para explicar los movimientos de la región y épocas en que se han producido los plegamientos.

Schulz (1858), sin fijar su época, supone que todas las cordilleras y dislocaciones se formaron de una vez. Barrois (1882), admite dos movimientos orogénicos: uno, el Herciniano, cuyos esfuerzos actuaron en la dirección de los paralelos y se desarrolló entre el Carbonífero medio y el superior, y otro, el movimiento alpino, en que la presión actuó en el sentido de los meridianos, o sea normal a la anterior, y tuvo lugar después del Eoceno.

Macpherson (1901), supone que el macizo gallego fué plegado en la época precambriana, arrumbándose los estratos del SO. al NE.; después, los movimientos hercinianos produjeron pliegues de dirección NO.-SE., pero en las proximidades del



macizo plegado con anterioridad se desvían de esta dirección, amoldándose a la de los pliegues primitivos, arrumbándose para ello de N. a S. y pasando a NE.-SO.

Adaro (1916), supone que los pliegues precambrianos, caledonianos y hercinianos determinaron levantamientos de diversas direcciones que, soldados unos a otros, originan el grupo de cordilleras curvas, y que después, en el movimiento alpino, el macizo así constituido actuó de masa resistente y obligó a los nuevos pliegues a adaptarse a él.

Modernamente, P. Termier (1918), L. Bertrand y L. Mengaud (1912), L. Mengaud (1920), han tratado de explicar la complicada estratigrafía de la región, considerándola como un país de capas, es decir, admitiendo que en épocas determinadas han existido, como en la región alpina, grandes arrastres de estratos, que han sido transportados a posiciones más o menos alejadas del lugar en que se depositaron los sedimentos, quedando apoyados como consecuencia del arrastre sobre terrenos más modernos y plegados con ellos por movimientos orogénicos posteriores. Los principales fundamentos en que apoyan su teoría son: Que la banda cretácea que se extiende desde La Robla a Cervera, en el N. de las provincias de León y Palencia, buza al N., hundiéndose por debajo del país paleozoico. Que en las montañas de la costa de Asturias se presentan testigos de areniscas paleozoicas y de caliza Dinantiense, descansando sobre terrenos más modernos. Que existen ventanas tectónicas en Lebeña y Campomayor que permiten ver las margas albienses a través de la caliza de los Picos de Europa.

Este modo de ver ha sido rebatido por I. Patac (1920-1924) y E. Cueto (1926); demostrando que no son admisibles como hechos reales los fundamentos mencionados y que no es posible considerar a la región asturiana como un país de capas exóticas, si bien los repetidos plegamientos que ha sufrido

han sido causa de fracturas y deslizamientos de unos estratos con relación a otros, ocasionando algunas veces cobijaduras, aunque no de gran extensión.

El más acabado estudio de la tectónica de la región ha sido hecho por el ingeniero E. Cueto Rui-Díaz, en su notable trabajo "Orografía y Geología Tectónica del país Cántabro-Asturiano", publicado en el tomo XLVII del *Boletín del Instituto Geológico* (1926), y del que procuramos a continuación hacer un ligero resumen, por contener, a nuestro juicio, la interpretación más perfecta de la tectónica de la región.

Estudia en primer término la orografía de Asturias, parte oriental de Galicia, occidental de Santander y N. de León y Palencia, agrupando sus cordilleras y comprobando que forman arcos elípticos próximamente concéntricos y con la convexidad hacia el O., que orientan su rama septentrional al NE., la parte central al NS. y la rama meridional al SE. Estos arcos, en lo que al terreno carbonífero se refiere, tienen en general sus picos más altos formados por la caliza Dinantiense y pueden agruparse en seis principales, de los cuales el más notable, por sus fragosidad y altitud, está formado por los famosos Picos de Europa, quedando comprendidos en la rama de dirección E.-NE. los principales picos de la región (Tabla de Lechugales, Torre de Cerredo, Peña Vieja, Naranco de Bulnes, Peña Santa), con alturas que en la Torre de Cerredo alcanza a 2.642 metros. Esta rama se prolonga al E.-NE. por asomos de caliza de menor elevación hasta Caldas de Besaya, y por el lado contrario se enlaza por medio del arco formado por la serranía de Beza y Canto Espina, con el cordal de Arcenorio, de dirección S.-SE., y constituido por caliza Dinantiense en fajas alternadas con pizarras y areniscas y algunos bancos de cuarcitas silurianas. Este cordal penetra con dirección S.-SE. en la provincia de León, predominando en sus picos las pizarras, areniscas y conglomerados

dos, y toma la dirección SE. por Vega Cerneja, Pico Espigüete y Sierra Vergaño, hasta monte Corisa.

En el lado cóncavo de la cordillera, formada por los Picos de Europa, existe otro grupo de cumbres formando arco muy cerrado. Estas cumbres están constituidas principalmente por conglomerados hulleros y situadas sobre un arco concéntrico con el que forman los Picos de Europa. Aunque no constituyen un elemento orográfico distinto, puesto que en muchos puntos están soldadas las sierras de caliza a las de conglomerados, éstos tienen tal desarrollo, que algunos picos sobrepasan en altura a las peñas calizas próximas. Los principales son: Coriscao, Pico Gildar, Peña Prieta y Curavacas, con alturas que en Peña Prieta llega a 2.533 metros.

Por el lado convexo de la cordillera de los Picos de Europa hay otro arco montañoso menos continuo, marcado en su parte N. por la cordillera de Cuera (Pico Turbina y Peñablanca), que por el O. queda interrumpida por el valle del Sella. Al O. del valle, continúan nuevas montañas, prolongación de ellas con rumbo SO., que se doblan después al S., y al penetrar en Castilla toman rumbo SE.; el cordal de Ponga es el más importante de los eslabones de este arco en su parte asturiana y se enlaza después con las sierras que corren al SO. de Pico Espigüete, formadas por pizarras areniscas y calizas del Carbonífero.

Al O. de la anterior, se encuentra otra cordillera arqueada, cuya parte central forma el límite E. de la cuenca carbonífera rica de Asturias. La rama N. la forman el Sueve y las Sierras de Fito y Cajigosa, cuya dirección es NE.-SO.; continúa por su parte meridional con las Sierras de Ques y la Llomba, donde se dobla hacia el S., y adquiere su mayor relieve en la caliza carbonífera de la Sierra de Peñamayor, que termina por el S. en el valle del Nalón, y al otro lado de este valle la caliza se ramifica y toma, en cambio, gran desarrollo

la cuarcita siluriana que la acompaña y que se dirige hacia el puerto de San Isidro, predominando en toda la zona las montañas de cuarcita sobre las de caliza. No toma esta cordillera la dirección SE. formando un arco amplio, sino trazando dos arcos, con la convexidad vuelta al NO., enlazados por otro de curvatura inversa, quedando constituidos los dos arcos por Peña Mea y la serranía de las Fuentes de Invierno. La rama de dirección SE. la jalonan Pico Toneo y el Mampodre, continuando las sierras al S. de Riaño, ya con menos elevación, por Peña Lampa y Sierra del Brezo a Peña Redonda, que es la cumbre más alta de esta última zona.

Es de notar que la continuación de esta línea de relieve a través de los terrenos secundarios de Palencia y Burgos, constituye para Cueto el origen del sistema Ibérico, por encontrarse directamente enlazada con él, tanto por su dirección como por la morfología y tectónica.

Al O. de la línea de relieve anteriormente descrita se extiende la cuenca rica de Asturias, que a su vez se limita por el O. por otra cordillera, cuya parte central la constituye el Aramo, que se orienta de N.-NO. a S.-SE. La Sierra del Aramo se dobla bruscamente en su extremo N. hacia el NE., con cuya dirección continúa después, aunque formando cordales bajos de formas suaves, en los terrenos mesozoicos. Al S. del Aramo queda jalonado este arco por el macizo de Brañavalera y, después de cruzar el Pajares, se dirige al SE., adquiriendo la caliza gran desarrollo entre Busdongo y Villamanín, donde cruza el Bernesga, formando después las hoces de Vegacervera y Nocedo, donde cruzan el Torío y el Curueño, para terminar en Peña Corada.

La más occidental de las cordilleras carboníferas está formada en su parte central por la Sobia y macizo de Agüería, y se prolonga por el N. por Peña Padiella, donde se inicia el cambio de dirección al NE., con cuya dirección siguen las

Sierras de Tameza y la Lloral, y continuando después con pequeña importancia orográfica a la Sierra de Naranco, Peña Careses, Pico Fario y cordal de Peón. Por la parte S., la Sierra de Agüeria, cuyo pico principal es Peña Ubiña, forma la divisoria de aguas y penetra después en la provincia de León, con dirección SE., dando lugar a la sierra que con elevación decreciente sigue por la izquierda del río Luna y por Pola de Gordón hasta Matallana.

Los arcos mencionados constituyen la orografía del terreno carbonífero de la región, pero al O. de ellos continúan los terrenos más antiguos Cambriano, Siluriano y Devoniano, formando arcos análogos, mientras que al E. de los Picos de Europa los arcos están formados por terrenos más modernos, Triás, Jura, etc., deduciéndose de dicha disposición que: "las montañas cántabro-astúricas, no constituyen una línea de relieve paralela al mar, cuyo eje coincide con la división hidrográfica de Castilla y las provincias del litoral, sino que está formado por un haz o gavilla de cordilleras curvas que tienen su comienzo en la orilla N. de la meseta ibérica, con dirección NO.; se arrumban después al N. y terminan por fin en la costa cantábrica, con dirección NE. o E.-NE. Las ramas septentrionales de dichas cordilleras divergen al acercarse al mar, mientras que los tramos meridionales convergen hacia el punto donde hemos colocado el extremo NO. del sistema ibérico".

Vemos por lo anterior que el Paleozoico del NO. de España forma bandas dobladas en arco de elipse, que en conjunto corresponden a terrenos más antiguos cuanto más al O. se hallan, lo que indica una retirada hacia el E. del mar en que se depositaron sus materiales, a medida que por el O. se levantaban cordilleras que se soldaban desde luego a tierra firme o permanecían algún tiempo separadas de ella por profundos canales en los que continuaba la sedimentación, y que

quedaban a su vez emergidos en movimientos posteriores. Se observa también que ciertos elementos petrográficos, como la caliza carbonífera y la cuarcita siluriana, asoman repetidas veces formando siempre curvas iguales a las de los terrenos y constituyendo, por tanto, elementos tectónicos producidos o renovados siempre del mismo modo, y que algunas de estas cordilleras antiguas se prolongan a través del secundario cuyos terrenos han sido plegados en el mismo sentido que las rocas paleozoicas, demostrando todo ello que los plegamientos se repitieron siempre de un modo análogo porque "la componente tangencial de la fuerza orogénica actuó en el mismo sentido a través de todos los tiempos geológicos".

Aunque la forma en arco de las cordilleras de la región ha sido observada por los geólogos que la han estudiado, todos parten para explicar esta disposición de pliegues rectos, admitiendo unos que la forma curva es debida a la unión de pliegues de distinta edad y dirección, y explicando otros la curvatura por la desviación de los plegamientos de una época determinada, al encontrarse con macizos emergidos con anterioridad. Cueto, basándose en que las deformaciones que sufre una esfera sólida, sometida a esfuerzos mecánicos capaces de modificar su superficie, producen arrugas curvas, sostiene contrariamente al criterio anterior que "las fuerzas orogénicas producen normalmente en la corteza externa del globo deformaciones curvilíneas, y que los pliegues de directrices rectas constituyen la excepción". Según esto, los pliegues de dirección NE., NO. y E.-O., que se han considerado como precambrianos, hercinianos y alpinos, no son más que segmentos de los arcos concéntricos que se han producido y renovado en los distintos periodos de actividad orogénica, lo que equivale a admitir una fuerza plegante, de carácter pulsatorio, que actuando en la misma dirección durante todas las épocas geológicas "deformó siempre de igual modo el área

sometida a su influencia. La dirección probable de esta fuerza fué SE.-NO."

Resulta de lo anterior que los movimientos geológicos de la región han sido continuos y análogos durante las distintas épocas geológicas; pero, producidos por una fuerza pulsatoria, han presentado periodos de actividad muy diversa, que ha quedado señalada en los distintos terrenos por la formación de potentes bancos de pudingas, que indican el rejuvenecimiento del relieve, proporcionando a la erosión facilidad para el arrastre de materiales. En la época precambriana se formó el primer pliegue constituido por un arco montañoso y una depresión correspondiente en la cual la zona próxima al arco montañoso ha quedado sujeta a fuertes tensiones y, dislocada por ellas, constituyendo la parte más débil del geosinclinal en que habrán de depositarse los materiales de las futuras montañas.

A partir de la formación de este primer pliegue, queda señalada en la región la actividad de los movimientos orogénicos por el escalonamiento de los terrenos Cambriano, Siluriano y Devoniano que al O. de la cuenca asturiana forman los primeros arcos montañosos, siendo los primeros movimientos importantes que quedaron bien marcados los llamados hercinianos, que están acusados en el Carbonífero por las pudingas de la base del tramo medio y del Estefaniense. Estas pudingas están formadas por cantos silíceos procedentes de los terrenos paleozoicos más antiguos que constituían las montañas cuyo relieve renovaban estos movimientos; dando lugar a abundante sedimentación.

Continuó la actividad orogénica durante el Mesozoico, como lo atestiguan los conglomerados del Triás, Lias y Cretáceo, debiendo ser muy enérgica al iniciarse el período triásico que dió lugar a la formación de los potentes conglomerados de la base de este sistema. Es de notar que estos conglomerados están constituidos, como ocurre con las pudingas

carboníferas, exclusivamente por cantos de cuarzo procedentes de los terrenos más antiguos que el Carbonífero, lo que indica que las calizas de este sistema no proporcionan materiales para su formación y que el país carbonífero, aunque emergido, no presentaba en el Mesozoico relieves de importancia.

El relieve actual lo adquirió el Carbonífero de la región por los movimientos alpinos, en cuya época las fuerzas orogénicas obran con extraordinaria energía, renovando el relieve de las antiguas cordilleras curvas que limitaban la cuenca por el O. y produciendo otras nuevas, constituídas principalmente por caliza Dinantiense y cuarcita, que forman el actual sistema orográfico de la misma y las elevadas montañas, formadas principalmente por rocas triásicas, que en las provincias de Palencia y Santander limitan la cuenca por el E.

### **Estratigrafía**

La primera división del sistema Carbonífero de la región fué hecha por Schulz (1858), que distinguía en Asturias los tres pisos siguientes: 1.º Caliza carbonífera. 2.º Carbonífero pobre en hulla. 3.º Carbonífero rico. Posteriormente, Barrois (1882) estableció para el sistema la división siguiente: 1.º Caliza marmórea amigdaloidea. 2.º Caliza metalífera o de los cañones. 3.º Hullero inferior o Culm. 4.º Hullero medio. 5.º Hullero superior; distinguiendo con ello, en el sistema Carbonífero de la región, los tres niveles del Hullero reconocidos en otros países e incluyendo en cada uno de ellos las diferentes manchas hulleras.

Aunque aun no se ha realizado un estudio paleontológico detallado de las diferentes partes de la cuenca que permita reconocer los distintos tramos de la misma y establecer cuáles de ellos están comprendidos en cada una de las manchas de

que se compone, éstas han sido incluídas en la división anterior por los distintos geólogos que las han estudiado (Barrois, 1882; Adaro, 1884-1911; Mallada, 1898; Durán (M.) y R. Arango (L.), 1918; Arango (L.) y Fernández (J.), 1920; Patac, 1929-1924), resultando de las modificaciones introducidas en la apreciación de la edad de las distintas manchas (principalmente por Patac, 1920), que se va atribuyendo al Hullero superior una extensión cada vez mayor.

En conjunto, se admite que la cuenca central de Asturias está constituida por el Hullero inferior y medio; y que el Hullero superior forma las cuencas de Castilla y se extiende en Asturias por el O. de la cuenca central, formando en su totalidad o en parte las manchas que la rodean por este lado, como Tineo, Ferroñes, Arnao, Teverga; y que por el E. de Asturias penetra también el Hullero superior, formando pequeñas manchas apoyadas sobre la caliza de montaña que limita la cuenca central.

Los estudios estratigráficos más importantes del Carbonífero de la región han sido realizados por Adaro (1926) y Urrutia (1922), que dentro de la división de Barrois en Hullero inferior, medio y superior, distinguieron distintos tramos, basándose en sus caracteres litológicos y establecieron la sucesión de los mismos. Desgraciadamente, ninguno de los dos llegó a terminar su trabajo, y después de su muerte fueron publicados los cortes y trazados que tenían hechos, que, aunque faltos de la explicación de sus autores, son de gran utilidad para el geólogo y el minero.

Adaro estableció la estratigrafía de la cuenca central, o sea del Hullero inferior y medio de Barrois, en cada uno de los cuales distingue dos tramos. El Hullero inferior lo divide en: Tramo subhullero y Tramo inferior; y el Hullero medio en Tramo medio y Tramo supramedio; y cada uno de estos tramos los divide para su trazado estratigráfico en distintos

horizontes, que designa por letras y señalan los principales bancos de las distintas rocas que alternan en la formación de la cuenca.

El tramo Subhullero se apoya sobre la caliza carbonífera o de los cañones, y consta, de abajo arriba (fig. 1.<sup>a</sup>), de tres horizontes:  $A_0$ , Pizarras y cuarcitas estériles con nódulos;  $A_1$ , Banco de caliza con fusulinas sobre el cual se apoya otro nuevo tramo de pizarras y cuarcitas estériles;  $A$ , compuesto por potentes bancos de caliza con pizarras que forman la parte más alta del tramo Subhullero. Todo este tramo es estéril y las calizas que lo forman son compactas y margosas en algunos sitios.

En el tramo inferior distingue los siguientes horizontes principales:  $A^1$ , Bancos de samita y cuarcita, que se conocen con el nombre de bancos de Llanón;  $A^2$ , Bancos de samita y cuarcita, que designa con el nombre de bancos de la Cruz;  $A^3$ , Banco de caliza negra fétida;  $B_1$ , Banco de samitas y pizarras fosilíferas. Las zonas comprendidas entre estos horizontes están formadas por alternancias de areniscas, pizarras y calizas con algunas capas de carbón, que en la parte central e inferior del tramo están comprendidas entre una caliza al techo y una cuarcita al muro. En la parte alta del tramo, entre los horizontes  $A^3$  y  $B_1$ , están comprendidas las llamadas capas Generales, que son de las más apreciadas en la cuenca por su potencia y constancia.

En el tramo medio señala los siguientes horizontes (figura 2.<sup>a</sup>):  $B$ , Pudinga de cantos de cuarzo que en algunas partes pasa a arenisca;  $B^1$ , Banco de arenisca de la capa Paula;  $B^2$ , Banco de arenisca de la capa Panarrina;  $C$ , Banco de arenisca de la capa Voz;  $C^1$ , Banco de arenisca del paquete de María Luisa;  $C^2$ , Banco de arenisca del paquete del Sotón;  $C^3$ , Banco de arenisca medio del paquete del Sotón, división entre Sotón alto y Sotón bajo.

Este tramo, que es el más rico de la cuenca, consta de alternancias de pizarras y areniscas; la parte inferior correspondiente a los horizontes  $B^1$ ,  $B^2$  y  $C$ , llamado también tramo inframedio, contiene pocas capas de carbón; continúa después una zona con varias capas de carbón, que se conocen con el nombre de paquete de María Luisa, que termina en el banco de arenisca  $C^2$ , y por encima de ella existe otro gran paquete de capas dividido en dos por un potente banco de arenisca y que se designan con los nombres de Sotón bajo y Sotón alto.

El tramo supramedio comprende los horizontes (fig. 3.<sup>a</sup>):  $D$ , Banco de samita, base del paquete de Entrerregueras;  $D^1$ , Banco de arenisca superior del paquete de Entrerregueras;  $D^2$ , Arkosa inferior, parte baja del paquete de Sorriego;  $D^3$ , Arkosa superior, parte alta del paquete de Sorriego;  $D^4$ , Arenisca inferior del tramo de Modesta;  $D^5$ , Calizas gonfolíticas del paquete de la Oscura;  $E$ , Arenisca superior del paquete de la Oscura.

En este tramo existen tres paquetes de capas explotables: el de Entrerregueras, comprendido entre las areniscas  $D$  y  $D^1$ ; el de Sorriego, comprendido entre las arkosas  $D^2$  y  $D^3$ , y el de la Oscura, situado por encima de la arenisca  $D^4$ . Los tramos comprendidos entre los horizontes  $D^1$  y  $D^2$ , y entre  $D^3$  y  $D^4$ , son pizarrosos y estériles, y todo el tramo, especialmente en su parte alta, ofrece la particularidad de presentar, alternando con las pizarras, bancos de caliza gonfolítica, lo que indica un régimen de formación distinto del anterior.

La estratigrafía del Hullero superior fué estudiada por Urrutia en las cuencas de León y Palencia, dejando formado un corte característico del tramo, cuya descripción fué publicada (Urrutia, 1922) por el también malogrado ingeniero D. Ramón de Rotaeché. Distingue en la formación de abajo arriba las zonas siguientes (fig. 4.<sup>a</sup>):

A. Tramo pizarroso de la base que contiene en la parte

alta una capa  $c$ , por lo general potente y sucia, y un carbonero  $e$ , muy próximo a ella, más alguna otra vena sin importancia; suelen abundar en estos bancos las impresiones de *Pecopteris* y *Annularias*; *Pecopteris polymorpha* y *Annularia stellata* principalmente.

B. Gran banco de pudinga cuarzosa, con cantos de muy diversas dimensiones, desde los muy gruesos hasta los del tamaño de una avellana. En muchos sitios desaparecen, y la roca degenera en arenisca cuarzosa de grano grueso que, a su vez, se va haciendo arcillosa y pasa a arenisca pizarreña, y aun a pizarra en algunos tramos. Con este horizonte coincide en la parte SO. de la cuenca un banco de brecha pizarreña de elementos silurianos.

C. Tramo de areniscas y pizarras que contienen de 16 a 20 capas de carbón y que puede dividirse en dos subtramos: el inferior (en que dominan las areniscas), comprendido entre el conglomerado o arenisca  $B$ , y un banco de gonfolitas  $g^1$ , entre cuyos cantos de caliza suelen hallarse otros pequeños de arenisca devoniana; el superior se compone de una alternancia regular de pizarra-capas-arenisca, que se repite 16 ó 18 veces.

La gonfolita  $g^1$  desaparece en muchos sitios, en los que es difícil ver la separación de los dos subtramos.

Este tramo  $C$  tiene un espesor muy variable: desde sólo 150 metros que conserva en gran parte de su recorrido, en el que todas las capas de carbón se reducen a vetas o lechos de pizarra carbonosa inexplorable, hasta 500 o más metros, y 8 ó 12 capas de 0,60 a un metro de potencia. Bien que esto último es excepcional (Villablino), pues generalmente donde el tramo es explotable, sólo tienen regular potencia la primera capa  $c$  del subtramo inferior, una o dos de la primera mitad del subtramo superior y otras tantas en su mitad más alta. En todo el tramo abundan en las pizarras, a la vez que los *Pecopteris*, los restos de *Calamites Cistii*, Brong.

D. Banco de arenisca cuarzosa, que en algunos sitios tiene lechos de conglomerado avellanado y, a veces, constituye una pudinga de elementos gruesos.

E. Tramo estéril de pizarra.

F. Pizarras de la base del tramo medio, que unas veces se presenta concordante con el anterior y otras discordante.

G. Tramo de areniscas, generalmente pizarreñas y a menudo micáceas, que alternan con pizarra y siete u ocho capas de carbón. Hacia la parte media, un banco de gonfolita *g*, que en algunos sitios se transforma en pudinga cuarzosa, mediante la sustitución gradual de los cantos de caliza por cantos de cuarzo, y del cemento calizo, por uno arenoso; la pudinga cuarzosa degenera a la vez en arenisca.

Las capas de carbón que reúnen mejores condiciones de explotación son las dos cc, a uno y otro lado de la gonfolita, separadas entre ellas 50 metros y con un carbonero intermedio.

En la parte alta del tramo hay bancos de areniscas cuarzosas y feldespáticas, con abundantes impresiones de *Calamites Suckowi* y otras huellas de restos vegetales.

H. Tramo estéril de pizarras con algunos bancos delgados de areniscas pizarreñas.

I. Pizarras y areniscas pizarreñas, y en la base bancos de areniscas cuarzosas y feldespáticas llenas de impresiones vegetales. Contiene este tramo de cinco a seis capas de carbón, de potencia muy regular: desde 10 a 40 centímetros que conservan en la mayor parte de su corrida, hasta varios metros que alcanza alguna de ellas (Sabero).

J. Tramo estéril pizarroso.

Patac (1927) señala la existencia e intercalaciones de pequeños bancos de caliza con fósiles marinos en los tramos A y C de Urrutia, y modifica también el corte en lo que al tramo J se refiere.

Este tramo, que Urrutia consideraba formado por pizarras estériles, está constituido, según Patac, por pizarras y areniscas que comprenden dos paquetes de venas de carbón: el inferior, formado por una capa de poca potencia y un carbonero, y el superior, por cinco venas de carbón, de las que las dos inferiores son generalmente explotables.

Recubriendo esta formación, señala también un gran banco de pudinga de voluminosos cantos de cuarcita con cemento de arenisca de grano fino muy micácea, en el que existen algunas veces lechos constituidos solamente por la arenisca. Este banco de pudingas ha sido completamente arrastrado por la erosión en algunos sitios, y en otros aparecen sus elementos diseminados en el terreno.

El espesor del Hullero superior es muy variable, pero Patac aprecia que llega a alcanzar en algunas regiones hasta 1.250 metros.

En ninguna parte de la cuenca aparece la sucesión de los tres tramos hulleros: inferior, medio y superior, y en especial el Hullero superior se encuentra siempre transgresivo, apoyándose unas veces sobre los terrenos paleozoicos más antiguos, que es el caso más general, otras sobre la caliza carbonífera y en algún caso sobre el Hullero inferior; así sucede en Teverga, según indica Patac (1920) y demuestra paleontológicamente Madariaga (1928).

El continuo esfuerzo plegante de probable dirección SE.-NO., que Cueto supone en la región actuando desde los primeros tiempos paleozoicos, ha dado origen a transgresiones como la del Hullero superior y a los complejos pliegues, fallas y cambios litológicos en longitud de los estratos, que tan difícil hacen el conocimiento estratigráfico de la cuenca. Queda bien patente esta complicación en los magníficos trazados de conjunto y de detalle de algunas zonas dejados por Urrutia (1922), referentes a las cuencas de Castilla, y por

Adaro (1926), en lo que a la cuenca central de Asturias se refiere.

Tanto por el N. como por el S., queda recubierta la cuenca por terrenos más modernos, lo que ha hecho desde muy antiguo suponer la continuación de la cuenca por debajo de ellos y tratar de investigar esta prolongación por medio de sondeos (Adaro, 1914). En los sondeos realizados se ha comprobado la existencia del Carbonífero, primeramente en el de Vega, realizado por los Sres. Felgueroso, y después en Caldones, en los realizados por los mismos señores y el Instituto Geológico, y últimamente han continuado los Sres. Felgueroso las investigaciones, efectuando sondeos en Aroles, Huercos y Leorio con resultado positivo. En este último se ha cortado (Patac, 1930) 126 metros de Triás y después Hullero hasta los 350 metros en que, por dificultades de la perforación, quedó detenido. El Hullero cortado comprende cuatro capas de carbón de excelente calidad, de 0,30, 0,70, 1,40 y 3 metros de potencia, efectuándose en la actualidad la perforación de un pozo de extracción.

No han sido realizadas investigaciones importantes en la parte de Castilla, aunque sí estudiado su emplazamiento en el Secundario de Palencia y Santander por Dupuy de Lome y Novo (1924), y en el N. de León por Urrutia (1922), si bien este último estudio no llegó a terminarse. Sin embargo, en el extremo oriental de la cuenca de Guardo, se realizó un sondeo (Sánchez Lozano, 1912) que, comenzado en el Cretáceo, alcanzó el Carbonífero a los 263 metros y siguió en este terreno hasta los 400 metros. Los datos sobre este sondeo son bastante incompletos y no tenemos noticias de investigaciones posteriores.

### Paleontología

Los estudios paleontológicos no han seguido todavía en la región a los estratigráficos, formando las listas de fósiles de los distintos niveles en que se considera dividida la cuenca, y las relaciones publicadas se refieren, casi siempre, a los ejemplares recogidos en las distintas manchas de que consta, sin indicar el nivel en que fueron hallados. No es, por tanto, posible aun, señalar la fauna y flora de las distintas hiladas establecidas por Adaro y Urrutia, y al resumir la paleontología de la región, hemos de atenernos a las cinco grandes divisiones de Barrois: Mármol grioto, caliza de los cañones, Hullero inferior, Hullero medio y Hullero superior.

El estudio más completo de la fauna es el de Barrois (1882), el cual cita las especies recogidas en cada uno de los tramos. En cuanto a la flora, el publicado por Zeiller (1884) de los ejemplares recogidos por Barrois, abarca pequeño número de especies, habiendo sido citadas muchas más en las listas publicadas por Mallada (1898) y otros autores, aunque con la dificultad de aparecer algunas veces citadas con la misma procedencia especies de tramos distintos y que no se presentan asociadas. Como supuso Zeiller (1884), es posible proceda esto de algún error de clasificación, pero también pudiera ocurrir que siendo la designación de su procedencia tan indeterminada que en general comprende todo un término municipal, pudiera existir en él alguna hilada de tramo distinto que no hubiera sido aún observada entre los repetidos pliegues que presenta la cuenca. En las listas siguientes, aunque utilizaremos las de Mallada de vegetales, procuraremos eliminar las especies típicas de tramo distinto al de que se trata y las de existencia dudosa.

Recientemente, Madariaga (1932) ha encontrado un nivel marino con *Fusulinas* en la zona límite de los paquetes de



Sotón y Entrerregueras, es decir, en el tramo medio de Barrois, entre los subtramos inframedio y supramedio de Adaro. Dichos foraminíferos sólo han sido citados por Barrois en el tramo inferior. Su presencia a un nivel tan relativamente alto del Westfaliense asturiano, hace sospechar exista en todo él.

## Fauna

### Caliza marmórea amigdaloide

CORALARIOS: *Zaphrentis Omaliusii*, Kon.; *Lophophyllum tortuosum*, Mich.; *Cyathaxonia griottae*, Barrois; *Favosites parasitica*, Phill.

CRINOIDES: *Poteriocrinus minutus*, Roem.

BRAQUIÓPODOS: *Productus rugatus*, Phill.; *Chonetes variolata*, D'Orb.; *C. papilionacea*, Phill.; *Orthis Michelini*, Lev.; *Spirifer glaber*, Mart.; *S. sublamellosus*, Rou.; *Athyris Roisii*, Lev.

GASTERÓPODOS: *Plathyceras neritoides*, Phill.

CEFALÓPODOS: *Orthoceras giganteum*, Sow.; *Goniatites crenistria*, Phill.; *G. Malladae*, Barrois; *G. Henslowi*, Sow.; *G. cyclobus*, Phill.

CRUSTÁCEOS: *Phillipsia Castroi*, Barrois; *Ph. Brongniarti*, Fisch.

### Caliza de los cañones

CRINOIDES: *Poteriocrinus crassus*, Mill.; *P. Egertoni*, Phill.

### Hullero inferior

FORAMINÍFEROS: *Fusulinella sphaeroidea*, Moell; *Fusulina cylindrica*, Fisch; *Dentalina*, sp.

ESPONGIARIOS: *Sollasia ostiolata*, Steinm; *Amblysiphonella Barroisi*, Steinm.; *Sebargasia carbonaria*, Steinm.

CORALARIOS: *Amplexus coralooides*, Sow.; *Zaphrentis Philipsi*, Ed. et H.; *Z. patula*, Mich.; *Lophophyllum costatum*, Mac Coy; *L. reticulatum*, T. N.; *Campophyllum compressum*, Lund.; *Diphyphyllum concinnum*, Lous.; *Petalaxis Favrei*, Barrois; *Koninckophyllum interruptum*, T. N.; *Lonsdaleia rugosa*, Mac Coy; *L. floriformis*, Flem; *Axophyllum expansum*, Ed. H.; *Rodophyllum Carezi*, Barrois; *Favosites Halmeana*, Kon.; *Monticulopora tumida*, Phill.; *Fistulipora minor*, Mac Coy; *Alveolites irregularis*, Kon.

CRINOIDES: *Cyathocrinus planus*, Mill.; *C. mammillaris*, Phill.; *Erisocrinus Europeaus*, Barrois; *Platycrinus gigas*, Phill.; *P. granulatus*, Mill.; *Euryocrinus concavus*, Phill.; *Cyathocrinus quinquangularis*, Mill.; *Mespilocrinus granifer*, Kon.; *Poteriocrinus crassus*, Mill.; *P. Egertoni*, Phill.; *P. originarius*, Trauts.

EQUINIDOS: *Archaeocidaris sixi*, Barrois; *A. Nerei*, Munst.

BRIOZOARIOS: *Polypora fastuosa*, Mac Coy; *Fenestella crassa*, Mac Coy; *F. nodulosa*, Phill.; *F. membranacea*, Phill.; *Rhabdomeson funicula*, Mich.

BRAQUIÓPODOS: *Productus punctatus*, Mart.; *P. aculeatus*, Mart.; *P. longispinus*, Sow.; *P. Semireticulatus*, Mart.; *P. cora*, D'Orb.; *P. Duponti*, Barrois; *Chonetes variolata*, D'Orb.; *C. Jacquoti*, Barrois; *C. Hardrensis*, Phill.; *Aulacorhynchus Davidsoni*, Barrois; *Orthis resupinata*, Mart.; *O. Michelini*, Lev.; *Streptorhynchus arachnoidea*, Pihll.; *S. eximius*, Eichw.; *Spirifer trigonalis*, Mart.; *S. glaber*, Mart.; *S. lineatus*, Mart.; *S. integrigosta*, Phill.; *S. cristatus*, Schlot.; *S. striatus*, Mart.; *S. Mosquensis*, Fisch.; *S. bisulcatus*, Sow.; *S. duplicigosta*, Phill.; *Athyris planosulcata*, Phill.; *Rhynchonella pugnus*, Mart.; *R. pleurodon*, Phill.; *Terebratula hastata*, Sow.

LAMELIBRANQUIOS: *Pecten dissimilis*, Flem.; *Lima Buitrago*, Barrois; *Backwellia ceratophaga*, Schlot.; *Arca tessellata*, Kon.; *Carbonarca Cortazari*, Barrois; *Nucula gibbosa*, Flem.; *Cteno-*

*donta Halli*, Barrois; *Conocardium alaeforme*, Sow.; *C. Cortazari*, Mall.; *Astarte subovalis*, Mall.; *A. Macphersoni*, Barrois; *Edmondia Calderoni*, Barrois; *Cardiomorpha sulcata*, Kon.

GASTRÓPODOS: *Naticopsis Ciana*, Vern.; *N. nodosa*, var. *Wortheini*, Barrois; *N. Collombi*, Barrois; *N. planispira*, Phill.; *Loxonema rugiferd*, Phill.; *L. scarioided*, Phill.; *Macrochilina ventricosa*, Kon.; *Strobeus Altonensis*, Meek et Wort; *Turbinilopsis Hoeninghausianus*, Kon.; *Straparollus Dionysii*, Mont.; *Schizostoma catillus*, Mart.; *Pleurotomaria Ivanii*, Lev.; *P. Vidalina*, Mall.; *P. conica*, Phill.; *Orthonema Delgadoi*, Barrois; *Platyceras neritoides*, Phill.; *P. vetustus*, Sow.; *Bellerophon Urii*, Flem.; *B. navicula*, Sow.; *B. tenuifasciata*, Sow.; *B. hiulcus*, Mart.; *B. decussatus*, Flem.

CEFALÓPODOS: *Nautilus dorsalis*, Phill.

CRUSTÁCEOS: *Phillipsia Derbyensis*, Mart.

#### Hullero medio

LAMELIBRANQUIOS: *Aviculopecten scalaris*, Sow.; *Posidonomya Becheri*, Brown; *Myalina triangularis*, Sow.; *M. carinata*, Sow.; *Macrodon Monreali*, Barrois; *Schizodus sulcatus*, Sow.; *S. Rubio*, Barrois; *S. curtus*, Meek; *Anthracosia bipennis*, Brown; *A. carbonaria*, Schlot.; *Naiadites Tarini*, Barrois; *Sanguinolites subcarinatus*, Mac Coy.

GASTRÓPODOS: *Orthonema conica*, Meek et Worth; *O. Choffati*, Barrois; *Dentalium Meekianum*, Gein.; *Bellerophon Sub-Urii*, Mall.; *B. navicula*, Sow.

CRUSTÁCEOS: *Eutomis Grand'Euryi*, Barrois.

No cita Barrois fauna del Hullero superior.

#### Flora

Los tramos de caliza amigdaloides y caliza de montaña son esencialmente marinos, pero el Hullero inferior, aunque constituido en su mayor parte por hiladas marinas, presenta alternancias de facies continental, en las que se encuentra flora fósil, pero sin que haya sido estudiada especialmente la correspondiente a este tramo, aunque de él procederán probablemente algunos ejemplares de las especies que se citan como de la cuenca central, en varias partes de la cual se corresponden el Hullero inferior y el medio.

Las únicas listas de flora recogida en el Carbonífero inferior que conocemos son las de Renier (1926) y Madariaga (1928).

Renier cita las siguientes especies recogidas en el tramo de las Generales, en las minas de Lieres: *Sphenopteris rotundifolia*; *Mariopteris muricata*; *Alethopteris lonchitica*; *A. Serlii*; *Trigonocarpus Parkinsoni*; *Neuropteris heterophylla*; *N. obliqua*; *Hexaspermum*, sp.; *Schenophyllum cuneifolium*, *Calamites Suckowi*; *C. verticillatus*; *Asterophyllites longifolium*; *Annularia sphenophylloides*; *A. radiata*; *Lepidodendron aculeatum*; *Lepidophloios acerosus*; *Lu copodites carbonaceus*; *Sigillaria scutellata*; *Cordaites principalis*; *Cordaianthus*, sp.

Las especies recogidas por el mismo autor en las capas de las calizas son las siguientes: *Alethopteris lonchitica*; *Neuropteris gigantea*; *Linopteris obliqua*; *Lepidodendron Veltheimi*; *Sigillaria scutellata*; *Trigonocarpus*, sp.

Madariaga recogió en las zonas más bajas del Carbonífero inferior de Teverga, en hiladas ya muy próximas al techo de la caliza de montaña, las siguientes especies: *Alethopteris lonchitica*; Schl.; *Sphenopteris trifoliolata*, Artis; *S. nummularia Andrae*; *Neuropteris gigantea*, Sternbg.; *Sigillaria Weissi* (?), Zeiller.

Según hace notar Renier, la flora encontrada por él corresponde al Westfaliense medio (y lo mismo podemos decir de la flora citada por Madariaga) y, por lo tanto, el llamado Hullero inferior o tramo de Lena correspondería al Westfaliense medio y no al inferior o al Dinantiense, como se venía admitiendo.

El Hullero medio es de facies continental, aunque presenta alternancias marinas en gran número (Madariaga, 1931, 1932: a, b, c; 1935; a, b; Delépine, 1928), marcadas por lechos de pizarras con abundante fauna, situados al techo de las capas y que parecen señalar los sucesivos movimientos que dieron lugar a la reproducción de condiciones para la formación de nuevas hiladas.

Los fósiles vegetales, muy abundantes, no han sido agrupados, como ya dijimos anteriormente, por tramos, sino por manchas. Citaremos como del Hullero medio, aunque con algunas restricciones, los señalados por Zeiller (1884) y Mallada (1898) como correspondientes a la cuenca central de Asturias.

EQUISETALES: *Calamites Suckowi*, Brong; *C. Cistii*, Brong; *C. approximatus*, Schl.; *C. pachyderma*, Brong; *Asterophyllites equisetiformis*, Schl.; *Annularia microphylla*, Sav.; *A. sphenophylloides*, Zenk.

ESFENOFILALES: *Sphenophyllum cuneifolium*, Sternbg.; *Sph. saxifragaefolium*, Sternbg.; *Sph. emarginatum*, Brong.

FILICALES: *Sphenopteris formosa*, Gutb.; *Mariopteris latifolia*, Brong; *Nevropteris gigantea*, Stern.; *N. tenuifolia*, Schlot; *N. heterophylla*, Brong; *N. Scheuchzeri*, Hoff.; *N. flexuosa*, Stern.; *Dictyopteris sub-Brongniarti*, Grand'Eury; *Pecopteris abbreviata*, Brong; *P. dentata*, Brong; *Alethopteris lonchitica*, Brong; *A. Serlii*, Brong.

LICOPODIALES: *Lepidodendron aculeatum*, Stern.; *L. longifolium*, Brong; *L. crenatum*, Stern.; *L. dichotomum*, Stern; *Ulo-*

*dendron punctatum*, Lind et Hutt.; *Lepidophloios laricinus* Stern.; *Sigillaria Dournaisii*, Brong; *S. mammillaris*, Brong; *S. Utschneideri*, Brong.; *S. Saullii*, Brong; *S. Candollei*, Brong; *S. Schlotheimiand*, Brong; *S. Cortei*, Brong; *S. angusta*, Brong; *S. contracta*, Brong; *S. intermedia*, Brong; *S. tessellata*, Brong; *S. elegans*, Stern.; *Stigmaria ficoides*, Brong.

GIMNOSPERMAS: *Cordaites borassifolius*, Stern.

El Hullero superior de facies continental es abundante en fósiles vegetales; y en la lista siguiente procuramos reunir las distintas especies que han sido citadas en el mismo:

EQUISETALES: *Calamites Suckowi*, Brong; *C. Cistii*, Brong; *C. cannaeformis*, Schl.; *Asterophyllites equisetiformis*, Schl.; *A. grandis*, Stern.; *Annularia sphenophylloides*, Zenk.; *A. radiata*, Brong; *A. stellata*, Schl.

ESFENOFILALES: *Sphenophyllum cuneifolium*, Stern.; *S. oblongifolium*, Germ.; *S. angustifolium*, Germ.; *S. verticillatum*, Schl.

FILICALES: *Sphenopteris Hoeninghausi*, Brong; *Pecopteris arguta*, Brong; *P. oreopteridia*, Schl.; *P. arborescens*, Schl.; *P. cyathea*, Schl.; *P. dentata*, Brong; *P. polymorpha*, Brong; *P. Bucklandi*, Brong; *P. Pluckeneti*, Schl.; *P. Miltoni*, Artis; *P. unita*, Brong; *P. feminaeformis*, Schl.; *Alethopteris aquilina*, Schl.; *A. Grandini*, Brong; *Odontopteris Brardi*, Brong; *Taeniopteris jejuna*, Grand'Eury.

LICOPODIALES: *Sigillaria Brardi*, Brong; *S. mammillaris*, Brong; *S. elliptica*, Brong; *Stigmaria ficoides*, Brong.

GIMNOSPERMAS: *Cordaites borassifolius*, Stern.; *Walchia piniformis*, Sternb.

### Edad de la cuenca

Se admite que la cuenca asturiano-leonesa comprende los tres pisos del Carbonífero, designándose en general como Dinantiense el mármol amigdaloides, caliza de los cañones y Hu-

llero inferior o tramo de Lena; como Westfaliense el Hullero medio de Barrois, o sean los tramos medio y supramedio de Adaro; y como Estefaniense el Hullero superior de Barrois, o sean los niveles estratigráficos establecidos por Urrutia en las cuencas de León y Palencia, si bien no se ha fijado la separación estratigráfica entre el Westfaliense y Estefaniense, por no haberse encontrado seguidos en ninguna parte estos dos tramos.

Es probable, sin embargo, que los estudios paleontológicos hagan variar en el porvenir la anterior atribución de los distintos tramos de la cuenca al Dinantiense, Westfaliense y Estefaniense. Ya hemos hecho notar, al tratar de la flora del Hullero inferior, que la recogida por Renier en las capas de las calizas y capas Generalas, corresponde al Westfaliense, y posteriormente encontramos otra opinión concordante con ésta en lo que a la fauna se refiere, en la nota "Sur les faunes marines du Carbonifere des Asturies", dada por Delépine (M. G.), en 1928.

Opina este distinguido geólogo que los goniatites citados por Barrois en la caliza amigdaloides, establecen que esta caliza pertenece a la parte más alta del Viseense y que, por tanto, la región estuvo emergida durante el Dinantiense, no siendo cubierta por las aguas hasta el final del mismo. En la parte alta de la caliza de los cañones, formada por la caliza gris no dolomitizada, que es el único horizonte de ella en que se encuentran fósiles, ha recogido al O. de Ribadesella varias *Fusulinelas*, entre ellas la *Fusulinella Brocki*, Moller, especie muscoviense conocida desde la base de este piso. En las mismas hiladas de la caliza de los cañones, que ha seguido en Teverga, Veguín y Arenas de Cabrales, dice ha recogido una fauna que, además de elementos del Viseense superior, contiene otros que indican un nivel más elevado, y son: *Proboscidella*, sp., diferente de la única especie viseense; *Margi-*

*nifera*, sp., muy semejante o idéntica a la *Marginifera Loezy*, Chao, del Muscoviense de la China; *Spirifer fasciger*, Keys, especie propia del Carbonífero medio y superior; y entre los trilobites, *Brachymetopus uralicus*, Vern. En un nivel fosilífero de la zona de las Generalas, en Lieres, ha recogido un goniatites, el *Homoceratoides divaricatum*, Hind, haciendo con ello corresponder la parte del Carbonífero que comprende las Generalas al Westfaliense medio.

Resulta de lo anterior que el Dinantiense no estaría representado en el Carbonífero de la región más que por la caliza amigdaloides o mármol grioto, que correspondería a la parte más alta del Viseense; la zona de las Generalas, parte superior de las hiladas de Lena, o sea Hullero inferior de Adaro, correspondería al Westfaliense medio; y las formaciones intermedias, caliza de los cañones y zona de pizarras y calizas del tramo de Lena, o sea Subhullero de Adaro, correspondería al Westfaliense inferior.

### Región Pirenaica

El terreno Carbonífero está constituido en esta región por pequeñas manchas situadas a lo largo de la cordillera en las provincias de Guipúzcoa, Navarra, Huesca, Lérida y Gerona, los asomos de las proximidades de Barcelona y otra manchita más extensa atribuida modernamente a este terreno en la provincia de Tarragona.

### Guipúzcoa y Navarra

Las manchas carboníferas de estas provincias no están aún bien estudiadas, refiriéndose casi todos los datos paleontológicos que se citan a la parte francesa de las mismas; y aunque han sido después de la descripción de Mallada (1898)

bien delimitadas por Palacios (1914) en su mapa geológico de la provincia de Navarra, no dejó este notable geólogo descripción de las mismas.

Están constituidas por una pequeña mancha al N. de Vera, que es prolongación de la francesa de La Rhune; otra, la más extensa, penetra en Francia por Peña Plata y por el E. de Urdax y se extiende por el SO. hasta el N. de Leiza, penetrando por el O. en Guipúzcoa; y, por último, al O. de los Alduides, existen otras dos, formando la más oriental un pequeño manchón apoyado en el Devónico, y la otra, más extensa, ocupa la parte alta de los ríos Arga y Lanz y se extiende por el monte Sayoa, hasta cerca de Ciga.

Corresponden estas manchas al Carbonífero inferior y al Carbonífero superior, pero sin que estén delimitadas las zonas ocupadas por cada uno, ni está demostrada la ausencia del Westfaliense, al que es posible deban referirse, según Fournier (1908), las capas inferiores del llamado Carbonífero superior.

El Carbonífero inferior está representado por pizarras, cuarcitas y calizas más o menos oscuras, algunas de las cuales, como las que aparecen al N. de Echalar y al S. de Vera, son verdaderas griotas con restos de cefalópodos y coralaris, habiéndose señalado en ellas en la parte francesa *Glyphioceras crenistria*, Phill.; *Pronorites cyclolobus*, Phill.; *Prolecanites Heuslowi*, Sow.; *Orthoceras giganteum*, Sow.; *Phillipsia Derbyensis*, Martin; *Phillipsia*, sp.; *Alveolites*. Esta caliza constituye, por tanto, el mismo horizonte de la caliza amigdaloides de la cuenca cantábrica, formando como allí la base del sistema.

El Carbonífero superior es de facies continental y consta de areniscas, pizarras y pudingas. Las partes más fosilíferas son las areniscas pardas o grises samíticas, alternando con pizarra; estas areniscas pasan a pudingas en su parte superior,

y en ciertos puntos pasan por transiciones insensibles a areniscas rojas que se consideran en esta parte base del Trias.

En los yacimientos de La Rhune y de Ibantelly ha sido determinada por Zeiller la siguiente flora: *Pecopteris arborescens*, Schl.; *P. cyathea*, Schl.; *P. oreopteridia*, Schl.; *P. Dabreei*, Zeill.; *P. polymorpha*, Brong; *P. pseudo-Bukclandi*, Germ.; *P. unita*, Brong; *P. feminaeformis*, Schl.; *Callipteridium pteridium*, Schl.; *Alethopteris Grandini*, Brong; *Odonopteris Brardi*, Brong; *Dyctiopteris Brongniarti*, Gut.; *Sphenophyllum oblongifolium*, Germar.; *Calamites Suckowi*, Brong; *C. Cistii*, Brong; *Equisetites spatulatus*, Zeiller; *Asterophyllites equisetiformis*, Schl.; *Annularia stellata*, Schl.; *A. sphenophylloides*, Zenker; *Codonospermum anomalum*, Brong; y además, ejemplares indeterminables de *Cordaites* y *Sigillaria*.

Como recogidos en la mancha del O. de los Alduides, entre Elizondo y Eugui, cita Stuart-Menteath (1887), los siguientes fósiles clasificados por Renalt: *Sigillaria elegans*; *Taxospermum Gruneri*; *Calamites Suckowi*; *Stigmaria ficoides*; *Nevropteris heterophylla*; *Callipteridium*, semejante al *ovatum*; *Arthropitus bistrata*; *Cardiocarpus avellana*; *Trigonocarpus Naeggerathi*; *Calamites*, probablemente *Cistii*; y fragmento de *Calamodendron*.

La primera lista indica un nivel estratigráfico más alto que la segunda, pero ambos corresponden al Estefaniense, que constituye la mayor parte del Hullero navarro apoyándose en el Siluriano y Devónico, y probablemente, en discordancia sobre el Carbonífero inferior, como ha comprobado P. Termier en la parte francesa.

### Huesca

Las zonas ocupadas por el terreno Carbonífero en esta provincia se han extendido considerablemente por los estudios posteriores a Mallada, principalmente por los trabajos de Da-

lloni (1910), que en su Estudio Geológico de los Pirineos de Aragón, describe las siguientes manchas:

*Mancha de Cherito y Aguas-Tuertas.*—Esta marcha, la más occidental de la provincia, ocupa las cuencas de los ríos Cherito y Aguas-Tuertas, penetra en Francia por el N. entre los puertos de Ansó y Hecho, y después de quedar interrumpida por una pequeña faja devoniana, sigue próximamente la cresta de la frontera en unos 10 kilómetros, quedando después recubierta por la arenisca roja permiana; por el O. queda recubierta por el Cretáceo, y por el S. se interpone entre las dos formaciones la arenisca roja, que la recubre por el E.

Los sedimentos carboníferos están constituidos por calizas y pizarras que en la ladera izquierda del Cherito presentan las calizas bien desarrolladas, formadas principalmente por griotas rojas y verdes y pizarras calcíferas amarillentas, que pasan a calizas violadas en bancos delgados. En las calizas se encuentran *Glyphioceras crenistria*, Phill.; *Orthoceras giganteum*, Sow.; *Poteriocrinus*. Encima de las calizas existe un horizonte pizarroso, formado por pizarras negras o pardas, muy arcillosas, que se presentan en lechos delgados, alternando con areniscas micáceas de grano más o menos fino y que algunas veces pasan a pudingas en la parte superior; estos bancos de arenisca presentan con frecuencia impresiones de *Calamites*.

*Región de Sumport.*—El Carbonífero de Aguas-Tuertas, recubierto en la parte más alta del río por el Permiano, reaparece algo más al E., formando una extensa mancha que por su parte meridional se extiende en una faja estrecha de unos 50 kilómetros, que llega hasta cerca de Gavarnie, quedando en toda su longitud limitada por el S. por el terreno Cretáceo, que se apoya directamente en ella. En la parte N. queda limitada por el Devoniano, y en su zona occidental, en que ofrece una mayor anchura, por prolongarse más allá de la frontera francesa, queda dividida en dos bandas por el sin-

clinal permiano Sumport-Las Arroyetas y un pequeño anticlinal devoniano que forma la peña de Tobaso.

La faja carbonífera meridional está constituida por las pizarras negras o amarillentas, alternando con areniscas con impresiones de *Calamites*, intercalándose en algunas zonas las calizas amigdaloides coloreadas, con *Glyphioceras crenistria*, Phill.; *Orthoceras giganteum*, Sow., y *Crinoides*; pero en el valle del río Escarra los depósitos se hacen más complejos, presentando una sucesión de unos 100 metros de potencia formada por pizarras, alternando en lechos regulares, con bancos delgados de arenisca micácea de grano fino, aunque algunas veces se cargan de granos gruesos de cuarzo muy rodados. Las pizarras contienen gran número de fósiles vegetales, entre los que han sido determinadas las siguientes especies: *Sphenopteris obtusiloba*, Brong; *Nevropteris Schlehani*, Stur.; *Alloiopteris Essinghi*, And.; *Mariopteris acuta*, Brong; *M. muricata*, Schl.; *Calamites Cistii*, Brong; y ejemplares menos determinados de los géneros *Sigillaria*, *Syringodendron* y *Lepidodendron*, lo que permite atribuir esta zona de pizarras y areniscas al Westfaliense medio.

La faja carbonífera que bordea por el N. el sinclinal permiano Sumport-Las Arroyetas, está también formada de pizarras y areniscas, y aunque los fósiles son escasos, suelen encontrarse impresiones bien claras de *Calamites Suckowi*, siendo esta zona indudablemente Westfaliense, como la meridional, por haber sido recogido en ella un ejemplar de *Mariopteris latifolia*. Ofrece esta zona la particularidad de presentar en el barranco de la Colivilla, al SE. del pico Anayet, un banco de antracita intercalado en las capas de pizarras y arenisca, aunque desgraciadamente sin importancia industrial.

En la ladera meridional del valle del Gállego, al S. de Sototor, se presentan las pizarras y areniscas carboníferas, que se apoyan sobre el Devoniano, bien desarrolladas y ricas en

impresiones vegetales. Las pizarras son arcillosas, amarillentas y encierran generalmente nódulos de una caliza negra de grano muy fino, que suelen tener como núcleo cristales de pirita. Las areniscas que alternan con ellas son micáceas, grises, de grano fino, y en su superficie presentan frecuentemente restos de *Anthracosia*, *Sigillaria* y *Asterocalamites radiatus*, Brong, debiendo, por tanto, ser atribuidas al Culm.

El Carbonífero de la región de Sumport presenta, pues, los siguientes horizontes: Pizarras carbonosas con flora Westfaliense; calizas griotas con *Glyphioceras crenistria* del Viseense; pizarras y areniscas con vegetales del Culm.

*Mancha del Puerto Sallent.*—Esta mancha es la prolongación del importante afloramiento del valle francés de Brouset, que penetra en España por Puerto de Sallent y forma la cadena fronteriza de las Ferraturas, extendiéndose por la ladera derecha del río Aguas Limpias, al que atraviesa con una estrecha faja que se prolonga probablemente hasta el macizo granítico de Panticosa, y un poco más al S. extiende otra pequeña faja que se apoya en el Devoniano de Peña Forada.

Forman este manchón las pizarras y areniscas con *Calamites* y las calizas amigdaloides, bien desarrolladas, y que en el valle de Roumigas ofrece la particularidad de comprender en su masa bolsadas de fluorina, que han sido objeto de explotación. En casi toda la zona son muy fosilíferas, comprendiendo principalmente las siguientes especies: *Glyphioceras crenistia*, Phill.; *Prolecanites Henslovi*, Sow.; *Pronorites cyclobus*, Phill.; *Aganides ornatissimus*, Kon.; *Phillipsia Brongiarti*, Fisch.; *Ph. Derbyensis*, Mart.; *Orthoceras*; *Poteriocrinus crassus*, Mill.; *P. minutus*, Roem.

Otras pequeñas manchas carboníferas afloran en el altó Ara y en el pico de Lary. La primera forma un estrecho sinclinal que atraviesa el río Ara y la frontera francesa en el pico de Lourdes, apoyándose en las calizas devonianas y está

constituida por pizarras y areniscas micáceas con *Calamites*. Las calizas amigdaloides verdes están bien representadas en esta mancha, que comprende, por tanto, las calizas de *goniatis* *Viseense* y las pizarras y areniscas con vegetales del Culm, sin que se pueda comprobar la existencia del Westfaliense.

La mancha del pico de Lary alcanza un espesor de 250 a 300 metros. y consta, como la anterior, de las pizarras y areniscas micáceas que se apoyan sobre un banco de arenisca roja devoniana. Las calizas amigdaloides y las pizarras calcíferas se hacen compactas, macizas y bien estratificadas en los escarpes del pico de Lary, presentando gran abundancia de fósiles: *Phillipsia Brongiarti*, Fisch.; *Glyphioceras crenistria*, Phill.; *G. Malladae*, Barr.; *Prolecanites*, sp.; *Orthoceras giganteum*, Sow.; *Poteriocrinus minutus*, Roem.

Al SE. del manchón de Lary y al S. de Bielsa aparece otra pequeñísima mancha carbonífera de pizarras y areniscas que forma una estrecha faja orientada de NO. a SE. y que se extiende en pequeña longitud por la izquierda del Cinca.

Más al SE. y con la misma orientación, aparece de nuevo el Carbonífero en el puerto de Sahún, formando una faja que pasa al valle del Esera y continúa hacia el SE. por Sos, Denuy, etc., constituyendo la prolongación de la mancha conocida en la provincia de Lérida por cuenca de Erill-Castell. Forma una estrecha banda de pizarras y areniscas, limitada al N. por el Devoniano, y al S. por la arenisca roja permiana, que en Las Paules queda interrumpida por otro pequeño asomo de calizas coloreadas con venas de calcita y pizarras calcíferas, que, aunque sin fósiles determinables, parecen corresponder al Carbonífero.

En la cuenca del Esera existe también el terreno Carbonífero en la depresión nombrada Los Planes de los Estanques, situada entre el puerto de Benasque y los Montes Malditos.

Está formado por pizarras negruzcas y grauwackas muy micáceas, que se comprobó pertenecían al Hullero, por haber sido encontrados algunos restos vegetales, que son: *Sigillaria scutellata* (?); *Calamites Suckowi* (?); *Halonia*; *Lepidodendron*. Aunque suficientes estos restos para fijar la edad carbonífera de los depósitos, no lo son para determinar el tramo a que pertenecen; pero Dalloni, a causa de la identidad de facies con los depósitos del río Escarra, los atribuye al Westfaliense.

### Lérida y Gerona

El conocimiento del Carbonífero de estas provincias ha sido también considerablemente aumentado por los estudios de Dalloni (1930), cuyo trabajo seguimos.

En el valle de Arán existe una ancha faja carbonífera que se extiende en la orilla derecha del Garona entre Vilamós y Bagerque, desde donde penetra en el valle de Mongarri y con dirección O.-E. atraviesa la frontera entre los puertos de Aula y de Salau.

Al S. del Garona se extiende también, en el valle de Arán, la prolongación de la mancha hullera de los Planes de los Estanques, que, formando un sinclinal cogido en el Devoniano, pasa al valle del río Negro y toma algún desarrollo al S. de Viella, apoyándose por el S. en el granito de los Montes Malditos.

Estos afloramientos están constituidos por pizarras negras, arcillosas, maclíferas, en el contacto con el granito, alternando con areniscas bastas, pardas o grises, muy micáceas, y pasando a veces a pudingas silíceas; y aunque no presentan más que restos vegetales indeterminables, pueden referirse al Westfaliense como continuación de la mancha aragonesa.

El sinclinal que forma la faja carbonífera anterior se cierra al E. del río Negro, continuando solamente la faja devo-

niana hasta las proximidades de Escaló, en que el Carbonífero aparece de nuevo, formando una larga faja que penetra en Andorra y, después de atravesar el río Valira, en Aixovall, desaparece, por cerrarse el sinclinal devoniano en que se apoya. Las rocas que constituyen esta faja parecen indicar el tramo inferior, estando constituidas por pizarras negruzcas, generalmente samíticas, acompañadas de areniscas y pudingas, con intercalaciones de calizas.

En la vertiente meridional de los Montes Malditos se extiende la faja carbonífera, que se inicia en la provincia de Huesca, y ha sido conocida de antiguo con el nombre de cuenca de Erill-Castell. Entre los ríos Ribagorzana y Flamisell, forma una faja cortada por los arroyos que descienden del macizo devoniano y la dividen en una serie de cerros escarpados de unos 300 metros de altura. Los estratos, levantados a 65 grados y con buzamiento al S., se componen de calizas algo amigdaloides que alternan con pizarras arcillosas grises o negruzcas y pizarras y areniscas en las que se intercalan capas de hulla.

Las pizarras son grises o negras, arcillosas y finamente micáceas, o bastante duras y rompiéndose en fragmentos prismáticos; se hacen muy negras en sus contactos con las capas de hulla. Contienen los siguientes fósiles vegetales correspondientes al Estefaniense: *Pecopteris polymorpha*, Brong; *P. oreopteridia*, Schl.; *P. cyathea*, Brong; *Linopteris Germari*, Gieb.; *Alethopteris Grandini*, Brong.

Los bancos de arenisca, bastante potentes, pasan a samitas que contienen restos de *Sigilarias*, y en su parte alta aumentan de tamaño los elementos silíceos, convirtiéndose en verdaderas pudingas.

El espesor total de la formación de Erill-Castell es de unos 200 metros, en los que se han reconocido hasta unos 12 metros de hulla, en capas de las que algunas alcanzan 1,60 me-



tros de potencia, pero que constituyen más bien pizarras carbonosas que verdadera hulla, por contener hasta 30 por 100 de cenizas. La hulla es seca, muy antracitosa, con 80 por 100 de carbono fijo y 14 por 100 de materias volátiles.

La faja carbonífera desaparece en Villancos, recubierta por la arenisca roja, pero más al E. aflora de nuevo en Aguiro con un espesor de 350 a 400 metros, en los que las calizas de *Goniatites*, grises, azules o rojas, se asocian a una serie de hileras hulleras en las que Dalloni distingue cuatro horizontes:

1.º Pudingas de elementos de cuarzo, coronadas por una arenisca de color gris y después por pizarras con dos especies del Westfaliense medio: *Alethopteris valida*, Boul., y *Neuropteris heterophylla*, Brong.

2.º Por encima de la hilada anterior, y en pizarras arcillosas, muy negras, micáceas, abundan las especies siguientes: *Calamites*; *Annularia stellata*, Schl.; *Pecopteris Armasi* (?), Zeill.; *P. crenulata*, Brong; *Alethopteris Serlii*, Brong; *Neuropteris tenuifolia*, Schl.; *N. Scheuchzeri*, Hoff.; *Sphenopteris aff. neuropteroides*, Boul.; *Linopteris sub-Brongniarti*, Gr. E.; *L. neuropteroides*, Gutb.; *Callipteridium* (?).

3.º Pizarras y areniscas pizarreñas, silíceas, de grano fino con vegetales de la parte más alta del Westfaliense: *Lepidodendron dichotomum*, Stern.; *Pecopteris lamurensis*, Heer.; *P. unita*, Brong; *P. plumosa*, Art.; *Odontopteris*, sp.; *Linopteris aff. neuropteroides*, Gutb.; *L. obliqua*, Bam.; *Mixoneura ovata*, Hoff.; *Brukmannia tuberculata*, Stern.; *Sphenopteris obtusiloba*, Brong.

4.º Pizarras más finas con la flora estefaniense de Erill-Castell: *Callipteridium aff. pteridium*, Schl.; *Pecopteris Pluckeneti*, Schl.; *P. cyathea*, Schl.; *P. polymorpha*, Brong; *Alethopteris Grandini*, Brong; *Odontopteris Reichi*, Gutb.;

Entre el Hullero y los primeros bancos de arenisca roja se extiende un dique de porfirita rosada.

En la parte S. del macizo de Monros, en el valle del Flamisell, la faja carbonífera consta de pizarras arcillosas, alternando con areniscas bastas, ricas en impresiones de *Calamites*, y en los bancos de pizarras, entre los cuales se intercalan algunos lechos carbonosos, se encuentran impresiones de plantas bien determinables: *Dorycordaites affinis*, Gr. E.; *Calamites*, sp.; *Annularia sphenophylloides*, Zenk.; *Sphenopteris Matheti*, Zeill.; *Pecopteris unita*, Brong; *P. Launayi*, Zeill.; *Odontopteris aff. Reichi*, Gutb., flora correspondiente al Estefaniense alto.

La faja carbonífera sigue por la orilla derecha del Pallaresa, hasta las proximidades de Sort, y continúa después por la ladera izquierda, donde se apoya en el Siluriano, formando la continuación de esta faja la cuenca de la Seo de Urgel.

Al S. de la faja anterior existe una manchita dinantiense, que se apoya sobre el Devoniano de la Montaña del Duque, y consta de pizarras, calizas, areniscas y pudingas, coronadas por un gran espesor de pizarras micáceas.

La cuenca carbonífera de la Seo de Urgel, estudiada por Vidal (1883), está situada a unos cuatro kilómetros de la Seo, y forma una faja de unos 25 kilómetros, que con dirección E.-O. continúa la mancha hullera que procedente de Sort atraviesa el valle del Segre. Se apoya en el Siluriano y en Gramos presenta la composición siguiente:

1.º Brecha de elementos pizarrosos procedentes del Siluriano.

2.º Areniscas rojas, verdes o violetas, constituidas en su mayor parte por elementos de rocas eruptivas.

3.º Areniscas alternando con pizarras negras carbonosas con fósiles vegetales.

4.º Calizas amarillas dolomíticas, con delgados lechos margosos.

En las pizarras negras han sido recogidas por Dalloni las

especies siguientes: *Calamites Cisti*, Brong; *Annularia stellata*, Schlt.; *Pecopteris Pluckeneti*, Schlt.; *P. polymorpha*, Brong; *P. cyathea*, Schlt.; *P. aff. lamurensis*, Heer.; *Neuropteris*, sp.

Entre Segars y Llarola la formación, que tiene unos cincuenta metros de potencia, se compone de pudingas de elementos de cuarzo, areniscas duras, grises, y pizarras arcillosas con la flora siguiente: *Sphenophyllum tenuifolium*, Font; *Annularia stellata*, Schlt.; *Pecopteris truncata*, Zeill.; *P. feminaeformis*, Schlt.; *P. cyathea*, Schlt.; *Odontopteris Reichi*, Gutb.

Contiene una capa de 60 centímetros de carbón antracitoso, compacto, brillante y con venillas de ocre, procedente de la descomposición de la pirita.

Al S. de la Seo, en las proximidades de Navines, es donde el Carbonífero ofrece mayor potencia, y consta de lo siguiente:

1.º Arenisca basta, pasando a pudinga en la base (100 metros).

2.º Arenisca micácea y pizarras carbonosas que contienen las capas de hulla (50 metros).

3.º Pizarras grises o rojizas fosilíferas con: *Annularia stellata*, Schlt.; *Pecopteris lepidorachis*, Brong; *P. cyathea*, Schlt.; *P. hemitelioides*, Brong; *P. polymorpha*, Brong.

4.º Areniscas alternando con arcillas rojas o verdes, análogas a las del Permiano, en contacto del cual la formación termina por gruesos bancos de arenisca silícea.

Más al E., cerca de La Bastida, el Hullero se acusa por tierras negras muy húmedas, que dan lugar a algunos cultivos. La composición estratigráfica es análoga a la anterior, pero con potencia menor.

Todo el Hullero de esta cuenca corresponde al Estefaniense, estando comprendida la formación entre las pizarras y areniscas del Siluriano y la arenisca roja permiana, la cual reposa en absoluta concordancia sobre el Hullero, pasándose

en muchos puntos de uno a otro terreno por tránsitos insensibles. Industrialmente ofrece la cuenca poco interés por la pobreza de sus capas y mala calidad de los carbones.

Al NE. de la cuenca de la Seo de Urgel existen varios pequeños retazos carboníferos que marcan los sinclinales de los terrenos primarios. El Carbonífero que los forma es, en general, de facies marina y corresponde al Dinantiense, ofreciendo su composición ordinaria de pizarras, calizas coloreadas amigdaloides, areniscas y pudingas. En algunos puntos las calizas ofrecen la particularidad de convertirse en verdaderas lumaquelas de conchas muy variadas, entre las que pueden distinguirse las siguientes: *Phillipsia Castroi*, Barrois; *Ph. Derbyensis*, Mart.; *Glyphioceras crenistria*, Phill.; *Pronorites cyclolobus*, Phill.; *Prolecanites Heuslowi*, Sow.; *Orthoceras giganteum*; Sow.; *Muchisonia Verneuiliana*, Kon.; *Euomphalus*, sp.; *Edmondia*, sp.; *Nuculana*, sp.; *Posidomya*, sp.; *Posidoniella vetusta*, Kon.; *Spirifer sublamellosus*, Kon.; *Streptorhynchus crenistria*, Phill.; *Athyris*, sp.; *Poteriocrinus minutus*, Roem.

La cuenca llamada de San Juan de las Abadesas o de Surroca y Ogasa, pueblos que se encuentran sobre ella, es una faja carbonífera de unos 15 kilómetros de longitud, de O. a E., con una anchura media de unos dos kilómetros, que comprende capas con carbón de buena calidad que han sido objeto de explotación durante muchos años, aunque en la actualidad se encuentra agotada en sus partes ricas. Tiene constitución análoga a las de las zonas más occidentales, y Mallada (1898) la consideraba como perteneciente al Hullero medio y superior, pero posteriormente Faura y Sans (1913) la colocó en la base del Estefaniense, y Dalloni (1930) la atribuye al Estefaniense medio y superior con las siguientes especies: *Sigillaria tessellata*, Brong; *S. spinulosa*, forma *rectestriata*; *Annularia stellata*, Schlt.; *Sphenophyllum oblongifolium*, Ger.; *S. Thoni*,

Mahr.; forma *papilionaceum*; *Linopteris Germari*, Bieb.; *Callipteridicum pteridium*, Schl.; *Pecopteridium Armasi* (?), Zeill.; *Spehnopteris Matheti*, Zeill.; *S. biturica*, Zeill.; *Pecopteris Pluckeneti*, Schl.; *P. cyathea*; *P. Polymorpha*, Brong; *P. hemitelioides*, Brong; *P. feminaeformis*, Schl.; *P. Gruneri*, Zeill.; *Diploptema Riberoyni*, Zeill.; *D. Busqueti*, Zeill.; *Alethopteris Grandini*, Brong; *Neuropteris cordata*, Brong; *Codonospermum anomalum*, Gr. E.; *Cordaites lingulatus*, Gr. E.; *Sigillaria elongata*, Brong; *S. pachyderma*, Brong; *Annularia spicata*, Gutb.; *Sphenophyllum augustifolium*, Germ.; *Sphenopteris cristata*, Zeill.; *Odontopteris Brardi*, Brong; *O. minor*, Brong; *Taeniopteris jejuna*, Gr. E.; *T. multinervis*, Weis.

Por el E., la faja hullera de San Juan de las Abadesas continúa bordeando la sierra Caballera hasta el valle del Ter, que atraviesa al S. de Camprodón. Las pizarras negras o grises y muy arcillosas que la constituyen, alternan con areniscas y conglomerados y ofrecen la siguiente flora: *Calamites*, *Callipteridicum pteridium*, Schl.; *C. densinervium*, *Annularia stellata*, Schl.; *A. sphenophylloides*, Zenk.; *Linopteris Brongniarti*, Gutb.; *Sphenopteris cristata*, Zeill.; *Pecopteris polymorpha*, Brong; *P. eandollei*, Brong; *P. euneura*, Gr. E.; *P. truncata*, Zeill.; *P. cyathea*, Schl.; *P. longimorpha*, Bert.; *P. feminaeformis*, Schl.; *P. oreopteridia*, Brong. Estas pizarras contienen algunos delgados lechos de hulla, que han sido reconocidos, pero no ofrecen importancia industrial.

Atribuibles al Carbonífero por su facies, son unos pequeños afloramientos de pizarras pardas o verdosas muy micáceas, que aparecen entre el granito y la arenisca roja en la parte inferior del valle del Muga, cerca de Terradas.

### Barcelona y Tarragona

En las proximidades de Barcelona existen unas pequeñas manchas carboníferas que, atribuidas al Siluriano, fueron señaladas como carboníferas por Almera (1889). Estos asomos, correspondientes al Carbonífero inferior, se encuentran en Horta, en Molins del Rey, en Papiol y al O. de Gavá. Los afloramientos de Horta están constituidos por una serie de capas formadas por una grauwaca de color gris, algunas veces verdosa, que en unos casos presenta carácter marcadamente pizarroso, pero que en otros aparece con un claro aspecto de pudinga de trocitos de rocas cuarzosas feldespáticas o calizas envueltos en un cemento arenoso tobáceo. Su aspecto en la mayor parte de los puntos donde asoma no es realmente el de un depósito carbonífero, habiendo sido fijada su edad por las siguientes especies fósiles encontradas por Almera: *Calamites transitionis*, Goepf.; *C. tenuissimus*, Goepf.; *Archaeopteris Lyra*, Stur.; *A. pachyrachoi*, Goepf.; *A. tchermaki*, Stur.; *Archaeocalamites radiata*, Brong.

En las manchas de Molins del Rey y Papiol pueden distinguirse tres horizontes: el inferior cuarcítico, de lilitas negras, rojizas, verdosas y blancas, en capas delgadas y muy replegadas, que descansan discordantes sobre el Siluriano o el Devoniano; el segundo horizonte es complejo, constituido por calizas, pizarras verdoso-amarillentas y pizarras vínosas alternantes varias veces y está caracterizado por la presencia de trilobites del género *Phillipsia*; y el tercero, está formado por pizarras arcillosas, con o sin granillos arenosos y escamitas de mica, de colores grises o verdosos, con rarísimos restos de *Posidonomya* y grauwacas de elementos gruesos poligénicos, que pasan a grauwacas pizarrosas, con las cuales termina la serie cuando está completa.

En Santa Creu de Olorde, Can Rivas y Molins del Rey,

están desarrollados los tres niveles de liditas, de *phillipsias* y de grauwacas, pero este último falta en Papiol, donde la serie termina con las pizarras vinosas del nivel del *Phillipsia* o en las pizarras inferiores del nivel de grauwacas. El yacimiento más completo, es decir, en el que se encuentran bien desarrollados los tres niveles indicados, es el de Putxet y del Turó.

La fauna recogida en el nivel de *phillipsiàs* de Papiol que ha servido para fijar la edad de este nivel es la siguiente: *Zaphrentis* (?); *Medusa* (?); *Encrinus*; *Lingula Productus longispinus*; *Productus*, sp.; *Orthothes crenistria*; Davidson; *Spirifer sublamellosus*, Kon.; *Phillipsia Bittneri*, Kitt.; *Phillipsia*, sp.; *Goniatites sphaericus* (?), Martin; *Goniatites*, sp.; *Palaeolima simplex*, Phill.; *Aviculapecten semicostatus*, Port.; *Posidonomya Becheri*, Brong; *P. membranacea*, Mac Coy; *Posidoniella*, sp.

En las grauwacas se cita la siguiente flora: *Chondrites*; *Sphenopteris*, sp.; *Diplotmema dissectum*, Goep.; *Pecopteris* (?); *Odontopteris* (?); *Archaeopteris lyra*, Stur.; *Cardiopteris frondosa*, Goep.; *Neuropteris*; *Taeniopteris*; *Angiopteridium Muensteri*, Goep.; *Archaeocalamites radiatus* (?), Stur.; *A. Tschermaki*, Stur.; *Calamites approximatus* (?), Schl.; *C. tenuissimus*, Goep.; *Calamites*, sp.; *Equisetites*, *Lepidodendron*, *Sigillaria*, *Stigmara ficoides*, Brong. Presenta esta lista de flora mezcla de especies de niveles muy distintos, y quizás haya de rectificarse si investigaciones posteriores ofrecen ejemplares mejor conservados.

La mancha carbonífera del O. de Gavá está formada por liditas negras, rojizas y blanquecinas muy replegadas que pueden observarse a lo largo de la carretera de Begas, bordeando las calizas devonianas, metiéndose en cuña dentro de ellas o interrumpiéndolas otras veces con estrechas bandas. La formación es en conjunto transgresiva y discordante con el Devoniano, aunque algunas veces sea esto difícil de observar, por

el gran trastorno que presentan las capas, que en algunos puntos están anormalmente bajo las calizas devonianas, en otros se apoyan sobre los filadidos silurianos y en otros se introducen bajo el Trias, que las recubre transgresivo y discordante, lo mismo que al Siluriano y Devoniano.

Sobre las liditas aparecen, en una colina cerca del kilómetro 3 de la carretera, unas pizarras grauwacoides de color gris verdoso, idénticas a las de Papiol, por lo que han sido atribuidas al mismo nivel, aunque no han sido recogidos en ellas fósiles clasificables.

En la provincia de Tarragona ha sido señalada la existencia del Carbonífero inferior por el Sr. Vilaseca (S.) (1918), que ha atribuido a este sistema la mancha paleozoica de las proximidades de Reus y Falset, que había sido considerada por Mallada como siluriana. Está basada esta variación en el descubrimiento realizado por dicho geólogo de algunos restos fósiles en el Coll de Perelló y en el Alto de Santa Ana, cuyo conjunto considera corresponde el Carbonífero inferior, en el que incluye toda la mancha paleozoica del campo de Tarragona, exceptuando solamente un pequeño asomo de caliza griota, negruzca, sin fósiles, situado al NO. de Almofter, que atribuye al Devoniano. La lista de los fósiles recogidos es la siguiente: *Archaeopteris palmea*, Faura; *Equisetum*, sp.; *Archaeocalamites scrobiculatus*, Schl. (?); *Halserites Dechenianus*, Goep.; *Arenicolites*, sp.; *Nereites Marconi*, Delgado; *Myrianites*, sp.; *Lophoctenium Richter*, Delgado; *L. amplilobatum*, Vilaseca; *L. contortum*, Vilaseca.

En la formación carbonífera que atribuye al Culm inferior distingue los siguientes elementos:

- 1.º Pizarras pardas, micáceas, con chialtolita, que se encuentran entre las fuentes del Ferro y del Valle, al N. del Salt.
- 2.º Pizarras y grauwacas coloreadas o claras, chialtolíticas, del Salt, alto de Cama y San Pedro de La Selva.

3.º Pizarras y grauwacas de los restantes lugares del Campo con las especies fósiles mencionadas en el Collado de Perelló, alto de Santa Ana (Castellvell) y camino de las Sierras (Almoster).

## Región Central

### Burgos

Los principales estudios sobre el Carbonífero de esta provincia son los de Larrazet (1893-1894-1895) y Patac (1918), que distinguen las tres manchas de que consta con los nombres de Cuenca oriental o de Alarcia y Valmala; Cuenca central o de Villasur y Pineda, y Cuenca occidental o de Brieva y San Adrián.

La Cuenca oriental forma una faja que se extiende de E. a O. en unos cinco kilómetros, con un ancho medio de 500 metros, por el borde septentrional del macizo siluriano de la Sierra de la Demanda, apareciendo sumamente dislocada en su extremo oriental, a causa de los movimientos que han producido la depresión de la cuenca del Ebro, quedando la faja carbonífera cortada por fallas que producen discontinuidad en la misma.

Las rocas que la constituyen son pizarras y areniscas más o menos micáceas y pudingas en capas muy dislocadas, constituidas por las diversas rocas del Siluriano, especialmente por las cuarcitas. Las pizarras comprenden capas de hulla semi-grasa de buena calidad que han sido objeto de pequeñas explotaciones.

En Alarcia recogió Larrazet los siguientes fósiles vegetales: *Cordaites lingulatus*, G. E.; *Sphenopteris chaerophylloides*, Brong; *Dictyopteris Brongniarti*, Gutb.; *D. Schutzei*, Roem.; *Leiodermaria spinulosa*, Germ.; *Calamites Suckowi*, Brong; *C. Cistii*, Brong; *Asterophyllites*, *Tylodendron* y *Stigmara*, indeterminados, flora que corresponde al Estefaniense.

También han sido señalados al NO. de Valmala y en la base de la formación sedimentos marinos con *Spirifer*, encontrado por Verneuil, que fueron atribuidos por Larrazet al Dinantiense, y últimamente en los reconocimientos practicados por los ingenieros Patac, Sancho y Sampelayo, ha sido señalada por el primero la existencia de *Fusulinas*, y por los dos últimos la de *Fusulinas*, *Productus* y *Anthracosia*. No parece, sin embargo, que estos hallazgos deban interpretarse como demostración de la existencia del Dinantiense, y más bien deben señalar la existencia de niveles marinos, alternados con los de facies continental de edad estefaniense.

La cuenca central forma una extensa mancha que se extiende de NO. a SE., desde Villasur de Herreros a Pineda de la Sierra, con una longitud total de 18 kilómetros y una anchura media de 1.500 metros y alcanzando alturas comprendidas entre 1.250 y 1.450 metros. Está constituida por pizarras con impresiones vegetales, areniscas grises, algo micáceas y pudingas de cantos de cuarcita con lechos de areniscas de grano grueso.

En la zona de Pineda, cita Patac la siguiente flora: *Stigmara ficoides*, Brong; *Sigillaria Cortei*, Brong; *S. Schlottheimi*, Brong; *S. ovata*, Sauveur; *Knorria*; *Pecopteris polymorpha*, Brong; *P. arguta*, Eternb.; *Dictyopteris sub-Brongniarti*; *Lepidodendron Wortheni*, Lesq.; *Calamites Suckowi*, Brong; *Asterophyllites equisetiformis*, Schl.; *Trigonocarpus Noeggerathi*, Sternb.; flora que corresponde al Estefaniense.

La cuenca occidental o de San Adrián y Brieva es un afloramiento de unos cuatro kilómetros de longitud, de dirección E.-O. aproximadamente, y de una anchura de unos dos kilómetros. Por su parte meridional reposa en discordancia sobre el Devoniano y por el N., E. y O. desaparece recubierto por el Triásico y el Jurásico.

La formación está constituida por pizarras muy hojosas.

con impresiones vegetales y areniscas que algunas veces son de granos gruesos redondeados, formando el tránsito a verdaderas pudingas. En la parte alta de la formación señala Patac en algunos puntos un potente banco de pudinga formado por gruesos cantos rodados de cuarcita con cemento de arenisca de grano muy fino; este banco de pudinga alcanza unos treinta metros de potencia y presenta en su parte superior una hilada de un metro de espesor de arenisca micácea, teñida en algunas partes por óxido de hierro, la cual se presenta también, formando algunos lechos intercalados, en el banco de pudinga.

Las pizarras y areniscas comprenden cuatro o cinco capas de carbón que son objeto de explotación, aunque de poca importancia, y proporcionan una hulla antracitosa de gran poder calorífico.

Entre los restos fósiles recogidos en esta cuenca cita Malleda los siguientes: *Calamites Suckowi*; *C. approximatus*; *C. dubius*; *C. Cistii*; *C. cannaeformis*; *Sphenophyllum emarginatum*; *S. erosum*, *Sphenopteris Schlotheimii*; *Neuropteris gifantea*; *N. flexusa*; *Pecopteris arborescens*; *P. Miltoni*; *P. polymorpha*; *Dictyopteris Brongniarti*; *Lepidodendron dichotomum*; *L. aculeatum*; *L. rimosum*; *Knorria imbricata*; *Lepidophloios rimosum*; *L. laricinus*; *Sigillaria Goeteri*, incluyéndola, como a las anteriores, en el Hullero superior.

### Logroño

El terreno carbonífero de esta provincia está reducido a unas fajitas que se extienden al S. de Préjamo y de Turruncún, que quedan limitadas al N. por conglomerados y areniscas terciarias, y al S. por calizas triásicas.

Las rocas que las forman son conglomerados, areniscas y pizarras arcillosas, con capas de carbón. Predominan las are-

niscas en sus dos variedades, arcosa y samita; ésta de grano fino, con tránsito a pizarra arcillosa, generalmente parduzca, y las arcosas son generalmente parduzcas o rojizas y presentan con frecuencia nódulos ferruginosos que llegan hasta 30 centímetros de diámetro. Sánchez Lozano (1894) cita como recogidos en este afloramiento los siguientes, fósiles vegetales: *Pecopteris arborescens*, Shlt.; *P. alethopteroides*, G. E.; *P. Mantelli*, Brong (?); *Mariopteris nervosa*, Brong; *Eremopteris artemisiaefolia*, Schimp.; *Calamites* mal conservados; lo que le hace clasificar la cuenquecita como correspondiente a la parte baja del Hullero superior.

La edad carbonífera de este afloramiento ha sido puesta en duda por algunos geólogos. Chudeau (1879) la considera como Hetangiense por el hallazgo de otros fósiles. Lo mismo hace Joly (1926), pero apoyándose, además, en razones tectónicas, Hahne, Richter y Schröder (1930) lo consideran como wealdico por la distribución del carbón. Richter y Teichmüller (1933) lo atribuyen al Albiense, por su parecido con el de Utrillas. Por último, Olagüe (1935) sustenta también esta opinión, fundándose en consideraciones tectónicas y de flora.

### Guadalajara y Teruel

Las pequeñas manchas carboníferas de Guadalajara, conocidas desde antiguo, han sido muy bien estudiadas por el ingeniero Pérez Cossio (L.) (1920), y son tres, conocidas con los nombres de los pueblos en cuyo término se encuentran.

La mancha de Tamajón está situada entre Tamajón y Retiendas, en el barranco de la Solana de las Huertas, formando un lomo o contrafuerte de la orilla derecha del barranco. Es de pequeñísima extensión y presenta un espesor total que no excede de 20 metros.

Se apoya en estratificación discordante sobre el Siluriano y se compone de abajo arriba de los siguientes lechos:

Pizarras grises muy oscuras, con mica negra y plateada en sus lechos de estratificación y crucero.

Conglomerados de pequeñas lascas de pizarras silurianas unidas por un cemento silíceo arenáceo con mica.

Arenisca en contacto con una capa de carbón de seis centímetros y después areniscas pizarreñas grises, conglomerado potente (cinco metros) de cantos gruesos rodados de pizarra siluriana unidos por cemento arcilloso, con algunas hojuelas de mica.

Un lecho delgado de arcilla pizarreña gris.

Un lecho de conglomerado de hojas pequeñas de pizarras como el citado en segundo lugar.

Un lecho de arenisca clara.

Un lecho de pizarra gris, banco potente de arenisca pizarreña (cinco metros) gris clara, con hojuelas de mica y partículas carbonosas, formando una verdadera samita.

Finalmente, un lecho de arenisca pizarreña gris rojiza con hojuelas de mica.

Sobre esta última capa se apoya el Cretáceo, que comienza por una arenisca roja con cantos de caliza.

La mancha de Retiendas es de mayores dimensiones que la anterior, se apoya, como ella, en las pizarras silurianas y se extiende a las dos orillas del Jarama.

Los afloramientos carboníferos son unas areniscas claras, pizarreñas micáceas, con algunas partículas carbonosas, y entre estas areniscas se intercalan lechos de pizarras y de conglomerados formados por cantos rodados de pizarra siluriana. También se intercalan lechos de carbón de insignificante espesor, mucho brillo y formando ondulaciones dentro de la masa de la arenisca.

La mancha de Valdesotos y Tortuero se extiende por las

orillas del arroyo Palancar, desde Cabeza de Udilla hasta cerca del pueblo de Valdesotos, alcanzando parte del término municipal de Tortuero. Es la de mayor extensión y tiene composición análoga a las anteriores, habiéndose realizado en ella, así como en las otras, diferentes trabajos de reconocimiento, siempre sin resultado práctico. También se ha intentado la destilación de las pizarras, que contienen hidrocarburos, pero también sin resultado económico.

Ha sido citada en este Carbonífero por Donayre (1874), Palacios (1879) y Castell (1881) la siguiente flora: *Annularia longifolia*, Brong; *Pecopteris Miltoni*, Artis.; *P. arborescens*, Brong; *Alethopteris aquilina*, Schlt.; *Sigillaria reniformis*, Brong; *S. Groteri*, Stern.; *S. intermedia*, Brong; *Calamites pachyderma*, Brong; *C. Cistii*, Brong; *Lepidodendron rimosum*, Stern.; *L. Sternbergii*, Brong; *Lycopodites sellaginoides*, Stern.; atribuyéndola por ella al Hullero superior.

El Sr. Cossío recogió también en la mancha de Tortuero un ejemplar de *Taeniopteris multinervis*, Weis.; que, como propio del Permiano, le hace sospechar que las manchas de referencia correspondan a dicho terreno.

Al NO. de Molina de Aragón existe otra pequeña mancha carbonífera descubierta por Mallada y descrita primeramente por Calderón (1898) y últimamente por Lotze (1929). Forma esta mancha una estrecha faja que se extiende en unos dos kilómetros lo largo del borde SO. de la Sierra de Aragoncillo, apoyándose sobre el Siluriano, que la limita por todos lados, excepto por un pequeño arco al S. y al O. en que queda cubierta por las areniscas triásicas.

Su más completo desarrollo lo presenta cerca de Rillo de Gallo, donde Lotze distingue los siguientes horizontes, de abajo arriba:

1.º Areniscas de grano grueso, grises o blanquecinas, con unos cinco metros de potencia.

2.º Brechas tobáceas, toscas, con bloques de rocas porfídicas cuarzosas, caolinizadas, en bancos gruesos con intercalaciones de pizarras de grano fino que contienen troncos de árboles silicificados, que alcanzan cincuenta centímetros de diámetro, y se presentan a veces en gran número en algunas superficies descubiertas. En los bancos superiores, las brechas están coloreadas de verde hierba intenso. Potencia, unos cinco metros.

3.º Alternancia de pizarras negras con bancos de caliza, en parte pura, en parte silicea. Potencia, unos 15 metros.

4.º Arcillas grises oscuras con bancos silíceos de unos 25 metros de potencia.

5.º Areniscas silíceas grises que alternan con pizarras, con unos 50 metros de potencia.

Solamente las formaciones de la base, arenosas y tobáceas, son fosilíferas y contienen trozos de madera silicificada, *Dadoxylon*, sp., que en algunos sitios quedan al descubierto con su sistema de raíces, por descomposición de la roca blanda que los contiene. Según Calderón, fueron también encontradas por Mallada impresiones de *Pecopteris* y *Sigillaria*.

Aunque sin datos suficientes para determinar su edad, se atribuye esta mancha al Estefaniense.

Lotze, cita también, atribuyéndolas al Carbonífero superior, otras dos manchitas descubiertas por él en la provincia de Teruel. Una, situada al SO. de Torremocha del Pinar, está intercalada con discordancia entre el Siluriano y el Triás y formada por arcillas pizarrosas de color verde, gris o negruzcas, calizas silíceas de color verde gris claro y concreciones de silex. No se puede apreciar con seguridad a qué horizonte de los citados en la mancha de Molina corresponde, pero considera que, probablemente, corresponda al horizonte 5.º

La otra manchita se encuentra en Sierra Menera, al E. de Pedregal, en la trinchera de la carretera a Monreal del Campo,

donde aparecen unas arcillas negruzcas, situadas inmediatamente al muro del Triás inferior, apareciendo además en los campos, al S. de la carretera, rocas silíceas negruzcas.

### Cuenca

Está en esta provincia representado el terreno carbonífero por la manchita hullera de Henarejos, estudiada y descrita por Cortázar (1875-1883), y consiste en un afloramiento de unos 700 metros de extensión que aparecen en el valle de los Castillejos, a nueve kilómetros al S. de Henarejos.

La constituyen, en su parte inferior, pudingas, samitas de grano grueso y areniscas grises de grano fino, con hojuelas de mica blanca y manchas carbonosas y que a veces contienen algunos guijos de cuarzo.

En su parte alta está formada por pizarras arcillo-carbonosas, micáceas, en ocasiones calcíferas y manchadas por piritita de hierro, intercalándose entre ellas cinco lechos de hulla. Las samitas y pizarras presentan frecuentemente concreciones esferoidales de siderosa e hidróxidos de hierro, algunas hasta de 50 centímetros de diámetro, que encierran en su centro nódulos de aragonito y cristales de cuarzo hialino.

Se apoyan los estratos carboníferos sobre el Devoniano, alcanzando unos ochenta metros de espesor, y quedan recubiertas por el Triás.

En el tramo de pizarras se han recogido las siguientes especies: *Calamites Suckowi*, Brong; *C. Cannaeformis*, Brong; *Calamocladus longifolius*, Brong; *Neuropteris acutifolia*, Brong; *Pecopteris Miltoni*, Brong; *Alechopteris aquilina*, Schlt., y otras especies no clasificables correspondientes a los géneros *Pecopteris*, *Sigillaria* y *Lepidodendron*. Por esta flora debe atribuirse desde luego la faja carbonífera al Estefaniense.

En cuanto a las hiladas que la cubren, formadas en su



parte inferior por conglomerados, areniscas y arcillas pizarrosas con nódulos de óxido de hierro, atribuidas por Cortázar al Triás, fueron clasificadas por Jacquot (1866) como permianas, basándose en su identidad de caracteres con la nueva arenisca roja de los Vosgos. No encontramos con posterioridad dato alguno local que pueda aclarar esta cuestión, pero el haberse comprobado la existencia del Permiano en diversos puntos de la Península, atribuyéndose actualmente a este terreno otras formaciones análogas a la de Henarejos, hacen recordar como muy probable la opinión de Jacquot.

### Soria y Zaragoza

El terreno Carbonífero está representado en estas provincias por la mancha que ocupa la parte alta de la Sierra del Moncayo y que, atribuida antes al Triás, fué señalada como carbonífera por Palacios (1917), basándose en su semejanza estratigráfica con las formaciones por él estudiadas en el Pirineo navarro, correspondientes al Estefaniense.

Se apoya la mancha del Moncayo sobre el Siluriano, y está constituida por hiladas alternantes de pizarras y areniscas, con más desarrollo de las últimas; las pizarras, por lo general, son arcillosas, presentando algunas aspecto de filadíos; las areniscas son micáceas, hojosas y con aspecto de verdaderas samitas, y al conjunto, que mide unos 400 metros de espesor, suelen servir de base gruesos bancos de pudinga con cemento de color pardo agrisado que, con discordancia manifiesta, descansan en el Siluriano.

No han sido recogidos fósiles en esta mancha, manifestando el Sr. Palacios que, no obstante el interés que en ello puso, no logró ver más que una borrosa impresión en una lasra de samita que podría ser atribuida a un *Calamites* o un *Equisetum*.

### Ciudad Real

El Carbonífero de esta provincia está solamente representado por la cuenca de Puertollano, que por estar recubierta por terreno moderno, no fué descubierta hasta el año 1873, siendo desde entonces objeto de explotación, que se encuentra ya muy avanzada.

Ocupa este Carbonífero una extensión de unos 20 kilómetros de largo, por un ancho medio de cinco, y está contenido en un sinclinorio siluriano que con orientación E.-O. forma la cubeta en que se depositó; está recubierto en algunos sitios por capas de basalto, y en otros, por retazos miocenos y por aluviones.

No forma la cubeta carbonífera un solo sinclinal, sino que queda dividida en dos óvalos N. y S., separados por un lomo no muy marcado, presentando los estratos bastante inclinación en los bordes de la cuenca y débil inclinación en el lomo central. La separación entre los dos óvalos no es completa, pues en algunos puntos las capas de uno y otro se hallan unidas, formando un suave anticlinal, pero en otras zonas, las capas conocidas forman dos partes distintas, según ha podido comprobarse con las labores mineras.

Esta circunstancia la explican los ingenieros Gamboa y Pacheco (1923) en su notable estudio de la cuenca, suponiendo que el pliegue anticlinal intermedio lo formaba ya el Siluriano al depositarse el Carbonífero, pero permitiendo en algunos sitios la continuidad de la formación, y que en la época terciaria, al ocurrir las erupciones basálticas, el pliegue anticlinal se acentuaría, marcándose más la separación de los óvalos.

No se conoce la potencia total de este Carbonífero, pero Gamboa y Pacheco la calculan en 400 metros para el óvalo S. y en 700 para el óvalo N.

La cuenca está constituida por alternancias de pizarras y areniscas, que se repiten con espesores variables en toda la profundidad de la cuenca, predominando las areniscas en la parte superior. Las areniscas suelen ser micáceas y otras veces arcillosas, de estructura maciza o tabular y de colores variados, blanco, amarillo, gris, pardo o rojo, variando de aspecto de unas partes a otras del mismo banco. Las pizarras son síliceas, carbonosas o ferruginosas, con colores azulados, grises, amarillos o negros.

Se conocen en esta cuenca seis capas de carbón, aunque realmente son solamente explotables la primera y la segunda. Entre las capas cuarta y quinta existe una formación potente de pizarras bituminosas que producen por destilación gasolina y distintos tipos de aceites pesados.

Se halla atravesado el Carbonífero en algunos sitios por las chimeneas que, poco antes del Mioceno, dieron lugar a las coladas basálticas que se encuentran sobre él. Algunos de estos orificios de salida alcanzan mil metros de perímetro, y de ellos parten grietas hasta de treinta o cuarenta metros de potencia, aunque de pequeña longitud, que cortan los estratos, produciendo pequeños saltos en ellos, y algunas veces sin producir desnivel alguno. Se encuentran rellenos por materiales detríticos de tamaños muy diversos, mezclados con basaltos en diferentes estados de descomposición, encontrándose también trozos de hulla envueltos en basaltos más o menos alterados. Las capas de carbón se encuentran coquizadas en sus contactos con estas grietas y chimeneas, aunque en pequeña profundidad.

Las especies fósiles que en la cuenca se citan como más abundantes son: *Calamites Suckowi*, Brong; *C. Cistiü*, Brong; *Pecopteris arborescens*, Schl.; *P. dentata*, Brong; *P. pteroides*, Brong; *Goniopteris elegans*, Brong; *Catenaria decorata*, Germ.; *Sphenophyllum fimbriatum*, Brong; *S. emarginatum*,

Brong; *Asterophyllites grandis*, Brong; *Sigillaria tessellata*, Brong; *Stigmaria ficoides*, Brong. Además de estas especies vegetales se han encontrado restos de *Actinocrinus*, *Productus*, *Orthoceras* y de un pez de la familia *Palaeoniscidae*, habiéndose atribuido la cuenca al Hullero superior.

Mallada cita también *Volkmania gracilis*, Stern., y *Walchia piniformis*, Stern.; Gamboa y Pacheco, *Walchia piniformis* y unas pequeñas impresiones de dos milímetros que parecen corresponder a *Posidonomya minuta* como existentes en las primeras capas de la cuenca; el personal del Instituto que estudió la hoja de Mestanza (1929), *Syringodendron gracile*, Ren.; *Sigillaria approximata*, Font y Whit.; *S. Maureti*, Zeill.; *Walchia piniformis*, Stern.; *W. hypnoides*, Stern.; *Callipteris conferta*, Stern. Estos restos parecen comprobar que la parte más alta de la cuenca corresponde al terreno Permiano, concordando con ello el aspecto de los estratos más altos, constituidos por areniscas blancas y rojas semejantes a las triásicas y pizarras de colores claros, amarillentos y rojizos. No se puede, sin embargo, fijar la potencia de la formación permiana, por hacerse el tránsito de unas capas a otras de una manera insensible, sin que pueda observarse la menor discordancia.

## Región Meridional

### Córdoba

Corresponde a esta provincia la principal mancha carbonífera del S. de España que constituye la cuenca de Bélmez, importante por su producción carbonífera. Esta cuenca, estudiada primeramente por Parran (1876), lo ha sido después principalmente por Mallada (1899), Mallada y Carbonell (1913), Carbonell (1920) y también por Groth (1911), aun-

que éste no llegó, desgraciadamente, a completar sus estudios, que han sido expuestos por Bourbon (1927).

Se distinguen en esta mancha carbonífera dos zonas distintas, la cuenca de Bélmez propiamente dicha, que se extiende por el valle del Guadiato, y la prolongación de ésta que, por el Guadalbarbo, llega, por Adamuz, a la orilla derecha del Guadalquivir.

Forma la mancha carbonífera una faja alargada de NO. a SE. y en conjunto, según Groth, está constituida por dos sinclinales hulleros, separados por un anticlinal cambriano. En la parte NO. de la faja están unidos los dos sinclinales hulleros, y al E. de Bélmez aparece el anticlinal que los separa, continuando el sinclinal hullero del N. por el valle del Guadalbarbo a Villaharta y Adamuz; el sinclinal hullero del S. se extiende paralelamente al anterior por Alhondiguilla y El Vacar.

Se apoya en general el Carbonífero sobre los terrenos Cambriano y Siluriano, habiendo sido señalado también por Mallada un estrecho islote devoniano que aparece en la vertiente occidental de Sierra Boyera, interpuesto entre el Siluriano y el Carbonífero; está atravesada la cuenca entre Fuenteovejuna y la Ballesta por varios islotes de pórfidos anfibólicos de colores rojo-parduzco y amarillento, que, por su descomposición muy avanzada, tienen aspecto de areniscas, con las que pueden confundirse.

Los sinclinales hulleros son isoclinales, con buzamiento SO., y, además de presentar ondulaciones transversales, las presentan en el sentido longitudinal, dando lugar a una estratigrafía muy complicada, que es indudablemente la causa de que no esté aún bien definida la sucesión de los distintos tramos.

Mallada, en su descripción de la cuenca de Bélmez, admite está formada por tres elementos distintos: "la caliza car-

bonífera intercalada en varios cordones salientes o desgajada por fallas entre el Hullero; el Culm o Hullero inferior, desprovisto de carbón, que se extiende en una faja de pizarras y grauwacas pizarreñas por los límites occidentales, y el Hullero propiamente tal".

No establece un orden bien definido entre estos elementos, considerándolos como tramos de la cuenca, y en lo que a la caliza se refiere, dice no asoma en una serie continua desde el comienzo al final de la cuenca, sino en islotes y serujones, no pudiéndose atravesar aquella en cualquier sentido sin que varíe de mil modos la disposición de las capas, debido, no sólo a los trastornos estratigráficos, sino también a la forma de cuñas o lentejones de las calizas, que se encuentran enclavadas en filas paralelas y que afloran con contornos tan irregulares como si fuesen masas hipogénicas.

Sin embargo, admite en las calizas tres horizontes distintos, como parece deducirse de lo siguiente:

"Por sus caracteres estratigráficos y paleontológicos, se comprende que la caliza carbonífera de ésta cuenca no corresponde precisamente a la edad más inferior del sistema, o sea a la que, para la región cantábrica, denominó Barrois de los cañones o de las hoces, y que tan enorme desarrollo tiene en las provincias de Oviedo, León, Palencia y Santander. La caliza de la cuenca de Bélmez se formó en tres periodos diferentes y con muy diversa intensidad. El primero, en que la sedimentación química del carbonato de cal estaba acompañada y fué repetidas veces interrumpida por la sedimentación mecánica de las pizarras y grauwacas del Culm; el segundo, en que dicha sedimentación química fué más copiosa y tranquila, principalmente en la mitad meridional de la cuenca, que, topográficamente, es la más baja; el tercero, en que volvieron a ser predominantes los arrastres mecánicos, al propio tiempo que se depositaron los lechos de combustible. Claramente se

perciben las señales de estos tres tiempos en la formación de la caliza de la cuenca si se repara en las diferencias de sus caracteres petrológicos. Las calizas del primero y del tercer tiempo contienen en mayores o menores proporciones granillos de cuarzo y trocitos de pizarra mezclados con crinoides y otros restos orgánicos de la época, y se presentan en bancos aislados de pequeños espesores, mientras que las calizas del segundo tiempo son mucho más puras, de grano más fino y asoman en los islotes y serrijones que más sobresalen por el costado occidental de la cuenca hullera propiamente tal, en la Parrilla, en la Sierra de Boyera, en el cerro del Castillo de Bélmez, en la Sierra Palacios, en la del Castillo de Espiel, en Nava Obejo y en Navacaballo."

El Culm o Hullero inferior, dice está formado por alternancias muy repetidas de grauwasas o samitas pizarreñas muy micáceas y de pizarras arcillosas de matices azulados y verdosos muy parecidas a las del Cambriano, con las que han sido confundidas. Entre estas pizarras y grauwasas se intercalan también lechos muy delgados de calizas más o menos fosilíferas y que encierran granitos de cuarzo y trocitos de pizarra.

El Hullero medio lo considera compuesto de conglomerados, pizarras arcillosas y arcillo-carbonosas, samitas de grano grueso alternantes con pudingas, intercalándose, además de las capas de carbón, otras de caliza, de arcilla pizarreña, gredas plásticas azuladas, lechos y bolsadas de hematites parda y de siderosa. Los conglomerados, de un gran desarrollo, presentan distintos aspectos, habiéndolos brechoides de cantos angulosos, de cantos medianos y pequeños con cemento rojizo, y otros de cantos también desiguales y cemento gris, predominando en todos el elemento cuarzoso, que es casi exclusivo. En las areniscas hay que distinguir: las samitas que son cuarzosas de colores parduzcos y amarillentos, cemento arcilloso y

hojuelas de mica, y las arcosas, que son feldespáticas, y en las cuales se mezclan los granos de cuarzo con otros blancos de ortosa descompuesto.

En la parte SE. de la cuenca, llamada cuenca del Guadalbarbo, distinguen Mallada y Carbonell (1914), por los elementos que los componen, tres tramos o zonas distintas, que de abajo hacia arriba son:

1.º Zona inferior de las calizas.

2.º Zona en que sobresalen las areniscas cuarzosas muy duras, y las pudingas con pizarrillas arcillo-carbonosas que encierran las capas, vetas y costras de carbón.

3.º Zona de pizarra arcillosa en lechos delgados, repetidas veces alternante con otra pizarra compacta más saliente y con samitas gris verdosas, en gran parte derrubias, formando una banda estéril en el centro de la cuenca.

Aunque consideran este Carbonífero del Guadalbarbo prolongación del de Bélmez, no establecen la relación que existe entre las tres zonas que en ella establecen, con las otras tres zonas de calizas, Hullero inferior y Hullero medio que distingue Mallada en el Carbonífero de Bélmez, limitándose a suponerlas de edad más antigua que las de Bélmez y correspondientes al Hullero inferior o base del Hullero medio; fundamentando esta opinión en no encontrar en la cuenca del Guadalbarbo señales de las numerosas especies vegetales que aparecen en la de Bélmez, lo que atribuyen a faltar en aquella, casi por completo, los estratos del Hullero medio.

Mallada ha recogido en la zona de calizas de la cuenca de Bélmez, en las capas superiores de la Sierra de Espiel, los siguientes fósiles animales:

Entre los braquiópodos, *Rhynchonella pleurodon*, Phill.; *Spirifer lineatus*, Mart.; *S. bisulcatus*, Sow.; *S. pinguis*, Sow.; *Productus semireticulatus*, Mart.; *P. punctatus*, Sow.; *P. giganteus*, Mart. Entre los crinoides, artejos del *Poteroicrinus*

*crasus*, Miller, asociado a placas y radiolas sueltas de un *Archaeocidaris* parecido al *A. Munsterianus*, Kon., y a la *Fenestella retiformis*, Schl. Entre los coraliarios, como la especie más comúnmente encontrada, cita el *Lithostrotion Martini*, Edw. et Haime; citando además: *Zaphrentis cylindrica*, Soul.; *Z. Bowerbanki*, Edw. et Haime; *Amplexus coralloides* (?), Edw. et Haime; *Cyathophyllum Murchisoni*, Edw. et Haime.

Del conjunto de esta fauna, deduce Mallada que las calizas corresponden al Hullero inferior mejor que a la caliza de montaña.

Resulta sumamente confusa la edad que atribuye a las calizas, así como su situación estratigráfica, pues mientras por la fauna recogida en las capas superiores de la Sierra de Espiel considera a las calizas como del Hullero inferior, anteriormente, por su forma de sedimentación, supone a las calizas del tercer periodo, en que predominaron los arrastres mecánicos, contemporáneas de las capas de carbón, que sitúa en el Hullero medio.

Como recogidas en las pizarras del tramo Hullero medio, cita Mallada las siguientes especies vegetales: *Calamites Suckowi*, *C. approximatus*, *C. undulatus*, *C. Cistii*, *C. cannaeformis*, *Calamocladus foliosus*, *Sphenophyllum emarginatum*, *Sphenopteris artemisiaefolia*, *S. tridactylites*, *Neuropteris cordata*, *N. gigantea*, *N. flexuosa*, *N. heterophylla*, *N. Cistii*, *N. Scheuchzeri*, *N. auriculata*, *Pecopteris pennaeformis*, *P. Meriani*, *P. Plukeneti*, *P. hemiteloides*, *P. Miltoni*, *Alethopteris Serlii*, *Dictyopteris Brongniarti*, *Ptychopteris monodiscus*, *Lepidodendron dichotomum*, *L. rimosum*, *L. obovatum*, *Sigillaria tessellata*, *S. elegans*, *S. laevigata*, *S. captotaenia*, *S. scutellata*, *S. mamillaris*, *S. romboidea*, *S. Brongniarti*, *Cordaites borasifolius*, *Stigmara ficoides*, *Cardiocarpus emarginatus*, *Rhabdocarpus*, sp.

Por las especies anteriores, atribuye Mallada el tramo al

Hullero medio y comienzo del superior, pero es posible que nuevos estudios y clasificaciones de fósiles recogidos incluyan el tramo en el Hullero superior, como parece indicarlo la presencia de algunas de las especies citadas.

Además de la cuenca principal, existen en la provincia de Córdoba varias manchas hulleras, pudiendo citarse las ya descritas por Mallada, de Granjuela, Valsequillo, Bembézar, Benajarafe y Hornachuelos y las señaladas por Carbonell en las hojas del Instituto Geológico núms. 881 y 882.

Estas últimas, que bordean la mancha granítica de Venta de Cardena y Villanueva de Córdoba, se atribuyen por Carbonell al Culm, sumamente metamorfozido por el granito, distinguiendo tres tramos, que, de arriba hacia abajo, son los siguientes:

1.º Tramo superior de las pizarras negras astillosas.

2.º Tramo medio de las pizarras gris azuladas o gris verdosas, con manchas pardo-rojizas y vetas de cuarzo interestratificadas.

3.º Tramo de las alternancias de las pizarras azuladas, con las areniscas samíticas y amarillentas grauwaqueñas.

Estos estratos se consideraban anteriormente incluidos en el Cambriano y Siluriano, pero han sido atribuidos al Carbonífero por presentar las pizarras manifiestas analogías con las del Culm de Huelva y por haber hallado entre ellas bancos de caliza con restos de crinoides, que Carbonell considera probable pertenezcan al *Poteriocrinus crassus*, Miller, mencionando también el hallazgo de un *Cyathophyllum elegans* y algunos restos de *Calamites*.

Las manchitas de Granjuela y Valsequillo, situadas en el lado N. de la cuenca de Bélmez, son de muy pequeña importancia, estando la primera representada por dos fajitas de caliza, limitadas por cuarcitas, que ofrecen los mismos caracteres petrográficos y las mismas señales de *Crinoides* que las cali-

zas de la Sierra de Espiel. La de Valsequillo está constituida por conglomerados, unos de cantos gruesos y otros de guijo menudo, y se extiende en unos dos kilómetros hasta ocultarse bajo el Diluvial.

Más importantes que las anteriores son las manchas de Bembézar y Benajárafe, situadas al S. de la cuenca de Bélmez, y que, con las de Guadalcanal, en la provincia de Sevilla, y las de la provincia de Badajoz, parecen constituir los restos de otra gran cuenca de orientación análoga a la de Bélmez. Las dos comprenden capas de carbón que han sido objeto de trabajos mineros. La mancha del río Bembézar, o cuenca de Valdeinfierno, está compuesta por pizarras arcillosas y arcillo-carbonosas y cuarcíferas, tránsito a samitas, que encierran varios lechos carbonosos y una capa de carbón que llega a alcanzar 1,50 metros de potencia. Este tramo de pizarras se apoya sobre grauwacas pizarreñas brechoides y queda recubierto por otros conglomerados cuarzosos de cantos poco rodados. Respecto a la edad de esta cuenca, existe el importante dato que da Carbonell (1917) de haber recogido un ejemplar de *Walchia piniformis*, Stern, con lo que se la puede atribuir a un nivel análogo a la parte alta de la cuenca de Puertollano, o sea, parte alta del Carbonífero superior, o base del Permiano.

La cuenca de Benejarafe o de los Hatillos, situada en la margen izquierda del río Benajárafe, se compone de pizarras arcillosas, alternantes con pizarras silíceo-carbonosas, negras y tabulares; las primeras encierran nódulos silíceo-arcillosos, ferruginosos, pardos y duros, y vetas de caliza espática con pirita de hierro y de cobre. Se apoyan las pizarras sobre conglomerados de cantos cuarzosos, en gruesos bancos, hasta de 40 metros de espesor, y comprenden algunas capas de carbón de potencias variables, de ocho centímetros a dos metros. Las pizarras contienen restos vegetales en los que, según Carbo-

nell (1917), se pueden reconocer *Calamites*, *Cordaites* y *Pecopteris*.

Respecto a la mancha de Hornachuelos, está constituida por potentes bancos de conglomerado, que forman altos crestones a la derecha del Guadalora, entre Hornachuelos y Navas de la Concepción, y que Mallada atribuyó al Hullero por su semejanza con los conglomerados de este sistema.

### Sevilla

En la provincia de Sevilla está representado el Carbonífero por la cuenca de Villanueva del Río, las manchas de Guadalcanal y San Nicolás, continuación de las de Badajoz, y se puede también citar la extensa mancha del Viar, que, clasificada actualmente como permiana, no nos ocuparemos de ella en este lugar.

La cuenca de Villanueva del Río está constituida por un sinclinal del terreno Hullero, que se apoya en completa discordancia sobre el Cambriano y que en su parte S. queda oculto por el Terciario. El eje del sinclinal que buza al S. tiene en la parte del mismo no recubierta por el Terciario, una dirección N.-10°-O., sufriendo después una inflexión y tomando la dirección N.-25°-O. La parte aflorada del sinclinal está recorrida por el río Huesna, que lo divide en dos porciones, buzando las capas de la occidental al E.-SE., y las de la oriental al O.-SO., y presentando los estratos de la rama occidental mayor inclinación que los de la oriental.

Se agrupan los estratos de esta cuenca del modo siguiente: Brechas de la base, pizarras y samitas con capas de carbón y pudingas del techo.

El tramo de brechas se compone de los siguientes elementos:

- a) Brechas con elementos de diez a veinte centímetros,

muy angulosos, que proceden exclusivamente de las pizarras cambrianas.

b) Conglomerado de grandes elementos de la misma procedencia con textura mármorea.

c) Areniscas pizarreñas de color negruzco.

d) Areniscas iguales a las anteriores con cantos rodados procedentes de pizarras cambrianas.

e) Pudingas de color amarillento ferruginoso.

Estos estratos, excepto el último, alternan repetidas veces, dando lugar a un tramo de unos 35 metros de espesor.

El tramo que contiene las capas de carbón descansa sobre las pudingas del anterior y consta de una serie de pizarras y areniscas de grano fino, entre las que están contenidas las capas de carbón. Son estas cuatro: la más inferior, llamada "El Banquillo", se explotó sólo en la parte N. de la cuenca, pero sin que casi nunca resultara aprovechable, por presentar intercaladas vetas de arcilla o arenisca; la siguiente, llamada "El Cajón", no es constante y falta en el fondo de la cuenca, pero su carbón es limpio, variando su espesor de 0,80 a un metro; a continuación se encuentra la "Capa principal", llamada así por ser la más regular y más potente, pues su espesor varía de dos a seis metros, estando caracterizada por presentar siempre en su parte superior una intercalación constituida por una veta de arenisca de ocho a diez centímetros de espesor; la capa más alta varía de espesor de 1,80 a dos metros y consta de dos vetas de carbón separadas por otra de arenisca blanca de grano fino. El espesor total del tramo es de unos 30 metros.

El tramo de pudingas del techo está formado por potentes bancos de dicha roca, que aumentan de espesor hacia el S. de la cuenca, donde quedan recubiertos por el terreno Terciario.

No han sido recogidos en esta cuenca fósiles animales, presentando una facies puramente continental con la siguiente

flora citada por Mallada: *Calamites Suckowi*, *C. Cistii*, *Neuropteris cordata*, *N. heterophylla*, *N. Scheuchzeri*, *Pecopteris leptorachis*, *P. Meriani*, *P. arborescens*, *P. hemitelioides*, *Alethopteris lonchitica*, *A. aquilina*, *Sphenophyllum saxifragae-folium*, *Sigillaria Cortei*, *S. Davreuxi*, *S. Brardii*, *S. orbicularis*, *S. elongata*, *S. mammillaris* y trazas de *Cordaites*, correspondiendo al Carbonífero superior o Estefaniense.

Las manchitas de Guadalcanal son tres, situadas en la vertiente oriental de la Sierra de Guadalcanal. Se apoyan en el Cambriano y Estrato-cristalino, y, según Carbonell (1917), están constituidas por la siguiente sucesión de estratos de abajo hacia arriba: Pizarras duras, negras; carbón; pizarras concrecionadas fosilíferas, gris verdosas; y donde la denudación no produjo efectos muy intensos, se conservan sobre las pizarras, areniscas y conglomerados, que en algunos puntos adquieren gran desarrollo. Ha comprobado Carbonell la existencia de una capa de carbón, y considera probable la existencia de alguna más.

Respecto a la edad de las manchas, consideramos deben atribuirse al Estefaniense, como parece deducirse de la abundancia con que, según Mallada, se encuentran en ellas el *Pecopteris polymorpha* y el *P. oreopteridea*, únicas especies que encontramos citadas en ellas.

Las manchas de San Nicolás son cuatro, que se extienden desde Alanís hacia el SE., siendo la mayor la de San Nicolás del Puerto, situada casi toda sobre la izquierda del Huesna. Se apoyan discordantes sobre el Cambriano, y constan de un tramo inferior de pizarras de colores claros; sobre él, otro de samitas carbonosas y areniscas ricas en restos de plantas, con algunos lechitos de carbón; y como tramo más alto, gruesos bancos de pudingas, en las que entran cantos procedentes de todas las formaciones antiguas. Aunque no se citan fósiles recogidos en ellas, su situación y composición, completamente

análoga a la de las anteriores, parecen indicar que corresponden también al Estefaniense, constituyendo los restos de una gran formación denudada.

### Badajoz

No tiene el terreno Carbonífero de esta provincia importancia industrial, aunque existen en ella manchas de alguna extensión que, sin duda por dicha causa, se hallan aún poco estudiadas. Cita Mallada las de Los Santos de Maimona, Villagarcía, Reina y Fuente del Arco, y Lacazette (1919) agrega que también existe en Casas Reina el Carbonífero, y que las calizas situadas al SO. de las manchas hulleras corresponden también al mismo sistema.

Estas calizas forman fajas paralelas de dirección, NO.-SE. que se extienden al O. de las manchas hulleras, quedando algunas veces interrumpidas por el Cambriano, que con el Siluriano en algunos puntos, constituye la formación en que se apoya en discordancia el terreno Carbonífero.

Las calizas son de composición bastante variada, presentándose unas veces muy puras, casi marmóreas, de colores gris, azulado o rosáceo, con vetas espáticas, y otras sumamente ferruginosas, pasando algunos bancos a ser excelente mineral de hierro. Alternando con estas calizas se presentan en algunas partes, como en la Sierra Jayona y en la de Casas Reina, fajas de pizarras arcillosas de grano basto, y en la Sierra de Casas Reina se encuentra también en su falda oriental, en el contacto con el Hullero, un nivel de calizas alternantes con pizarras rojizas, muy mezcladas con ellas, formando generalmente las calizas nódulos alargados, enclavados en las pizarras.

Atribuye Lacazette estas calizas al terreno Carbonífero, en vez del Cambriano y Siluriano, como se suponía anteriormen-

te, basándose en la discordancia manifiesta que presentan con dichos terrenos, y también en la fauna encontrada en ellas; citando *Lithostrotion basaltiforme*; *L. floriforme*; *Lonsdaleia papillata*; *Amplexus*; restos de crinoides y fragmentos de conchas de cefalópodos y braquiópodos, probablemente *Productus*.

De las manchas hulleras conocidas de antiguo, la principal es la de Los Santos de Maimona, que, según Navarro y Lacazette (1922), está formada por conglomerados, areniscas y pizarras, presentándose también interestratificados lechos eruptivos constituidos por pórfidos anfibólicos de colores rojo y parduzco y diabasas muy alteradas. Los conglomerados están formados de elementos de naturaleza muy diversa, pues aunque calizos en su mayoría, presentan también cantos rodados silíceos y trozos de las rocas eruptivas, y los elementos son generalmente gruesos, aunque también existen partes en que se presentan con elementos pequeños. Sobre los conglomerados se extiende una faja de pizarras arcillosas muy delezna- bles de color rojo y amarillo, alternando con areniscas micáceas de grano fino. Estas pizarras son muy fosilíferas y contienen una capa de carbón. Sobre este tramo aparece otro de areniscas amarillentas y después una capa eruptiva sobre la que se apoya la parte de la cuenca, que parece tener mayor importancia industrial y que está formada por areniscas más o menos micáceas, pizarras arcillosas y una faja de pórfidos, que comprende cinco capas. La última capa tiene por techo una faja de pórfidos muy descompuestos y sobre ella termina la cuenca con alternancias de pizarras, areniscas y calizas.

Citan Navarro y Lacazette, entre los restos fósiles recogidos en esta cuenca, un molde interno de *Nática*, *Chonetes*, *Productus*, una pinula de *Neuropteris cordata*, *Lepidodendron* semejante al *L. acuminatum*, *Calamites* y *Stigmaria ficoides*. Aunque con insuficientes datos paleontológicos, atribuyen por ellos esta mancha carbonífera, lo mismo que las restantes de la



provincia, al Hullero infrasuperior, opinión que por su situación y composición estratigráfica parece ha de confirmarse en investigaciones sucesivas.

Las restantes manchas de la provincia que se extienden por los términos de Villagarcía y Bienvenida; Casas Reina, Reina y Fuente del Arco, están todas alineadas en la dirección NO.-SE. y parecen constituir, con la de Los Santos y las de Guadalcanal, en Sevilla, restos de una extensa formación. Están compuestas por pudingas, areniscas y pizarras más o menos arcillosas, que comprenden algunos lechos de carbón, pero sin importancia industrial por su irregularidad y calidad del combustible.

### Huelva

La extensa mancha carbonífera de esta provincia, prolongación de la gran zona carbonífera portuguesa de Algarve y Alemtejo, fué estudiada y descrita por Gonzalo Tarín (1887), cuyo magnífico trabajo fué seguido por Mallada (1898) en su descripción del Carbonífero de la provincia.

Todo él está compuesto por pizarras arcillosas y por grauwas compactas o pizarreñas. En muchas partes se hallan sus rocas metamorizadas, y las pizarras pasan a filadíos suaves y lustrosos o se hacen micáceas, cloríticas o silíceas.

Lo dividió Gonzalo Tarín en dos subtramos, atendiendo a que el grano de las grauwas fuera más o menos fino. El inferior está compuesto por pizarras, filadíos y grauwas de grano fino, abundando en sus estratos nódulos lenticulares de 10 a 30 centímetros de diámetro, que encierran con frecuencia en su centro restos orgánicos.

El subtramo superior está formado por pizarras arcillosas y grauwas de grano grueso, abundando más que en el inferior las grauwas compactas, que alternan con pizarras arci-

llosas de grano basto, menos lustrosas y de colores menos vivos que las de dicho subtramo. Están las rocas sedimentarias atravesadas en algunas partes por filones de cuarzo y por rocas eruptivas, que hacen que los estratos carboníferos se presenten a veces tan metamorizados, que es difícil distinguirlos de los silurianos en que se apoyan.

Es escaso el número de especies fósiles recogidas en este terreno, y casi todas corresponden al género *Posidonomya*, citando Mallada en el subtramo inferior las siguientes: *Posidonomya Becheri*, Brong; *P. lateralis*, Sow.; *P. constricta*, Kon.; *P. Barroisi*, Mallada; *P. Cortazari*, Mall.; *P. Gonzaloi*, Mall.; *Streblopteria Egozcuei*, Mall.; *Edmondia Macphersoni*, Mall.; *Goniatites sphaericus*, Mart.; *Orthoceras* y un anélido, probablemente del género *Crossopodia*. También se han observado en las trincheras del ferrocarril de Zafra, al N. del río Odiel y en las caras de contacto de las pizarras, con una grauwa pizarreña de grano fino, restos vegetales indeterminables y artejos de crinoides.

En el subtramo superior cita Mallada *Posidonomya Becheri*, Bron.; *P. lateralis*, Sow.; *P. vetusta*, Sow.; *P. constricta*, Kon.; *P. Barroisi*, Mall.

Se ha considerado este Carbonífero como perteneciente al Culm, nombre con el que la mayor parte de los geólogos designan la facies continental del Carbonífero inferior, pero siendo su formación completamente marina, pues sólo se encuentran en él rarísimos restos vegetales arrastrados por las aguas, no es aplicable dicha designación, según hizo notar Pereira de Sousa (1919), en un estudio del Carbonífero de Algarve.

Es interesante anotar, que dicho distinguido geólogo portugués, en su notable estudio del Carbonífero del Algarve, establece la existencia del Dinantiense y el Moscoviense, distinguiendo en el primero los dos subtramos Tournaiense y Vi-

seense y agrupando los estratos del segundo en dos hiladas, con los caracteres y subdivisiones siguientes (Pereira de Sousa, 1920):

*Tournaiense:*

1.º Pizarras con nódulos de *Prolecanites algarbiensis*, *Pericyclus princeps* y otras especies nuevas de *Pericyclus*.

2.º Calizas dolomíticas, casi negras, con *Caninia cornucopie*, *Crinoides* y *Orthoceras* (varias especies nuevas, una de ellas notable por sus costillas salientes separadas por intervalos más anchos que ellas, y otra presentando costillas fuertes alternativamente salientes y atenuadas).

*Viseense:*

1.º Calizas dolomíticas semejantes a las precedentes, pero generalmente en capas más gruesas, grauwacas rojo violeta, y filadios con *Crinoides*, *Posidonomya Becheri*, *Dielasma attenuatum*, *Terebratula*, sp.; *Spirifer*, sp.; *Goniatites striatus*, *G. sphaericus*, *G. crenistria*, un *Goniatites*, n. sp., notable por sus grandes dimensiones, y *Phillipsia*, sp.

2.º Pizarras finas (un metro de espesor) con algunas variedades de *Goniatites subcircularis*, Miller.

*Moscoviense:*

1.º Grauwacas en capas gruesas y filadios con *Pterinopecten papyraceus*, algunas veces muy abundantes; *Dielasma*, sp.; *Spirifer*, n. sp., notable por sus costillas muy salientes, su borde regularmente redondeado y su área incurvada profundamente; *Pleurotomaria*, sp.; *Helminthochiton*, sp.; *Thrinoceras*, n. sp., caracterizado por estrías muy finas; *Dimorphoceras*, sp.; *Glyphioceras Beyrichianum*, *G. reticulatum* y otras varias especies nuevas; *Gastrioceras Listeri*, *G. carbonarium* y varias especies nuevas.

2.º Pizarras cuarzosas y filadios, algunas veces margosos y muy quebradizos, con fósiles muy escasos; restos vegetales y *Goniatites* muy pequeños, indeterminables, algunas variedades de *Orthothes crenistria* y *Avicula*, sp.

Siendo el Carbonífero de Huelva prolongación del Carbonífero del Algarbe, habrán seguramente de confirmarse en él los estudios de Pereira de Sousa. Ya indicó éste que quizás correspondieran al Dinantiense y Moscoviense los subtramos inferior y superior de Gonzalo Tarín, pero el no citarse en el tramo superior más que las *Posidonomyas* existentes en el inferior, sin señalarse ningún nuevo elemento en la fauna que la diferencia de la anterior, hace pensar en que no tenga realidad la división establecida y que el llamado subtramo superior sea solamente una de las hiladas ya comprendidas en el inferior, haciéndose preciso para aclararlo nuevos estudios estratigráficos y paleontológicos.

Madrid, junio 1933.

MANUEL R. FALCÓ

## PERMIANO

Durante muchos años se ha admitido que en España no existía la formación permiana y se han clasificado como Triás las formaciones que posteriormente han empezado a ser distinguidas como permianas. Sin embargo, Jacquot (1866-67), como consecuencia de sus estudios en la Serranía de Cuenca, hizo constar su opinión de que debían ser atribuidas al Permiano las pudingas y areniscas que forman la parte inferior del tramo rojo, muy potente, que se considera base del Triás en dicho lugar, y que esta distinción debía extenderse al Triás de muchas partes de la Península Ibérica, señalando algunos lugares, como la cuenca del Viar, en la que su opinión ha sido después confirmada.

También Stuart-Menteath (1881) hizo la misma distinción en la parte inferior del Triás de Navarra, y Barrois (1882) consideró permianas las hiladas de mimofiros de Asturias; pero estas opiniones, basadas solamente en la facies y situación de las hiladas a que se refieren, sin documento paleontológico que las confirmara, no fueron seguidas por otros geólogos, y así, Mallada, en su "Explicación del Mapa Geológico de España", no incluye el terreno Permiano como existente en nuestra Península.

Posteriormente, Caralp (1903), señala la existencia del Permiano en los Pirineos, en la zona de la cuenca de San Juan de las Abadesas, y aunque sin encontrar tampoco fósiles, lo determina por sus caracteres litológicos y relaciones estrati-

gráficas, distinguiendo en él tres pisos: Uno inferior, esencialmente formado por pizarras, sobre las que se apoyan en algunos puntos areniscas y margas de facies lagunar o continental y que asimila el Autuniense; un piso medio rojo por impregnaciones ferruginosas, formado por arcillas duras y areniscas más o menos margosas, que representan al Sajoniense, y, por último, otro piso, igualmente detrítico, pero de elementos de mayores dimensiones que forman brechas y conglomerados poligénicos en los que se encuentran cementadas por una parte arcillosa, ferruginosa, las pizarras verdes de la base y las areniscas rojas del piso medio. Esta hilada, que suele ser de gran espesor, supone representa el Turingiense continental.

La opinión de Caralp ha sido después seguida por Dalloni (1910, 1930) en sus estudios sobre los Pirineos aragoneses y catalanes, y confirmada por su descubrimiento de una flora permiana en la base de la arenisca roja de Gerri, comprobando así de un modo indudable la existencia en la región pirenaica del terreno permiano.

También ha sido comprobada la existencia del Permiano en la región cantábrica, por Patac (1920), y en la región meridional por Gavala (1927), y a dichos trabajos nos atenderemos en lo sucesivo para la descripción de este terreno, aun poco estudiado en nuestra Península y probablemente todavía confundido en algunas zonas con el Triás.

### Región Cantábrica

Barrois (1882) consideró correspondientes al Permiano las hiladas de mimofiros de Gargantada y de Viñón, en Asturias. Estos mimofiros son rocas clásticas, de color gris verdoso, formadas por fragmentos de pórfido, arenas de cuarzo y arcilla en proporciones diversas, que forman capas alternantes con margas rojizas.

Fundaba Barrois su opinión en la semejanza de estas rocas con las que aparecen en la arenisca roja (Rotliegende) de los Vosgos y en su posición estratigráfica, discordante con las pizarras hulleras en que se apoyan y concordante con las margas triásicas que las recubren, pero sin encontrar fósiles que lo confirmaran.

Patac (1920) demostró la existencia del Permiano con la flora encontrada en su reconocimiento de las pizarras de Puente Vergueres. Este afloramiento aparece en el cauce del río Nora, debajo del puente Vergueres, a un kilómetro de Pola de Siero, rodeado por las margas cretáceas y constituido por pizarras negras de aspecto hullero, entre las que se encuentran algunos lechos de caliza muy compacta de 35 a 50 centímetros de espesor, presentando una dirección NE.-SO., con buzamiento de 70 grados al SE.

De estas pizarras cita Patac la siguiente flora: *Annularia radiata*, Brong; *Pecopteris arborescens*, Schl.; *Pec. Pluckeneti*, Schl.; *Linopteris obliqua*, Bunb. (?); *Callipteris conferta*, Sternb.; *Walchia piniformis*, Schl.; *W. hypnoides*, Brong; por la presencia de los géneros *Callipteris* y *Walchia*, queda comprobada la edad permiana de las pizarras. También encontró un lecho de pizarras con *Anthracosia carbonaria*, Schl., y algunas impresiones de escamas de peces.

Cita también Patac, considerándolo Permiano, otro asomo de pizarras rodeado por el Cretáceo y situado muy cerca del de Vergueres, en la bifurcación de la carretera de Pola de Siero a Valdesoto y el camino vecinal de Llorianes, que presenta en el contacto con el Cretáceo y concordante con las pizarras, un banquito de conglomerado verdoso formado de cantos rodados silíceos con cemento porfírico. Considera este conglomerado idéntico al que aparece en contacto con el Triás en la cantera de la Huertona, sobre la carretera de Nava a Villaviciosa, cerca de Fresnedo.

Estos conglomerados los supone Patac contemporáneos de los mimofiros de Barrois, y por su aspecto, semejantes a los del *Rotliegenden* de Sajonia y los Vosgos, atribuyéndolos por esta causa al Permiano medio y resultando, según esto, atribuibles al mismo terreno los depósitos de Gargantada, Viñón, Torazo, Aramil y Ferroñes, en que aparecen los mimofiros alternando con pizarras y margas coloreadas rojizas o verdosas, generalmente muy calcíferas, constituyendo formaciones de espesor muy variable, que en Aramil llega a exceder de 100 metros.

También considera Patac como probablemente permianos los conglomerados rojos que descansan sobre la caliza de las Peñas de Careses; el asomo de pizarras de Fresnedo, señalado por Termier (1919); el asomo de Riñora (Lieres), formado por pizarras con capas de carbón y en el que abunda el *Cordaites angulosostriatus*, Grand'E.; otro asomo de pizarras con un banco de conglomerado que se encuentra en el camino de Santa Eulalia de Vigil a Marcenado; el tramo porfírico, que, según referencias, se cortó en el sondeo de la Parra en Amandi (Villaviciosa), después de atravesar seiscientos metros de margas triásicas.

El mismo autor atribuye también al Permiano las hiladas hulleras atravesadas en los sondeos de Vega y Caldones, pero, a mi juicio, sin que esta atribución pueda ser justificada. El Hullero atravesado en el sondeo de Caldones fué considerado por mí (1916), basándome en su litología, como el tramo Subhullero de Adaro, pero haciendo notar que la flora encontrada parecía indicar Hullero medio en vez de Hullero inferior. Esta observación resulta concordante con las de Renier (1926) y Delépine (1928), a las que ya me he referido al tratar de la edad de la cuenca carbonífera central asturiana.

## Región Pirenaica

El Permiano de esta región forma una faja que se desarrolla por la parte N. de las provincias de Huesca, Lérida, Barcelona y Gerona, hasta desaparecer bajo los terrenos modernos cerca de Figueras. Se presenta, en general, bajo la forma de arenisca roja, por lo que estuvo hasta hace poco confundida con el Triás, del cual, por otra parte, es a veces difícil de delimitar. La arenisca roja forma en los Pirineos, según Dalloni, una unidad estratigráfica, el Permo-Triás. El estudio del Permiano en los Pirineos requiere, pues, el conocimiento de la distribución de la arenisca roja y la investigación de sus relaciones con el Triás, por un lado, y con el Carbonífero, por otro.

## Guipúzcoa y Navarra

Poco puede decirse con precisión respecto al desarrollo del Permiano en estas dos provincias, pues falta un estudio de detalle de su zona pirenaica. Pero lo que es indudable, es la existencia de aquél, según probó ya Stuart-Menteath (1881) al distinguir como permiana parte de la arenisca roja considerada como triásica.

Podemos, pues, decir en líneas generales que el Permiano de las dos provincias que nos ocupan tiene una extensión que abarca como máximo la que tiene la arenisca roja triásica, y que, por lo tanto, puede estar representado por una faja compuesta de los estratos más bajos del Triás.

### Huesca

CHERITO Y AGUAS TUERTAS.—El Permiano se inicia en la Collada de Pietraficha; la arenisca roja se intercala entre las pizarras y areniscas con *Calamites* y las calizas senonienses con *Hippurites*, y desaparece bajo estas últimas. La constituyen arenisca micácea rojiza, arcilla pizarreña roja y algunos bancos de pudinga. Buza al S. en discordancia con el Carbonífero de Cherito. Atraviesa el río Guarrinza y sigue por la ladera meridional del valle de Aguas Tuertas.

Los conglomerados de base del Permiano se desarrollan muy bien cerca del Lachar de Aguas Tuertas, en la parte alta de cuyo valle alcanza gran extensión la arenisca roja, que atraviesa en esta zona la frontera.

SUMPORT.—En Sumport se encuentra un buen afloramiento que se extiende en una ancha banda, de hasta un kilómetro de espesor, que forma un claro sinclinal dentro del Carbonífero, hasta cerca de la cabecera del valle del Gállego.

Entre este valle y el de Pineta, el Permiano desaparece completamente en un recorrido de unos 40 kilómetros.

BIELSA.—Vuelve a aflorar la arenisca roja en Plan de Lary, así como en el valle de Barrosa. Aquí desborda el granito y penetra en el valle de Chisagues, atravesando el Cinca, cerca de Bielsa. Al N. de este punto, el Permiano alcanza muy grandes altitudes, encontrándose sobre las cumbres graníticas los retazos que son testigos del gran desarrollo que tuvo aquel terreno. Una banda ancha orientada O.-E. soporta el Cretáceo, y otra estrecha, situada más al N. y paralela a la anterior, se encuentra completamente incluida en el granito. Las dos bandas se reúnen después al E., en el macizo del Pico de Suelza, pero sin alcanzar su parte superior, ocupada por terrenos paleozoicos.

Una faja parte del citado macizo y corta el río Cinqueta entre Plan y San Juan. Se continúa por Sahún, valle del Esera, Villanova. A la izquierda del citado río, el Permiano alcanza Sos, el flanco meridional del Pico Gallinero, extendiéndose por el S. hasta Cañejón de Sos. Una estrecha banda parte del pico de Urmella y se dirige, incluida en el Devoniano y más al E. en el Carbonífero, por la Sierra de Denuy, hacia el valle del Noguera. Otra rama más importante se desarrolla al S. de aquélla, alrededor de Las Paúles, y atraviesa el Noguera en Montanuy, pasando a la provincia de Lérida.

### Lérida

SUR DE LOS MONTES MALDITOS.—La arenisca roja se desarrolla al S. del Carbonífero de Vilaller, en concordancia aparente con él. Está formada en su base de un potente banco de conglomerados de cantos de cuarzo, lidiana y caliza devoniana, con cemento arenoso rojizo; vienen encima samitas y areniscas micáceas rojas y después argilitas de coloraciones vivas, dominando el rojo. El conglomerado de base tiene de 80 a 100 metros de espesor, y el conjunto, unos 250-300 metros. Estos estratos destacan fuertemente por su coloración de los terrenos paleozoicos y de las peñas calizas del S. Están separados de éstas por el Triás, cuyas hiladas inferiores son difíciles de distinguir de las del Permiano, por lo que, según ya se ha dicho, se considera la "arenisca roja" como una unidad estratigráfica (Permo-Triás).

La dirección de los estratos es de 0,17°-N. y buzan al S., en discordancia con el Carbonífero. Continúa su corrida por Iguerrí, Eril-Castell, Peranera, Sas, donde se desdobra el afloramiento por un anticlinal Hullero. Al atravesar el río Tollón se ensancha el paquete y sigue a Las Iglesias, Villancos, entre Castellnou y Castellvel, por Aguiro y Obeix, al valle del Fla-

misell. Se encuentran intercalaciones calizas en bancos de 10 a 40 centímetros, que, por su constancia en el Permiano, pueden servir para distinguir este terreno del Trias inferior.

PERMIANO DE GERRI.—La arenisca roja aparece también en el valle del Noguera Pallaresa, entre Rialp y la Garganta de los Collegats, al S. de Gerri. Se presenta en varios afloramientos en una longitud de 30 kilómetros. El más importante, por su contenido paleontológico, es el situado al S. del barranco de Ascós, que se puede reconocer siguiendo el camino de Sort a Gerri. Sobre las pizarras estefanienses se apoya, en concordancia, una serie de capas como se indica:

1. Samitas y areniscas arcillosas de color rojo ladrillo, 150 metros.

2. Pizarras muy negras de grano fino, duras, piritosas, que se desagregan en losas y se rompen en fragmentos concoides o esquillosos; alternan con lechos areniscos micáceos, grises o negruzcos y presentan, sólo en algunos metros, numerosas huellas de plantas:

*Walchia piniformis*, Schlt.; *Walchia filiciformis*, Schlt.; *Ullmannia frumentaria*, Schlt.; *Poacordaites*, sp.; *Calamites*; *Annularia stellata*, Schlt.; *Annularia sphenophylloides*, Zenk.; *Sphenophyllum Thoni*, Mahr.; *Callipteris Nicklesi*, Zeill.; *Callipteris conferta*, Sternbg.; *Callipteris*, sp. (*lyratifolia* (?), *diabolica* (?)); *Callipteris*, cf. *Curreti*, Zeill.; *Pecopteris*, aff. *cya-thea*, Schlt.; *Callipteridium*, aff. *Rochei*, Zeill.; *Odontopteris Dufrenoyi*, Brong; *Odontopteris Duponti*, Zeill.; *Odontopteris minor*, Zeill.; *Odontopteris rossica*, Zalenki; *Sphenopteris Moureti*, Zeill.; *Sphenopteris Casteli*, Zeill.; *Taeniopteris multinervis*, Weiss.; *Neuropteris Planchardi*, Zeill.; *Neuropteris*, cf. *Raymondi*, Zeill.

Se encuentran, además, otros restos fósiles vegetales, como raíces, semillas, algas, etc. Esta flora, descubierta por Dalloni y estudiada por P. Bertrand, es claramente del Permiano in-

ferior y demuestran definitivamente la edad de las capas que nos ocupan.

3. Pudingas de cantos cuarzosos, de caliza devoniana y lidianas, 15 a 20 metros.

Arenisca micácea, rojiza, pizarras rojas y verdes, 50 metros.

Todas estas capas, que no muestran entre sí ninguna discordancia, deben ser incluidas en el Permiano; se apoyan al S. contra las calizas devonianas.

La arenisca roja se continúa pasando por Guils y ensanchándose al cruzar el Segre.

SIERRA DEL CADÍ.—Pasado este río, el Permiano se arrumba suavemente hasta ponerse casi en dirección O.-E. y se va ciñendo a la falda de la Sierra del Cadí, para penetrar en la provincia de Barcelona.

### Barcelona y Gerona

Por la primera se extiende el Permiano, formando una delgada faja, cuyo rumbo coincide casi exactamente con una línea paralela al límite de provincia, por el N., con la de Gerona. Su constitución es análoga a la de la provincia anterior, y a veces se produce un contacto con el Carbonífero, que mantiene en concordancia ambos terrenos.

La arenisca roja, que hasta aquí venía ciñéndose al pie de la Sierra del Cadí, al penetrar en la provincia de Gerona, sigue bordeando la formación paleozoica, dirigiéndose hacia el N.-E. y desapareciendo bajo la Sierra de Montgrony. Su constitución es la siguiente:

1. Pudingas de cantos de caliza devoniana y lidita, alternando con bancos de arenisca basta, rojiza, micácea.

2. Argilitas y margas pizarreñas.

3. Pudingas y samitas.

Esta misma composición se continúa hacia el E., al S. de Campellas y en el valle del Fresser, aguas abajo de Ribas.

Más hacia el E., el Permo-Trias bordea el Carbonífero superior de San Juan de las Abadesas. Hacia el N., los estratos buzan hacia el macizo paleozoico de la Sierra Caballera y hacia el S., bajo el Eoceno, tomando el conjunto una forma anticlinal. Penetran en el valle del Ter, cruzando este río y apoyándose finalmente, después de ser laminados por pliegues paleozoicos, sobre el granito de La Manère, ya en la vertiente francesa. Paralelamente a la frontera, vuelven a penetrar en España, siguiendo el curso del Muga.

La faja permiana se interrumpe por un salto brusco que la traslada al N., y entonces se desarrolla nuevamente desde Coustouges hacia el E., siguiendo el barranco de Las Horts, y siempre adosada al granito.

Bajo el Triás de Viura, la arenisca roja se apoya en el granito y en las pizarras cristalinas del Castillo de Mont Roig.

Otra banda se desprende de aquélla, del mismo pie del Mont Roig, y toma la dirección N.-O., formando la Sierra de Darnius. Constituye un sinclinal en pleno granito. Más al E., sobre el borde del macizo granítico, en San Climent, aparece nuevamente el Permo-Trias en varios afloramientos, como restos de una faja continua.

Por último, al S. de las últimas manchas citadas se encuentran otras situadas dentro del Eoceno, como ventanas producidas en anticlinales de este terreno. Las principales son: Basagoda, valle de Ox y de Bolos, Sierra de Santa Madalena, entre Figueras y San Lorenzo.

## Región Central

### Cuenca

Como es sabido, en la Serranía de Cuenca se encuentra el sistema Triásico bien desarrollado, y como tal figura efectivamente en los mapas geológicos. Pero en vista de las nuevas ideas sobre la existencia del Permiano en España, no queremos dejar de consignar la opinión, ya relativamente antigua, de Jacquot (1866, 1867), que supuso que parte de la arenisca roja de la Serranía de Cuenca (y probablemente de otros muchos puntos de España) atribuida al Triás, debía ser considerada como "nueva arenisca roja antigua", es decir, como Permiana, por su analogía con la de los distritos permianos clásicos de Europa.

De esta suerte, en la provincia de que tratamos, existirían unas manchas permianas que, arrumbadas de N.-O. a S.-E., se extenderían por Valdemeca, Cañizar, hasta cerca de Henarejos, cuya cuenca carbonífera estaría rodeada por el Permiano.

### Ciudad Real

CUENCA DE PUERTOLLANO.—Ya dimos cuenta, al tratar del terreno Carbonífero, de la constitución de esta cuenca. Sólo tenemos que agregar aquí que sus materiales tienden hacia sus estratos más altos a ser menos oscuros, pasando las pizarras a colores claros y presentándose en algunas zonas tonos amarillentos rojizos, apareciendo capas de areniscas blancas y rojas que por su aspecto se asemejan a las areniscas rojas del Triás. Las areniscas rojas se presentan con relativa potencia en el Pozo nuevo de San Esteban.

Cinco metros por encima de la llamada Primera Capa, explotada en el grupo Asdrúbal, y entre las pizarras amarillo-



rojizas, se han encontrado ejemplares de *Walchia piniformis*, Sternbg., y *Callipteris conferta*, Sternbg., fósiles característicos del Permiano. Por lo tanto, puede afirmarse que, por lo menos la parte más alta de la cuenca de Puertollano, es permiana y muy semejante a las también permo-carboníferas del centro de Francia, como las de Autun y Épinac, Brive, etc. El tránsito del Estefaniense al Autuniense se verifica gradualmente, de modo que la potencia de este último no puede precisarse por ahora, por carecer de datos estratigráficos de detalle. (Hoja de Mestanza; Ins. Geol. Min. Esp.; 1929.)

## Región Meridional

### Córdoba

En esta provincia sólo tenemos que consignar, aunque ya lo hicimos al tratar del terreno Carbonífero, que el hallazgo de la *Walchia piniformis*, Sternbg., verificado por Carbonell (1917) en la pequeña mancha carbonífera del río Bembézar, llamada también cuenca de Valdeinfierno, parece indicar que, por lo menos los estratos más modernos de aquélla, deben atribuirse al Permiano inferior, presentándose un caso análogo al de Puertollano.

### Sevilla

CUENCA DEL VIAR.—La existencia del Permiano en esta zona la ha comprobado Gavala (1927) de una manera indudable. El valle del río Viar afluye al Guadalquivir por su margen derecha, en Cantillana. Constituye una fosa de hundimiento herciniana de una anchura de cinco kilómetros por una longitud de más de 30, con rumbo general NO.-SE. De los dos bordes del hundimiento, el occidental está algo confuso, por estar oculta la fractura por los terrenos que se depositaron en la hondonada; sin embargo, no deja de apre-

ciarse el desnivel que separa la meseta del valle. El borde oriental se advierte claramente y es completamente rectilíneo. La falla se reprodujo en el Terciario, y de ahí que se pueda reconocer fácilmente, sobre todo porque los estratos del borde nuevamente hundido se levantaron hasta la vertical.

El terreno que ocupa el valle del Viar se había considerado hasta ahora como Triás, edad que le asignó Mallada, siguiendo los estudios de M. Lan. Como tal figura en el mapa geológico a 1.400.000. Aunque el último autor citado distinguió dos niveles, uno Carbonífero y otro Triásico, en el mapa sólo se consignó este último, sin duda por su gran preponderancia en la cuenca. Mallada rectificó después en su *Explicación del Mapa*, asignando a todo el terreno edad carbonífera. Los estudios posteriores no hacen sino atribuir unas veces al Triás y otras al Carbonífero la edad de los depósitos del Viar. No es de extrañar esta variación de criterios, puesto que aquéllos presentan dos tipos de rocas, semejantes unas a las del Carbonífero y otras a las del Triás, según la zona de la cuenca que se examina.

Los estratos que rellenaron la fosa del Viar forman un suave sinclinal, cuyo eje se encuentra muy cerca de la falla oriental. La banda occidental está casi horizontal, buzando sus capas unos ocho o diez grados hacia el eje. La otra rama, en cambio, se levanta bruscamente a 70 y 80 grados. A veces llega a la vertical y aun a pasar de ella. Esta disposición de los estratos sucedió por pliegues anteriores al Mioceno, ya que éste se encuentra horizontal encima de los estratos levantados del Viar en la mesa de Alcornocalejo, al NE. de Cantillana.

En los depósitos del Viar se distinguen tres niveles diferentes: Uno superior, formado por conglomerados rojizos con intercalaciones de arcillas y areniscas, en las que se encuentran numerosas huellas de *Pecopteris*, *Asterophyllites* y *Annularia*. Además se presentan en los mismos conglomerados gruesos

troncos silicificados. Este tramo es el que por sus caracteres externos puede confundirse más con el Trias, pero un estudio más detenido de sus rocas y la consideración de su flora, hacen pensar en una mayor antigüedad en su formación. El hecho de ser este nivel el más abundante y de radicar en las zonas más accesibles de la cuenca, es, sin duda, el motivo de haber sido considerada ésta como Trias.

Debajo del tramo indicado se encuentra otro de unos 30 a 35 metros de potencia y formado de areniscas feldespáticas de color gris amarillento muy pálido, que a veces se sustituyen por conglomerados silíceos o pudingas de elementos menudos. Las areniscas tienen la propiedad de dividirse en lajas que adoptan forma rómbica, por lo que aquéllas han recibido el nombre de areniscas rómbicas. Se encuentran, además, intercaladas en dos o tres horizontes, capas de pizarras muy silíceas, de color gris claro, acompañadas de otras carbonosas y lechos delgados de carbón en forma de lentejones; en los muros de estas capas se encuentran numerosos troncos de 30 a 40 centímetros de diámetro, fosilizados en posición normal. Estas "capas de cepas" han sido objeto de investigaciones en busca de carbón, pero los resultados han sido negativos.

El tramo inferior está constituido por capas de arcillas, areniscas rojas y conglomerados rojizos y verdosos, de aspecto parecido al tramo superior, pero caracterizadas por la presencia de pórfidos estratificados muy regularmente que alternan con las capas sedimentarias. Las capas de pórfidos tienen de dos a cinco metros de espesor.

Estos tres tramos no se distribuyen con regularidad en la cuenca. Los dos inferiores abundan en la parte N. del valle. La arenisca rómbica se encuentra localizada en la vertiente derecha del valle, al N. de la carretera de Las Jarillas.

La flora encontrada en las proximidades de Cantillana y estudiada por el autor de este trabajo, es la siguiente:

*Odontopteris Brardi*, Brong; *Sphenophyllum alatifolium*, Ren. Zeill.; *Callipteridium gigas*, Gutbier.; *Asterophyllites equisetiformis*, Schl.; *Annularia stellata*, Brong; *Walchia piniformis*, Schl.; *Walchia imbricata*, Schimp.; *Walchia hypnoides*, Brong.

La presencia de esta flora demuestra claramente la edad de la cuenca del Viar.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1831.—EZQUERRA DEL BAYO, BAUZÁ, A. DE LA TORRE Y GARCÍA: "Minas de carbón de piedra de Asturias".—Madrid.
- 1837.—SCHULZ (G.): "Note sur le géologie des Asturies".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 1.<sup>a</sup> serie, tomo VIII.
- 1838.—SCHULZ (G.): "Reseña geognóstica del Principado de Asturias".—*Anales de Minas*, tomo I.
- 1839.—PAILLETTE (A.): "Sur les bassins houillers de la Catalogne".—*Ann. des Mines*, 3.<sup>a</sup> serie, tomo XVI.
- 1840.—NARANJO (F.): "Reseña geonóstica y minera de una parte de la provincia de Burgos".—*Anales de Minas*, tomo II.
- 1841.—DUFRENOY, ELIE DE BEAUMONT: "Bassin houiller de la Catalogne".—*Exp. Cart. Géol. de France*, tomo I.
- 1841.—LANDRIN (M. H.): "Rapport sur le bassin houiller de Ribadesella (Asturies)".—Bruxelles.
- 1844.—EZQUERRA DEL BAYO (J.): "Sobre el carbón de piedra de Castilla la Vieja".
- 1844.—MAESTRE (A.): "Noticia de las minas de carbón de piedra de San Juan de las Abadesas (Gerona)".—*Boletín Oficial de Minas*, pág. 68.
- 1844.—SCHULZ (G.): "Breves informes sobre algunas minas de carbón de Asturias".—*Boletín Oficial de Minas*.
- 1846.—PAILLETTE (A.) y VERNEUIL (A.): "Sur quelques dépôts carbonifères des Asturies".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 3.<sup>a</sup> serie, tomo III.
- 1846.—VERNEUIL: "Liste des fossiles du terrain carbonifère des Asturies".—*Bull. Soc. Géol. de France*, tomo III.
- 1848.—EZQUERRA DEL BAYO (J.): "Informe sobre las minas de carbón de piedra de San Juan de las Abadesas".—*Boletín Oficial del Ministerio de Comercio, Industria y Obras Públicas*, tomo I.
- 1848.—PAILLETTE (A.), MAESTRE (A.), LASALA (J. G.) y A. BUYLLA: "Plano topográfico de la cuenca carbonífera central de Asturias".—Paris.
- 1849.—PAILLETTE (A.): "Des galets avec empreintes d'autres galets dans les poudingues houillères des Asturies".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 2.<sup>a</sup> serie, tomo VII.

- 1850.—ARCE (B.): "Minas de carbón de la provincia de Palencia".—*Revista Minera*, tomo I.
- 1850.—DESOIGNIE (A.): "Descripción del criadero carbonífero de Arnao".—*Revista Minera*, tomo I.
- 1850.—GRANDE (J.): "Minas de carbón de las inmediaciones de Burgos".—*Revista Minera*, tomo I.
- 1850.—YEGROS (S.) y SÁNCHEZ (E.): "Carbonífero de Córdoba".—*Revista Minera*, tomo I.
- 1851.—HAUSMAN: "The coal formation of the province of Leon".—*The Quarterly Journal of the Geological Society of London*, tomo VII.
- 1851.—THIRY (D.): "Memoria relativa a las minas de Riosa".—*Revista Minera*, tomo II.
- 1852.—SALAZAR (IGNACIO G. DE): "Observaciones acerca de los terrenos de Castilla la Vieja".—*Revista Minera*, tomo III.
- 1853.—PRADO (C.): "Sobre el terreno del carbón de las montañas de León".—*Revista Minera*, tomo IV.
- 1853.—GOYANES (J.): "Minas de carbón de piedra de Villanueva del Río". (Visita hecha a esta cuenca en 1836.)—*Revista Minera*, tomo IV.
- 1854.—BERNÁLDEZ (F.), LASALA (J. P.) y RÚA FIGUEROA (R.): "Memoria sobre las minas de carbón de Asturias".—*Revista Minera*, tomo VI.
- 1854.—VERNEUIL Y LORIÈRE: "Viaje por algunas provincias de España".—*Revista Minera*, tomo V.
- 1855.—LIMPERANI: "Sur la découverte d'un gîte de charbon de terre près de l'embouchure du Guadalquivir".—*Annales des Mines*, 5.<sup>a</sup> serie, tomo VIII.
- 1855.—MAESTRE (A.): "Descripción geológica industrial de la cuenca carbonífera de San Juan de las Abadesas (Gerona)".—*Comisión del Mapa Geológico de España*.
- 1855.—PAILLETTE (A.): "Estudios químicos mineralógicos sobre la caliza de montaña de Asturias".—*Revista Minera*, tomo VI.
- 1855.—PAILLETTE (A.): "Ensayos de carbones asturianos".—*Revista Minera*, tomo VI.
- 1855.—PAILLETTE (A.) y A. BUYLLA: "Plano general de las minas de carbón de Ferreñes y Santo Firme".
- 1856.—"Mapa carbonífero de España y Portugal".—*Revista Minera*, tomo VII.
- 1856.—PRADO: "Nuevos descubrimientos referentes al terreno Carbonífero en España".—*Revista Minera*, tomo VII.
- 1857.—KITH (R.): "Cuenca carbonífera de Villanueva del Río".—*Revista Minera*, tomo VIII.
- 1857.—PELLICO (R.): "Apuntes sobre la cuenca carbonífera de Villanueva del Río".—*Revista Minera*, tomo VIII.
- 1858.—SCHULZ (G.): "Descripción geológica de la provincia de Oviedo".

- 1859.—ANCIOLA (ANTONIO LUIS DE): "Estudios sobre la cuenca carbonífera de Asturias".—*Revista Minera*, tomo X.
- 1861.—BAUZÁ (F.): "Visita al Distrito Minero de Barcelona (Gerona y Lérida)".—*Revista Minera*, tomo XII.
- 1861.—SÁNCHEZ (E.): "Noticias sobre la riqueza minera de Cataluña".—*Revista Minera*, tomo XII.
- 1863.—RAMOS (L.): "Carbonífero de Córdoba".—*Revista Minera*, tomo XIV.
- 1864.—CASTELAIN (L.): "L'Espagne, ses terrains houillers, ses minerais et ses chemins de fer".—Bruxelles.
- 1866.—DENIS (M. L.): "Carbonífero de Córdoba".—*Revista Minera*, tomo XVII.
- 1866.—JACQUOT (E.): "Sur la composition et sur l'âge des assises qui, dans la Péninsule ibérique, séparent la formation carbonifère des dépôts jurassiques".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 2.<sup>a</sup> serie, tomo XXIV.
- 1867.—GEINITZ (H. B.): "Über organische Überreste aus der Steinkohlengrube Arnao bei Avilés (Asturien)".
- 1867.—JACQUOT (E.): "Bosquejo geológico de la Serranía de Cuenca".—*Revista Minera*, tomo XVIII.
- 1873.—DUFRENOY: "Les Pyrénées in Explication de la Carte géologique de la France", 7.<sup>a</sup>, III, *Imp. Nat.*—Paris.
- 1873.—AREITIO Y LARRINAGA: "Materiales para la Flora fósil española".—*Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, tomo II.
- 1873.—GISPERT (M.): "Las cuencas carboníferas catalanas".—Barcelona.
- 1873.—VIRLET D'AOUST (CH.): "Rapport sur les concessions houillères de Moreda".—Paris.
- 1874.—AREITIO Y LARRINAGA: "Enumeración de las plantas fósiles españolas".—*Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, tomo III.
- 1874.—BAUZÁ (F.): "Breve reseña geológica de la provincia de Gerona".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo I.
- 1874.—DONAYRE (F. M.): "Datos geológico-mineros recogidos en la provincia de Guadalajara y en el término de Valdesotos".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo I.
- 1874.—GRAND (A.): "Bassin houiller des Asturies".—Paris.
- 1875.—CORTÁZAR (D.): "Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España".—Provincia de Cuenca.
- 1875.—MALLADA (L.): "Sinópsis de las especies fósiles que se han encontrado en España".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*.
- 1875.—REYDELLET: "Sur le terrain houiller de Puertollano".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 3.<sup>a</sup> serie, tomo III.—Traducido en el tomo II del *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, por D. Daniel de Cortázar.

- 1875.—VIDAL (L. M.): "Geología de la provincia de Lérida".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo II.
- 1876.—CAMINERO (J.): "Formación hullera de Puertollano".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo III.
- 1876.—ORIOI: "Descripción geológica industrial de la cuenca hullera del río Carrión".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo III.
- 1876.—PARRAN: "Nota sobre la geología de la cuenca hullera de Bélmez (Córdoba)".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo III.
- 1876.—RUBIO (A.): "Reseña físico-geológica del valle de Laceda (León)".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo III.
- 1876.—ZUAZNAVAR: "Algunos datos de la cuenca carbonífera de Juarros (Burgos)".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo III.
- 1877.—ABELLA (E.): "Datos topográficos-geológicos del Concejo de Terverga".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo IV.
- 1877.—GÁSCUE (F.): "Notas geológicas sobre varios puntos de la provincia de Santander".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo IV.
- 1878.—MALLADA (L.): "Descripción física y geológica de la provincia de Huesca".—*Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*.
- 1879.—GONZALO TARÍN (J.): "Reseña físico-geológica de la provincia de Badajoz".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo VI.
- 1879.—MALLADA (L.): "Reconocimiento geológico de la provincia de Córdoba".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo VII.
- 1879.—PALACIOS (P.): "Reseña física y geológica de la parte NO. de la provincia de Guadalajara".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo VI.
- 1879.—CHUDEAU: "Contribution à l'étude de la vieille Castille".
- 1880.—CORTÁZAR (D.): "Descripción física y geológica de la provincia de Ciudad Real".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo VII.
- 1881.—BARROIS (CH.): "Sur le calcaire carbonifère du Nord de l'Espagne".—*Ass. franc. pour l'avanc. des sciences.—Compte rendu de la X session.*
- 1881.—BARROIS (CH.): "El mármol amigdaloidal de los Pirineos".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo VIII.
- 1881.—CASTEL (C.): "Descripción geológica de la provincia de Guadalajara".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo VIII.
- 1881.—STUART-MENTEATH: "Sur la géologie des Pyrénées de la Navarre,

- de Guipúzcoa et du Labourd".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 3.<sup>a</sup> serie, tomo IX.
- 1882.—BARROIS (CH.): "Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de Galice".—*Mém. Soc. Géol. du Nord.*, tomo II.
- 1882.—MALLADA (L.): "Reconocimiento geológico de la provincia de Navarra".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo IX.
- 1883.—CORTÁZAR (D.): "Cuenca de Henarejos".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo X.
- 1883.—VIDAL (L. M.): "Cuenca carbonífera de la Seo de Urgel".—Barcelona.
- 1884.—ADARO (L.): "Noticias sobre Quirós (Asturias)".—*Revista Minera*, tomo XXXV.
- 1884.—ZEILLER: "Note sur le flore houillère des Asturies".—*Mém. Soc. Géol. du Nord.*, tomo I.—Versión española en el *Boletín del Mapa Geológico de España*, tomo XI.
- 1886.—VIDAL (L. M.): "Reseña geológica y minera de la provincia de Gerona".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo XIII.
- 1887.—GONZALO TARÍN (J.): "Descripción geológica y minera de la provincia de Huelva".—*Memorias del Mapa Geológico de España*.
- 1887.—STUART-MENTEATH: "Sur le constitution géologique des Pyrénées".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 3.<sup>a</sup> serie, tomo XVI.
- 1889.—ALMERA (J.): "Descubrimiento de impresiones de hojas de *Odontopteris* en un manchón de grauwaca del Putxet y Vallcarca".—*Actas de la Sociedad Española de Historia Natural*, tomo XVIII.
- 1889.—ALMERA (J.): "Descubrimiento del Carbonífero inferior o Culm en el Putxet y Vallcarca".—*Crónica científica*, tomo XII.—Barcelona.
- 1889.—MALLADA (L.): "Datos para el estudio geológico de la cuenca hullera de Cifera y Matallana".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo XIV.
- 1891.—CALDERÓN (S.): "Existencia probable del Culm lacustre en Putxet".—*Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, tomo XX.
- 1891.—MALLADA (L.): "Catálogo de las especies fósiles encontradas en España".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo XVIII.
- 1891.—LAPORTA y ALMERA: "Note relative au Culm des environs de Barcelone".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 3.<sup>a</sup> serie, tomo XIX.
- 1892.—CALDERÓN (S.): "Nota preliminar sobre la edad de las cuencas carboníferas del Mediodía de España".—*Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, tomo XXI.
- 1892.—MALLADA (L.): "Notas para el estudio de la cuenca hullera de Valderrueda (León) y Guardo (Palencia)".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo XVIII.

- 1893.—LARRAZET (M.): "Note sur la constitution géologique de la province de Burgos".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 3.<sup>a</sup> serie, tomo XXI.
- 1894.—LARRAZET (M.): "Notes stratigraphiques et paléontologiques sur la province de Burgos".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 3.<sup>a</sup> serie, tomo XXII.
- 1894.—SÁNCHEZ LOZANO (R.): "Descripción físico-geológica y minera de la provincia de Logroño".—*Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*.
- 1895.—ALEXANDRE (A.): "Cuenca hullera de Quirós".—*Revista Minera*, tomo XLVI.
- 1895.—LARRAZET (M.): "Recherches géologiques sur la region orientale de la province de Burgos et sur quelques points des provinces d'Alava et de Logroño".
- 1885.—ZEILLER: "Notes sur la flore des gisements houillers de La Rhune et l'Ibantelly".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 3.<sup>a</sup> serie, tomo XXIII.
- 1898.—CALDERÓN (S.): "Existencia del terreno carbonifero en Molina de Aragón".—*Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, tomo XXVII.
- 1898.—INGUNZA (R.): "Memoria descriptiva e industrial de las capas de hulla enclavadas en las pertenencias de la mina "Santa Ana Tercera", de la cuenca de Hornachuelos (Córdoba)".
- 1898.—MALLADA (L.): "Explicación del Mapa Geológico de España".—*Memoria de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo III.
- 1899.—MALLADA (L.): "Memoria descriptiva de la cuenca carbonifera de Bémez".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo XXVI.
- 1900.—MALLADA (L.): "Descripción de la cuenca carbonifera de Sabero (León)".—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, tomo XXVII.
- 1901.—MACPHERSON (J.): "Ensayo de la historia evolutiva de la Península Ibérica".—*Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, serie 2.<sup>a</sup>, tomo X.
- 1902.—FONT Y SAGUÉ (N.): "Nota sobre el Carbonifero del valle de Campodón (Pirineos catalanes)".—*Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, tomo II.
- 1903.—CARALP (J.): "Note sur l'existence du Permien dans les Pyrénées espagnoles".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 4.<sup>a</sup> serie, tomo III.
- 1903.—STUART-MENTEATH: "Los Pirineos Aragoneses".—*Boletín de la Sociedad de Historia Natural*.—Zaragoza.
- 1903.—ROUSEL (J.): "Sur le Carbonifère des Pyrénées".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 4.<sup>a</sup> serie, tomo III.
- 1906.—SÁNCHEZ LOZANO (R.): "Datos geológico-mineros relativos a la cuenca carbonifera de Guardo (Palencia)".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XXVIII.

- 1908.—FOURNIER (E.): "Études sur les Pyrénées Basques".—*Bull. des Ser. de la Car. Géol. de France et des Top. Sout.*, tomo XVIII.
- 1909.—STUART-MENTEATH: "La nueva geología en los Pirineos de Aragón".—*Mem. I. Cong. Natural. Esp.*—Zaragoza.
- 1910.—DALLONI (M.): "Études géologiques des Pyrénées de l'Aragón".—Marseille.
- 1911.—ADARO (L.): "Los carbonos nacionales y la marina de guerra".—*Comisión de estudios de la riqueza hullera nacional*.
- 1911.—GROTH (J.): "Note préliminaire sur le bassin houiller de Bémez (Espagne)".—*Bull. Soc. Géol. de France*, tomo XI.
- 1912.—BERTRAND (L.) y MENGAUD (L.): "Sur la structure des Pyrénées cantabriques entre Santander y Llanes, et leurs relations probables avec les Pyrénées".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 4.<sup>a</sup> serie, tomo XII.
- 1912.—PRUVOST (P.): "L'âge des schistes pourpres de Papiol".—*Ann. de la Soc. Géol. du Nord*.
- 1912.—SÁNCHEZ LOZANO (R.): "Sondeo en el extremo oriental de la cuenca carbonifera de Guardo (Palencia)".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XXXIII.
- 1913.—ADARO (L.): "Emplazamiento de sondeos para investigar la probable prolongación de los senos hulleros por bajo de los terrenos mesozoicos".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XXXIV.
- 1913.—DALLONI (M.): "Stratigraphie et tectonique de la region des Nogueras (Pyrénées centrales)".—*Bull. Soc. Géol. de France*, 4.<sup>a</sup> serie, tomo XIII.
- 1913.—FAURA Y SANS (M.): "Síntesis estratigráfica de los terrenos primarios de Cataluña".—*Memoria de la Sociedad Española de Historia Natural*, tomo IX.
- 1913.—MALLADA (L.) y CARBONELL (A.): "Reseña geológica de la cuenca hullera de Guadalbarbo".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XXXIV.
- 1914.—DURÁN (M.) y FERNÁNDEZ (J.): "Atlas Geológico y Topográfico de la provincia de Oviedo (Oviedo)".
- 1914.—PALACIOS (P.): "Mapa geológico de la provincia de Navarra".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XL.
- 1916.—ADARO (L.): "Criaderos de hierro de Asturias".—*Memorias del Instituto Geológico de España*.
- 1916.—RUIZ FALCÓ (M.): "El sondeo de Caldones (Asturias)".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XXXVII.
- 1917.—CARBONELL Y TRILLO FIGUEROA (A.): "Cuenca carbonifera de los Hatillos".—*Revista Minera*, tomo XXXV.
- 1917.—CARBONELL Y TRILLO FIGUEROA (A.): "Notas sobre el Carbonifero de Guadalcanal (Sevilla)".—*Revista Minera*, tomo XXXV.
- 1917.—FAURA Y SANS (M.): "Caracterización del Dinantiense entre los Picos Paderna y Maladeta (Pirineos centrales de Aragón)".

- 1917.—HERRERA Y ORTUÑO (J.): "Descubrimiento de nuevas cuencas carboníferas".—*Revista Minera*, tomo LXVIII.
- 1917.—PALACIOS (P.): "Nota acerca de la constitución estratigráfica del Moncayo".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XXXVIII.
- 1918.—DURÁN (M.): y R. ARANGO (C.): "Estudio industrial de los manchones carboníferos de Guillón, Gedrez, Monasterio de Hermo y Cerredo (Oviedo)".—*Boletín de Minas de Metalurgia*, n.º 14.
- 1918.—ALMERA (J.), FAURA Y SANS (M.): "Ennumeració de las especies fósils dels terrenys paleozoicos de la provincia de Barcelona".
- 1918.—PATAC (I.): "Estudio geológico industrial de la cuenca carbonífera de Burgos".—*Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, números 15 y 16.
- 1918.—REVILLA (J.): "Estudio industrial de yacimientos hulleros y metalíferos de León".—*Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, números 17, 18 y 34.
- 1918.—SÁNCHEZ LOZANO (R.): "Datos para el estudio de la cuenca hullera de la provincia de Burgos".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XXXIX.
- 1918.—TERMIER (P.): "Anomalías en el contacto del Hullero y del Devónico de Arnao". Traducido por I. Patac.—*Revista Industrial Minera Asturiana*, núm. 86.
- 1918.—TERMIER (P.): "La significación de las milonitas de Arnao". Traducción de I. Patac.—*Revista Industrial Minera Asturiana*, número 87.
- 1918.—VILASECA (S.): "Els Terrenys Paleozoics del Camp de Tarragona". Reus.
- 1919.—TERMIER (P.): "Las Peñas de Careses.—La zona anticlinal Careses-Fresnedo". Traducción de I. Patac.—*Revista Industrial Minera Asturiana*, núm. 88.
- 1919.—TERMIER (P.): "Pliegues hercinianos y pliegues pirenaicos.—Arrastres antiestefanienses y arrastres postnumulíficos". Traducción de I. Patac.—*Revista Industrial Minera Asturiana*, núm. 89.
- 1919.—ARANGO (CELSO R.): "Memoria sobre el coto Cortes".—*Revista Industrial Minera Asturiana*, núms. 92 y 93.
- 1919.—FÁBREGA (P.): "La hulla en el pasado geológico y en el presente histórico".—*Revista Minera*, tomo XXXVII.
- 1919.—LACAZETTE (F.): "Estudio de la cuenca hullera de Badajoz".—*Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, núms. 24 y 25.
- 1919.—PEREIRA DE SOUSA (F. L.): "Contribuzao para o estudo do carbonico inferior e medio em Portugal. Sua comparazao com o de Espanha".—*Comunicacoes do Servizo Geologico de Portugal*, tomo XIII.
- 1920.—ARANGO (CELSO R.) y FERNÁNDEZ (J.): "Estudio industrial del manchón carbonífero de Carballo y Cibeá (Oviedo)".—*Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, núm. 33.

- 1920.—CARBONELL (A.): "Nuevos antecedentes acerca de la prolongación oriental de la cuenca de Bélmez".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XLI.
- 1920.—HERRERA Y ORTUÑO (J.): "Sobre cuencas carboníferas ocultas".—*Revista Minera*, tomo XXXVIII.
- 1920.—MENGAUD (L.): "Recherches géologiques dans la région cantabrique".—Paris.
- 1920.—PATAC (I.): "La formación Uraliense asturiana".—Gijón.
- 1920.—PEREIRA DE SOUSA (F. L.): "Sur le Carbonifère inférieur et moyen en Portugal".—*Comp. Rend. Acad. Scien. Paris*, tomo CLXX.
- 1920.—PÉREZ COSSÍO (L.): "El Carbonífero de Tamajón, Retiendas y Valdesoto, en la provincia de Guadalajara".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XLI.
- 1920.—ROYO GÓMEZ (J.): "Vegetales carboníferos de Fabero (León)".—*Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, tomo XX.
- 1920.—TENORIO (B.) y NAULET (A.): "Estudio geológico de la cuenca carbonífera del Viar (Sevilla)".
- 1921.—CORDERO (A.) y RINCÓN (L.): "La cuenca hullera de Puertollano".—*Industria y Economía*, núms. 11 y 12.
- 1921 y 1926.—FAURA Y SANS (M.): "Sinopsis mineral y paleontológica de España".
- 1921.—LA ROSA (A.): "Estudio de criaderos de la cuenca de Sabero y Veneros (León)".—*Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, núm. 48.
- 1921.—LANDECHO Y VILADOMAT: "Estudio de la cuenca de Matallana y Orzonaga (León)".—*Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, números 53 y 54.
- 1921.—LÓPEZ AGÓS (E.): "Yacimiento de fósiles carboníferos de Arenas de Cabrales (Asturias)".—*Sociedad Española de Historia Natural*, tomo XXI.—Madrid.
- 1922.—DUPUY DE LOME (E.) y NOVO (P.): "Los límites de las manchas arcáicas y primarias en los confines de la provincia de Huelva con el Alentejo en Portugal".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XLIII.
- 1922.—IGLESIAS (L.): "Sondeos en la cuenca hullera de Burgos".—*Estadística Minera*, 1922.
- 1922.—NAVARRO (E.) y LACAZETTE (F.): "Estudio de la cuenca carbonífera de Los Santos de Maimona (Badajoz)".—*Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, núm. 63.
- 1922.—URRUTIA (R.): "Un sondeo en el Carbonífero de León".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XLIII.
- 1923.—ESCOSURA (J.): "Estudio de la prolongación occidental de la cuenca carbonífera de Peñarroya".—*Boletín de Minas y Metalurgia*, núm. 68.
- 1923.—GAMBOA (L.) y PACHECO (J.): "Estudio de la cuenca carbonífera de Puertollano".—*Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, números 71 y 78.

- 1923.—LÓPEZ AGÓS (E.): "Síntesis paleontológica del Carbonífero español". *Sociedad Española de Historia Natural*, tomo XXIII.—Madrid.
- 1923.—PATAC (I.): "Estudio geológico minero de la cuenca hullera submarina de Arnao (Avilés)".—Madrid.
- 1924.—DUPUY DE LOME (E.) y NOVO (P.): "Estudio para la investigación del Carbonífero oculto bajo el Secundario en Palencia y Santander".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XLV.
- 1924.—PATAC (I.): "Estudio geológico industrial de la cuenca hullera del río Carrión, en la provincia de Palencia".—*Boletín Oficial de Minas y Metalurgia*, núm. 80.
- 1924.—PEREIRA DE SOUSA (F. L.): "Aperçu sur le Carbonique de la rive droite du Guadiana".—*Comunicacoes dos Servicos Geológicos de Portugal*, tomo XV.
- 1926.—ADARO (L.): "Atlas estratigráfico de la cuenca asturiana".—*Instituto Geológico de España*.
- 1926.—CUETO Y RUI-DÍAZ (E.): "Orografía y Geología Tectónica del país Cántabro-Astúrico".—*Boletín del Instituto Geológico de España*, tomo XLVII.
- 1926.—JOLY: "Études géologiques sur la chaîne celtibérique".—*Mem. XIV Cong. Géol.*—Madrid.
- 1926.—"XIV Congreso Geológico Internacional".—Madrid.—*Guía de Asturias*.
- 1926.—RENIER (A.): "Sur l'existence de Coal balls dans le bassin houiller des Asturies".—*Com. ren. de l'Acad. des Scien.*, tomo CLXXXII.
- 1927.—BOURBON (A.): "Estudio de la cuenca hullera de Bélmez".—*Revista Minera*, tomo XLV.
- 1927.—FÁBREGA (P.): "Carbonífero en España".—*Revista Minera*, tomo XLV.
- 1927.—GAVALA (J.): "Memoria correspondiente a la hoja de Cantillana".—*Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, tomo XLIX.
- 1927.—KUKUK: "Die asturischen Steinkohlenvorkommen im Gebiete der Kantabrischen Kordillere".—*Glückauf.*, núm. 23.
- 1927.—PATAC (I.): "Los yacimientos carboníferos españoles".—Gijón.
- 1928.—MADARIAGA (R.): "Notas sobre la distribución de especies fósiles del Carbonífero".—*Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, vol. I, núm. 1.
- 1928.—DELÉPINE (M. G.): "Sur les faunes marines du Carbonifère des Asturies (Espagne)".—*Comt. Rend. Acad. Soc.*, tomo CLXXXVII.
- 1928.—Instituto Geológico y Minero de España, hoja número 421.—Barcelona.
- 1928.—Instituto Geológico y Minero de España, hoja número 810.—Almodóvar del Campo.
- 1929.—Instituto Geológico y Minero de España, hoja número 836.—Mestanza.
- 1929.—Instituto Geológico y Minero de España, hoja número 881.—Villanueva de Córdoba.

- 1929.—LOTZE (F.): "Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grundgebirges (Spanien)".—Berlin.
- 1930.—DALLONI (M.): "Etude géologique des Pyrénées Catalanes".—Alger.
- 1930.—HAHNE (C.), RICHTER (G.), UND SCHRÖDER (E.): "Zur Tektonik der Keltiberischen Ketten".
- 1930.—Instituto Geológico y Minero de España, hoja número 420.—San Baudilio de Llobregat.
- 1930.—PATAC (I.): "En las inmediaciones de Gijón existen importantes yacimientos hulleros". tomo XLVIII.
- 1931.—Instituto Geológico y Minero de España, hoja número 882.—Venta de Cardeña.
- 1932.—Instituto Geológico y Minero de España, hoja número 448.—Gavá.
- 1932.—PATAC (I.): "Ligeras ideas acerca de la Tectónica del Antracolitico de Asturias y León".—Madrid.
- 1932.—MADARIAGA (R.): "Notas sobre estratigrafía de la cuenca carbonífera central de Asturias.—Sobre la distribución vertical de las *Fusulinas*".—*Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, vol. IV, núm. 4.
- 1932.—MADARIAGA (R.): "Los niveles marinos que caracterizan la capa "Angelita" en el pozo "Fondón".—*Revista Industrial Minera Asturiana*.—Oviedo, 16 mayo.
- 1932.—MADARIAGA (R.): "La zona límite Sotón-Entrerregueras en el pozo "Sotón".—Nuevo horizonte de *Fusulinas*".—*Revista Industrial Minera Asturiana*.—Oviedo, 16 junio.
- 1933.—RICHTER Y TEICHMÜLLER: "Zur Entwicklung der Keltiberischen Ketten".
- 1935.—OLAGÜE (I.): "Notas para el estudio del Jurásico de la Rioja".—*Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*.





Figura 1ª

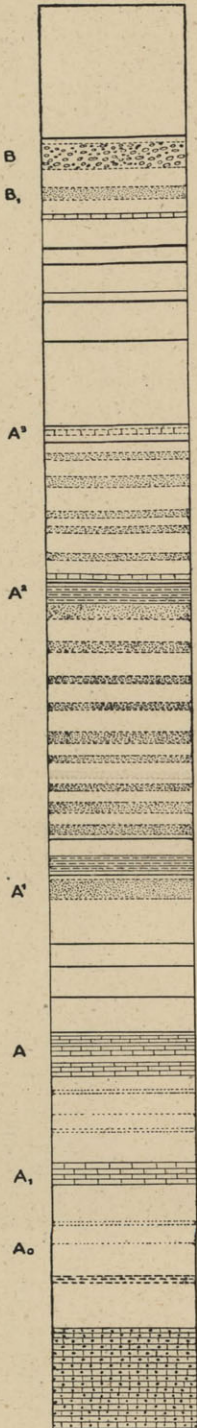


Figura 2ª

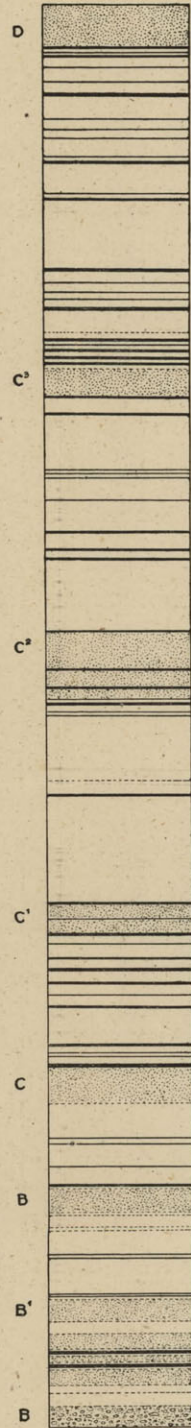


Figura 3ª

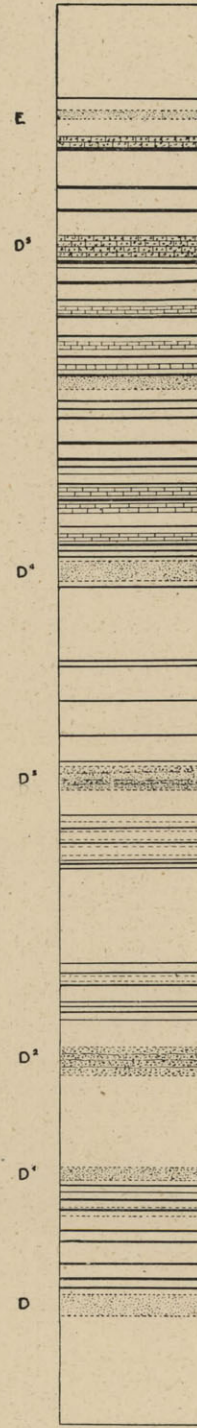
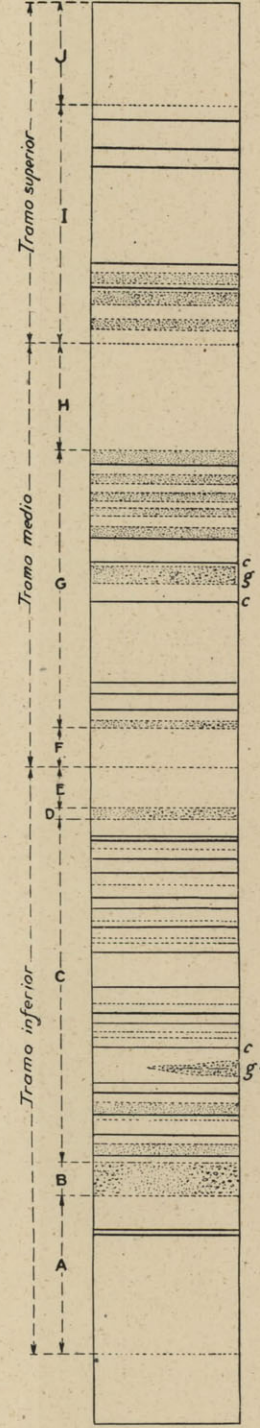





Figura 4ª



EXPLICACION

-  Caliza carbonifera
-  Calizas carboneras
-  Cuarcitas
-  Areniscas y Samita
-  Pizarras grises y negras
-  Pudinga
-  Arkosas
-  Calizo gonfolitica

ESTUDIO  
DE LA  
**CUENCA HIDROLÓGICA  
DEL CONDADO DE TREVIÑO**

POR

JOAQUÍN MENDIZÁBAL

Y

MANUEL DE CINCÚNEGUI (†)

## ESTUDIO DE LA CUENCA HIDROLÓGICA DEL CONDADO DE TREVIÑO

Encargados por la Dirección de este Centro de investigar e informar sobre las cuencas hidrológicas de mayor interés que pudieran existir dentro de las provincias que constituyen la Región Norte, hemos tropezado en principio con la dificultad de encontrar un lugar apropiado donde realizar esos estudios, ya que la abundancia de precipitaciones atmosféricas que caracteriza a la zona norte de la Península hace que sus manantiales y cursos fluviales lleven agua abundante en todas las épocas del año y que no exista ese problema que en algunas regiones de España reviste a veces caracteres verdaderamente alarmantes por la carencia de tan indispensable elemento para el abastecimiento de las poblaciones, para abrevadero de ganados y para riego de los campos.

A pesar de ello, y aunque sólo sea desde un punto de vista científico o especulativo, nos ha parecido que podría ser interesante el estudio de las condiciones hidrogeológicas de las cuencas cerradas terciarias que bordean por el S. la gran mancha cretácea cantábrica, pues dada su estructura tectónica, su forma de cubeta y los materiales que la constituyen, estimamos todo ello apropiado para la existencia de aguas surgentes.

Nos ocuparemos ahora especialmente de una de ellas, la que denominamos del Condado de Treviño, de la cual hare-

mos el estudio ordenado de sus límites, de su relieve orográfico, de su hidrografía y de cuantos datos interesantes puedan caer dentro de la denominación de Geografía física de la cuenca, para tratar luego, en un segundo capítulo, de cuanto se refiere a su constitución geológica y estratigráfica, aplicada a la hidrología, y deducir, por último, de todo ello y de los datos meteorológicos que podamos obtener, climatología, pluviometría, etc., las consecuencias apropiadas.

### Geografía Física

La cuenca oligocena del Condado de Treviño viene bordeada en todo su contorno por un cinturón de sierras lo suficientemente elevadas para que los sedimentos terciarios queden formando el fondo de esa amplia cubeta a que antes aludíamos.

Quedan encerrados dentro de ella por encima de un centenar de pueblos, entre los cuales destaca con gran diferencia, por su mayor importancia, Miranda de Ebro, que cuenta con más de 12.500 habitantes. Se aproximan a los 1.000 los que tienen Berantevilla, Puebla de Arganzón y Salinas de Añana; hay otros, como Pariza, Albaina, Arrieta, Villanueva de Valdegobia, Villanañic, Villamaderne, Espejo, Bergüenda, Santa Gadea del Cid, Zambrana, Pangua, Villanueva-Tobera, etcétera, que oscilan entre los 500 y 100, y, por último, descendiendo paulatinamente en esa escala, algunos que cuentan aproximadamente 20 habitantes y aun no llegan a eso, como San Miguel, San Pelayo, Escanzona, Ladrera, Morcador, etcétera. Gran parte de esos pueblos radican en el antiguo Condado de Treviño, que, aunque enclavado en la provincia de Alava, pertenecen a la de Burgos, pero no todos, pues aunque hemos dado a esa mancha terciaria esa denominación, fácil-

mente puede comprenderse la imposibilidad de una coincidencia absoluta entre los límites geológicos y los administrativos, quedando, por lo tanto, dentro de su perímetro pueblos que pertenecen a la de Alava.

Constituyen el límite oriental de la cuenca los macizos de los montes de Apellaniz y Berroci, que consideramos como estribaciones meridionales de los Montes de Vitoria y que constituyen la divisoria hidrográfica de los ríos Ega y Ayuda. En este macizo destacan varias eminencias, entre las que descuella como más importante la de San Justo, de 989 metros de altura.

Por el N. queda la cuenca limitada por los denominados Montes de Vitoria, que se inician por Levante en el puerto de Guereñu, y cuyas alturas, que culminan en el alto de Capilduy, de 1.180 metros, van descendiendo paulatinamente hacia Occidente con alturas comprendidas entre 900 y 800 metros, hasta dar paso a los ríos Zadorra y Bayas, que atraviesan el macizo montañoso con cotas de 500 y 600 metros, respectivamente. Vuelve luego a elevarse rápidamente este borde en las sierras que reciben los nombres locales de Arcamo, Guillerte y Peñagobia, alcanzando alturas hasta de 1.184 metros.

Por Occidente separan a esta cuenca de la inmediata de Medina de Pomar las estribaciones septentrionales del macizo de los Montes Obarenes, constituyendo en parte la llamada Sierra del Usar, cuyas alturas oscilan entre los 1.000 y 1.200 metros, llegando hasta 1.319 en el denominado Alto de la Mota.

El límite S. lo constituyen esos mismos Montes Obarenes y la Sierra de Cantabria, que recibe las denominaciones particulares de Sierra de Portilla, Tobera, de Toloño y Montes de Izquíz, con alturas en sus cúspides que sobrepasan poco de los 1.000 metros y que descienden hasta los 800.

El fondo de esta cubeta así circundada, por el que pasa, según veremos, el eje de un amplio pliegue sinclinal, dista mucho de ser una superficie horizontal, sino que, por el contrario, se encuentran en él una serie de prominencias que constituyen a veces verdaderos serrijones, entre los que destacan el Monte Franco, con 771 metros; el de San Miguel, con 901, divisoria hidrológica entre el río Ayuda y su afluente el Rojo; el Cerro del Castillo de Treviño, con 685 metros; el Alto de Campete, en el macizo de Cucho, con 749; los altos de San Formerio, que separan a los ríos Zadorra y Ayuda, con 750; el macizo que separa a los ríos Zadorra y Bayas, con alturas hasta de 737 metros en su parte N. y, por último, el que queda limitado por el Bayas, por el E.; el Omecillo, por el O., y el Ebro, por el S., cuya altura máxima es Santa Marina, con 884 metros.

La red hidrográfica está constituida por cursos fluviales comprendidos todos dentro de la cuenca del Ebro, río que también atraviesa la región de que nos ocupamos por su ángulo SO., en dirección NO.-SE., y sobre el que hay establecidas una serie de estaciones de aforo, entre ellas la de Miranda de Ebro, que por su ubicación ofrece especial interés en este estudio. De los datos que de ella hemos podido recoger, algo incompletos, puesto que no alcanzan más que hasta el año 1929, se deducen las grandes variaciones que experimenta su caudal desde mínimos que corresponden a una altura en la escala de 0,55 que representa 4,625 metros cúbicos de caudal por segundo, que se registran al final del mes de agosto y durante todo septiembre, hasta máximos de 2,50 de altura en la escala que corresponde a 246,600 metros cúbicos de caudal en varios días de enero, febrero, noviembre y diciembre. En el año 1929, último, como decimos, cuyos datos se han publicadó, figuran como alturas de escala 2,90 y 4,00 metros en los días 24 de enero y 15 de noviembre, respecti-

vamente, no haciéndose constar el caudal que a ellos corresponde. La media del año puede considerarse como de 25,400 metros cúbicos por segundo, con altura de escala de 1,35.

Afluente del Ebro es el Zadorra, que cruza a la cuenca casi de N. a S. y que se une al Ebro en las proximidades de Zambrana, aguas abajo de Miranda, después de haber pasado por los poblados de Puebla de Arganzón, Estabillo, Armiñón y Lacorzana. Recibe este río por ambas márgenes las aportaciones de otros varios, entre los cuales destaca, por su mayor importancia, el Ayuda, que se le une poco al S. de Lacorzana y que, nacido en las vertientes septentrionales del Capilduy, recoge a su vez las aguas de los ríos Arlucea, Sabraso y Rojo.

También aguas abajo de Miranda, pero más próximo a esta población que el anterior, se une al Ebro el Bayas, cuyo curso va orientado en líneas generales en la dirección N.-S. y que, originario de la vertiente meridional de la Sierra del Gorbea, recoge las aguas de numerosos arroyos, llegando a integrar un caudal de bastante consideración.

Por último, y sólo fijándonos en los afluentes de una relativa importancia, citaremos el Omecillo, que desemboca al N. de Puentelarrá, formado por la unión de dos riachuelos que se unen en las proximidades de Villanañe, uno nacido en la Sierra de Bóveda y el otro en las laderas meridionales de Sierra Salvada.

## Geología

La constitución geológica de la cuenca del Condado de Treviño, cuyo conocimiento es la base principal para determinar sus condiciones hidrológicas, ha sido objeto de un detenido y especial estudio por nuestra parte.

Los estratos oligocenos, que son los más modernos que

encontramos, salvo algunos depósitos cuaternarios que bordean los cursos de los ríos y que para el objeto que perseguimos carecen de interés, se presentan según la siguiente serie, considerada de abajo arriba:

1. Conglomerado poligénico en la base.
2. Alternancias de margas rosáceas y amarillentas.
3. Calizas blancas, cristalinas, compactas y azoicas.
4. Margas blancas con nódulos de sílex en su base que van enriqueciéndose en sílice a medida que se asciende en el nivel estratigráfico.
5. Capa de maciños de unos diez metros de espesor que corona la serie.

Esta formación se apoya en su mayor parte sobre el Cretáceo, salvo una sección en su límite oriental y otra en el N. occidental, por encima de Valpuesta, en donde le sirven de base las calizas eocenas del Luteciense.

El Cretáceo viene representado por diversos niveles. El más inferior, el Cenomanense, lo constituyen unas calizas oolíticas (calizas del castillo de Portilla) que, aunque azoicas, tenemos que clasificarlas como tales por considerarlas como continuación de las de la Sierra de Toloño, a las que atribuimos esa edad. Estas calizas puede decirse que se extienden casi sin solución de continuidad desde San Zadornil, al S. de Valpuesta, en el borde occidental, hasta Faido en el meridional.

Se superponen a las calizas cenomanenses las margas senonenses con *micraster coranguinum*, que se extienden por todo el borde septentrional de la cuenca, aun cuando en la parte oriental de este borde quedan recubiertas por unas areniscas con orbitoides, atribuibles al Dordoniense, que comienzan acuñadas en las proximidades de Zumelzu y que van adquiriendo mayor potencia a medida que las seguimos hacia Levante. Sobre estas areniscas se apoyan las calizas lutecienses que dijimos formaban el borde oriental de la cuenca,

mientras que las de la misma edad del N. de Valpuesta reposan directamente sobre las margas senonenses.

También son las areniscas dordonienses de los montes de Izquiz las que forman el límite S. de la cuenca desde Faido hasta las proximidades de Marquinez, donde volvemos a encontrar las calizas lutecienses del borde oriental.

Todos estos estratos tienen un marcado buzamiento hacia el centro de la cuenca, quedando así también formada estratigráficamente una cubeta en forma de elipse cuyo eje mayor, coincidente con el del pliegue sinclinal, lleva una dirección ONO.-ESE.

Para completar la descripción geológica de la cuenca no podemos dejar de mencionar la existencia de dos manchas triásicas que tienen una marcada influencia en la tectónica de la región.

La primera es la de Peñacerrada, que tiene la particularidad de la existencia de un pequeño asomo de los conglomerados de base de este sistema que en ninguna otra mancha de la región acusan su presencia. Se relaciona esta mancha con la de Salinillas de Buradón y San Felices de Haro, que se prolonga hacia Poniente por el Convento de San Miguel, al N. de Cellorigo, y se acuña en las proximidades de Ircio.

No aparecen los estratos triásicos de esta mancha en la cuenca, pero su influencia se deja sentir produciendo la inflexión, interrupción y trastorno de las capas oligocenas en su borde S.

El otro asomo, que sí se encuentra enclavado dentro de la cuenca oligocena, es el de Salinas de Añana. Brotan en las proximidades de este lugar diversos manantiales salados cuya explotación y aprovechamiento se hace desde la más remota antigüedad, sin interrupción desde el siglo X hasta nuestros días, según puede asegurarse por la documentación existente.

Las eras de evaporación se encuentran en el denominado Valle de la Sal, atravesado por dos arroyos de agua dulce y en el que manan tres manantiales salados. La fuente principal brota en el extremo meridional del valle, junto a uno de los arroyos de agua dulce, con una temperatura de 17 grados. Más al N. se encuentran los manantiales denominados Fuente del Pico y Fuente Riba. Fuera ya del valle, existen otros dos manantiales salados denominados Fuente Hoyos y Fuente del Lago.

En todos los mapas geológicos publicados hasta la fecha, salvo en el que W. Schriell incluye en su trabajo: "Die Sierra de la Demanda und die Montes Obarenes", se figura el terreno en que alumbran estos manantiales como pertenecientes al Terciario y atravesado por diversos apuntamientos de ofita.

Adán de Yarza, en su descripción física y geológica de la provincia de Alava, al tratar de las capas lacustres de Treviño, las considera como oligocenas, y en ellas incluye las de Salinas de Añana, que dice están atravesadas por mogotes ofíticos acompañados de yeso en gran abundancia y manantiales salados. Insiste en ello al tratar particularmente de las ofitas, y deduce que las últimas erupciones de estas rocas han tenido lugar al fin del Oligoceno.

En aquella época era teoría aceptada por muchos geólogos que las margas irisadas que rodean a las ofitas eran producto de metamorfismo producido por la erupción de estas rocas, teoría que sostenía en España Macpherson, y en Francia, Stuart-Menteath.

Los primeros que apuntaron la idea de que aquellos sedimentos pudieran ser triásicos, fueron Verneuil, Collomb y Triger en su nota sobre el país vasco español, pues decían que el manantial de agua salada surgía "entre margas rojas, amarillas y verdes, acompañadas de yeso, de caliza cavernosa análoga a la carniola de los Alpes y de una

roca verde y piroxénica, que no es otra que la ofita del Pirineo".

Sin embargo, en un corte teórico que dan del Terciario, que ellos consideran como Mioceno, incluyen también este tramo.

Como el problema de las ofitas es de gran transcendencia para la geología pirenaica, se han hecho sobre ellas numerosos estudios, habiéndose llegado a admitir por la mayoría de los geólogos que la ofita constituye macizos lacolíticos en los sedimentos triásicos y casi exclusivamente en los niveles superiores (Keuper), y desde el punto de vista estratigráfico, se le considere como de edad triásica en todos los yacimientos de los Pirineos occidentales franceses (Viennot), en los que ha venido a la superficie por fenómenos mecánicos, empujada por las dislocaciones propias de las masas de sal, en forma de hernias situadas en los ejes anticlinales y sinclinales. Esa edad ha sido comprobada por nosotros con el hallazgo de fósiles indudablemente triásicos en las proximidades de los apuntamientos ofíticos de Maeztu.

Hecha ya la descripción geológica general de la región, analicemos el papel que cada uno de los elementos que la constituyen puede desempeñar en la formación de una cuenca hidrológica.

Los depósitos terciarios más elevados están integrados por alternancias de margas y areniscas, constituyendo éstas niveles filtrantes que, aprisionados entre otros dos impermeables, pueden dar lugar a la formación de algunos mantos acuíferos que consideramos de escaso caudal y que no tendría la diferencia de carga suficiente para ser surgente.

Bajo estas alternancias, encontramos las capas de conglomerado poligénico constituido por elementos rodados de diversas composiciones y procedencia, unidos por un cemento arcilloso-calizo. Estos conglomerados puede decirse que bor-

dean todo el perímetro de la cuenca con potencia variable, salvo una interrupción en su borde S., entre Orón e Ircio, donde no los hemos podido determinar con entera claridad y cuya desaparición tal vez esté relacionada con el afloramiento triásico que referimos en primer lugar.

El conglomerado no constituye en sí una roca filtrante ni por sus elementos constituyentes ni por la naturaleza del cemento que los aglutina, pero como se encuentra siempre algo agrietado y fisurado, resulta por esta circunstancia apto para almacenar cantidades de agua.

Los conglomerados se apoyan, según hemos dicho ya repetidas veces, en el borde oriental y en una pequeña sección del NO. sobre las calizas lutecienses, roca que, por las mismas razones que apuntábamos para aquéllos, pueden convertirse en un depósito de aguas subterráneas.

Donde falta ese tramo eoceno, los conglomerados reposan directamente sobre las areniscas dordonienses, sedimentos de perfectas condiciones para la infiltración que en potente masa se extienden por la parte oriental de los bordes N. y S. de la cuenca.

Por debajo de todas estas formaciones se extienden las margas grises del Senonense, nivel impermeable que forma la base de la cuenca y que en la parte occidental del límite N. se infrapone directamente a las pudingas. No aparecen, sin embargo, estas margas en el límite oriental y parte del meridional, en donde, por fenómenos de denudación y de origen tectónico, los estratos terciarios vienen en contacto inmediato con las calizas que hemos clasificado como Cenomanense, de estructura cristalina y compacta.

Resumiendo cuanto llevamos dicho y prescindiendo por el momento de los mantos acuíferos que pudieran formarse en las areniscas oligocenas, que hemos considerado de poca importancia, encontramos que entre las margas y arcillas oligocenas y las margas senonenses, que constituyen dos niveles per-

fectamente impermeables, se intercalan las pudingas oligocenas, las calizas lutecienses y las areniscas dordonienses que, por su naturaleza y estructura, son aptas para la infiltración y almacenamiento de las aguas provenientes de las precipitaciones atmosféricas que tengan lugar sobre su superficie de afloramiento. Si a ello añadimos la sensible diferencia de nivel que existe entre la parte baja de la cubeta y las alturas que la bordean en donde afloran esos sedimentos más o menos permeables, diferencia de nivel siempre superior a 80 ó 100 metros, podemos deducir que dentro de la cuenca oligocena del Condado de Treviño cabe investigar la existencia de mantos acuíferos artesianos.

#### **Datos meteorológicos - Aguas infiltradas - Conclusiones**

Entre las diversas teorías sustentadas sobre el origen de las aguas subterráneas, tales como la de la condensación del aire atmosférico, que defendía Aristóteles; las de la infiltración o destilación de las aguas marinas y las más modernas de Volger y de Suess, basada la primera en las condensaciones del vapor de agua atmosférico contenido en las grietas de las rocas, y la segunda denominada de las aguas juveniles, consideradas como provenientes de las contenidas en las rocas antiguas hundidas a profundidad y que surgen a la superficie por grietas, la aceptada hoy generalmente es la que ya expuso Vitrubio, confirmada por Palissy en el siglo XVI, según la cual esas aguas no eran más que el resultado de la infiltración de las de lluvia que caían sobre la superficie del terreno.

De esas precipitaciones atmosféricas, agua o nieve, una parte se evapora, otra corre por la superficie y otra se infiltra, en proporciones que algunos autores han tratado de establecer simplísticamente, suponiendo que es por partes iguales, aunque bien fácilmente puede comprenderse que intervienen en esos tres fenómenos factores que necesariamente han de mo-



dificar muy sensiblemente los coeficientes que a cada uno corresponde, relacionados intimamente con la naturaleza del terreno, su inclinación, temperaturas medias, número de días despejados, nublados y lluviosos y hasta con la vegetación, que es a veces un poderoso vehículo para la evaporación.

Después del estudio geológico que acabamos de hacer y del cual sacamos la consecuencia de la posible existencia de una cuenca artesiana, es interesante apreciar la importancia que ésta pueda tener, para lo cual nos es indispensable el conocimiento de una serie de datos que hemos podido entresacar del *Anuario del Servicio Meteorológico Español*, cuya última publicación se refiere al año 1928, completados con otros que amablemente nos han sido facilitados en el mismo Centro.

Dentro de la cuenca en estudio, sólo existen estaciones de observación en Miranda de Ebro y Salinas de Añana, en las que únicamente se recogen los datos pluviométricos y a partir del año 1929. En las mismas condiciones se encuentra la de Salvatierra de Alava que, aunque fuera de la cuenca, por su situación puede suministrarlos datos de interés referentes a la parte N. de la misma. Así, tenemos las alturas, en milímetros, de lluvia caída siguientes:

AÑOS	Miranda	Salinas	Salvatierra
1929.....	537,7	572,5	946,9
1930.....	701,4	957,4	1.547,7
1931.....	585,0	982,3	1.251,8
1932.....	604,9	778,3	911,4
LLUVIA MEDIA DE LOS CUATRO AÑOS.	606,7	822,6	1.164,4

Como estación completa, cuyos datos puedan tener aplicación a la región de que nos ocupamos, no existe más que la de Vitoria, cuyo estado, a partir del año 1922, transcribimos a continuación:

AÑOS	Tem- peratura máxima	Tem- peratura mínima	HUMEDAD RELATIVA MEDIA		Lluvia máxima en un día	Lluvia total	Días de lluvia	Días de nieve	Días despejados	Días nublados	Días cubiertos
			a 7 h.	a 13 h.							
1922.....	34,6	6,8	83	64	30,2	791,7	149	18	24	286	105
1923.....	38,4	5,4	82	62	51,1	960,1	169	21	19	288	108
1924.....	34,8	7,0	78	56	35,3	598,0	129	18	26	283	107
1925.....	37,0	6,8	84	60	62,1	912,8	162	20	14	242	109
1926.....	36,4	12,8	83	58	43,2	730,2	144	13	21	240	104
1927.....	38,8	3,6	82	61	30,5	969,3	179	17	22	281	112
1928.....	37,6	5,8	80	56	38,2	730,6	170	10	24	229	113
1929.....	»	»	»	»	»	808,5	»	»	»	»	»
1930.....	»	»	»	»	»	1.323,6	»	»	»	»	»
1931.....	»	»	»	»	»	1.134,8	»	»	»	»	»
1932.....	»	»	»	»	»	896,7	»	»	»	»	»

Resulta, por lo tanto, que la lluvia media que podemos calcular en la cuenca, como resultado de las mediciones que se efectúan en Vitoria, Miranda, Salinas y Salvatierra, es de 870,2 milímetros, cifra muy elevada, que se acerca al triple de la que durante esos mismos años puede calcularse para la región central de España.

Otras consecuencias interesantes deducimos del cuadro arriba expuesto, como son: que la temperatura media del año viene a ser de 14,6 grados, que el promedio de los días despejados es 21, mientras que los de lluvia y nieve suman 174 (el 48 por 100), quedando, por lo tanto, 150 días nubosos o cubiertos. No necesitamos resaltar la influencia que estas cifras tienen sobre los coeficientes de infiltración y evaporación principalmente.

Hemos sacado, como consecuencia del estudio geológico detallado de la cuenca, que las capas que por su mayor o menor grado de permeabilidad se prestan a servir de recipientes almacenadores de agua, son las areniscas dordonienses, las calizas lutecienses y las pudingas oligocenas.

En la obra *Investigación de aguas subterráneas para usos agrícolas*, de D. Bartolomé Darder, se publica un detallado cuadro en el que se dan los coeficientes que corresponden a cada una de las tres fases: evaporación, aguas superficiales e infiltraciones, para diversas clases de terrenos, y de él tomamos las siguientes cifras:

	Evaporada Por 100	Superficial Por 100	Infiltrada Por 100
Terrenos a base de areniscas compactas y poco fisuradas. ....	50	20	30
Terrenos de areniscas deleznales con fisuras..	35	5	60
Terrenos calizos horizontales y poco fisurados..	65	15	20
Terrenos calizos horizontales muy fisurados....	45	5	50
Terrenos calizos fisurados y en pendiente pronunciada.....	25	5	70

Los coeficientes de evaporación que aquí se indican son, en general, superiores a los que nosotros deberíamos emplear, dadas las temperaturas medias y el número de días despejados, lluviosos, etc., con que contamos, pero los aceptaremos así para dar un mayor margen de seguridad al cálculo de la cantidad de agua almacenada. Por análoga razón, equipararemos las areniscas dordonienses a las compactas y poco fisuradas cuyo coeficiente de infiltración es el 30 por 100, y las calizas eocenas a las horizontales y poco fisuradas en que ese coeficiente es el 20 por 100, incluyendo también en el mismo grupo a las pudingas.

La superficie receptora de las areniscas en relación con esta cuenca puede considerarse que es de unos 135 kilómetros cuadrados, y como la lluvia media caída es 870,2 milímetros, o lo que es lo mismo, 870,2 litros por metro cuadrado, resultará que el total de agua caída será de 117.477 millones de litros, de los cuales se infiltrarán el 30 por 100, o sea 35.243 millones de litros; en números redondos: 35 millones de metros cúbicos al año, cifra que representa aproximadamente un metro cúbico por segundo.

Las calizas representan una superficie de 16 kilómetros cuadrados, sobre la cual el agua caída será 13.900 millones de litros, y con el coeficiente del 20 por 100 que aplicamos, la infiltración representa tres millones de metros cúbicos al año, o sea 0,08 metros cúbicos por segundo.

Las pudingas suponen una superficie de 130 kilómetros cuadrados, y haciendo el cálculo exactamente igual que para las calizas, llegamos a la cifra de 22 millones de metros cúbicos infiltrados en el año, o sea 0,7 metros cúbicos por segundo.

Es decir, que el total de agua que se puede almacenar en la cuenca se aproxima mucho a los dos metros cúbicos por segundo.

De las zonas filtrantes que hemos reconocido, la más in-

terésante es, sin duda, la de las areniscas, pues a más de ser la de mayor superficie, es la que presenta mayor coeficiente de infiltración, por la misma naturaleza de la roca. Esas areniscas se agrupan en el extremo oriental de la cuenca y, por tanto, localizan con mayor precisión los puntos en que pudieran ser alumbradas las aguas artesianas.

Las calizas tienen una extensión reducida y se encuentran en los dos extremos de la cuenca, correspondiendo al afloramiento de la parte oriental los dos tercios de la superficie total.

Las pudingas presentan una superficie de captación poco inferior a la de las areniscas, pero, según ya hemos dicho, se extienden formando como un cinturón alrededor de toda la cubeta, por lo que su influencia se reparte igualmente por toda ella.

Adoptando, después de estos razonamientos, como región más adecuada para el fin que se persigue la parte oriental de la cuenca, podemos fijar dentro de ella una zona comprendida entre los poblados de Uzquiano, Aguillo, Marauri, Saraso y Pedraza, relativamente poco accidentada, situada simétricamente a un lado y otro del eje del pliegue sinclinal y en la que la cota media es de unos 600 metros. La distancia horizontal aproximada desde esa zona a la de las areniscas es de unos cinco kilómetros, y como el buzamiento de éstas es alrededor de 10 a 12 grados hacia el centro de la cuenca y su cota unos 200 metros más elevada, resultará que con un sondeo de unos 650 a 700 metros se llegaría a cortar el manto acuífero, que tendría, por otra parte, la presión suficiente para ser surgente. Ese mismo taladro cortaría antes otros niveles correspondientes a las pudingas y calizas, también artesianos, aunque de menor caudal.

La experiencia ha demostrado la existencia de tal manto acuífero surgente. La Compañía Española de Petróleos rea-

lizó en las proximidades de Uzquiano un sondeo para investigación petrolífera, que como tal fué un fracaso, resultado que se podía prever por la ubicación del orificio en el mismo eje del pliegue sinclinal. Se dice que a los 600 metros se notaron manifestaciones hidrocarburadas, hecho que no parece probable; pero lo que sí es cierto es que a los 641 surgió un abundante caudal de agua, que sigue manando en la actualidad unos tres litros por segundo. La misma Compañía, y con igual fin, hizo otra perforación en las proximidades de Ozana, surgiendo el agua a los 200 metros; pero hoy en día este pozo se encuentra cegado. Por su poca profundidad, este nivel acuífero debe corresponder al de las pudingas.

Al hacer la descripción geológica de la cuenca, hablábamos de un nivel filtrante constituido por las areniscas oligocenas. La superficie de afloramiento de esta roca no pasa de los 60 kilómetros cuadrados, y como la lluvia media anual es de 607 milímetros en Miranda, estación de referencia que debemos tomar, y el coeficiente de infiltración es el 30 por 100, la lluvia recogida por año será 10 millones de metros cúbicos, o sea poco más de 0.3 metros cúbicos por segundo. A este nivel podemos atribuir los numerosos pozos y manaderos que se encuentran en los diferentes poblados y que tienen suficientemente abastecida a la región.

Para terminar este trabajo, citaremos la existencia, dentro de la cuenca del Condado de Treviño, de dos manantiales minero-medicinales que son objeto de explotación: el de Fuente Caliente, en las proximidades de Miranda, y el de Cucho.

Las aguas del primero son claras y transparentes, sin color ni olor, de sabor agradable, dan reacción alcalina y su temperatura es de 22,5 grados.

Su análisis, facilitado por la Administración del Balneario, es el siguiente, por litro de agua:

Acido carbónico.....	0,120
» oxálico.....	0,038
Bicarbonato de sosa...	0,172
» de litina.....	0,001
» de cal.....	0,159
» de magnesia.....	0,049
» ferroso.....	0,001
Cloruro potásico..	0,071
Sulfato cálcico.....	0,064
Sílice.....	0,007
Alúmina.....	0,004
Materia orgánica.....	0,009

Se aconsejan como un auxiliar para la digestión y para las enfermedades del estómago, hígado, bazo, riñones, intestinos, vías urinarias, reuma, etc.

El de Cucho se clasifica como sulfuroso cálcico, variedad sulfhídrica, nitrogenado, radio activo y rico en coloides, con aplicación para enfermedades de la piel, aparato respiratorio y artritis.

Su análisis, practicado por el Sr. Muñoz del Castillo y publicado en un folleto de propaganda, es el siguiente:

#### GASES:

Acido sulfhídrico.....	76,6 c. c. por litro.
» carbónico.....	51,7 » »
Nitrógeno.....	30,6 » »

#### SUSTANCIAS FIJAS:

Sulfato sódico.....	0,076
» potásico.....	0,012
» cálcico.....	0,350
» magnésico.....	0,021
Carbonato cálcico.....	0,362
» magnésico.....	0,029
Cloruro sódico.....	0,911
Sílice.....	0,011
Materia orgánica.....	0,062

Su radioactividad es, como mínimo, 74,1 voltios-hora litro. Su caudal, de unos 16 litros por minuto, con una temperatura de 15 grados y desprendiendo fuerte olor a ácido sulfúrico.

Por las sustancias que predominan en su composición, parece desprenderse que su infiltración ha debido realizarse a través de masas salinas, yesosas y calizas, es decir, de las rocas que predominan en la formación triásica, con la cual deben estar íntimamente relacionadas y de la que existe, muy próximo, el afloramiento de Salinas de Añana, situado, como el manantial, sobre el eje del pliegue sinclinal.

También en Salinas de Añana existe un manantial sulfuroso de escasa importancia.

Provincia de Alava

AÑO

MESES	TEMPERATURAS 0° C.							PRECIPITA		
	Media	MÁXIMA ABSOLUTA		Media de la mínima	MÍNIMA ABSOLUTA		DÍAS		Cantidad total en mm.	
		0° C.	Fecha		0° C.	Fecha	Lluvia	Nieve		
Enero.....	2,7	6,0	14,4	31	0,6	4,6	9	9	7	51,7
Febrero.....	5,5	9,8	16,6	26	1,3	5,0	13	18	1	88,9
Marzo.....	8,8	14,9	21,8	20	2,6	2,6	1	5	»	15,8
Abril.....	9,3	15,2	23,0	20	3,3	2,8	2	15	»	57,7
Mayo.....	11,8	17,1	25,0	5	6,4	1,2	12	16	»	98,6
Junio.....	17,3	23,7	30,6	7	11,0	5,4	27	10	»	58,5
Julio.....	20,3	27,3	36,0	23	13,2	6,4	9	9	»	68,8
Agosto.....	18,7	25,0	35,8	26	12,4	6,4	6	11	»	16,2
Septiembre.....	19,0	25,0	32,0	8	12,9	6,0	25	12	»	54,0
Octubre.....	11,8	17,4	26,6	1	6,2	1,8	29	17	»	125,0
Noviembre.....	8,6	11,9	17,6	25	5,3	1,8	5	22	»	116,3
Diciembre.....	7,1	11,1	16,4	12	3,1	8,4	20	22	»	59,0
AÑO.....	11,7	17,0	36,0	23-VII	6,4	8,4	20-XII	166	8	810,5

AÑO

MESES	TEMPERATURAS 0° C.							PRECIPITA		
	Media	MÁXIMA ABSOLUTA		Media de la mínima	MÍNIMA ABSOLUTA		DÍAS		Cantidad total en mm.	
		0° C.	Fecha		0° C.	Fecha	Lluvia	Nieve		
Enero.....	5,2	8,1	16,8	3	2,2	4,0	6	12	6	70,7
Febrero.....	3,9	7,1	12,6	27	0,6	2,2	6	20	7	243,6
Marzo.....	8,9	14,3	22,2	23	4,4	3,0	11	14	2	106,2
Abril.....	9,3	14,5	23,6	11	4,1	0,2	5	14	2	76,6
Mayo.....	13,4	19,3	27,8	14	7,5	0,8	5	15	»	91,6
Junio.....	18,5	25,5	37,0	13	11,5	5,0	1	9	»	61,0
Julio.....	18,2	24,5	32,8	11	11,9	6,4	8	7	»	43,2
Agosto.....	18,2	24,1	32,8	27	12,2	9,0	21	14	»	55,1
Septiembre.....	13,4	19,0	28,2	2	7,8	0,2	26	10	»	64,4
Octubre.....	12,5	17,6	26,6	5	7,4	1,0	28	18	»	105,3
Noviembre.....	8,3	12,0	17,6	1	4,5	2,4	22	20	»	143,4
Diciembre.....	2,1	5,3	14,4	4	1,1	10,0	25	12	4	73,1
AÑO.....	11,0	15,9	37,0	13-VI	6,1	10,0	25-XII	165	21	1.134,2

Estacion de Vitoria (Instituto)

1929

CIÓN	NÚMERO DE DÍAS DE					NÚMERO DE DÍAS			HUMEDAD			TENSIÓN				
	MÁXIMA		Rocío..	Escarcha..	Niebla..	Tormenta..	Granizo..	Despejados..	Nubosos..	Cubiertos..	8 h.	13 h.	18 h.	8 h.	13 h.	18 h.
	mm.	Fecha														
11,4	2	7	16	3	»	»	»	15	16	92	78	83	4,6	5,0	4,9	
18,7	27	11	5	8	»	»	»	14	14	89	71	77	5,2	5,6	5,8	
7,6	22	12	8	5	»	»	8	18	5	84	51	53	5,5	5,8	6,0	
18,3	22	9	2	1	»	1	3	18	9	69	44	56	5,4	4,9	5,9	
24,8	24	9	»	6	3	1	1	15	15	80	56	65	7,3	7,3	7,8	
28,3	10	10	»	3	5	»	4	17	9	77	52	65	10,2	10,0	10,9	
24,9	17	8	»	1	5	»	9	16	6	74	44	58	11,5	10,4	11,5	
4,8	8	10	»	4	2	»	3	13	15	79	48	62	10,6	10,0	10,8	
17,8	11	11	»	6	7	»	6	24	»	78	44	61	10,8	9,5	11,0	
29,9	5	12	»	8	1	»	»	19	12	84	61	72	7,2	7,7	8,4	
29,0	15	3	2	3	»	»	»	11	19	83	69	78	6,4	6,6	6,9	
25,3	6	3	5	5	»	»	1	18	12	84	69	79	5,8	6,1	6,4	
29,9	5-X	175	38	53	23	2	35	198	132	81	57	68	7,5	7,5	8,0	

1931

CIÓN	NÚMERO DE DÍAS DE					NÚMERO DE DÍAS			HUMEDAD			TENSIÓN				
	MÁXIMA		Rocío..	Escarcha..	Niebla..	Tormenta..	Granizo..	Despejados..	Nubosos..	Cubiertos..	8 h.	13 h.	18 h.	8 h.	13 h.	18 h.
	mm.	Fecha														
22,2	31	8	5	3	»	1	»	19	12	92	81	88	5,7	6,1	6,2	
33,2	14	2	2	4	2	»	»	7	21	94	84	87	5,3	5,5	5,8	
29,9	19	10	»	1	2	»	»	16	15	84	86	71	6,4	7,1	7,2	
18,8	20	5	1	1	1	»	2	19	9	79	55	63	6,4	6,0	6,3	
27,9	1	6	»	1	4	1	2	21	8	74	54	59	7,9	7,7	7,8	
29,7	24	12	»	»	4	1	1	23	6	69	49	67	10,3	9,9	11,4	
23,4	14	9	»	4	3	»	1	27	3	71	49	64	10,0	9,8	10,9	
22,8	1	8	»	4	3	»	2	24	5	73	50	63	10,0	9,4	10,5	
29,5	11	15	1	5	2	»	4	19	7	76	53	65	8,0	8,0	8,6	
52,0	24	14	»	10	1	»	»	22	9	87	67	74	8,1	8,5	8,9	
24,5	15	4	4	3	»	»	»	13	17	85	69	77	6,3	6,8	6,9	
20,9	7	4	17	10	1	»	2	12	17	94	83	89	4,7	5,1	5,2	
52,0	24-X	97	30	46	23	3	14	222	129	82	63	72	7,4	7,5	8,0	

## Provincia de Alava

AÑO 1932.

MESES	TEMPERATURAS 0° C.						PRECIPITA			
	Media	Media de la máxima	MÁXIMA ABSOLUTA		MÍNIMA ABSOLUTA		DÍAS		Cantidad total en mm.	
			0° C.	Fecha	Media de la mínima	0° C.	Fecha	Lluvia		Nieve
Enero.....	3,2	7,2	13,8	7	0,8	13,2	5	9	»	21,8
Febrero.....	1,8	5,2	13,4	6	1,7	6,4	13	3	9	24,8
Marzo.....	7,9	12,6	19,2	24	3,1	2,2	20	18	1	74,1
Abril.....	7,7	12,3	21,6	10	3,1	0,8	26	22	»	63,4
Mayo.....	12,2	17,3	23,0	19	7,0	»	8	21	»	101,2
Junio.....	14,9	20,2	27,8	26 30	9,6	3,0	9	17	»	149,0
Julio.....	16,1	20,6	31,8	29	11,5	6,8	19	16	»	96,5
Agosto.....	20,4	26,6	34,6	10	14,2	8,8	3	8	»	43,0
Septiembre...	17,1	22,1	30,2	16	12,0	2,8	28 29	14	»	57,9
Octubre.....	12,1	16,1	22,8	21	8,0	0,2	30	19	»	66,5
Noviembre....	9,2	12,7	16,6	3	5,7	3,2	30	17	3	133,2
Diciembre....	7,2	10,6	15,4	7	3,7	3,2	27	21	»	51,3
AÑO.....	10,8	15,3	34,6	10-VIII	6,3	13,2	5-1	185	13	887,7

## Estación de Vitoria (Instituto)

CIÓN	NÚMERO DE DÍAS DE					NÚMERO DE DÍAS			HUMEDAD			TENSIÓN				
	MÁXIMA		Rocío..	Escarcha..	Niebla..	Tormenta..	Granizo..	Despejados..	Nubosos..	Calenturas..	8 h.	13 h.	18 h.	8 h.	13 h.	18 h.
	mm.	Fecha									8 h.	13 h.	18 h.	8 h.	13 h.	18 h.
6,6	9	6	14	18	»	»	1	20	10	91	77	85	4,7	5,3	5,4	
9,3	14	4	10	8	»	»	»	16	13	90	73	79	4,1	4,4	4,4	
18,5	26	5	4	»	»	1	1	20	10	81	55	69	5,8	5,5	6,2	
10,7	16	5	»	5	1	1	1	24	5	75	55	65	5,5	5,3	5,7	
24,3	15	5	»	4	5	4	»	27	4	76	55	64	7,5	7,2	7,7	
32,6	19	10	»	5	7	2	1	20	9	80	58	67	9,3	9,4	9,9	
22,8	19	5	»	3	3	»	1	20	10	82	63	74	10,4	10,1	10,7	
15,0	15	7	»	6	5	»	2	25	4	78	49	62	11,9	11,2	12,4	
16,7	20	10	»	1	4	2	»	23	7	83	59	71	10,6	10,7	11,0	
18,0	9	6	»	2	»	1	»	18	13	84	65	80	7,8	8,0	8,5	
32,9	23	7	»	6	»	»	1	16	13	93	76	87	7,4	7,7	7,8	
11,2	2	6	2	2	»	»	»	22	9	87	72	81	5,8	6,1	6,3	
32,9	28-XI	76	30	55	25	11	8	251	107	83	63	72	7,6	7,6	8,0	

AÑO 1933

MESES	TEMPERATURAS 0° C.						PRECIPITA			
	Media	Media de la máxima	MÁXIMA ABSOLUTA		MÍNIMA ABSOLUTA		DÍAS		Cantidad total en mm.	
			0° C.	Fecha	Media de la mínima	0° C.	Fecha	Lluvia		Nieve
Enero.....	3,6	6,4	13,0	1	0,8	10,2	26	11	8	45,8
Febrero.....	5,2	8,7	22,4	5	1,8	5,4	24	9	7	88,5
Marzo.....	8,9	13,4	19,2	21	4,3	4,0	9	17	»	71,0
Abril.....	11,3	17,8	24,8	11	4,9	2,6	1	9	»	50,8
Mayo.....	13,8	19,3	30,3	19	8,3	3,3	10	15	»	55,9
Junio.....	14,4	18,7	30,6	2	10,1	6,6	30	18	»	107,0
Julio.....	19,2	25,3	34,2	25	12,2	7,8	31	6	»	65,9
Agosto.....	22,0	29,0	35,8	19	15,0	9,3	23	3	»	11,0
Septiembre....	17,9	23,7	33,8	4	12,2	6,6	28	14	»	58,1
Octubre.....	13,2	17,9	25,3	3	8,5	1,6	18	20	»	81,6
Noviembre....	6,2	9,7	13,8	23	3,3	2,2	27	25	»	136,5
Diciembre....	2,4	4,7	12,2	1	0,2	7,8	23	17	6	149,9
AÑO.....	11,5	16,2	35,8	19-VIII	6,8	10,2	26-1	164	21	922,0

CIÓN	NÚMERO DE DÍAS DE					NÚMERO DE DÍAS			HUMEDAD			TENSIÓN				
	MÁXIMA		Rocío..	Escarcha..	Niebla..	Tormenta..	Granizo..	Despejados..	Nubosos..	Calenturas..	8 h.	13 h.	18 h.	8 h.	13 h.	18 h.
	mm.	Fecha									8 h.	13 h.	18 h.	8 h.	13 h.	18 h.
8,4	18	2	8	4	»	»	4	7	20	88	75	84	4,7	5,1	5,2	
15,4	20	5	7	3	»	»	»	9	19	66	37	55	3,9	3,6	4,7	
16,5	12	3	2	4	»	1	»	16	13	77	56	61	5,7	5,6	5,8	
11,5	21	11	1	1	1	2	8	12	10	76	42	58	6,7	5,6	6,5	
38,5	23	3	»	4	1	»	7	15	9	75	53	64	8,2	7,6	8,3	
29,3	6	»	»	2	3	»	2	15	13	78	60	71	9,1	8,6	9,4	
»	»	3	»	2	3	1	9	10	12	74	50	60	10,9	10,5	11,3	
8,3	17	7	»	6	1	»	13	14	4	79	44	58	12,3	11,1	13,0	
10,5	22	6	»	4	6	1	6	17	7	86	54	72	10,8	10,4	11,5	
11,9	7	8	»	3	3	»	3	18	10	85	63	77	8,3	8,6	9,0	
27,6	13	2	3	14	»	»	»	8	22	97	79	87	5,9	6,3	6,3	
30,2	20	1	5	20	»	»	1	4	26	93	86	88	4,6	4,9	4,9	
33,5	23-V	51	26	67	18	5	55	145	165	81	58	70	7,6	7,3	8,0	

## BIBLIOGRAFÍA

- ADÁN DE YARZA (R.): "Descripción física y geológica de la provincia de Alava".—*Mem. de la Com. del Mapa Geológico de España*.—Madrid, 1885.
- ARANEGUI (P.): "Las terrazas cuaternarias de la cuenca del Ebro entre Sobrón (Alava) y Haro (Logroño)".—*Bol. de la Soc. Española de Historia Natural*.—Madrid, 1927.
- CALDERÓN (S.): "La región epigenética de Andalucía y el origen de sus ofitas".—*Bol. de la Com. del Mapa Geológico de España*, tomo XV.—Madrid, 1890.
- CAREZ (L.): "Étude des terrains cretacés et tertiaires du Nord de l'Espagne".—Paris, 1881.
- DARDER PERICÁS (B.): "Investigación de aguas subterráneas para usos agrícolas".—Barcelona, 1932.
- DUPRENOY: "Age des ophites des Pyrénées".—*Bol. de la Soc. Geol. de Francia*, 1.<sup>a</sup> serie, tomo II.—Paris, 1831.
- IMBEALIX (E.): "Essai d'Hidrogéologie".—Paris, 1930.
- MACPHERSON: "Sobre los caracteres petrográficos de la ofita de las cercanías de Biarritz".—*Anales de la Soc. Española de Historia Natural*, tomo VI.—1877.
- MAGER (H.): "Les moyens de découvrir les eaux souterraines et de les utiliser".—Paris, 1912.
- MENDIZÁBAL, CINCÚNEGUI: "Nuevo asomo triásico en la provincia de Alava".—*Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, vol. IV, núm. 4.—Madrid, 1932.
- SCHRIEL (W.): "Die Sierra de la Demanda und die Montes Obarenes".—*Anales de la Soc. de las Ciencias de Göttingen*.—Berlin, 1930.
- SERVICIO METEOROLÓGICO: "Resumen de las observaciones efectuadas durante el año 1928".—*Instituto Geográfico, Catastral y de Estadística*.—Madrid, 1933.
- STUART-MENTEATH: "Sur la géologie des Pyrénées de la Navarre, du Guipuzcoa et du Labourd".—*Bol. de la Soc. Geol. de Francia*, tomo IX.—Paris, 1881.
- STUART-MENTEATH: "Constitution géologique des Pyrénées".—*Bol. de la Soc. Geol. de Francia*, 3.<sup>a</sup> serie, tomo XIX.—Paris, 1891.
- VERNEUIL, COLLOMB, TRIGER: "Note sur une partie du pays basque espagnol".—*Bol. de la Soc. Geol. de Francia*, 2.<sup>a</sup> serie, tomo XVII.—Paris, 1860.

ESTUDIO ESPECTROQUÍMICO

DE LAS

**"TIERRAS RARAS"**

POR

JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA



## ESTUDIO ESPECTROQUÍMICO DE LAS «TIERRAS RARAS»

### INTRODUCCIÓN

*En los interesantes trabajos del Profesor Piccardi se reconoce acertadamente, como ya habían observado varios investigadores, que los espectros de emisión de las tierras raras, en especial los de algunas de ellas, son complicadísimos, por lo que nos propusimos al iniciar este trabajo hacer una clasificación de sus distintas líneas según su persistencia, con el fin de facilitar su aplicación al análisis espectroquímico.*

*Determinamos la intensidad de cada línea para distintas concentraciones y las tabulamos por elementos, con el fin de facilitar la labor, cuando se quiera comprobar la presencia de un elemento determinado de este grupo, así como ver la proporción aproximada en que está este contenido. Formamos también una tabla, por orden de longitud de onda, de las líneas que se obtienen en los espectrogramas, según nuestra técnica, correspondientes a los trece elementos del grupo de las tierras raras para el caso en que se quiera hacer una interpretación general. Determinamos las rayas últimas o más sensibles, para poder comprobar la presencia de las distintas tierras raras, cuando sólo contenga insignificante cantidad de ellas el problema que se estudia. Asimismo determinamos la sensibilidad de cada uno de estos elementos, con el fin de poder tener en cuenta la magnitud de estas pequeñísimas cantidades. Sobre un espectrograma de hierro obtenido con un espectrógrafo con*

óptica de cuarzo del tipo E. 1 Hilger trazamos las líneas más sensibles de los trece elementos de este grupo para que nos sirva de atlas y facilite su interpretación.

Hacemos una valoración de Gadolinio en un Samario, en el que esté contenido el primer elemento en proporción próxima al 1 por 100; partiendo de una cantidad insignificante del Samario impurificado, la determinación se hace de manera absoluta y relativa, y podemos observar, análogamente a lo que hemos comprobado en otras ocasiones, que son aceptables los resultados obtenidos de una manera absoluta, y tanto éstos como los valores deducidos por métodos relativos son concordes con los encontrados por otros procedimientos físicos.

### **Necesidad del Método de las Escalas Cuantitativas**

Es frecuente en gran número de problemas industriales, geoquímicos, de investigación científica, etc., el tener que valorar las impurezas de los materiales con los que se ha de trabajar o de los productos naturales que se han de utilizar. Para estas valoraciones, los métodos más adecuados, según se ha podido comprobar en gran número de laboratorios de distintos países, son los espectroquímicos.

En las valoraciones de las impurezas de los materiales, así como en la determinación de los elementos químicos que puedan ser de gran interés industrial, aunque se presenten en los minerales en pequeñas proporciones, como ocurre en los elementos del grupo denominado de las "tierras raras", pueden ocurrir dos casos:

1.º Que sólo sea necesario una valoración semicuantitativa, suficiente en muchos problemas, como ocurre en aquellos en que se quiera seguir el enriquecimiento de un elemento

determinado que se presente en un mineral en proporciones del 1 por 100 o menores, o bien en un producto preparado ver cómo con las sucesivas manipulaciones se empobrecen los elementos que lo impurifican, como ocurre en la obtención de sales de Radio, purificación de tierras raras, etc.; también es suficiente para el estudio de pureza de precipitados químicos, pureza de productos obtenidos, en los que determinados elementos son perjudiciales para sus propiedades térmicas, eléctricas, mecánicas, etc., así como en un gran número de casos que no consideramos necesario seguir enumerando.

2.º Que sea necesario una valoración cuantitativa de estas impurezas con gran precisión, como ocurre en el caso en que las impurezas sean causa de penalidad, en los precios del producto objeto de estudio, o que éstas influyan en propiedades físicas o químicas de las que se estudian las leyes que las rigen, o la determinación de coeficientes, como ocurre con el valor de  $\lambda$  en las tierras raras, en el que tienen gran influencia los otros elementos del mismo grupo que son difíciles de separar; así como en la radiactividad artificial estos coeficientes, una vez determinados, sirven recíprocamente para deducir las impurezas de los productos que se estudian, como se puede ver en el trabajo de Cabrera (4) sobre pureza del óxido de Sm, y el de Hevesy (19), en que valora el Eu en Gd, etc.

Para ambos casos, consideramos de gran utilidad para el análisis el método de escalas cuantitativas empleado tan corrientemente por la escuela española. En el primero, porque con una simple comparación del espectrograma del problema con los de las escalas obtenidas previamente en las mismas condiciones, se puede deducir la composición aproximada, y si se recurre al fotómetro, se obtienen valores con un error del 2 por 100 o menor del contenido en el elemento a valorar. En el segundo, por hacerse la valoración exacta con una simple interpolación con dos espectros del elemento a valorar, obte-

nidos en el mismo espectrograma; en algunos problemas hemos llegado a errores del 6 por 100 sin elemento auxiliar de comparación y el 3 por 100 con él (32). En ambos casos, es indispensable que las escalas con que operamos se obtengan en las mismas condiciones que el espectrograma de la muestra que se analiza.

### El Método de las Escalas Cuantitativas

Denominamos escalas cuantitativas a las que son obtenidas con cantidades distintas, pero conocidas, de un elemento dado, conservando constantes las demás condiciones de obtención del espectrograma, es decir, que si empleamos excitación por arco, utilizaremos siempre la misma cantidad de dilución e impresionamos el espectrograma hasta la total volatilización, y si operamos con excitación por chispa o con el arco intermitente, lo que hacemos es dar en todos los términos de la escala la misma exposición. En estas condiciones, vemos que para los términos más diluidos aparecen muy pocas rayas o sólo una, de las cuales, como ya decía W. N. Hartley en 1884, y se comprobó posteriormente en repetidas ocasiones, no son siempre las más intensas las rayas que persisten para menores concentraciones; asimismo, al ir aumentando la concentración, vemos cómo va aumentando el número de rayas y la intensidad de las que aparecieron en el término inmediato inferior en concentración, lo que fué motivo para que Hartley, a fines del siglo pasado, hiciese cuantitativas para la valoración del Be en los compuestos de Cerio. Si estas escalas las obtenemos gran número de veces en las mismas condiciones, tanto el número y clase de líneas como las intensidades de ellas son siempre iguales, con lo que al obtener el espectrograma de un problema y compararlo con estos que tomamos como de compa-

ración, podemos deducir de una manera aproximada la proporción en que entra el elemento que vamos a valorar.

Tablas de escalas cuantitativas se dieron a la imprenta por primera vez, en 1884, por Hartley (16 y 17), quien dió las del Mg, Zn, Cd, Al, In, Tl, Cu, Ag, Sn, Hg, Pb, Te, As, Sb y Bi. Este investigador empleaba como excitación la chispa en soluciones de cloruros y daba exposiciones de medio a cinco minutos, abarcando su estudio la zona comprendida entre 2,140 y 4,500 A°.

En nuestros laboratorios, a causa de que la mayoría de los problemas que estudiamos, si no se someten los productos a un tratamiento químico previo, se prestan mejor a trabajar con excitación por arco que por chispa, se han publicado gran número de líneas clasificadas por orden de persistencias de varios elementos, para los que se empleó excitación por arco, con carbones de gran pureza como electrodos soporte. Estos estudios se han hecho por los distintos autores entre 2,300 y 3,400 A°, que es la zona equisensible. A continuación damos la lista de autores y elementos:

Piña (52) y (57): Renio.

Piña y Amat (54): Ag, As, Bi, Cd, Cu, Pb, Sn, Sb y Hg.

Piña y Miláns (61): Hg, As, Cd, Cu, Sb, Ag, Bi, Pb, Sn, Ni, Co, Ti, Mn, Al, Mg, Ca, Ba y Fe.

Piña y Doetsch (56): Si, Zn, Sr, In y Au.

Piña y G. A. Aguado (58): Hafnio.

Piña y G. A. Aguado (9): Pt, Ir, Pd, Ru, Au, Os y Rh.

L. de Azcona (36): Rectificación de las anteriores del Au.

Como se ve por estas citas, el estudio de algunos de los elementos están repetidos, pero en realidad las persistencias son las mismas o muy parecidas; pero vemos que faltaban por estudiar, en 1935, cuando iniciamos este trabajo, el grupo denominado de las "tierras raras", lo que fué una de las causas que nos animaron a hacer su estudio. También influyó en nos-

otros un trabajo de Piccardi (41), en el que con gran razón, al referirse a los espectros de emisión de algunas "tierras raras" y a la aplicación de éstos al estudio espectroquímico, decía: "La fatiga y el tiempo gastados son tales, que hacen preferible, sin hesitación alguna, los procedimientos usuales de la química a los espectroscópicos", ya que creemos nosotros que simplificamos grandemente el estudio de los espectrogramas de este grupo de elementos con esta clasificación que hemos hecho de las líneas por orden de persistencias.

La marcha seguida por el grupo de autores antes indicado en todos sus trabajos ha consistido siempre en preparar unas diluciones del elemento o grupo de elementos objeto de estudio, en las que entre éste, o cada uno de los elementos del grupo, en las proporciones de  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ , etc., hasta el límite de sensibilidad espectroquímica y formar unas tablas en las que se atribuía a cada línea un número, función de la persistencia, ya que era el exponente negativo de 10, que representaba la concentración del término más diluido en el que se apreciaba la línea. Así, por ejemplo, si llegaba una línea al término  $10^{-2}$  un 2, al  $10^{-3}$  un 3, etc.; pero esto tiene el inconveniente que, de acuerdo con las observaciones de Hartley, estos números no nos pueden de ninguna manera indicar las intensidades. Así, por ejemplo, una raya a la que correspondiese un 6, puede ser aparentemente menos intensa en un problema que otra a la que correspondiese un 4, como ocurre con la 2615,42 del Lu; en la que la intensidad para  $2 \times 10^{-4}$  g. de Lu es 80, mientras que para la misma cantidad de elemento la intensidad de las 3312,11 y 3359,56 es 200, lo cual puede dar lugar a desorientaciones en las interpretaciones.

Otro inconveniente de la manera de deducir las escalas a que nos hemos referido es que, en los casos en que dichos autores operaban por grupos, con el fin de que el trabajo no fuera tan pesado, las diluciones y escalas, en lugar de hacerlas

para cada elemento por separado, las hacían para todo el grupo. Eso tiene el inconveniente que muchas líneas salen reforzadas por otras inmediatas de elementos del mismo grupo, lo que es causa de que se den persistencias mayores que las reales, como ocurre, por ejemplo, con la de Lu 2781,47 y el Gd 2781,405; de éstas, la primera no es sensible con  $2 \times 10^{-4}$  gramos, y la segunda da una intensidad 20 para dicha cantidad; al hacer un espectrograma con ambas cantidades de Lu y Gd la intensidad es 30, debido a que Lu refuerza a la del Gd.

Todo esto ha sido causa de que estudiásemos cada elemento por separado, aparte de hacerlo también en conjunto con todos los del grupo, y además que para cada concentración demos una intensidad tomada de una manera aproximada de acuerdo con el siguiente criterio:

Intensidades	CÓMO SE APRECIA LA RAYA
1-2-3	Una ligera marca con lente.
5-8-10	Claramente la línea con lente pero débil.
20-30-40	Claramente la línea sin lente.
50-80-100	Fuerte la línea sin lente.
200-300	Muy fuerte la línea sin lente.

### Trabajos espectroquímicos sobre «tierras raras» realizados en España

El estudio de los elementos químicos del grupo de las "tierras raras", desde el punto de vista espectroquímico con excitación por arco y electrodo de carbón, se inició hace unos años en el Instituto Nacional de Física y Química. En efecto, el año 1931 se hicieron unas escalas, no publicadas, entre 2,300 y 3,400 A° por Amat (1), las cuales tienen algunos defectos, debidos, según indicamos anteriormente, a que el es-

tudio, en lugar de hacerle su autor separadamente para cada elemento, lo hizo en grupo para las trece "tierras raras".

En el año 1932 encontró el Profesor Cabrera (4) que la hipótesis de Hund no se cumplía para el Sm y el Eu, preparados por Rolla, con que operaba, y sospechó que las diferencias obtenidas eran debidas a impurezas. Para comprobarlo se proporcionó óxidos de Samario de distintas procedencias; estudió la susceptibilidad magnética  $\chi$  a distintas temperaturas para una muestra de Rolla (R) y dos de Prandt ( $P_1$ ) y ( $P_2$ ), y observó grandes diferencias entre los valores determinados para los (P) y el (R), el cual había sido proporcionado por la casa Hilger, los que confirma la presencia de impurezas mayores que la 0,13 por 100 de Gd que había garantizado la casa inglesa que lo proporcionó. Para que fuesen coincidentes los valores, era necesario introducir una corrección en el Samario de Rolla, equivalente a 1,41 por 100 de Gd, debiéndose acaso la falta de coincidencia de los valores de  $\chi$ , si el contenido en Gd era menor del calculado, a otras impurezas que formaran parte en muy pequeñas cantidades. La mejor manera y quizás la única para confirmar o desechar estas hipótesis era un análisis espectroquímico.

Con este motivo, hizo, en 1932, el Profesor Piña una cuantitativa del Gadolinio contenido en las tres muestras del Samario, que fué una de las primeras cuantitativas de "tierras raras" que se han realizado con excitación por arco; en ella llegó a determinar que el Gadolinio entraba en el Samario (R) en la proporción de 1,17 por 100, y que además tenía Eu e I en la proporción de 0,1 por 100, valoraciones que estaban de acuerdo con los resultados de Cabrera. Las valoraciones que hizo Piña lo fueron de una manera absoluta, es decir, sin término testigo, y sus resultados fueron altamente satisfactorios.

A título de información, damos cuenta que entre los trabajos espectroquímicos realizados en España dedicados espe-

cialmente a "tierras raras", tenemos que añadir una de Piña y Doetsch (55) sobre determinación de "tierras raras", en los minerales de plomo, por concentración piroeléctrica.

Con anterioridad a la terminación de este trabajo hemos publicado, en 1939, uno sobre el Lutecio (34), y en el presente año uno sobre el Iterbio (35) y otro sobre el Cerio, Neodimio y Praseodimio (37).

### **Condiciones en que hemos operado para las «tierras raras»**

El primer inconveniente que tuvimos fué la carestía de los elementos de este grupo, así como la dificultad de adquirirlas por su pago en divisas, agudizado en especial en estos momentos, en que esperábamos ampliar el trabajo, por lo cual, las cantidades con que hemos obtenido los espectrogramas son 0,02 g. de las diluciones, en lugar de 0,05 con que están obtenidas las escalas cuantitativas citadas anteriormente.

Las diluciones las preparamos a partir de los sulfatos octohidratados de Auer, unos adquiridos directamente y otros obtenidos, a partir de los óxidos de la misma procedencia, por la sección de química-física del Instituto Nacional de Física y Química. En unas ocasiones hemos empleado como diluyente el óxido amarillo de mercurio, debido a que como tiene un punto de volatilización muy bajo, ésta se efectúa rápidamente, con lo que se evitan posibles reacciones en el arco entre el diluyente y el elemento objeto de estudio; este diluyente tiene, además, la ventaja de que el Hg da pocas rayas; lo mismo que ocurre con el Na, del cual hemos empleado otras veces el cloruro con 0,5 por 100 de Mo, con el fin de que las rayas de este metal sirviesen de testigo para poner en evidencia posibles desigualdades debidas a las pesadas y a las pérdidas al cargar o cebar el arco.

El empleo de un diluyente de Hg y otro de Na tiene tam-

bién por objeto ver qué rayas se refuerzan con cada uno de los diluyentes y eliminar, por consiguiente, esta causa de error; en el Yb, con  $2 \times 10^{-4}$  g., no aparece la raya 2464,49; pero cuando empleamos como diluyente el Cl Na, tiene dicha raya las siguientes intensidades: 100 para  $2 \times 10^{-4}$  g., 50 para  $2 \times 10^{-5}$  g., 10 para  $2 \times 10^{-6}$  g. y 3 para  $2 \times 10^{-7}$  g., la cual desaparece en el término siguiente, lo que atribuimos a que tanto la raya del Na 2464,397 A°, que no es sensible a 0,008 gramos, como la del Yb, que tampoco lo es para  $2 \times 10^{-4}$  gramos, juntas se refuerzan si el espectrógrafo no es capaz de resolverlas y da la sensación que la del Yb tiene una persistencia 5. La raya del Sm, de longitud de onda 3312,415 A°, tiene una persistencia 3, con intensidad para  $2 \times 10^{-4}$  g. de 40, mientras que en las escalas en que hemos empleado como diluyente Cl Na con 0,5 por 100 de Mo, la persistencia es 5, con una intensidad para la misma cantidad de elemento de 80, aumento de densidad de ennegrecimiento producido por la raya del Mo 3312,330. Si sólo hubiésemos empleado como diluyente el óxido de mercurio, hubiéramos encontrado muchos casos análogos, de los que no nos habríamos dado cuenta; uno de ellos podría haber sido la raya del Tb 3654,88, que con el Cl Na como diluyente, no aparece para 0,02 g., mientras que si se emplea el mercurio, tiene una persistencia 6 a causa de la raya 3654,833 del Hg.

Las escalas en que el diluyente era el óxido de mercurio se hicieron independientes para cada elemento. En las que se empleó el cloruro sódico como diluyente, se hicieron tres grupos, según el siguiente cuadro:

Grupo	ELEMENTOS
1.º	Ce Ds Er . . . . . Nd Pr . . . . .
2.º	Ce . . Er Eu . . Ho . . Nd . . . . . Tb Tu . .
3.º	. . Ds . . . . Gd . . Lu . . . . Sm . . . . Yb

Las concentraciones, tanto con uno como con otro diluyente, se prepararon en las proporciones de  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ ; el primer término, o sea el 1 por 100 de cada uno, fué preparado por el Profesor Piña, y los restantes por el autor de este trabajo. Para los pesos atómicos se empleó la tabla de 1935, y la manera de hacer las preparaciones con el óxido de mercurio son de acuerdo con el siguiente cuadro:

Término	Peso del sulfato puro o diluido	Peso del diluyente	Concentración	Cantidad disponible
1.º	0,00225 g. Yb <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> · 8H <sub>2</sub> O	0,09775 g. de O Hg <sub>2</sub>	10 <sup>-2</sup>	0,08 g.
2.º	0,02 g. Yb <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> · 8H <sub>2</sub> O al 1 %	0,18 g. de O Hg <sub>2</sub>	10 <sup>-3</sup>	0,16 g.
3.º	0,04 g. Yb <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> · 8H <sub>2</sub> O al 0,1 %	0,36 g. de O Hg <sub>2</sub>	10 <sup>-4</sup>	0,36 g.
4.º	0,04 g. Yb <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> · 8H <sub>2</sub> O al 0,01 %	0,36 g. de O Hg <sub>2</sub>	10 <sup>-5</sup>	0,36 g.
5.º	0,04 g. Yb <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> · 8H <sub>2</sub> O al 0,001 %	0,36 g. de O Hg <sub>2</sub>	10 <sup>-6</sup>	0,40 g.

De la misma manera que operamos para el Iterbio, lo hicimos para los elementos restantes, de acuerdo con sus respectivos pesos atómicos, con la diferencia de que como las rayas últimas las estudiamos previamente con los grupos antes indicados, conocíamos su persistencia de una manera aproximada, y sólo se prepararon para cada elemento los términos de las escalas que eran necesarios. Al preparar las escalas de los grupos, se procedió de una manera análoga, por lo que no la detallamos.

El proceder por diluciones sucesivas tiene por objeto evitar hacer pesadas muy pequeñas de los compuestos de los distintos elementos, que darían lugar a grandes errores; por ejemplo: para preparar el término de concentración  $10^{-6}$  del del Iterbio se hubiese tenido que pesar 0,0000009 g. de sulfato octohidratado, lo que prácticamente es imposible. El método que seguimos tiene el inconveniente de que una falta de homogeneidad en una de las diluciones, da un error para todas las siguientes, por lo cual la mezcla debe hacerse con mucho cuidado y ser absolutamente íntima.

Como los distintos elementos que hemos utilizado para hacer las escalas, a pesar de proceder de casas de absoluta garantía, tienen impurezas que pueden influir en la persistencia de algunas de las líneas de los que intervienen en mayor proporción por coincidir con alguna de éstos, o por otras causas que tenemos en estudio para este grupo de elementos, hemos determinado las impurezas de una manera semicuantitativa, con las mismas escalas obtenidas con ellos. Las impurezas son, por lo general, mayores de lo que esperábamos, y hemos corregido cuantas influencias percibimos por coincidencia de rayas sobre la persistencia de las rayas de los elementos impurificados, pero no las debidas a otras causas.

ELEMENTOS	ELEMENTOS QUE LO IMPURIFICAN	PROPORCIONES
Ds	Yb	$10^{-6}$
Er	Eu	$10^{-3}$
Er	Yb	$10^{-4}$
Er	Tu	Mayor o igual a $10^{-2}$
Er	Cr	
Eu	Nd	Entre $10^{-3}$ y $10^{-4}$
Eu	Sm	Mayor o igual al 5%
Eu	Yb	Entre $10^{-4}$ y $10^{-5}$
Eu	Cr	
Gd	Lu	$10^{-4}$
Ho	Ds	Mayor o igual a $10^{-2}$
Ho	Er	Igual o menor a $10^{-2}$
Ho	Yb	Entre $10^{-2}$ y $10^{-3}$
Ho	Yt	Mayor o igual a $10^{-2}$
Lu	Yb	Entre $10^{-2}$ y 5%
Nd	Yb	Entre $10^{-3}$ y $10^{-4}$
Pr	Nd	$10^{-2}$
Sm	Cu	$10^{-2}$
Tb	Gd	$10^{-3}$
Tb	Yb	Entre $10^{-3}$ y $10^{-4}$
Tu	Yb	Entre 5% y 10%
Yb	Lu	$10^{-3}$

## Material empleado

### Electrodos, soporte y resistencia

Los electrodos soporte empleados son de carbón de gran pureza, de la casa Siemens, de 5 milímetros de diámetro y 20 centímetros de largo; en el inferior se ha practicado un cráter de 3 milímetros de diámetro y 2,3 milímetros de profundidad, para alojar la sustancia de la que se ha de obtener el espectrograma.

El soporte para los electrodos es modelo del Instituto Nacional de Física y Química y está construido en sus talleres, el cual resulta sumamente práctico.

La resistencia graduable, construida en los mismos talleres, es de 40 ohmios, y con ella se pueden emplear intensidades de hasta 15 amperios, necesarios para las grandes concentraciones piroeléctricas.

### Espectrógrafos

Los dos espectrógrafos empleados son de la casa Hilger, tipo "Litrow", instalados en el Instituto Nacional de Física y Química. De ambos, sólo hemos utilizado la óptica de cuarzo, un modelo. E. 1 es el que hemos empleado corrientemente, y el otro, E. 185, de más dispersión, nos ha servido para resolver dudas en caso de coincidencia de líneas. Las características de la lente, que hace de colimadora y de cámara, así como las del prisma, de 30 grados, que tiene la cara posterior bañada por una capa de amalgama, recubierta ésta por otra capa protectora de barniz para que no se deteriore, figura en el cuadro adjunto.

Modelo del Espectrógrafo	Diámetro lente en cm.	Distancia focal lente en cm. para 5890 Å°	Lado prisma en cm.	Alto prisma en cm.
E. 1	7,0	170	9,3	5,4
E. 185	7,5	297	9,5	5,6

Las dispersiones teóricas en centímetros, a partir de los 8,000 A°, según la casa constructora, son las siguientes:

Modelo	8,000	5,000	4,000	3,500	3,000	2,500	2,000	A°
E. 1	0	5,6	11,4	16,3	24,6	38,9	67,0	cm.
E. 185	0	—	19,0	—	—	—	114,0	cm.

La lente condensadora empleada es de cuarzo, convergente, de 8 centímetros de distancia focal de cada cara y 3,2 centímetros de diámetro, situada a 28 centímetros de la rendija, la cual tenía una abertura de 0,02 milímetros y 3 milímetros de alto.

#### Material fotográfico

Los espectrogramas los obtuvimos sobre película de cine Eastman positiva Kodak, que era de la única que disponíamos, lo que nos obligó a limitar el estudio a 5,000 A°; éstos los revelamos durante cinco minutos, con un revelador que tenía 1,5 por 1.000 de metol y 3 por 1.000 de hidroquinona; el revelado lo hicimos a fondo, según costumbre, con la adición de unas gotas de bromuro potásico, para evitar la subida de la densidad de ennegrecimiento del fondo.

#### Espectro comparador

La medida de longitudes de onda se hicieron con un espectro comparador astronómico Hartmann, de la casa Zeiss, del laboratorio de espectroscopia del Instituto Geológico y Minero.

#### Fotómetro

Los fotómetros empleados fueron de dos tipos: uno, de par termoelectrónico Koch, instalado en el Instituto Nacional de Física y Química, con el que hicimos densometrías por lectura

directa y con registro fotográfico, y el otro, es el modelo de Zeiss, registrador con célula fotoeléctrica, que funciona con gran exactitud, del Instituto Geológico y Minero.

No describimos estos aparatos por estarlo ya en gran número de catálogos y trabajos.

#### Obtención de los espectrogramas

Como la cantidad de que disponíamos de "tierras raras" era tan pequeña, sólo hemos empleado, como dijimos anteriormente, 0,02 g. de cada término, y la marcha fué la siguiente: Se pesó dicha cantidad de diluyente, y sucesivamente la misma de cada una de las diluciones, de la de menos concentración a la de más. El objeto de seguir este orden es que si, a pesar de todas las precauciones tomadas, quedase en el platillo de la balanza alguna partícula de la pesada del término anterior, su influencia fuese mínima. Para obtener los espectrogramas empezamos por obtener uno del hierro, sucesivamente el del diluyente para conocer las rayas de éste y del electrodo soporte, y los de las diluciones de menor a mayor concentración, y, por último, otro del hierro; seguimos esta marcha, análoga a la de las pesadas, para que cualquier posible impurificación tuviese menor influencia, ya que lo sería por un término menos concentrado en el elemento que se estudia que el impurificado.

La separación de los electrodos es, durante todo el tiempo que dura la volatilización, de 5 milímetros, la que se mantiene visualmente por comparación con unas señales establecidas de antemano. La corriente empleada fué continua, de 110 V. en barras, con una resistencia en serie de 19 ohmios; en otras ocasiones operamos con 220 V. en barras y 38 ohmios en serie, y también con corriente alterna de 220 V. en barras y 38



ohmios en serie. La corriente que hemos empleado con más frecuencia es la continua de 220 V., y, en general, las rayas obtenidas tenían poca diferencia empleando una u otra clase de energía eléctrica; pero de todos modos, se ha observado una mayor persistencia de algunas rayas cuando se trabajaba en alterna. Las tablas que damos más adelante son para continua y a 220 V.

El tiempo de exposición dura hasta la total volatilización de la sustancia, que, por lo general, coincide con la terminación de la combustión del cráter; su duración es de cuatro minutos. Como del término del  $10^{-2}$  de sustancias puras sólo teníamos disponibles 0,08 g., obtuvimos únicamente 2 espectrogramas; éstos se hicieron entre 2750 y 4600 A<sup>2</sup> para los diluidos en óxido de mercurio, y en las posiciones que corresponden a las zonas comprendidas entre 2200 y 2900 A° y entre 2800 y 6000, para los grupos que tenían como diluyente, según hemos dicho, cloruro sódico. El objeto de haber obtenido los dos espectrogramas del término  $10^{-2}$ , de cada elemento por separado, en la zona primeramente indicada, es por considerarla la más interesante con los métodos que nosotros empleamos para el análisis espectroquímico de las "tierras raras", y por eso queríamos tener como mínimo en esa zona dos espectrogramas, para estudiar bien este término, ya que hemos seguido siempre el criterio de comparar varios espectrogramas perfectamente obtenidos antes de dar la persistencia e intensidad de sus rayas.

### Longitudes de onda

Con él fin de tener un criterio uniforme, las longitudes de onda que damos están tomadas del Harrison (14), por ser la obra más completa y moderna de las que hemos consultado;

pero como en ésta faltan algunas líneas, hemos tenido que tomar la mayoría de las que faltaban del Exner y Haschek (6) y algunas de los trabajos de King (25 a 30), Piña (48 a 51 y 53) y Rutten (62); también nos han sido de gran utilidad las clásicas tablas de Kaiser (20 a 24).

Las únicas longitudes que hemos puesto tal como figuran en las tablas consultadas, son las de Harrison y las de King; las demás, por ser, en su mayoría, medidas antiguas, las hemos verificado, para lo que utilizamos como patrones las longitudes de onda que figuran en el Harrison, y empleamos en los casos en que fué posible, líneas del mismo elemento, de las propias de los carbones utilizados como electrodos, o del diluyente. Con el fin de saber de quién están tomadas las longitudes de onda que damos, las indicamos con las iniciales de sus respectivos autores, a excepción de las de Harrison, que no lleva indicación alguna, por ser de dicho autor la mayoría. Las iniciales son las siguientes: R. (Rutten), E. y H. (Exner y Haschek), P. (Piña), K. (King). Para cada longitud de éstas hemos puesto la inicial del primero que las midió. Hemos encontrado 7 rayas no citadas anteriormente, que son: 4 en los espectrogramas del Ho, 2 en los del Sm y 1 en los del Tu, a las que hemos puesto una A y que puede ser que pertenezcan a los respectivos elementos. Para la medida de longitudes de onda hemos empleado la conocida fórmula de Hartman (18):

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{c}{d - d_0}$$

en la que  $\lambda$  representa la longitud de onda que tratamos de medir y  $d$  la distancia de esta línea a un punto teórico que representa el origen de distancia, que no necesitamos conocer porque operamos, como se ve, por diferencias de distancias al mismo, la cual está dada por el comparador. Las constantes  $\lambda_0$ ,  $c$  y  $d_0$  dependen de las longitudes de onda en que opera-

mos, origen de distancias, etc., y se determinan según las siguientes fórmulas, valiéndose de la constante auxiliar:

$$x = \frac{(d_2 - d_3)(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_1)}{(d_1 - d_2)(\lambda_3 - \lambda_1) - (d_3 - d_1)(\lambda_1 - \lambda_2)}$$

$$\lambda_0 = \lambda_1 + x$$

$$d_0 = d_1 + (d_1 - d_2) \frac{\lambda_2 - \lambda_0}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

$$c = (d_0 - d_1) x$$

en las que  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$  y  $\lambda_3$  son las longitudes de onda de tres rayas que tomamos como patrones, y  $d_1$ ,  $d_2$  y  $d_3$  las distancias de éstas al origen, valores que da el comparador. Esta fórmula sólo la aplicamos para valores de  $\lambda$  comprendidos entre  $\lambda_1$  y  $\lambda_3$ , para evitar los errores de extrapolación. Como entre estos valores de  $\lambda$  puede haber rayas de longitud de onda conocida, si, como ocurre frecuentemente, no coinciden los valores encontrados con los que les corresponde, se construye una curva que tiene por abscisas las longitudes de onda y por ordenadas la diferencia entre los valores reales y medidos, con lo que tendremos una curva de errores que da la corrección que debemos hacer en las medidas, ya que la fórmula aplicada sólo es aproximada.

Algunas de las rayas no las hemos podido medir bien, porque eran muy débiles o difusas, si las medidas no estaban en unidades internacionales; nos hemos limitado a hacer la corrección correspondiente, que consiste en restar de las longitudes que tenían los números que figuran en la tabla que damos a continuación:

$\lambda$ mínima en A°	$\lambda$ máxima en A°	Cantidad a restar
2150	2300	0,07
2300	2475	0,08
2475	2625	0,09
2625	2800	0,10

$\lambda$ mínima en A°	$\lambda$ máxima en A°	Cantidad a restar
2800	2950	0,11
2950	3125	0,12
3125	3250	0,13
3250	3450	0,14
3450	4150	0,15
4150	4350	0,16
4350	4550	0,17
4550	5125	0,18

### Tablas de intensidades de las líneas para distintas concentraciones

Las tablas que damos las colocamos por orden alfabético del símbolo del elemento correspondiente, según costumbre en las tablas de espectroscopia. Como para obtener los espectrogramas se emplearon 0,02 g. de las diluciones, resulta que para cada una se empleó de la dilución en peso:

Dilución	Cantidad empleada del elemento en g.	Números con que representamos estas cantidades
$10^{-2}$	$2 \times 10^{-4}$	2
$10^{-3}$	$2 \times 10^{-5}$	3
$10^{-4}$	$2 \times 10^{-6}$	4
$10^{-5}$	$2 \times 10^{-7}$	5
$10^{-6}$	$2 \times 10^{-8}$	6

Estos números encabezan el grupo de columnas correspondientes a las concentraciones respectivas.

La primera columna de las tablas es la de las observaciones, y en ella ponemos las letras  $f$  y  $F$ , que indican que la densidad de ennegrecimiento del espectrograma en las inmediaciones de las líneas está subida a causa de las bandas del CN o de las de Swan; empleamos la letra minúscula cuando el

fondo no está muy subido, y mayúscula cuando su densidad es fuerte. En esta misma columna figuran las iniciales de los autores de los que hemos tomado las longitudes de onda.

La segunda columna es la de las longitudes de onda en Å internacionales.

En todo momento se debe tener en cuenta que las medidas de las intensidades que figuran en las tablas no son absolutas, sino relativas; es decir, que indican la mayor o menor facilidad de percibir las con relación al fondo en que se encuentran. Así es que a una que le correspondiese, para una concentración dada, una intensidad 200 fuera de las bandas, le correspondería, por ejemplo, un 50 en la zona de bandas correspondiente a la  $f$ , y un 20 si se pudiese trasladar a la  $F$ .

Es conocido que la sensibilidad relativa (63), o sea, el cociente entre la variación de intensidad y la variación de concentración  $S_r = \frac{I}{\Delta A}$  es propia de cada raya, y con estas tablas se puede ver fácilmente cuáles son las líneas de mayor sensibilidad relativa, que son las más prácticas para los análisis cuantitativos si su ennegrecimiento es el apropiado. En algunos casos, esta variación de sensibilidad relativa son de fácil explicación, como ocurre con todas aquellas que son consecuencia del retorno de un electrón al nivel electrónico inferior; en este caso se tiene, por una parte, al igual que para las demás rayas, que con el aumento de concentración se produce un aumento del número de átomos emisores y, como consecuencia, de intensidad de la raya; pero por otra, se tiene para estas rayas el fenómeno de absorción, el cual aumenta con la concentración y disminuye la intensidad de la raya y, como consecuencia, la sensibilidad relativa, por lo que en estas líneas la sensibilidad relativa está en razón inversa de la concentración.

## CERIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
2802,699	5	1		3234,274	20	5	1
30,899	2			36,735	20	5	1
33,309	8	2		43,370	20	5	1
55,448	1			60,975	5	1	
62,785	1			63,884	5	1	
				71,550	2		
2908,421	1			72,253	20	5	
55,941	1			79,009	2		
64,801	1			79,842	10	2	
74,482	1			85,224	20	5	
75,939	1						
76,905	5	2		86,029	1		
77,461	2	1		95,289	5	1	
90,873	5	1		96,185	2		
95,644	5	1		96,883	2		
3008,789	5	1		3300,152	8	1	
17,195	5	1		04,836	8	1	
51,975	5			07,233	1		
55,243	5	1		08,088	1		
56,777	5	1		11,497	1		
63,010	10	5		12,215	5		
83,670	1			14,035	1		
96,501	1			14,721	8		
				17,797	1		
3103,369	8	1		25,329	5	1	
10,278	5	1					
27,530	5			29,002	5		
45,283	10	5		33,037	1		
46,410	10	5		34,455	8	1	
55,704	8	2		43,861	8	2	
64,154	8	2		44,761	10	5	
66,243	8	2		49,967	2		
69,183	8	2		53,330	1		
71,613	8	3		55,021	5	1	
				56,410	5	1	
				57,215	8	1	
83,523	10	5					
86,126	8	1		60,541	5		
88,787	5	1		61,762	5		
89,638	2			66,554	10	2	
94,825	20	5		68,690	5		
99,279	5	1		73,455	8	1	
				73,729	8	1	
3201,105	2			77,127	10	2	
01,714	20	5	1	79,172	5	1	
18,944	20	5	1	83,687	5	1	
21,171	20	5	1	90,515	1		
27,114	20	5	1				
31,236	20	5	1				

## CERIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3393,920	1			3999,240	30	8	
3405,977	8			f 4003,771	5		
16,861	5			f 12,388	30	5	
17,450	8	1		f 14,899	5		
22,708	20	5		f 28,411	5		
26,208	20	5		f 31,336	18	2	
30,848	1			f 40,762	20		
42,380	1			f 42,584	10		
76,842	10			F 4186,599	10		
85,054	20	5		F 4202,944	8		
3655,851	10	5		22,599	30	10	2
67,981	10	5		31,745	10	2	
f 3709,933	10			33,197	10	2	
f 16,365	8			36,023	10	2	
F 3889,990	8	1		39,912	30	10	1
F 95,119	2			42,723	10	2	
F 96,804	2			45,978	10	2	
F 98,273	1			46,711	20	3	
				48,676	30	10	1
3907,289	2			53,356	10	2	
07,445	2			55,784	30	8	1
08,543	1			63,427	5	1	
12,436	10	2		70,189	8	2	
18,276	8	1		70,716	8	2	
23,109	10			75,561	8	2	
31,088	8			78,866	5	1	
31,369	1			80,141	5	1	
38,086	5			80,996	5	1	
40,338	5			85,366	10	2	
42,151	20	5		89,938	50	20	5
42,746	20	5		92,767	5	2	
43,888	5			96,680	50	20	5
52,541	20	5		99,361	20	5	
56,284	20	5	1	4300,331	20	5	
60,914	1			05,141	10	2	
64,503	5			06,724	20	5	
67,048	5			09,739	8	1	
71,684	10	1		20,723	30	8	2
78,650	20	10	1	30,445	20	5	
80,883	20	5		32,708	20	5	
84,675	8	2		36,255	8	2	
92,386	2			37,777	40	10	2
93,822	8	2		39,317	5		

## CERIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
4343,558	2			f 4444,393	20	5	
45,961	2			f 44,704	20	5	
49,789	30	8	1	F 49,336	30	8	
52,706	30	8	1	F 60,213	50	20	
f 64,658	40	10	2	F 63,410	8		
f 73,818	10	2		F 71,240	40	10	
f 75,918	20	2		F 79,359	10		
f 82,167	30	8		F 83,897	10		
f 86,346	20	5		F 86,909	20	8	
f 86,700	20	5		F 4527,348		2	
f 91,661	50	20	1	F 39,746		1	
f 99,203	40	10		F 62,361		1	
f 4410,641	8			F 93,932		10	2
f 18,784	40	10		4628,161	50	20	5
f 29,270	30	8					

## DISPROSIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
2634,811	8			3015,694	5		
				16,96	5		
2816,395	8	1		25,61	5		
77,885	5			26,163	5		
				27,57	8		
2900,825	8			29,826	1		
04,68	1			30,41	1		
06,394	8			31,18	1		
09,325	1			38,291	8		
13,952	10	1		41,648	2		
34,529	10						
44,564	5			43,144	8		
47,221	5			43,44	8		
48,323	5			49,133	5		
50,339	2			56,97	1		
				60,30	5		
75,82	5			60,653	5		
77,426	8			61,506	5		
85,93	5			62,620	10	1	
91,618	1			73,542	8		
92,420	1			79,341	5		
93,117	1						

## DISPROSIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3095,75	2			3238,178	1		
				38,70	1		
3101,91	2			39,59	1		
03,246	8			40,878	2		
03,839	8			42,51	1		
09,768	10			43,78	1		
20,184	5			45,14	8		
35,37	20	5	1	51,260	10	2	
40,645	10	2		51,90	2		
41,13	10	2		52,19	2		
43,831	8						
45,222	5			56,25	10	1	
				57,361	1		
46,165	5			60,00	1		
51,893	5			60,69	1		
52,379	5			66,00	1		
56,52	20	5		66,207	10		
62,824	20	5		69,12	10		
64,041	1			E y H 75,84	8		
69,978	20	8	2	E y H 78,24	5		
70,746	2			E y H 79,68	8	1	
77,88	8	2					
78,373	5			80,10	10	2	
				82,79	10	2	
84,777	10	1		84,37	1		
86,375	20	2		86,573	1		
87,676	10			87,953	5		
93,308	20	5		88,635	1		
				89,34	1		
3206,40	8			93,82	8		
07,10	5						
08,81	8			3305,47	5		
12,03	1			06,19	5		
12,684	1			08,89			
14,636	1			12,729	10	2	
15,189	10	1		16,325	20	5	
16,63	10	1		17,119	10		
20,46	1			18,13	2		
21,50	8			19,887	40	10	2
				24,20	5		
23,29	10	1		26,19	8		
25,08	5						
25,96	10			28,79	1		
28,97	1			31,28	1		
29,37	1			39,51	1		
29,94	1			41,43	5		
32,652	8			41,88	10	1	
35,90	10	1		47,82	5		
36,63	8			52,696	2		

## DISPROSIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3353,595	20	5		f 3454,326	80	30	8
56,220	5			f 56,566	50	20	5
68,116	20	5		f 60,971	80	30	8
69,64	5			f 68,435	20		
70,86	8			f 71,145	5		
71,76	5			f 71,531	5		
76,38	5			f 73,702	5		
76,63	5			f 77,074	40		
77,11	5			f 94,496	40		
78,43	5						
				F 3531,712	20		
85,027	100	40	10				
88,863	30	5		3640,24	20	1	
89,46	2			45,416	80	30	8
91,13	5			48,807	8	2	
91,99	5			55,60	5	1	
93,583	100	40	10				
93,99	2			3898,544	20	5	1
96,169	50	20	5				
98,34	2			3931,537	10		
99,34	2			44,692	30	8	
				78,573	30	8	2
3403,27	8			83,664	5		
04,99	8			96,699	20	5	
07,168	20	5					
07,80	100	40	10	f 4000,454	50	20	5
08,157	8	1		f 45,983	8		
13,794	40	10		f 77,974	20		
14,830	8						
19,643	20	5		4232,033	1		
22,878	1			39,868	2		
23,24	1			45,923	2		
				94,936	10	2	
25,06	20	2					
29,442	5			4339,68	2		
34,373	20	5					
38,952	5			f 4409,384	8	2	
45,582	80	20	5	49,702	8	2	
47,001	8						
49,898	8	2					

## ERBIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
2670,255	3				3187,785	8	2		
72,246	1				3214,446	3	1		
2754,944	3	1			20,730	8	5	1	
E y H 69,96					23,308	10	5	1	
					27,16	3	1		
2820,186	3				30,585	10	5	1	
96,960	2				37,979	3	1		
97,518	3	1			49,342	3			
					59,048	10	5	2	
2904,467	10	5			62,80	8	2		
10,357	10	5	1		64,781	30	10	3	
15,626	3	1			67,15	8	5		
64,518	10	5	1		68,80	3	1		
68,761	8	3			72,10	2			
72,279	8	2			78,222	8	3		
74,48	3	1			79,32	8	3		
75,679	5	2			80,22	10	8	2	
89,287	2				89,36	10			
96,379	2				91,27	2			
98,058	2				3303,95	3	1		
					05,568	8			
3012,468	3	1			12,424	30	10	5	2
16,838	2				16,385	8			
28,278	8	2			23,20	10	8	2	
31,308	8	2			29,659	3	1		
36,222	8	3			32,703	10	8	1	
49,29	3	1			35,32	2			
61,683	1				37,25	5	1		
69,229	3	1			37,79	5	1		
70,743	8	2			40,48	2			
72,52	10	3			46,03	20	5	1	
					48,140	5	1		
73,347	10	3			50,063	5	1		
78,873	2				58,15	3	1		
84,02	2				64,09	20	5	2	
99,19	2				68,07	20	5	2	
					72,750	40	30	10	5
3106,787	3	1			74,170	10	3		
13,536	3	1			76,09	2			
18,833	2				81,32	3	1		
21,89	10	3			85,087	10	8	3	
32,51	2				89,599	8	5	1	
50,55	2				91,989	30	10	5	1
72,64	2				94,860	2			
81,923	10	5	1						
83,41	10	5	1						
85,247	10	5	1						

## ERBIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
3396,05	3	1			3892,692	5	1		
					96,234	10	5		
3417,638	3	1			3906,316	30	10	5	1
21,065	3				37,018	5			
28,394	5	1			38,631	10	5		
f 64,536	5	1			73,577	10	5		
f 69,722	5				74,723	10	5		
f 71,714	8	3			37,951	5	1		
f 79,416	3								
f 80,441	5	1			f 4007,967	20	8	2	
f 99,104	30	8	2		f 20,519	5			
3599,829	5	1			4230,202	3			
3616,573	10	1			4301,604	5	1		
33,541	8	3							
38,678	5				f 4409,359	3			
45,938	5	1			f 19,611	5	1		
f 92,652	20	5	1						

## EUROPIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
2635,464	5				2747,28	5			
38,764	50	10			47,84	5			
41,26	40				52,16	8			
68,33	50	8			81,89	30			
73,409	8								
78,28	30				2802,86				
85,65	40				11,747	20			
92,019	50	8			13,95	80	30	8	
					16,18	30	5		
2701,125	50	3			20,77	50	20	3	
01,894	50	5			28,691	20	5		
05,263	30	5			29,300	10	2		
09,990	8				33,056	8	2		
16,97	50				33,25	5			
23,92	5				59,667	20			
27,780	80	40	3						
29,39	50	8			62,57	20			
40,628	20				76,06	8			
44,255	5				78,86	8			

EUROPIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
2887,88	8				3234,30	5			
92,54	8				35,13	5			
93,03	8				41,397	10			
93,85	20	5			46,02	8			
2906,676	80	30	8		62,495	1			
09,01	8				62,61	1			
17,46	5				66,39	10			
25,035	40	5			70,24	2			
47,300	5				72,76	8			
52,68	30	2			77,78	20			
59,479	5				84,395	2			
60,23	30				85,902	8			
91,34	30				98,32	5			
95,24	5				3301,95	10			
3006,273	5				04,200	5			
22,154	2				04,495	8			
40,77	1				08,018	8			
54,93	30	2			13,323	10			
69,099	2				17,268	3			
77,353	30				19,887	5			
89,345	5				21,857	5			
97,456	20				22,261	5			
3106,172	20				25,976	5			
11,432	30	5			28,057	2			
30,74	3				34,326	40	5		
49,883	8				38,742	8			
51,88	1				50,43	5			
68,282	1				51,19	5			
70,38	2				51,556	5			
71,939	5				53,703	8			
73,601	20				54,375	8			
81,28	1				67,634	5			
83,81	1				69,052	20			
84,22	8				80,25	10			
85,56	1				90,787	5			
87,00	5				91,992	8	1		
96,545	5				94,069	1			
3207,08	5				96,58	30			
10,566	8				3403,163	5			
12,808	8				06,12	1			
13,747	20	5	1		12,731	2			
18,63	10				16,735	8			
21,69	8				16,879	5			
31,86	5				19,852	2			

EUROPIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
3421,667	5				97,73	5			
23,110	1				98,78	5			
25,02	20				3907,110	80	20	5	
26,44	5				15,995	5			
35,205	8				17,282	8			
45,17	5				18,518	5			
f 53,47	2				30,503	10	40	10	
f 54,76	1				43,085	8			
f 57,054	1				45,67	5			
f 57,570	1				55,754	8			
f 61,380	20				64,89	8			
f 66,416	3				71,99	100	40	10	
f 67,887	1				76,859	5			
f 76,61	5				78,446	5			
f 81,61	1				86,618	8			
f 88,306	1				87,83	5			
3603,20	8				f 4011,683	5			
06,71	5				f 16,703	5			
08,72	5				f 29,996	1			
11,332	3				f 39,192	8			
11,580	5				f 85,388	8			
16,154	2				F 4129,737	80	8		
21,903	1				F 4205,046	80	30	5	
22,558	1				21,080	5			
29,797	8				29,333	5			
32,175	10				32,462	5			
37,676	3				34,29	5			
46,750	5				36,23	5			
56,27	5				37,519	5			
62,94	5				44,751	5			
63,44	8				47,069	5			
f 73,196	8				67,85	5			
f 74,67	3				79,25	5			
f 78,27	2				79,69	5			
f 79,49	2				85,717	1			
f 82,44	2				92,991	5			
f 83,27	2				93,87	5			
f 88,44	80	30			98,724	8			
f 3710,881	2				4322,575	5			
f 13,459	1				29,361	5			
f 14,911	2				29,97	5			
F 24,99	80				37,684	5			
F 3819,66	10								

EUROPIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
4343,252	5				F 64,968	8			
45,904	10				F 4522,58	50	20		
54,787	5				F 94,02	200	50	20	5
55,097	8				4627,122	200	50	20	5
f 69,467	1				61,88	100	40	10	
f 70,464	1								
f 87,884	8								
f 4435,53	100	40	10	2					

GADOLINIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
E y H 2720,49	1				2955,60	5			
64,080	20				60,893	5			
68,50	5				E y H 63,61	8			
69,81	20				65,420	8			
70,18	20				80,160	50	5		
81,405	20				E y H 91,53	8			
91,97	30				93,038	20			
96,94	30	1			99,056	80	5		
2809,720	40	5			3002,869	50	5		
E y H 10,89	8				E y H 03,57	1			
E y H 14,01	1				E y H 05,06	5			
33,753	30	1			10,139	80	5		
36,907	5				12,196	5			
40,236	40				27,612	80	5		
41,335	8				28,979	5			
E y H 53,95	5				32,850	80	5		
E y H 56,55	5				34,059	80	5		
62,493	20				46,480	5			
E y H 65,07	20				53,577	50			
E y H 66,37	1				68,649	80	5		
85,600	20				72,574	50	2		
2905,313	30	5			76,971	80	2		
10,526	8	1			82,000	80	30	2	
E y H 13,09	5				84,003	5			
18,44	5				85,081	5			
23,371	8				89,957	50	5		
E y H 24,30	5				92,064	5			
					98,651	80	5		

GADOLINIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
3098,903	80	5			EyH 3256,93	5			
3100,508	100	50	3		66,733	8			
01,925	5				67,64	50			
02,557	50	5			71,683	10	1		
08,364	20				79,527	20			
13,179	20	1			81,611	20			
18,603	5				82,257	20			
19,018	5				91,490	20			
19,946	50	5			92,215	50	2		
20,186	5				94,086	20			
24,002	5				3313,734	50	5		
24,264	50	5			15,597	20	1		
28,569	5				17,229	20			
29,965	5				20,437	20			
30,814	5				29,349	5			
33,092	5				30,341	20			
33,859	50	5			31,388	50	5		
35,039	5				32,137	20			
E y H 38,14	1				E y H 34,09	20			
E y H 39,18	1				36,183	50	5		
E y H 40,80	1				45,991	50	5		
42,889	5				50,482	80	20	5	
43,141	30	5			58,628	80	20	3	
45,006	80	8	1		60,716	20	1		
45,521	20	1			62,244	80	20	5	
46,884	20	5			64,249	8			
56,539	50	5			65,59	8			
60,660	5				69,616	8			
61,379	50	5			74,693	20	5		
E y H 68,14	20				79,763	5			
69,474	20				80,519	5			
E y H 71,04	20				92,534	50	10	2	
EyH 3206,43	20				93,629	5			
E y H 07,68	20				95,126	30			
15,265	30	1			E y H 97,25	5			
23,740	20				99,993	50	5		
25,44	20				3401,060	5			
26,326	20				02,074	20	5		
E y H 32,87	20				07,596	50	10	2	
E y H 38,70	20				09,301	5			
E y H 41,10	20				12,013	8			
50,234	20				16,957	50	5	1	
E y H 55,81	5				18,735	50	5	1	
					22,466	80	30	5	1
					22,713	20			



## GADOLINIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
3423,928	20	1			3664,621	80	5		
24,601	20	1			f 71,216	80	10		
26,327	8				f 84,124	5			
28,469	8				f 87,759	50			
E y H 30,23	5				97,739				
30,982	5				f 99,748				
32,997	50	5	1						
39,212	20	1			f 3712,714	50			
39,785	20				16,369	20			
39,990	50	5							
					3894,708	50	2		
41,793	5				95,784	8			
49,628	5								
f 50,385	50	5	1		3902,404	30	1		
f 51,241	5				16,589	50	5		
f 54,149	20				23,255	8			
f 54,900	50	5			34,801	20			
f 57,053	5				35,393	1			
f 61,956	5				42,642	1			
f 63,00	5				45,544	20			
f 63,984	50	5			52,009	1			
					53,371	1			
f 66,961	5				57,681	50	5		
f 67,280	50	5							
f 68,994	50	5			59,524	20	1		
f 73,229	50	5			63,658	5			
f 81,359	50	5			66,279	2			
f 81,818	50	5			71,762	5			
f 82,613	20	1			74,066	5			
f 91,967	30	3			79,336	5			
f 94,418	50	5			87,218	20	1		
					94,179	8			
F 3505,520	50	5			96,325	20			
F 12,511	20								
F 24,198	20				f 4008,922	20			
F 45,704	40				f 13,92	5			
F 49,365	8				f 23,154	1			
F 57,062	8				f 37,338	50	5		
92,696	8				f 37,906				
					f 45,010	1			
3600,966	8				f 49,90	50	2		
04,884	2				f 53,648	50	2		
10,766	20				f 58,231	5			
13,400	20				f 63,43	20			
20,461	20								
40,196	80	10	2		f 73,771	20			
54,637	50	8			f 78,709	20			
56,163	50	8			f 85,648	20			
62,268	50	3			f 92,712	5			

## GADOLINIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
f 4098,613	50	5			4330,616	20	1		
					41,292	40	1		
F 4130,378	20				42,191	40	1		
F 32,281	8				46,459				
F 34,167	8				46,626	80	20	3	
F 90,785	1				f 60,926	5			
F 91,079	1				f 69,775	30	1		
F 91,624	1				f 73,839	30			
					f 87,678	20			
F 4204,839	1				f 90,955	20			
F 12,019	1								
25,853	5				f 92,071	30			
38,785	50	5			f 97,517	20			
43,845	5								
45,345	5				f 4401,853	20	1		
46,547	5				f 03,136	20			
51,736	50	5			f 06,672	20			
53,370	50	5			f 08,261	20			
53,619	50	5			f 11,159	8			
					f 14,162	20			
60,112	20	1			f 14,735	20			
62,095	50	2			f 19,036	30			
66,601	20	1			f 22,413	30	1		
67,016	10				f 30,627	30	1		
74,171	8								
80,501	50	5			f 38,268	20			
85,827	10	1			F 66,553	30	1		
86,122	10	1			F 67,088	30	1		
89,901	8				F 74,138	5			
96,079	30	8			F 76,144	5			
					F 81,068	5			
96,291	8				F 86,908	5			
97,179	1				F 97,133	5			
98,424	5								
99,301	30				F 4506,221	8			
					F 19,657	8			
4304,897	8				F 37,821	8			
06,350	8				F 42,033	8			
10,988	8				F 81,301	8			
13,851	20	1			F 83,087	20			
14,403	20	1			F 97,922	20			
16,061	30	5			F 98,905	20			
20,527	5								
21,108	20	1			F 4601,05	10			
25,690	30	5							
27,104	20	1			4930,708	8	2		

## HOLMIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
A 2605,15	5				2900,83	10			
66,10	8				E y H 02,18	3			
81,18	5				09,42	40	10		
E y H 2713,66	20				10,35	5			
33,95	20				15,80	10	1		
59,30	20				19,59	20	1		
E y H 66,83	20				E y H 21,83	3			
E y H 69,87	20				E y H 26,09	8			
E y H 72,78	10				E y H 26,98	8			
74,70	5				28,79	20	5	1	
77,10	10				33,05	2			
E y H 93,92	8				36,77				
99,99	5				42,05	10	1		
2809,08	5				E y H 42,58	3			
09,99	8				44,50	20	2		
11,36	10				45,83	3			
12,00	10				E y H 52,73	5			
14,74	10	2			53,11	20	2		
16,38	5				E y H 54,99	3			
19,74	10				61,04	5			
E y H 23,61	5				75,26	8			
24,19	20	5			79,63	30	8	2	
26,63	10				E y H 80,65	3			
31,60	10				85,64	10			
34,99	10				E y H 87,63	10			
E y H 35,87	10				90,27	10	2		
43,39	5				E y H 92,77	10			
44,18	5				E y H 95,86	3			
45,64	8				E y H 96,91	8			
49,16	20	1			E y H 98,28	10			
E y H 61,21	5				E y H 3005,29	10			
61,49	10				E y H 12,00	8	2		
E y H 62,72	10				14,61	20	2		
E y H 66,75	10				E y H 18,16	8			
E y H 72,00	8				23,14	5			
E y H 72,43	5				E y H 24,34	5			
E y H 74,08	8				E y H 28,18	5			
E y H 74,44	8				E y H 33,44	8			
A 76,07					E y H 35,67	8			
80,27	20	5			38,69	10	2		
80,99	20	5			44,41	8			
94,99	20	2			A 46,49	8			
E y H 95,62	10				49,38	30	8	2	
97,36	3				53,99	30	8	2	
					54,88	8	1		

## HOLMIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
E y H 3060,24	5				3201,77	20	5	1	
A 62,21	8	2			03,33	5			
64,19	10	2			04,27	5			
74,30	10	1			E y H 04,71	5			
E y H 78,47	8				06,86	10	2		
84,36	40	10			E y H 07,99	5			
86,54	30	8			E y H 08,63	5			
E y H 3102,70	10				10,39	20	5	1	
E y H 05,18	10				11,87	8			
08,33	20				13,30	5			
09,93	20				15,37	10	2		
18,51	40	10	1		16,67	10	2		
E y H 29,22	8				E y H 20,34	3			
30,99	30				E y H 20,72	3			
34,40	20				E y H 20,82	3			
44,35	20	2			21,42	8	1		
E y H 46,17	8				23,27	5			
E y H 47,00	5				24,27	8			
E y H 47,62	8				E y H 31,63	5			
48,85	10				33,36	20	5	2	
49,92	10				34,52	8			
54,22	3				35,62	8			
56,18	10	2			36,56	8			
56,96	20	8			37,38	8			
58,40					39,02	3			
59,67	10	2			E y H 40,40	3			
64,03	8				E y H 51,67	1			
65,67	8				E y H 52,15	1			
66,62	40	10	3		56,27	2			
67,89	10				57,39	20	5	1	
71,71	20	5	1		58,47	8			
73,79	40	10	3		59,17	5			
74,86	20	3			E y H 62,20	8			
76,96	20	3			64,77	8	1		
81,52	40	10	3		E y H 66,33	10			
83,85	20	5	1		E y H 67,35	10			
84,13	30	8	2		78,15	30	8		
E y H 85,49	5				79,26	10	1		
87,37	8				81,17	5	1		
90,97	10	2			81,98	50	10	3	
E y H 92,40	5				83,07	5			
95,56	5				E y H 84,09	5			
96,07	10	3			88,46	30	5		
97,83	30	8	1		90,96	30	5		
					95,81	5			

HOLMIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
3297,06	10	2			3412,86	5			
3305,16	30	8	2		14,92	40	10	3	
E y H 06,87	2				16,46	50	20	5	1
14,01	5				21,64	30	10	3	
15,66	5				25,35	40	10	3	
19,87	8	2			26,76	8			
20,24	8	2			28,13	40	10	3	
29,02	8				29,19	20	5		
31,01	3				32,09	20	5		
31,91	8				45,56	10	2		
32,71	8								
E y H 33,88	8				f 49,01	10	2		
35,11	8				f 53,13	50	20	5	1
37,20	40	10	3		f 56,00	80	30	8	2
38,76	30	8	2		f 61,96	10	3		
40,46	8	2			f 67,07	10	2		
43,56	40	10	3		f 69,40	10			
48,58	8				E y H 70,75	8			
50,46	10				f 73,92	10	2		
52,08	8								
53,45	40	10	3		f 74,25	50	20	5	
					f 77,74	8			
					f 84,73	50	20	5	
					f 85,86	8			
E y H 53,57	20	5			f 93,10	8			
54,57	5				f 94,77	40	8		
56,95	10	3			f 98,87	5			
57,90	10	3			f 99,08	8			
64,26	20	5	1						
70,86	10	3			F 3515,58	40	5		
74,16	20	2			98,77	10			
E y H 82,80	5								
85,05	10	2			3600,73	8			
89,55	10				13,33	8			
					16,56	5			
					19,43	5			
					25,46	5			
					26,70	10	3		
3400,57	3				27,18	8	2		
01,59	3		2		38,32	10			
02,17	3				45,41	5			
E y H 03,20	2				f 74,77	8			
06,27	5								
08,21	8				F 3796,73	5			
09,06	8								
10,25	30	5	2		F 3810,70	5			
10,65	8				88,95	10	3		
11,56	8								

HOLMIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
3891,02	50	20	5	1	4254,43	10	3		
93,10	3				58,62	2			
96,24	3				64,07	5			
96,75	5				66,04	2			
98,55	3				90,17	1			
3902,24	3				4301,09	2			
05,78	10	3			08,65	3			
36,51	8	2			28,99	10			
40,55	10	3			30,64	2			
55,74	8				37,13	10	2		
63,27	2				48,34	10			
98,28	8	2			50,73	10			
f 4053,92	30	8			56,74	1			
f 65,10	8				f 63,93	3			
F 4103,84	3				f 4403,27	3			
					22,56	2			
4229,49	10	2			4609,52	10			
45,39	2				29,10	20			

LUTECIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.					Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-8}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
2578,79	5	1				2885,14	8		
2613,40	20	5				94,84	50	5	
15,42	80	30	10	5	1	2900,30	80	20	5
19,26	8	1				03,05	8		
57,80	10	5				11,39	100	30	8
85,08	5	1				49,73	1		
85,54	1					51,69	20	5	
						63,32	80	20	2
2701,71	50	20				69,82	2		
28,95	5					89,27	50	8	
54,17	50	20							
65,74	20					3027,29	8		
96,63	30	5	1			56,72	50	8	
						77,60	100	30	5
2845,13	5					80,11	1		
47,51	80	20				81,47	50	20	

## LUTECIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3118,43	40	8		3385,50	40	10	
71,36	40	10		91,55	20	2	
98,12	50	20		97,07	200	30	5
3254,31	100	30		f 3472,48	200	40	3
65,62	1			F 3507,39	100	30	
78,97	100	30		F 08,42	8		
81,74	100	30		F 54,43	8		
3312,11	200	30	2	F 67,84	10		
59,56	200	30	2	F 4518,57	80	3	
76,50	80	20					

## NEODIMIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
2961,45	5			3141,476	8		
62,865	2			42,444	5		
63,560	5			44,564	5		
93,179	8			44,839	5		
				48,525	5		
3014,165	8			49,296	10		
14,735	1			49,511	10		
18,333	5			55,763	2		
52,147	5			62,632	10		
56,698	5			75,987	8		
75,380	5						
79,365	5			78,925	5		
80,930	5			81,516	5		
92,915	5			88,734	8		
98,476	5			91,855	1		
				93,084	5		
3105,419	2			3200,623	5		
06,173	1			03,462	10		
08,008	1			05,917	1		
15,172	8			10,973	1		
16,141	8			17,116	10		
23,069	5			22,624	1		
24,567	5			23,776	1		
33,603	10	3		28,048	5		
34,897	10			37,911	10		
37,253	5						

## NEODIMIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3238,259	2			3393,641	10		
54,066	10						
56,904	8			3410,234	8		
59,231	10			11,028	5		
60,655	5			25,209	8		
65,124	10			28,925	10		
65,373	10			43,308	8		
67,251	10			43,603	8		
73,173	5			45,895	2		
75,218	8			47,623	2		
				54,389	2		
75,842	5			56,004	5		
76,132	5						
82,777	5			58,000	2		
85,093	10			58,949	2		
86,607	8			68,420	5		
90,643	8			70,866	5		
93,820	5						
94,661	5			3600,915	2		
				09,788	5		
3300,148	10			15,817	8		
00,908	8			24,654	5		
04,649	5			29,932	2		
05,33	5			34,282	5		
06,375	5			34,871	5		
10,360	8			36,990	5		
10,900	10			37,229	5		
12,743	10			37,783	5		
13,146	8						
16,011	8			40,235	5		
				41,502	5		
18,413	8			43,630	8		
25,889	10			45,776	8		
28,270	20	3		48,188	8		
31,567	8			53,150	5		
34,471	10			62,263	8		
39,063	10			65,180	10		
46,589	5			72,363	10		
47,569	8			73,542	10		
48,161	10						
53,592	5			85,804	10		
				87,294	5		
54,621	10			89,692	5		
55,920	20						
64,950	20			3887,866	8		
75,244	8			89,664	8		
82,093	8			89,929	8		
86,518	8			90,580	10	3	
88,025	8			90,940	8		

## NEODIMIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3894,627	8			f 4018,826	8		
97,638	5			f 19,809	5		
				f 20,872	8		
3900,226	10			f 21,330	8		
01,850	10			f 21,795	8		
05,886	20			f 23,002	8		
07,843	5			f 24,785	5		
11,169	10			f 31,807	8		
12,228	5			f 38,124	8		
15,948	5			f 40,796	40	5	
19,923	5						
20,965	20			f 61,085	30	3	
27,106	8						
				F 4109,455	30		
29,260	2						
36,136	5			4220,258	5		
38,874	8			24,847	5		
41,512	20	1		27,719	8		
51,154	20	3		28,025	5		
52,195	8			32,378	20	2	2
52,870	5			34,196	5		
53,525	8			35,229	5		
55,966	5			39,828	5		
57,465	5			47,367	50	8	
				52,437	30	1	
58,001	10						
62,216	5			59,608	5		
63,114	10			61,837	10		
63,912	5			62,239	5		
67,068	2			63,440	5		
73,269	20	3		66,716	8		
73,650	10			70,565	8		
76,836	10	3		72,789	8		
79,479	10			75,083	5		
81,216	5			77,279	5		
				82,443	10		
82,269	5						
83,22	5			84,518	20	3	
86,233	8			90,957	5		
90,103	10	1		97,351	5		
91,743	10	1					
94,684	20	2		4303,573	80	20	5
97,929	5			07,778	2		
				11,254	2		
f 4000,493	5			14,511	20		
f 00,562	5			25,766	30		
f 04,010	10			27,932	8		
f 07,435	8			38,697	10		
f 12,250	50	8	1	42,071	5		

## NEODIMIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
4343,497	1			f 4446,387	30		
51,295	20			F 51,566	50	3	
58,168				F 56,394	8		
f 68,632	10			F 62,985	30		
f 74,923	8						
f 75,039	8			F 4541,269	8		
f 85,663	20			F 42,050	8		
f 90,662	8			F 42,603	8		
f 91,110	8			F 59,673	8		
				F 60,416	8		
f 4400,828	20			F 63,219	8		
f 11,052	30			F 86,614	8		

## PRASEODIMIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3111,337	5			3296,390	2		
21,571	8						
29,204	8			3301,898	1		
53,833	5			08,342	5		
58,646	5			14,376	8		
63,735	10			24,551	1		
64,985	8			50,275	2		
68,242	10			55,668	10		
72,314	10			64,92	5		
82,447	8			72,510	2		
				76,660	5		
				83,376	8		
91,414	10						
96,036	10			88,036	5		
99,049	8			90,911	2		
				94,613	10	3	
3207,894	8						
19,551	10			3414,767	5		
34,223	8			15,708	5		
35,432	5			18,467	5		
38,867	8			30,278	10	3	
45,462	8			30,510	8		
76,667	2			37,603	5		
85,849	1			48,205	5		
88,650	1			49,826	5		
95,528	2						

## PRASEODIMIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3645,539	8			f 4022,738	2		
45,660	10	3		f 31,755	5		
46,299	8			f 33,857	8		
68,830	10			f 38,467	10		
				f 39,357	8		
3897,284	5			f 44,818	8		
				f 51,152	2		
3908,033	50	5		f 54,845	8		
08,431	50	5		f 56,543	8		
12,898	8			f 62,817	20	1	
18,856	20	5					
19,620	5			f 79,786	2		
20,524	5			f 81,018	2		
25,456	10			f 81,901	5		
27,454	5						
29,256	5			F 4100,746	10		
35,823	8			F 18,481	8		
				F 43,136	5		
47,633	20			F 79,422	8		
49,438	20			F 89,518	8		
53,516	20						
56,762	8			F 4206,739	8		
62,445	8	2		17,81	5		
64,261	8	2		19,652	5		
64,825	50	5		22,98	50	8	1
65,263	8			25,327	50	5	
66,573	8			33,134	8		
71,164	8			36,210	10	1	
				41,019	30	5	
72,164	10		2	43,528	10	1	
74,37	2			47,662	40	5	1
74,858	2						
76,826	2			50,401	2		
82,063	40	8		51,490	2		
89,718	30	2		54,420	30	2	
91,890	8			61,796	5		
92,92	2			62,314	8		
94,834	30	1		63,805	10		
97,054	8			67,78	2		
				69,100	5		
99,188	2			71,764	8		
				72,271	20		
f 4000,190	8						
f 04,714	10			75,82	8		
f 08,714	20	2		78,99	8		
f 10,643	8			80,105	20		
f 15,389	8			82,440	30	5	
f 16,748	5			89,89	8		
f 20,991	2			93,135	5		

## PRASEODIMIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
4293,582	5			4351,849	30	2	
94,700	5			54,912	20		
97,764	40	5		62,981	5		
98,920	20	5		f 68,327	50	5	
				f 71,614	30	2	
4302,10	5			f 74,410	8		
03,594	5			f 77,614	2		
05,763	40	8	1	f 82,418	8		
11,102	8			f 95,005	5		
17,836	5			f 95,788	5		
19,003	5						
23,551	5			f 96,117	30	1	
28,421	5			f 99,326	5		
28,985	5						
29,415	8			f 4403,605	10		
				f 05,849	10		
33,913	40	8	1	f 08,844	50	20	1
35,748	8			f 13,765	5		
38,694	8			f 19,667	5		
44,334	30	1		f 21,231	5		
47,490	30			f 24,595	5		
50,399	8			f 29,238	50	5	

## SAMARIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
P 2610,05	5			R 2786,63	5		
P 40,26	5			R 96,86	20		
P 49,15	1						
P 62,36	5			R 2807,31			
R 75,14	5			R 09,45	20		
R 93,32	8			R 10,85	20		
P 96,12	5			R 17,21	10		
P 98,08	1			E y H 30,95	20		
P 98,28	1			P 31,65	10		
				A 33,49	10		
R 2707,97	8			R 40,79	5		
R 32,43	2			A 41,30	5		
R 62,30	2			R 47,53	5		
P 64,24	5						
R 67,86	8			R 51,34	5		
P 76,13	8			R 66,12	20		
R 79,24	8			P 68,45	20		

## SAMARIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
P 2875,39	10			3095,472	5		
R 83,11	10			95,716	5		
R 89,10	5			96,668	8		
R 91,35	10			96,877	10		
R 2907,95	10			3106,520	20		
10,269	20			10,193	20		
14,709	1			14,778	20	5	
43,492	2			15,042	8		
43,786	2			17,725	20		
52,221	1			34,186	5		
52,528	1			36,297	20		
53,189	5			39,360	8		
56,245	3			39,973	20		
60,177	5			40,382	8		
61,324	10			43,306	20		
69,020	5			45,834	5		
77,072	5			47,188	20		
91,570	8			52,095	8		
				52,521	20	2	
3006,150	5			57,841	8		
12,086	5			60,886	5		
12,183	3			62,148	8		
14,366	2			62,288	10	1	
19,303	5			63,391	5		
28,478	1						
31,504	5			69,870	20	5	
32,865	8			70,203	10	1	
34,174	5			78,119	30	5	
34,492	5			83,916	40	10	
				86,015	5		
34,843	20			87,006	30	5	
39,128	20			87,213	30	5	
39,358	5			87,775	30	5	
46,933	10			88,710	8		
51,003	20			89,557	5		
55,524	5						
61,141	2			91,996	5		
61,56	8			93,004	30	5	
65,206	8			96,186	30	5	
65,775	10						
				3201,792	20		
66,019	8			04,892	20		
71,274	10			07,176	30	5	
80,709	5			08,167	20	1	
87,379	10			10,832	5		
87,922	5			11,755	40	10	
88,980	5			12,858	5		

## SAMARIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3214,121	20			3273,477	40	10	
15,243	20	5		75,866	5		
15,588	10			76,743	20	5	
16,836	40	8	1	78,874	8	2	
18,597	40	10	1	80,842	30	8	
19,416	8	2					
19,865	8	2		83,885	2		
23,319	8	2		85,259	3		
24,233	8	2		85,657	30	5	
25,922	5			86,223	40	8	
				86,528	5		
26,842	20	5		90,282	20	5	
28,492	5	2		90,381	30	8	
28,777	20	5		90,639	30	8	
30,544	40	10		93,360	30	5	
31,513	30	8		95,440	30	5	
31,938	20	5					
32,620	5			95,806	30	5	
33,483	20	5		98,104	40	10	
33,661	30	8					
34,421	10	2		3300,105	2		
				00,970	10	3	
36,630	40	8		01,672	20	5	
37,197	5			04,521	20	5	
37,881	8	2		05,179	20	5	
39,638	40	10		06,372	50	20	
41,143	40	10		06,616	10	3	
41,572	20	5		07,016	40	10	
42,031	20	5		09,516	8		
44,673	10	3		10,655	40	10	
45,801	8						1
49,732	30	8		12,415	40	8	
				16,195	5		
49,886	8			16,582	30	5	
50,361	40	10		17,866	5		1
53,390	30	8		19,122	2		
53,640	5			19,563	3		
53,931	30	8		20,163	30	5	
54,290	5			20,587	5	1	
54,378	50	20	3	21,184	40	10	
55,624	10	3		23,769	30	8	
58,255	40	3					
60,265	8			25,258	40	8	
				25,475	20	5	
62,263	20	5		27,901	30	5	
64,938	30	8		28,939	8		
70,483	20	5		29,623	10		
70,672	20	5		32,703	8		
72,803	30	8		33,632	20	1	

## SAMARIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3335,039	10			3403,085	10	3	
36,120	20	2		08,668	50	20	2
40,585	50	20	3	11,275	5		
43,492	20	5		13,895	8		
44,349	20	5		14,953	8		
46,353	5			16,015	5		
46,907	5			18,134	20	5	
47,296	20	1		18,510	50	20	2
48,682	20			19,769	30		
50,883	20	8		20,514	1		
54,182	30	8		22,063	3		
54,281	10	1		22,189	1		
54,719	20	3		24,765	10		
58,273	5			25,254	10		
60,640	5			26,187	10		
61,435	10			27,961	5		
63,908	3			29,749	8		
64,747	3			31,897	3		
64,795	3			33,685	20		
65,865	50	20	3	37,115	20		
67,275	10			38,054	20		
68,572	30	5		44,613	5		
69,041	8			48,866	5		
69,452	40	8		f 52,768	8		
70,586	20	5		f 53,547	10		
71,212	30	8		f 54,777	8		
73,788	5			f 54,959	8		
76,494	20			f 57,921	5		
77,820	5			f 59,189	8		
78,312	5			f 59,396	8		
78,552	5			f 61,138	20		
80,703	5			f 62,688	8		
82,407	50	20	3	f 64,082	8		
84,663	40	8		f 67,874	20		
85,399	5			f 71,122	10		
87,065	8			f 71,270	8		
87,668	8			f 73,953	5		
89,325	40	5		f 79,512	5		
91,122	10			f 80,252	8		
96,183	40	8		f 80,560	8		
97,763	20	1		f 87,403	10		
99,688	10			f 99,825	3		
99,840	8			F 3500,498	3		
3402,463	50	20	2	F 68,258	10		

## SAMARIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
F 3592,595	20			3917,438	20		
3601,695	5			22,385	30	8	
04,276	20			25,200	10		
09,484	50	10		28,272	30		
15,244	5			35,760	8		
21,216	30	5		37,056	5		
22,506	5			41,868	30	5	
23,315	8			43,235	20		
26,994	30	5		46,506	20		
31,139	30			47,832	20		
34,271	50	20	3	48,108	30	5	
34,908	20	5		51,885	8		
36,235	10			59,530	20		
38,748	20	5		62,996	30	8	
42,739	8	1		66,051	30	5	
45,290	30	8		70,527	20	5	
45,387	20	5		71,394	20	5	
56,245	5			74,660	8		
57,316	5			76,266	30	5	
61,350	40	8		76,426	30	5	
62,254	5			79,195	30	5	
62,693	5			83,137	30	5	
62,897	5			R 86,67	30	5	
67,907	20	5		86,905	8		
70,817	50	20	3	87,424	8		
77,775	20			90,003	30	3	
80,964	3			93,302	30	8	
81,719	3			f 4003,454	5		
87,876	5			f 07,486	5		
88,421	5			f 19,976	5		
f 92,221	5			f 23,223	20		
f 93,996	20	5		f 35,101	20	3	
f 3700,593	5			f 41,667	8		
f 00,926	5			f 42,711	8	1	
3885,284	20			f 42,896	10	1	
90,074	8			f 58,867	5		
91,179	8			f 64,569	20		
94,052	8			F 4188,121	5		
96,971	20	5		4203,047	10		
3900,886	5			06,124	8		
03,412	30	3		10,340	5		
09,944	5			20,653	40	10	
				23,711	5		
				25,318	20	2	



## SAMARIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
4229,702	40	10		4313,715	3		
34,574	40	10		13,871	3		
36,740	50	10		18,935	50	20	2
37,657	50	8		19,526	20	5	
44,696	50	20		23,277	20	5	
47,395	5			29,016	50	10	1
49,536	20			34,149	50	10	1
51,788	20			47,801	50	10	2
53,715	5			f 90,865	50	20	
56,396	50	20	3	f 4424,342	50	10	
58,561	8			f 34,321	50	20	
62,678	50	10		F 52,713	20	5	
65,074	40	5		F 54,629	20	5	
80,779	200	30	3	F 67,341	20	5	
81,002	30	8		F 73,012	20	5	
82,200	20	5					
85,479	30	5		4669,390		20	3
86,641	30	5		0,647			
92,182	30	8		4704,408	20	5	
96,750	20	1		45,675	20	5	
4304,944	20			4815,806	20	5	
09,004	30	5					
12,846	3						

## TERBIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
2536,75	8	2		2855,68	5		
2704,07	8			57,68	8		
E y H 30,31	3			61,34	5		
36,24	8			84,70	5		
69,53	20	5		85,90	5		
2800,51	5			86,28	8	2	
09,32	8			94,48	5		
12,66	5			97,46	10	2	
27,38	5			98,84	8		
54,16	5			2901,54	8		
54,95	5			03,21	5		
				10,36	8	1	

## TERBIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
2911,81	5			3064,09	8		
14,79	8	1		69,02	8	2	
15,59	10	5		70,05	10	2	
16,26	8	1		72,60	8	1	
18,99	8	2		76,04	5		
24,16	1			78,86	20	5	
24,52	2			80,11	1		
32,91	8			82,36	20	5	
33,79	5			86,78	8		
34,79	8			88,43	8	1	
40,03	8			89,58	30	8	
41,70	3			3102,97	10	1	
44,87	8	2		08,41	5		
45,70	8	2		09,15	5		
56,21	10	1		13,62	8		
60,58	8			17,26	10	3	
62,80	5			19,62	10	3	
63,98	8			21,43	2		
64,76	5			21,94	5	1	
68,87	8			22,83	5	1	
77,76	8	1		23,70	8		
87,04	5			24,02	5		
88,59	8			24,54	1		
91,97	5			31,35	2		
96,01	8			34,26	8	2	
99,05	5			35,35	3		
3004,56	8	1		37,22	3		
05,52	8	1		39,64	10	3	
09,30	8			40,05	8		
10,55	8			44,46	5		
E y H 12,17	5			45,22	8	2	
13,61	8			46,67	5		
16,18	8	2		47,04	20	5	
19,17	5			48,21	5		
27,33	8			48,71	8	2	
29,23	5			54,69	3		
31,60	10	3		55,10	5		
34,91	5			55,62	2		
38,66	5			58,01	2		
43,65	8			58,66	2		
44,97	10	3		59,39	3		
51,12	10	2		62,42	5		
52,18	5			62,93	8		
53,55	10	3		63,85	5		
61,80	2						

## TERBIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3164,10	5			3229,19	5		
64,77	5			29,59	10	3	
65,74	5			30,03	10	3	
67,52	8			30,70	2		
68,32	10			31,06	5		
68,59	5			31,46	5		
69,84	8	2		32,00	2		
71,19	10	3		33,53	2		
71,90	1			34,50	3		
73,76	8	1		35,79	8	2	
74,66	20	5		36,20	1		
75,45	2			39,32	2		
76,74	1			39,66	5		
77,53	1			40,00	8	2	
79,84	1			40,65	8	2	
80,54	20	5		41,94	2		
81,22	1			43,20	8		
83,29	5	1		45,17	8		
83,64	5	1		49,61	5		
83,88	5	1		50,95	8		
86,23	5			52,34	20	5	1
87,25	20	5		53,54	3		
88,03	10	3		55,22	5		
88,55	3			59,38	5		
89,97	2			59,84	10	3	
94,71	8			60,83	5		
95,60	20	2		61,74	10		
98,01	2			62,68	10	3	
98,55	2			62,97	20	3	
99,56	20	5	1	63,89	10	5	3
3200,73	5	1		64,90	3		
02,70	3			66,40	20	5	
02,95	3			68,10	8	2	
07,09	5			68,52	5		
07,53	5			70,63	5		
07,96	5			72,35	5		
09,54	5	1		73,12	5		
10,22	5	1		77,32	8	2	
15,01	5			77,73	8	2	
15,54	2			80,28	40	10	3
18,93	20	8	3	81,40	40	10	2
19,95	20	8	3	83,10	20	5	
22,97	3			83,81	5		
25,43	3			85,04	40	10	2
27,48	2			87,55	20	5	

## TERBIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3291,56	20	5		3367,18	5	1	
93,07	30	8	2	70,14	5	1	
94,04	8	2		71,50	5		
95,08	5	1		72,36	20	5	
95,33	5	1		74,41	5	1	
96,03	5	1		75,03	10	3	
98,66	5			76,36	5		
99,27	2	1		76,66	8	2	
99,96	2			77,10	5		
3304,10	5			78,86	10	3	1
04,95	5			80,60	8	2	
05,37	1			82,80	20	5	
07,44	20	5		86,49	5		
07,80	1			87,63	2		
08,51	5			88,37	2		
09,17	5			89,59	5		
10,80	3			90,60	5	1	
12,80	20	5		91,72	5	1	
14,38	5	1		93,01	5	1	
15,07	5			93,58	5	1	
17,58	3			94,77	3		
18,05	2			95,02	5	1	
21,15	5			97,60	2		
E y H 22,15	8	2		99,10	5	1	
23,38	3	1		99,97	5	1	
23,89	3	1		3400,86	10	3	
24,40	50	20	5	02,33	5		
25,52	3			06,01	5		
29,08	20	5		07,10	3		
33,21	5	1		10,40	8	2	
33,93	5	1		10,71	8	2	
34,48	5	1		13,76	10	3	
35,42	5	1		16,24	5		
37,67	5	1		17,72	2		
38,03	5	1		20,34	10	3	
39,00	8	1		23,05	1		
39,61	5	1		23,96	1		
42,98	1			24,35	1		
48,07	5	1		25,42	1		
48,54	2			25,92	1		
49,42	20	5	1	26,37	1		
52,89	5			30,61	5		
56,59	5			34,54	3		
57,37	5			36,97	5		
64,93	20	5		38,57	3		

## TERBIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
3440,37	3			3957,975	5		
44,58	5			58,359	5		
46,40	8	2		76,821	20	5	
48,86	2			81,879	10	3	
49,46	5	1					
f 52,37	3			f 4002,18	2		
f 54,06	20	5	1	f 02,58	5	2	
f 55,99	5			f 05,55	10	3	
f 57,03	5			f 31,64	2		
f 59,87	2			f 32,282	2		
				f 33,04	10	3	
f 60,38	5						
f 61,00	3			4222,71	1		
f 68,03	10	3		31,88	3		
f 69,85	1			32,19	3		
f 71,73	1			32,82	3		
f 72,37	1			35,34	5	1	
f 72,82	20	5		51,72	3		
				55,24	3		
F 3509,17	20	5		58,23	8		
F 68,51	8			66,35	8	1	
96,38	5			69,70	3		
98,06	5						
				75,21	3		
3600,44	8			77,76	1		
25,54	5			78,51	20	5	1
26,50	5			85,13	2		
33,29	2			89,73	2		
38,46	5			95,35	2		
41,66	8			98,38	3		
42,68	5						
58,88	20	5		4307,20	3		
f 76,35	20	5		08,68	5		
				10,45	5		
f 3702,85	20	5		18,85	20	5	1
f 03,92	5	1		22,24	5	1	
				26,48	20	5	1
3896,60	3			32,13	5	1	
99,19	10	3		36,50	5	1	
				37,64	5	1	
3901,35	2			38,45	20	5	
15,45	2						
19,54	1			40,63	20	5	
22,74	5	1		42,500	5	1	
25,45	5	1		42,595	5	1	
39,60	8	1		53,19	5	1	
46,87	3						

## TULIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$
2480,13		10	2		2890,93	10	3		
90,93		2							
					2913,96	8	1		
2509,08		5	1		14,83	3			
61,65		2			16,52	1			
88,27		2			18,27	8			
					21,27	2			
2613,59		2			25,65	2			
18,84		2			26,748	20	5	1	
24,34	10	3			35,997	20	3		
40,77	5				51,264	5			
58,49	5				59,65	5			
60,09	5								
79,57	8	2			65,87	10	2		
97,50	5				78,43	5			
					86,52	10	3		
2721,192	10				90,540	20	5	1	
29,05	3				92,89	1			
53,19	3				93,27	10			
67,10	2				93,90	3			
79,56	8	2							
86,19	10	3			3008,92	3			
91,62	2				13,67	2			
E y H 92,18	10				14,65	10	3		
94,60	10				15,29	20	5	2	
97,269	10	3			26,07	10	3		
					35,99	2			
2808,43	8	2			42,35	10			
F y H 14,50	3				46,87	8			
18,48	8	2			48,66	3			
26,44	2				50,73	8	2		
27,02	5								
27,92	10	3			54,05	8			
31,56	1				56,06	8	2		
38,94	1				73,085	10			
44,67	10	3			81,13	5			
48,87	1				98,59	20	5	1	
F y H 54,17	8				3131,26	50	20	5	
60,13	3				33,89	40	8	2	
60,55	3				44,89	3			
61,74	8				46,16	5			
63,35	5				51,035	40	8	2	
63,76	5				57,34	40	8	2	
68,01	2				64,87	3			
69,22	20	3			68,19	3			
73,01	2				68,82	3			
86,459	8				72,82	40	10	3	

## TULIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.				Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.			
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$\times -$
3177,46	8				3354,86	5			
85,48	3				62,61	50	20	5	
95,34	10				69,64	2			
96,54	2				E y H 85,09	5			
					E y H 92,01	2			
3210,82	20	2			97,503	30	8		
12,01	20	1			98,02	5			
14,63	3				99,95	10			
30,96	8	2							
31,51	8				3416,60	5			
33,75	5				25,08	50	20	5	1
35,45	30	2			25,63	19			
36,797	30	2			29,97	20	3		
40,229	30	2			31,20	20	3		
41,53	40	10	3		41,51	40	10	3	
					f 53,66	50	20	5	
45,86	10	3			f 62,20	80	30	8	
51,64	10				A,f 64,36	10			
58,04	40	10	3						
61,66	10	3			3643,652	10			
64,10	10				53,61	10			
64,80	8				68,08	10			
66,63	30	8	2						
67,41	20	5			f 3700,26	10			
69,00	10	3			f 01,36	10			
76,81	20	5			F 61,333	8			
					F 61,917	8			
83,40	30	5							
85,61	20	5			3900,79	3			
91,00	40	10	3		16,47	5			
					58,100	20			
3302,45	40	10	3		96,516	20			
06,02	5								
06,91	3				4242,15	50	8	1	
08,01	5								
09,80	20	5			f 4386,42	5			
10,587	20	2							
16,87	20	3			F 4481,27	5			
27,59	2								

## ITERBIO

Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.					Longitud de onda	CONCENTRACIONES EN G.		
	$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-8}$		$2 \times 10^{-4}$	$2 \times 10^{-5}$	$2 \times 10^{-6}$
2653,75	1					3454,07	8	1	
72,65	1					64,37	30	1	
						76,30	1		
2750,48	5					78,84	1		
2851,12	1					F 3694,203	200	40	8
59,80	8	1							
61,21	1					F 3987,994	100	20	5
61,31	5	1							
91,38	100	50	10	1		4576,20	1		
2970,564	20	5	1						
3005,765	1								
31,11	80	30	5						
3192,878	1								
3289,37	300	100	30	8	1				



2697,50

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
2480,13	Tu	60	20	4	
90,93	Tu	6	6	3	
2509,08	Tu	80	40	4	
36,75	Tb	3	10	3	
61,65	Tu	60	30	3	
78,79	Lu	140	125	3	
88,27	Tu	40	80	3	
2605,15	Ho			2	A
10,05	Sm			2	P
13,40	Lu	30	100	3	
13,59	Tu	5	6	3	
15,42	Lu	100	250	6	
18,84	Tu		30	3	
19,26	Lu	30	100	3	
24,34	Tu	80	40	3	
34,811	Ds	40	20	2	
35,464	Eu	30	30	2	
38,764	Eu	300	200	3	
40,26	Sm			2	P
40,77	Tu	40	8	2	
41,26	Eu	100	60	2	
49,15	Sm			2	P
53,75	Yb	55	200	2	
57,80	Lu	50	150	3	
58,49	Tu	20	6	2	
60,09	Tu	30	10	2	
62,36	Sm			2	P
66,10	Ho		10	2	
68,33	Eu	300	400	3	
70,255	Er	25	3	2	
72,246	Er	12	2	2	
72,65	Yb	20	80	2	
73,409	Eu	125	50	2	
75,14	Sm			2	R
78,28	Eu	150	100	2	
79,57	Tu	30	50	3	
81,18	Ho		20	2	
85,08	Lu	50	3	3	
85,54	Lu	10	1	2	
85,65	Eu	150	100	2	
92,019	Eu	200	200	3	
93,32	Sm			2	R
96,12	Sm			2	R
97,50	Tu	15	15	2	

### TABLA DE PERSISTENCIAS DE LAS LÍNEAS DE LAS «TIERRAS RARAS»

Consideramos de utilidad dar una tabla en la que figuran todas las líneas denominadas analíticas por Piña (52) pertenecientes a las "tierras raras", o sea, aquellas que aparecen con  $2 \times 10^{-4}$  g.; hemos reunido las líneas de las trece tablas anteriores por orden de su longitud de onda. En esta tabla, la primera columna es la de las longitudes de onda; la segunda, la de los símbolos; la tercera, la de intensidad en arco, según Harrison; la cuarta, la intensidad en chispa, según el mismo autor, por ser las valoraciones de intensidad que hemos encontrado con mejor criterio de entre las tablas que nosotros conocemos. Por este motivo, a las líneas de otros autores no les ponemos intensidades, ya que las apreciadas por nosotros figuran en la tabla del respectivo elemento. La columna quinta es la de la persistencia, en la que los números 2, 3, 4, 5 y 6 indican que estas rayas son sensibles en las condiciones que operamos con  $2 \times 10^{-4}$ ,  $2 \times 10^{-5}$ ,  $2 \times 10^{-6}$ ,  $2 \times 10^{-7}$  y  $2 \times 10^{-8}$  g., y la columna sexta es para las observaciones.

2698,08

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
2698,08	Sm			2	P
98,28	Sm			2	P
2701,125	Eu	60	60	3	
01,71	Lu	40	150	3	
01,894	Eu	300	200	3	
04,07	Tb	10	10	2	
05,263	Eu	50		3	
07,97	Sm			2	R
09,990	Eu	20		2	
13,66	Ho			2	E y H
16,97	Eu	300	300	2	
20,49	Gd			2	E y H
21,192	Tu	60	100	2	
23,92	Eu	30		2	
27,780	Eu	300	500	4	
28,95	Lu	40	2	2	
29,05	Tu	20	6	2	
29,39	Eu	100	60	3	
30,31	Tb			2	E y H
32,43	Sm			2	R
33,95	Ho			2	E y H
36,24	Tb	10	3	2	
40,628	Eu	20	10	2	
44,255	Eu	20		2	
47,28	Eu	20		2	
47,84	Eu	12		2	
50,48	Yb	20	150	2	
52,16	Eu	20		2	
53,19	Tu	20	20	2	
54,17	Lu	40	125	3	
54,944	Er	15	1	3	
59,30	Ho		10	2	
62,30	Sm			2	R
64,080	Gd	25	30	2	
64,24	Sm			2	P
65,74	Lu	20	3	2	
66,83	Ho			2	E y H
67,10	Tu	5	8	2	
67,86	Sm			2	R
68,50	Gd	3	3	2	
69,53	Tb	10	10	3	
69,81	Gd	20	20	2	
69,87	Ho			2	E y H
69,96	Er			3	E y H

2816,395

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
2770,18	Gd	15	2	2	
72,78	Ho			2	E y H
74,70	Ho		300	2	
76,13	Sm			2	P
77,10	Ho		10	2	
79,24	Sm			2	R
79,56	Tu	30	10	3	
81,405	Gd	30	40	2	
81,89	Eu	100	100	2	
86,19	Tu	10	30	3	
86,63	Sm			2	R
91,62	Tu	10	40	2	
91,97	Gd	25	15	2	
92,18	Tu			2	E y H
93,92	Ho			2	E y H
94,60	Tu	60	20	2	
96,63	Lu	25	100	4	
96,86	Sm			2	R
96,94	Gd	70	80	3	
97,269	Tu	60	100	3	
99,99	Ho		10	2	
2800,51	Tb	10	40	2	
02,699	Ce	18	5	3	
02,86	Eu	150			
07,31	Sm			2	R
08,43	Tu	20	10	3	
09,08	Ho		10	2	
09,32	Tb	3	10	2	
09,45	Sm			2	R
09,720	Gd	60	80	3	
09,99	Ho		10	2	
10,85	Sm			2	R
10,89	Gd			2	E y H
11,36	Ho		10	2	
11,747	Eu	50		2	
12,00	Ho		10	2	
12,66	Tb	3	10	2	
13,95	Eu	300	300	4	
14,01	Gd			2	E y H
14,50	Tu			2	E y H
14,74	Ho	10	20	3	
16,18	Eu	50	50	3	
16,38	Ho		10	2	
16,395	Ds	5	2	3	

2817,21

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
2817,21	Sm			2	R
18,48	Tu	30	20	3	
19,74	Ho		10	2	
20,186	Er	18	3	2	
20,77	Eu	200	200	4	
23,61	Ho			2	E y H
24,19	Ho	20	3	3	
26,44	Tu	10	25	2	
26,63	Ho	3	20	2	
27,02	Tu	20	50	2	
27,38	Tb	3	10	2	
27,92	Tu	50	100	3	
28,691	Eu	200	150	3	
29,300	Eu	20	10	3	
30,899	Ce	30		2	
30,95	Sm			2	E y H
31,56	Tu	10	40	2	
31,60	Ho		70	2	
31,65	Sm			2	P
33,056	Eu	3		3	
33,25	Eu	10	5	2	
33,309	Ce	50		3	
33,49	Sm			2	A
33,753	Gd	20	20	3	
34,99	Ho		10	2	
35,87	Ho			2	E y H
36,907	Gd	200	80	2	
38,94	Tu	15	40	2	
40,236	Gd	50	60	2	
40,79	Sm			2	R
41,30	Sm			2	A
41,335	Gd	4	4	2	
43,39	Ho		10	2	
44,18	Ho		10	2	
44,67	Tu	40	15	3	
45,13	Lu	30	2	2	
45,64	Ho		70	2	
47,51	Lu	40	125	3	
47,53	Sm			2	R
48,87	Tu	10	15	2	
49,10	Ho	10	20	3	
51,12	Yb	10	50	2	
51,34	Sm			2	R
53,95	Gd			2	
54,16	Tb	5	3	2	E y H

2885,90

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
2854,17	Tu			2	E y H
54,95	Tb	5	3	2	
55,448	Ce	15		2	
55,68	Tb	5	20	2	
56,55	Gd			2	E y H
57,68	Tb	5	3	2	
59,667	Eu	40		2	
59,80	Yb	18	30	3	
60,13	Tu	15	20	2	
60,55	Tu	10		2	
61,21	Ho			2	E y H
61,21	Yb	3	30	2	
61,31	Yb	3	25	3	
61,34	Tb	10	10	2	
61,49	Ho		10	2	
61,74	Tu	20	30	2	
62,493	Gd	5	5	2	
62,57	Eu	100	70	2	
62,72	Ho			2	E y H
62,785	Ce	15		2	
63,35	Tu	10		2	
63,76	Tu	15	40	2	
65,07	Gd			2	E y H
66,12	Sm			2	R
66,37	Gd			2	E y H
66,75	Ho			2	E y H
68,01	Tu	15	40	2	
68,45	Sm			2	R
69,22	Tu	100	300	3	
72,00	Ho			2	E y H
72,43	Ho			2	E y H
73,01	Tu	15	20	2	
74,08	Ho			2	E y H
74,44	Ho			2	E y H
75,39	Sm			2	P
76,06	Eu	20		2	
76,07	Ho			2	A
77,885	Ds	2	1	2	
78,86	Eu	20		2	
80,27	Ho	20	10	3	
80,99	Ho	20	10	3	
83,11	Sm			2	R
84,70	Tb	5	3	2	
85,14	Lu	40	3	2	
85,90	Tb	10	10	2	

2885,600

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
2885,600	Gd	5	10	2	
86,28	Tb	15	10	3	
86,459	Tu	30	5	2	
87,88	Eu	30	30	2	
89,10	Sm			2	R
90,93	Tu	60	15	3	
91,35	Sm			2	R
91,38	Yb	50	100	5	
92,54	Eu	40	30	2	
93,03	Eu	40		2	
93,85	Eu	150	100	3	
94,48	Tb	10	10	2	
94,84	Lu	60	200	3	
94,99	Ho	20	10	3	
95,62	Ho			2	E y H
96,960	Er	15	3	2	
97,36	Ho		20	2	
97,46	Tb	3	20	3	
97,518	Er	12	2	3	
98,84	Tb	15	10	2	
2900,30	Lu	50	150	4	
00,825	Ds	2		2	
00,83	Ho		10	2	
01,54	Tb	10	3	2	
02,18	Ho			2	E y H.
03,05	Lu	20	1	2	
03,21	Tb	15	3	2	
04,467	Er	25	5	3	
04,68	Ds	2		2	
05,313	Gd	20	20	3	
06,394	Ds	2	1	2	
06,676	Eu	300	300	4	
07,95	Sm			2	R
08,421	Ce	30		2	
09,01	Eu	40		2	
09,325	Ds	2		2	
09,42	Ho	40	10	3	
10,269	Sm	12	3	2	
10,35	Ho		10	2	
10,357	Er	20	6	4	
10,36	Tb	3	10	3	
10,526	Gd	8	4	3	
11,39	Lu	100	300	4	
11,81	Tb	5	3	2	
13,09	Gd			2	E y H

2945,83

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
2913,952	Ds	2	1	3	
13,96	Tu	15		3	
14,709	Sm	8	3	2	
14,79	Tb	15	10	3	
14,83	Tu	10		2	
15,59	Tb	10	10	3	
15,626	Er	18	2	3	
15,80	Ho	10	10	3	
16,26	Tb	5	10	3	
16,52	Tu	15	40	2	
17,46	Eu	15		2	
18,27	Tu	25	50	2	
18,44	Gd	2	3	2	
18,99	Tb	15	10	3	
19,59	Ho		10	3	
21,27	Tu	5	10	2	
21,83	Ho			2	E y H
23,371	Gd	2	2	2	
24,16	Tb	3	10	2	
24,30	Gd			2	E y H
24,52	Tb	5	3	2	
25,035	Eu	150	100	3	
25,65	Tu	20	60	2	
26,09	Ho			2	E y H
26,748	Tu	80	60	4	
26,98	Ho			2	E y H
28,79	Ho		100	4	
32,91	Tb	10	3	2	
33,05	Ho	10		2	
33,79	Tb	5	3	2	
34,529	Ds	2	1	2	
34,79	Tb	5	10	2	
35,997	Tu	80	300	3	
36,77	Ho		100		
40,03	Tb	10	3	2	
41,70	Tb	3	10	2	
42,05	Ho		10	3	
42,58	Ho			2	E y H
43,492	Sm	8	3	2	
43,786	Sm	8	2	2	
44,50	Ho	10	20	3	
44,564	Ds	2	1	2	
44,87	Tb	5		3	
45,70	Tb	10	3	3	
45,83	Ho	2	70	2	



2947,221

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
2947,221	Ds	2	1	2	
47,300	Eu	30		2	
48,323	Ds	2	1	2	
49,73	Lu	20	1	2	
50,339	Ds	2		2	
51,264	Tu	30	150	2	
51,69	Lu	20	80	3	
52,221	Sm	8	2	2	
52,528	Sm	8	3	2	
52,68	Eu	200	150	3	
52,73	Ho			2	E y H
53,11	Ho	20	10	3	
53,189	Sm	12	4	2	
54,99	Ho			2	E y H
55,60	Gd	2	25	2	
55,941	Ce	25		2	
56,21	Tb	10	40	3	
56,245	Sm	7	2	2	
59,479	Eu	30		2	
59,65	Tu	20	60	2	
60,177	Sm	8	5	2	
60,23	Eu	150		2	
60,58	Tb	10	3	2	
60,893	Gd	2	2	2	
61,04	Ho			2	E y H
61,324	Sm	4		2	
61,45	Nd		5	2	
62,80	Tb	10	3	2	
62,865	Nd	20	2	2	
63,32	Lu	50	150	4	
63,560	Nd	30		2	
63,61	Gd			2	E y H
63,98	Tb	10	3	2	
64,518	Er	20	4	4	
64,76	Tb	10	3	2	
64,801	Ce	25		2	
65,420	Gd	3	3	2	
65,87	Tu	50	100	3	
68,761	Er	12	2	3	
68,87	Tb	10	3	2	
69,020	Sm	12	2	2	
69,82	Lu	30	100	2	
70,564	Yb	150	150	4	
72,279	Er	5		3	
74,48	Er	4	1	3	

2998,058

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
2974,482	Ce	3		2	
75,26	Ho			2	E y H
75,679	Er	5	2	3	
75,82	Ds	2		2	
75,939	Ce	20		2	
76,905	Ce	8		3	
77,072	Sm	12	4	2	
77,426	Ds	2		2	
77,461	Ce	10		3	
77,76	Tb	10	10	3	
78,43	Tu	30	10	2	
79,63	Ho	20	40	4	
80,160	Gd	25	25	3	
80,65	Ho			2	E y H
85,64	Ho		10	2	
85,93	Ds	4	2	2	
86,52	Tu	50	150	3	
87,04	Tb	10	5	2	
87,63	Ho			2	E y H
88,59	Tb	10	5	2	
89,27	Lu	50	4	3	
89,287	Er	18	1	2	
90,27	Ho		10	3	
90,540	Tu	80	30	4	
90,873	Ce	40	1	3	
91,34	Eu	80	40	2	
91,53	Gd			2	E y H
91,570	Sm	12	10	2	
91,618	Ds	2	1	2	
91,97	Tb	10	5	2	
92,420	Ds	3		2	
92,77	Ho			2	E y H
92,89	Tu	3	20	2	
93,038	Gd	3	3	2	
93,117	Ds	2		2	
93,179	Nd	40	2	2	
93,27	Tu	25	10	2	
93,90	Tu	10		2	
95,24	Eu	15		2	
95,644	Ce	30	1	3	
95,86	Ho			2	E y H
96,01	Tb	10	3	2	
96,379	Er	12	1	2	
96,91	Ho			2	E y H
98,058	Er	10	1	2	

2998,28

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
2998,28	Ho			2	E y H
99,05	Tb	20	10	2	
99,056	Gd	40	30	3	
3002,869	Gd	15	20	3	E y H
03,57	Gd			2	
04,56	Tb	8	3	3	
05,06	Gd			2	
05,29	Ho			2	
05,52	Tb	8	3	3	
05,765	Yb	10	100	2	
06,150	Sm	6	3	2	
06,273	Eu	30		2	
08,789	Ce	40	3	3	
08,92	Tu	20	20	2	
09,30	Tb	8	8	2	
10,139	Gd	100	100	3	
10,55	Tb	8	8	2	
12,00	Ho			3	
12,086	Sm	5	3	2	
12,17	Tb			2	
12,183	Sm	20	10	2	
12,196	Gd	4	2	2	
12,468	Er	10	2	3	
13,61	Tb	3	3	2	E y H
13,67	Tu			2	
14,165	Nd	8	2	2	
14,366	Sm	5	10	2	
14,61	Ho		4	3	
14,65	Tu	40	10	3	
14,735	Nd	4	2	2	
15,29	Tu	125	100	4	
15,694	Ds	10	3	2	
16,18	Tb	15	15	3	
16,838	Er	10	2	2	
16,96	Ds	8	3	2	
17,195	Ce	20	5	3	
18,16	Ho			2	
18,333	Nd	8	4	2	
19,17	Tb	3	8	2	
19,303	Sm	10	3	2	
22,154	Eu	25	10	2	
23,14	Ho		4	2	
24,34	Ho			2	
25,61	Ds	8		2	

3046,87

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3026,07	Tu	60	30	3	E y H
26,163	Ds	30	4	2	
27,29	Lu		8	2	
27,33	Tb	8	3	2	
27,57	Ds	10	4	2	
27,612	Gd	100	60	3	
28,18	Ho			2	
28,278	Er	20	2	3	
28,478	Sm	4	3	2	
28,979	Gd	3	3	2	
29,23	Tb	3	3	2	
29,826	Ds	30	4	2	
30,41	Ds	8	4	2	
31,11	Yb	100	30	4	
31,18	Ds	4	1	2	
31,308	Er	8	3	3	
31,504	Sm	5	2	2	
31,60	Tb	8	15	3	
32,850	Gd	100	100	3	
32,865	Sm	15		2	
33,44	Ho			2	
34,059	Gd	100	60	3	
34,174	Sm	5		2	
34,492	Sm	5	2	2	
34,843	Sm	20	10	2	
34,91	Tb	8	3	2	
35,67	Ho			2	
35,99	Tu	15	30	2	
36,222	Er	20	4	3	
38,291	Ds	20	10	2	
38,66	Tb	8	3	2	
38,69	Ho	4	6	3	
39,128	Sm	15	9	2	
39,358	Sm	6	2	2	
40,77	Eu	25		2	
41,648	Ds	7		2	
42,35	Tu	50		2	
43,144	Ds	30	10	2	
43,44	Ds	18	2	2	
43,65	Tb	8	8	2	
44,41	Ho		4	2	
44,97	Tb	15	8	3	
46,480	Gd	2		2	
46,49	Ho			2	
46,87	Tu	20		2	

3046,933

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3046,933	Sm	25	20	2	
48,66	Tu	6	10	2	
49,133	Ds	25	4	2	
49,29	Er	4	1	3	
49,38	Ho	6	4	4	
50,73	Tu	50	150	3	
51,003	Sm	6	2	2	
51,12	Tb	15	8	3	
51,975	Ce	10	2	2	
52,147	Nd	10	6	2	
52,18	Tb	3	8	2	
53,55	Tb	8	30	3	
53,577	Gd	5	3	2	
53,99	Ho	6	4	4	
54,05	Tu	30	60	2	
54,88	Ho		4	3	
54,93	Eu	400	3	3	
55,243	Ce	18	3	3	
55,524	Sm	3	1	2	
56,06	Tu	40	100	3	
56,698	Nd	8	4	2	
56,72	Lu	50	100	3	
56,777	Ce	40	3	3	
56,97	Ds	12	4	2	
60,24	Ho			2	
60,30	Ds	9	1	2	E y H
60,653	Ds	30	10	2	
61,141	Sm	10		2	
61,506	Ds	9		2	
61,56	Sm	5	3	2	
61,683	Er	15	2	2	
61,80	Tb	3		2	
62,21	Ho			3	
62,620	Ds	25	10	3	A
63,010	Ce	40	10	3	
64,09	Tb	15	8	2	
64,19	Ho		4	3	
65,206	Sm	3	2	2	
65,775	Sm	5	3	2	
66,019	Sm	6	2	2	
68,649	Gd	50	50	3	
69,02	Tb	15	15	3	
69,099	Eu	7		2	
69,229	Er	15		3	
70,05	Tb	15	15	3	

3095,716

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3070,743	Er	15	4	3	
71,274	Sm	8	4	2	
72,52	Er	15	6	3	
72,574	Gd	20	25	3	
72,60	Tb	3	15	3	
73,085	Tu	60	150	2	
73,347	Er	12	4	3	
73,542	Ds	30	8	2	
74,30	Ho		4	3	
75,380	Nd	8	6	2	
76,04	Tb	30	3	2	
76,971	Gd	25	25	3	
77,353	Eu	30	20	2	
77,60	Lu	100	200	4	
78,47	Ho			2	
78,86	Tb	30	80	3	E y H
78,873	Er	8	2	2	
79,341	Ds	15	5	2	
79,365	Nd	8	2	2	
80,11	Lu	15	2	2	
80,11	Tb	3	3	2	
80,709	Sm	3	2	2	
80,930	Nd	10	4	2	
81,13	Tu	20		2	
81,47	Lu	80	8	3	
82,000	Gd	100	60	4	
82,36	Tb	3	8	3	
83,670	Ce	20	5	2	
84,003	Gd	2	2	2	
84,02	Er	15	4	2	
84,36	Ho	8	10	3	
85,081	Gd	2	1	2	
86,54	Ho	8	6	3	
86,78	Tb	15	8	2	
87,379	Sm	15	4	2	
87,922	Sm	4	2	2	
88,43	Tb	15	8	3	
88,980	Sm	5	2	2	
89,345	Eu	20		2	
89,58	Tb	30	15	3	
89,957	Gd	8	8	3	
92,064	Gd	3	2	2	
92,915	Nd	8	6	2	
95,472	Sm	2	2	2	
95,716	Sm	3	2	2	

3095,75

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3095,75	Ds	15	1	2	
96,501	Ce	25		2	
96,668	Sm	8	3	2	
96,877	Sm	10	4	2	
97,456	Eu	200	5	2	
98,476	Nd	8	2	2	
98,59	Tu	80	60	4	
98,651	Gd	15	8	3	
98,903	Gd	5	2	3	
99,19	Er	18	6	2	
3100,508	Gd	100	80	4	
01,91	Ds	4	2	2	
01,925	Gd	5	3	2	
02,557	Gd	25	25	3	
02,70	Ho			2	E y H
02,97	Tb	30	15	3	
03,246	Ds	30	1	2	
03,369	Ce	3		3	
03,839	Ds	20	10	2	
05,18	Ho			2	E y H
05,419	Nd	8	2	2	
06,172	Eu	20	1	2	
06,173	Nd	6	4	2	
06,520	Sm	15	5	2	
06,787	Er	15	2	3	
08,008	Nd	6	2	2	
08,33	Ho	6	4	2	
08,364	Gd	3	3	2	
08,41	Tb	8	3	2	
09,15	Tb	8	3	2	
09,768	Ds	40	20	2	
09,93	Ho	6	2	2	
10,193	Sm	15	4	2	
10,278	Ce	30	1	3	
11,337	Pr	15	2	2	
11,432	Eu	200		3	
13,179	Gd	3	3	3	
13,536	Er	12	3	3	
13,62	Tb	15	8	2	
14,778	Sm	6	1	3	
15,042	Sm	6	4	2	
15,172	Nd	4	2	2	
16,141	Nd	10	4	2	
17,26	Tb	8	3	3	
17,725	Sm	8	3	2	

3137,22

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3118,43	Lu	40	5	3	
18,51	Ho	8	10	4	
18,603	Gd	2	1	2	
18,833	Er	12	3	2	
19,018	Gd	2	1	2	
19,62	Tb	15	8	3	
19,946	Gd	15	10	3	
20,184	Ds	25	10	2	
20,186	Gd	2	1	2	
21,43	Tb	8	3	2	
21,571	Pr	50	4	2	
21,89	Er	12	1	3	
21,94	Tb	15	8	3	
22,83	Tb	8	3	3	
23,069	Nd	8	6	2	
23,70	Tb	8	3	2	
24,002	Gd	10	8	2	
24,02	Tb	15	3	2	
24,264	Gd	4		3	
24,54	Tb	8	8	2	
24,567	Nd	12	10	2	
27,530	Ce	40		2	
28,569	Gd	2	2	2	
29,204	Pr	12	2	2	
29,22	Ho			2	
29,965	Gd	2	1	2	
30,74	Eu	100	100	2	
30,814	Gd	3	1	2	
30,99	Ho	6	6	2	
31,26	Tu	400	500	4	
31,35	Tb	8	3	2	
32,51	Er	12	3	2	
33,092	Gd	3	1	2	
33,603	Nd	15	10	3	
33,859	Gd	25	25	3	
33,89	Tu	200	200	4	
34,186	Sm	6	1	2	
34,26	Tb	8	8	3	
34,40	Ho	6	4	2	
34,897	Nd	40	30	2	
35,039	Gd	5	2	2	
35,35	Tb	15	8	2	
35,37	Ds	100	50	4	
36,297	Sm	15	7	2	
37,22	Tb	8	3	2	

E y H

3137,253

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3137,253	Nd	10	4	2	
38,14	Gd			2	E y H
39,18	Gd			2	E y H
39,360	Sm	6	2	2	
39,64	Tb	30	15	3	
39,973	Sm	10	5	2	
40,05	Tb	15	3	2	
40,382	Sm	8	3	2	
40,645	Ds	40	20	3	
40,80	Gd			2	E y H
41,13	Ds	50	20	3	
41,476	Nd	10	10	2	
42,444	Nd	8	8	2	
42,889	Gd	2	1	2	
43,141	Gd	5	3	3	
43,306	Sm	8	3	2	
43,831	Ds	20	5	2	
44,35	Ho	8	6	3	
44,46	Tb	8	3	2	
44,564	Nd	15	4	2	
44,839	Nd	20	4	2	
44,89	Tu	25	60	2	
45,006	Gd	50	30	4	
45,22	Tb	8	15	3	
45,222	Ds	18	5	2	
45,283	Ce	30		3	
45,521	Gd	10	8	3	
45,834	Sm	5	2	2	
46,16	Tu	30	15	2	
46,165	Ds	20		2	
46,17	Ho			2	E y H
46,410	Ce	30		3	
46,67	Tb	8	8	2	
46,884	Gd	5	5	3	
47,00	Ho			2	E y H
47,04	Tb	50	3	3	
47,188	Sm	7	5	2	
47,62	Ho			2	E y H
48,21	Tb	15	8	2	
48,525	Nd	6	2	2	
48,71	Tb	30	15	3	
48,85	Ho	4	6	2	
49,296	Nd	8	6	2	
49,511	Nd	8	4	2	
49,883	Eu	40	20	2	

3164,87

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3149,92	Ho		4	2	
50,55	Er	12		2	
51,035	Tu	200	200	4	
51,88	Eu	6	5	2	
51,893	Ds	18	5	2	
52,095	Sm	10	5	2	
52,379	Ds	12		2	
52,521	Sm	15	9	3	
53,833	Pr	12	2	2	
54,22	Ho		4	2	
54,69	Tb	8	3	2	
55,10	Tb	8	3	2	
55,62	Tb	15	3	2	
55,704	Ce	20		3	
55,763	Nd	4		2	
56,18	Ho	6	4	3	
56,52	Ds	8	3	3	
56,539	Gd	25	25	3	
56,96	Ho	6	6	3	
57,34	Tu	200	150	4	
57,841	Sm	7	3	2	
58,01	Tb	8		2	
58,40	Ho			2	E y H
58,646	Pr	12	2	2	
58,66	Tb	8		2	
59,39	Tb	15		2	
59,67	Ho	6		3	
60,660	Gd	2	1	2	
60,886	Sm	2	1	2	
61,379	Gd	30	30	3	
62,148	Sm	6	3	2	
62,288	Sm	7	3	3	
62,42	Tb	15	3	2	
62,632	Nd	6	2	2	
62,824	Ds	80	60	3	
62,93	Tb	15	8	2	
63,391	Sm	5	2	2	
63,735	Pr	4		2	
63,85	Tb	15	3	2	
64,03	Ho		4	2	
64,041	Ds	3	1	2	
64,10	Tb	8	3	2	
64,154	Ce	40		3	
64,77	Tb	8	3	2	
64,87	Tu	20	10	2	

3164,985

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3164,985	Pr	8	1	2	
65,67	Ho		4	2	
65,74	Tb	15	8	2	
66,243	Ce	20		3	
66,62	Ho	10	15	4	
67,52	Tb	15	8	2	
67,89	Ho		4	2	
68,14	Gd			2	E y H
68,19	Tu	25	60	2	
68,242	Pr	25	5	2	
68,282	Eu	10		2	
68,32	Tb	8	3	2	
68,59	Tb	8	3	2	
68,82	Tu	15	10	2	
69,183	Ce	30		3	
69,474	Gd	2	2	2	
69,84	Tb	30	8	3	
69,870	Sm	25	8	3	
69,978	Ds	100	50	4	
70,203	Sm	15	5	3	
70,38	Eu	15	1	2	
70,746	Ds	10	3	2	
71,04	Gd			2	E y H
71,19	Tb	8	3	3	
71,36	Lu	40	5	3	
71,613	Ce	20		3	
71,71	Ho	10	15	4	
71,90	Tb	8	3	2	
71,939	Eu	10	1	2	
72,314	Pr	25	5	2	
72,64	Er	7	1	2	
72,82	Tu	200	200	4	
73,601	Eu	35	1	2	
73,76	Tb	15	2	3	
73,79	Ho	6	10	4	
74,66	Tb	15	15	3	
74,86	Ho	6	6	3	
75,45	Tb	8	3	2	
75,987	Nd	8	2	2	
76,74	Tb	8	3	2	
76,96	Ho	6	4	3	
77,46	Tu	30	20	2	
77,53	Tb	8	3	2	
77,88	Ds	30	5	3	
78,119	Sm	10	5	3	

3189,97

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3178,373	Ds	20	5	2	
78,925	Nd	6		2	
79,84	Tb	8		2	
80,54	Tb	30	3	3	
81,22	Tb	8		2	
81,28	Eu	4	5	2	
81,516	Nd	6	2	2	
81,52	Ho	8	40	4	
81,923	Er	18	5	4	
82,447	Pr	15	3	2	
83,29	Tb	15	3	3	
83,41	Er	15	4	4	
83,523	Ce	40		3	
83,64	Tb	15	3	3	
83,81	Eu	2	8	2	
83,85	Ho	6	6	4	
83,88	Tb	15	3	3	
83,916	Sm	60	40	3	
84,13	Ho		4	4	
84,22	Eu	10		2	
84,777	Ds	18	5	3	
85,247	Er	15	2	4	
85,48	Tu	20	40	2	
85,49	Ho			2	E y H
85,56	Eu	10	10	2	
86,015	Sm	40	5	2	
86,126	Ce	40		3	
86,23	Tb	8	3	2	
86,375	Ds	25	10	3	
87,00	Eu	6	2	2	
87,006	Sm	15	8	3	
87,213	Sm	15	8	3	
87,25	Tb	15	15	3	
87,37	Ho		4	2	
87,676	Ds	25	10	2	
87,775	Sm	25	8	3	
87,785	Er	25	12	3	
88,03	Tb	15	8	3	
88,55	Tb	8	3	2	
88,710	Sm	10	4	2	
88,734	Nd	10		2	
88,787	Ce	25		3	
89,557	Sm	6	2	2	
89,638	Ce	30		2	
89,97	Tb	8	3	2	

3180,97

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3190,97	Ho		4	3	
91,414	Pr	25	3	2	
91,855	Nd	4		2	
91,996	Sm	8	2	2	
92,40	Ho			2	E y H
92,878	Yb	12	80	2	
93,004	Sm	40	10	3	
93,084	Nd	4		2	
93,308	Ds	25	5	3	
94,71	Tb	15	8	2	
94,825	Ce	25		3	
95,34	Tu	30	15	2	
95,56	Ho		4	2	
95,60	Tb	15	15	3	
96,036	Pr	15	2	2	
96,07	Ho		4	3	
96,186	Sm	20	9	3	
96,54	Tu	20	10	2	
96,545	Eu	8		2	
97,83	Ho	6	4	4	
98,01	Tb	15	3	2	
98,12	Lu	40	80	3	
98,55	Tb	8		2	
99,049	Pr	20	3	2	
99,279	Ce	25	2	3	
99,56	Tb	30	15	3	
3200,623	Nd	8	4	2	
00,73	Tb	15	3	3	
01,105	Ce	15		2	
01,714	Ce	50	10	4	
01,77	Ho	6	6	4	
01,792	Sm	30	3	2	
02,70	Tb	8	3	2	
02,95	Tb	8	3	2	
03,33	Ho		6	2	
03,462	Nd	10	4	2	
04,27	Ho		4	2	
04,71	Ho			2	E y H
04,892	Sm	25	9	2	
05,917	Nd	8		2	
06,40	Ds	40	5	2	
06,43	Gd			2	E y H
06,86	Ho	6	4	3	
07,08	Eu	2		2	
07,09	Tb	8	3	2	

3218,944

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3207,10	Ds	20	3	2	
07,176	Sm	50	9	3	
07,53	Tb	15	8	2	
07,68	Gd			2	E y H
07,894	Pr	20	2	2	
07,96	Tb	8		2	
07,99	Ho			2	E y H
08,167	Sm	25	8	3	
08,63	Ho			2	E y H
08,81	Ds	10	2	2	
09,54	Tb	8	3	3	
10,22	Tb	15	8	3	
10,39	Ho	6	6	4	
10,566	Eu	80		2	
10,82	Tu	40	10	3	
10,832	Sm	5	2	2	
10,973	Nd	6	2	2	
11,755	Sm	100	15	4	
11,87	Ho		4	2	
12,01	Tu	50	40	3	
12,03	Ds	5	1	2	
12,684	Ds	6	2	2	
12,808	Eu	200	20	2	
12,858	Sm	10	2	2	
13,30	Ho		4	2	
13,747	Eu	100	20	4	
14,121	Sm	30	6	2	
14,446	Er	15	4	3	
14,63	Tu	15	10	2	
14,636	Ds	15	5	2	
15,01	Tb	8	8	2	
15,189	Ds	40	10	3	
15,243	Sm	50	15	3	
15,265	Gd	5	3	2	
15,37	Ho		4	3	
15,54	Tb	8	3	2	
15,588	Sm	10	3	2	
16,63	Ds	25	15	3	
16,67	Ho		8	3	
16,836	Sm	40	10	4	
17,116	Nd	2		2	
18,597	Sm	100	25	4	
18,63	Eu	4		2	
18,93	Tb	50	50	4	
18,944	Ce	50	8	4	

3219,416

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3219,416	Sm	25	10	3	
19,551	Pr	20	5	2	
19,865	Sm	10	2	3	
19,95	Tb	50	50	4	
20,34	Ho			2	E y H
20,46	Ds	10	2	2	
20,72	Ho			2	E y H
20,730	Er	25	5	4	
20,82	Ho			2	E y H
21,171	Ce	50	8	4	
21,42	Ho		4	3	
21,50	Ds	12	2	2	
21,69	Eu	8	1	2	
22,624	Nd	8	4	2	
22,97	Tb	8	3	2	
23,27	Ho		4	2	
23,29	Ds	20	1	3	
23,308	Er	25	5	4	
23,319	Sm	10	4	3	
23,740	Gd	5	2	2	
23,776	Nd	3	2	2	
24,233	Sm	9	3	3	
24,27	Ho		4	2	
25,08	Ds	10	1	2	
25,43	Tb	8	3	2	
25,44	Gd	2	1	2	
25,922	Sm	10	4	2	
25,96	Ds	18	3	2	
26,326	Gd	3	3	2	
26,842	Sm	30	10	3	
27,114	Ce	25		4	
27,16	Er	18	2	3	
27,48	Tb	8	3	2	
28,048	Nd	8	2	2	
28,492	Sm	20	6	3	
28,777	Sm	20	4	3	
28,97	Ds	9	1	2	
29,19	Tb	15	8	2	
29,37	Ds	10	2	2	
29,59	Tb	8		3	
29,94	Ds	8	2	2	
30,03	Tb	15	8	3	
30,544	Sm	100	30	3	
30,585	Er	25	15	4	
30,70	Tb	8		2	

3238,867

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3230,96	Tu	5	10	3	
31,06	Tb	30	8	2	
31,236	Ce	30	10	4	
31,46	Tb	15	3	2	
31,51	Tu	40	30	2	
31,513	Sm	20	9	3	
31,63	Ho			2	E y H
31,86	Eu	3		2	
31,938	Sm	20	8	3	
32,00	Tb	8	3	2	
32,620	Sm	10	3	2	
32,652	Ds	15	4	2	
32,87	Gd			2	E y H
33,36	Ho	6	2	4	
33,483	Sm	8	4	3	
33,53	Tb	8		2	
33,661	Sm	20	9	3	
33,75	Tu	10		2	
34,223	Pr	12	2	2	
34,274	Ce	5		4	
34,30	Eu	3		2	
34,421	Sm	10	4	3	
34,50	Tb	15	15	2	
34,52	Ho	2	6	2	
35,13	Eu	10		2	
35,432	Pr	10	1	2	
35,45	Tu	80	40	3	
35,62	Ho		4	2	
35,79	Tb	15	3	3	
35,90	Ds	35	8	3	
36,20	Tb	8	3	2	
36,56	Ho		4	2	
36,63	Ds	5	3	2	
36,630	Sm	100	40	3	
36,735	Ce	35	8		
36,797	Tu	100	80	3	
37,197	Sm	9	4	2	
37,38	Ho		4	2	
37,881	Sm	10	5	3	
37,911	Nd	10	4	2	
37,979	Er	20	3	3	
38,178	Ds	3		2	
38,259	Nd	6	2	2	
38,70	Ds	4		2	
38,70	Gd			2	
38,867	Pr	12	2	2	E y H



3239,02

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3239,02	Ho		4	2	
39,32	Tb	8		2	
39,59	Ds	5		2	
39,638	Sm	100	25	3	
39,66	Tb	15	8	2	
40,00	Tb	15	8	3	
40,229	Tu	100	80	3	
40,40	Ho			2	E y H
40,65	Tb	15	8	3	
40,878	Ds	10	5	2	
41,10	Gd			2	E y H
41,143	Sm	50	10	3	
41,397	Eu	25	1	2	
41,53	Tu	150	125	4	
41,572	Sm	20	6	3	
41,94	Tb	8	3	2	
42,031	Sm	40	4	3	
42,51	Ds	4		2	
43,20	Tb	15	3	2	
43,370	Ce		10	4	
43,78	Ds	12	3	2	
44,673	Sm	15	6	3	
45,14	Ds	2	1	2	
45,17	Tb	15	8	2	
45,462	Pr	40	4	2	
45,801	Sm	20	4	2	
45,86	Tu	20	10	3	
46,02	Eu	10		2	
49,342	Er	25	8	2	
49,61	Tb	8	3	2	
49,732	Sm	25	7	3	
49,886	Sm	6	2	2	
50,234	Gd	2	4	2	
50,361	Sm	50	10	3	
50,95	Tb	8		2	
51,260	Ds	100	100	3	
51,64	Tu	25	20	2	
51,67	Ho			2	E y H
51,90	Ds	10	2	2	
52,15	Ho			2	E y H
52,19	Ds	15	2	2	
52,34	Tb	50	30	4	
53,390	Sm	40	10	3	
53,54	Tb	8	3	2	
53,640	Sm	5	1	2	

3264,938

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3253,931	Sm	50	8	3	
54,066	Nd	8	2	2	
54,290	Sm	10	1	2	
54,31	Lu	50	150	3	
54,378	Sm	100	15	4	
55,22	Tb	15	3	2	
55,624	Sm	8	3	3	
55,81	Gd			2	E y H
56,25	Ds	25	5	3	
56,27	Ho		4	2	
56,904	Nd	10	2	2	
56,93	Gd			4	E y H
57,361	Ds	4	2	2	
57,39	Ho	6	6	4	
58,04	Tu	125	60	4	
58,255	Sm	9	3	3	
58,47	Ho		4	2	
59,048	Er	18	6	4	
59,17	Ho		6	2	
59,231	Nd	10	4	2	
59,38	Tb	15	3	2	
59,84	Tb	15		3	
60,00	Ds	9	2	2	
60,265	Sm	9	2	2	
60,655	Nd	10	4	2	
60,69	Ds	10	2	2	
60,83	Tb	15	3	2	
60,975	Ce	25	3	3	
61,66	Tu	30	100	3	
61,74	Tb	15	3	3	
62,20	Ho			2	E y H
62,263	Sm	10	4	3	
62,495	Eu	5	2	2	
62,61	Eu	15		2	
62,68	Tb	8	3	3	
62,80	Er	15	4	3	
62,97	Tb	30	3	3	
63,884	Ce	25	3	3	
63,89	Tb	30	8	3	
64,10	Tu	30	10	2	
64,77	Ho	6	8	3	
64,781	Er	25	5	4	
64,80	Tu			2	E y H
64,90	Tb	15	3	2	
64,938	Sm	25	8	3	

3265,124

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3265,124	Nd	10	4	2	
65,373	Nd	10	2	2	
65,62	Lu	2		2	
66,00	Ds	9	5	2	
66,207	Ds	12	5	2	
66,33	Ho			2	
66,39	Eu	20	20	2	E y H
66,40	Tb	30	15	3	
66,63	Tu	70	50	4	
66,733	Gd	3		2	
67,15	Er	4	4	3	
67,251	Nd	10	4	2	
67,35	Ho			2	
67,41	Tu	50	40	3	E y H
67,64	Gd	2		2	
68,10	Tb	30	8	3	
68,52	Tb	15	3	2	
68,80	Er	12	1	3	
69,00	Tu	40	150	3	
69,12	Ds	20	3	3	
70,24	Eu			2	
70,483	Sm	10	4	3	K
70,63	Tb	15	3	2	
70,672	Sm	10	4	3	
71,550	Ce	25	1	2	
71,683	Gd	2		3	
72,10	Er	12	1	1	
72,253	Ce	40	15	3	
72,35	Tb	15	3	2	
72,76	Eu	20	3	2	
72,803	Sm	20	9	3	
73,12	Tb	15		2	
73,173	Nd	8	2	2	
73,477	Sm	30	8	3	
75,218	Nd	15	8	2	
75,84	Ds			2	
75,842	Nd	10	4	2	E y H
75,866	Sm	10	3	2	
76,132	Nd	12	2	2	
76,667	Pr	10	2	2	
76,743	Sm	50	10	3	
76,81	Tu	40	15	3	
77,32	Tb	15	8	3	
77,73	Tb	15	3	3	
77,78	Eu	20	3	2	

3287,55

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3278,15	Ho	10	15	3	
78,222	Er	15	3	3	
78,24	Ds			2	E y H
78,874	Sm	6	2	3	
78,97	Lu	50	5	3	
79,009	Ce	18	3	2	
79,26	Ho	8	10	3	
79,32	Er	20	5	3	
79,527	Gd	5	8	2	
79,68	Ds			3	E y H
79,842	Ce	30	5	3	
80,10	Ds	70	5	3	
80,22	Er	12	3	4	
80,28	Tb	30	15	4	
80,842	Sm	20	6	3	
81,17	Ho		4	3	
81,40	Tb	50	15	4	
81,611	Gd	5	5	2	
81,74	Lu	60	5	3	
81,98	Ho	12	15	4	
82,257	Gd	5	5	2	
82,777	Nd	8	2	2	
82,79	Ds	2	1	3	
83,07	Ho		4	2	
83,10	Tb	30	8	3	
83,40	Tu	40	40	3	
83,81	Tb	8	3	2	
83,885	Sm	5	2	2	
84,09	Ho			2	
84,37	Ds	2	1	2	E y H
84,395	Eu	4		2	
85,04	Tb	30	8	4	
85,093	Nd	10	4	2	
85,224	Ce	35	5	3	
85,259	Sm	6	1	3	
85,61	Tu	40	40	3	
85,657	Sm	25	7	3	
85,849	Pr	12	2	2	
85,902	Eu	20		2	
86,029	Ce	18	1	2	
86,223	Sm	40	10	3	
86,528	Sm	10	3	2	
86,573	Ds	2		2	
86,607	Nd	6	2	2	
87,55	Tb	30	8	3	

3287,953

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3287,953	Ds	5	2	2	
88,46	Ho	6	6	3	
88,635	Ds	5		2	
88,650	Pr	12	1	2	
89,34	Ds	2	2	2	
89,36	Er	25	8	2	
89,37	Yb	500	1000	6	
90,282	Sm	10	4	3	
90,381	Sm	10	8	3	
90,639	Sm	10	5	3	
90,643	Nd	10	6	2	
90,96	Ho	8	6	3	
91,00	Tu	125	80	4	
91,27	Er	5	1	2	
91,490	Gd	2		2	
91,56	Tb	15	8	3	
92,215	Gd	10	10	3	
93,07	Tb	50	100	4	
93,360	Sm	15	8	3	
93,82	Ds	9	1	2	
93,820	Nd	12	4	2	
94,04	Tb	50	3	3	
94,086	Gd	2		2	
94,661	Nd	2	2	2	
95,08	Tb	8		3	
95,289	Ce	30	3	3	
95,33	Tb	15	3	3	
95,440	Sm	30	10	3	
95,528	Pr	10	2	2	
95,806	Sm	30	10	3	
95,81	Ho			2	E y H
96,03	Tb	8		3	
96,185	Ce	20	2	2	
96,390	Pr	10	2	2	
96,883	Ce	25	2	2	
97,06	Ho		4	3	
98,104	Sm	60	60	3	
98,32	Eu	5	2	2	
98,66	Tb	30	8	3	
99,27	Tb	15		3	
99,96	Tb	15		2	
3300,105	Sm	9	2	2	
00,148	Nd	10	6	2	
00,152	Ce	30	3	3	

8310,900

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3300,908	Nd	8	2	2	
00,970	Sm	20	10	3	
01,672	Sm	15	8	3	
01,898	Pr	10		2	
01,95	Eu	25	2	2	
02,45	Tu	125	80	4	
03,95	Er	10	2	3	
04,10	Tb	15	3	2	
04,200	Eu	7	2	2	
04,495	Eu	20		2	
04,521	Sm	30	8	3	
04,649	Nd	8		2	
04,836	Ce	30	3	3	
04,95	Tb	15	3	2	
05,16	Ho	6	4	4	
05,179	Sm	15	7	3	
05,33	Nd	8	2	2	
05,37	Tb	8	3	2	
05,47	Ds	10	5	2	
05,568	Er	15	3	2	
06,02	Tu	20	15	2	
06,19	Ds	12	6	2	
06,372	Sm	100	40	4	
06,375	Nd	12	12	2	
06,616	Sm	10	4	3	
06,87	Ho			2	E y H
06,91	Tu	25	20	2	
07,016	Sm	40	15	3	
07,233	Ce	25	1	2	
07,44	Tb	30	15	3	
07,80	Tb	8	3	2	
08,01	Tu	20	15	2	
08,018	Eu	20	30	2	
08,088	Ce	10		2	
08,342	Pr	10	1	2	
08,51	Tb	15	8	2	
08,89	Ds	25			
09,17	Tb	15	3	2	
09,516	Sm	20	8	2	
09,80	Tu	80	60	3	
10,360	Nd	8	2	2	
10,587	Tu	60	20	3	
10,655	Sm	25	10	4	
10,80	Tb	8	3	2	
10,900	Nd	25	2	2	

3311,497

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3311,497	Ce	15	1	2	
12,11	Lu	100	10	4	
12,215	Ce	30	5	2	
12,415	Sm	12	10	3	
12,424	Er	25	15	5	
12,729	Ds	50	5	3	
12,743	Nd	10	2	2	
12,80	Tb	15	3	3	
13,146	Nd	10	2	2	
13,323	Eu	35	40	2	
13,734	Gd	5	5	3	
14,01	Ho		4	2	
14,035	Ce	20		2	
14,376	Pr	12	2	2	
14,38	Tb	15	3	3	
14,721	Ce	25	3	2	
15,07	Tb	15	3	2	
15,597	Gd	2	1	3	
15,66	Ho	4	6	2	
16,011	Nd	10	4	2	
16,195	Sm	5	2	2	
16,325	Ds	50	4	3	
16,385	Er	12	5	2	
16,582	Sm	25	10	3	
16,87	Tu	60	20	3	
17,119	Ds	35	4	2	
17,229	Gd	2		2	
17,268	Eu	3	2	2	
17,58	Tb	8	3	2	
17,797	Ce	15	2	2	
17,866	Sm	8	2	2	
18,05	Tb	15	3	2	
18,13	Ds	4	2	2	
18,413	Nd	8	2	2	
19,122	Sm	8	2	2	
19,563	Sm	8	2	2	
19,87	Ho	6	6	3	
19,887	Ds	150	9	4	
19,887	Eu	20	5	2	
20,163	Sm	40	8	3	
20,24	Ho	6	8	3	
20,437	Gd	3	3	2	
20,587	Sm	4	2	3	
21,15	Tb	30	30	2	
21,184	Sm	50	15	3	
21,857	Eu	30	5	2	

3334,326

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3322,15	Tb			3	E y H
22,261	Eu	20	2	2	
23,20	Er	25	4	4	
23,38	Tb	15	3	3	
23,769	Sm	15	8	3	
23,89	Tb	15	3	3	
24,20	Ds	3		2	
24,40	Tb	70	50	4	
24,551	Pr	10	1	2	
25,258	Sm	15	5	3	
25,329	Ce	25	1	3	
25,475	Sm	15	4	3	
25,52	Tb	30		2	
25,889	Nd	10	4	2	
25,976	Eu	20	2	2	
26,19	Ds	20	10	2	
27,59	Tu	20	15	2	
27,901	Sm	50	20	3	
28,057	Eu	3	3	2	
28,270	Nd	15	6	3	
28,79	Ds	5		2	
28,939	Sm	10	2	2	
29,002	Ce	10		2	
29,02	Ho	4	6	2	
29,08	Tb	30	8	3	
29,349	Gd	2	2	2	
29,623	Sm	8	2	2	
29,659	Er	25	3	3	
30,341	Gd	10	10	2	
31,01	Ho		4	2	
31,28	Ds	4	2	2	
31,388	Gd	100	80	3	
31,567	Nd	8	2	2	
31,91	Ho	4	6	2	
32,137	Gd	10	2	2	
32,703	Er	25	2	4	
32,703	Sm	10	2	2	
32,71	Ho		4	2	
33,037	Ce	15		2	
33,21	Tb	30	3	3	
33,632	Sm	15	5	3	
33,88	Ho			2	E y H
33,93	Tb	30	3	3	
34,09	Gd			2	E y H
34,326	Eu	50	5	3	

3334,455

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3334,455	Ce	20	3	3	
34,471	Nd	15	6	2	
34,48	Tb	15	3	3	
35,039	Sm	9	3	2	
35,11	Ho		4	2	
35,32	Er	6	1	2	
35,42	Tb	15	3	3	
36,120	Sm	25	5	3	
36,183	Gd	30	30	3	
37,20	Ho	12	12	4	
37,25	Er	15	3	3	
37,67	Tb	15		3	
37,79	Er	20	3	3	
38,03	Tb	30	15	3	
38,742	Eu	15	5	2	
38,76	Ho	12	20	4	
39,00	Tb	50	8	3	
39,063	Nd	10	4	2	
39,51	Ds	25	4	2	
39,61	Tb	15	3	3	
40,46	Ho		4	3	
40,48	Er	3	2	2	
40,585	Sm	40	25	4	
41,43	Ds	10	2	2	
41,868	Ce	40	5	3	
41,88	Ds	30		3	
42,98	Tb	15		2	
43,492	Sm	15	8	3	
43,56	Ho	20	20	4	
43,861	Ce	50	6	3	
44,349	Sm	40	10	3	
44,761	Ce	50	8	3	
45,991	Gd	20	15	3	
46,03	Er	30	10	4	
46,353	Sm	5	3	2	
46,589	Nd	6		2	
46,907	Sm	5	3	2	
47,296	Sm	8	7	3	
47,569	Nd	8	2	2	
47,82	Ds	12	10	2	
48,07	Tb	30	3	3	
48,140	Er	15	2	3	
48,161	Nd	10	2	2	
48,54	Tb	15		2	
48,58	Ho		4	2	

3361,435

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3348,682	Sm	10	10	2	
49,42	Tb	30	50	3	
49,967	Ce	30	1	2	
50,063	Er	18	6	3	
50,275	Pr	10	3	2	
50,43	Eu	30		2	
50,46	Ho	6	8	2	
50,482	Gd	150	180	4	
50,883	Sm	9	4	3	
51,19	Eu	15		2	
51,556	Eu	12	2	2	
52,08	Ho	6	6	2	
52,696	Ds	20	5	2	
52,89	Tb	30	8	2	
53,330	Ce	10	30	2	
53,45	Ho	6		4	
53,57	Ho	6	8		
53,592	Nd	5	3	2	
53,595	Ds	35	5	3	
53,703	Eu	10		2	
54,182	Sm	10	5	3	
54,281	Sm	5	2	3	
54,375	Eu	12		2	
54,57	Ho	6	8	3	
54,621	Nd	10	2	2	
54,719	Sm	10	5	3	
54,86	Tu	30	50	2	
55,021	Ce	20	3	3	
55,668	Pr	25	4	2	
55,920	Nd	10	4	2	
56,220	Ds	10	5	2	
56,410	Ce	25	2	3	
56,59	Tb	8		2	
56,95	Ho			2	
57,215	Ce	30	3	3	E y H
57,37	Tb	15	3	2	
57,90	Ho	6	8	3	
58,15	Er	10	1	3	
58,273	Sm	6	2	2	
58,628	Gd	100	100	4	
59,56	Lu	150	15	4	
60,541	Ce	35	4	2	
60,640	Sm	2	1	2	
60,716	Gd	25	25	3	
61,435	Sm	10	2	2	

3361,762

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3361,762	Ce	25	1	2	
62,244	Gd	150	180	4	
62,61	Tu	250	200	5	
63,908	Sm	10	3	2	
64,09	Er	25	7	4	
64,249	Gd	3	1	2	
64,26	Ho		10	4	
64,747	Sm	2		3	
64,795	Sm	3	2	3	
64,92	Pr	15	4	2	
64,93	Tb	30	15	3	
64,950	Nd	10	6	2	
65,59	Gd			2	E y H
65,865	Sm	25	10	4	
66,554	Ce	30	3	3	
67,18	Tb	15	3	3	
67,275	Sm	10	5	2	
67,634	Eu	20		2	
68,07	Er	18	5	4	
68,116	Ds	60	5	3	
68,572	Sm	12	6	3	
68,690	Ce	20	2	2	
69,041	Sm	8	3	2	
69,052	Eu	40	5	2	
69,452	Sm	10	5	3	
69,616	Gd	2	2	2	
69,64	Ds	2	2	2	
69,64	Tu	10	20	2	
70,14	Tb	15	3	2	
70,586	Sm	9	3	3	
70,86	Ds	7	4	2	
70,86	Ho	6	8	3	
71,212	Sm	10	8	3	
71,50	Tb	15	8	3	
71,76	Ds	8	5	2	
72,36	Tb	15	15	3	
72,510	Pr	20	3	2	
72,750	Er	35	20	5	
73,455	Ce	25	3	3	
73,729	Ce	25	3	3	
73,788	Sm	15	4	2	
74,16	Ho	6	8	3	
74,170	Er	25	5	3	
74,41	Tb	15	8	3	
74,693	Gd	5	3	3	

3388,036

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3375,03	Tb	30	15	3	
75,244	Nd	10	4	2	
76,09	Er	12	1	2	
76,36	Tb	8	3	2	
76,38	Ds	3	3	2	
76,494	Sm	20	8	2	
76,50	Lu	100	10	4	
76,63	Ds	4	4	2	
76,66	Tb	15	3	3	
76,660	Pr	10	2	2	
77,10	Tb	8	3	2	
77,11	Ds	4	4	2	
77,127	Ce	50	5	3	
77,820	Sm	8	2	2	
78,312	Sm	5	2	2	
78,43	Ds	4	2	2	
78,552	Sm	8	2	2	
78,86	Tb	15	8	4	
79,172	Ce	30	2	3	
79,763	Gd	2	2	2	
80,25	Eu	15	10	2	
80,519	Gd	2	2	2	
80,60	Tb	15	3	3	
80,703	Sm	2	1	2	
81,32	Er	20	4	3	
82,093	Nd	4		2	
82,407	Sm	100	40	4	
82,80	Ho			2	E y H
82,80	Tb	15	8	3	
83,376	Pr	15	3	2	
83,687	Ce	20	2	3	
84,663	Sm	10	8	3	
85,027	Ds	25	8	4	
85,05	Ho	10	10	3	
85,087	Er	25	15	4	
85,09	Tu			2	E y H
85,399	Sm	6	4	2	
85,50	Lu	30	4	3	
86,49	Tb	15	8	2	
86,518	Nd	15	4	2	
87,065	Sm	8	3	2	
87,63	Tb	8		2	
87,668	Sm	6	3	2	
88,025	Nd	10	4	2	
88,036	Pr	20	3	2	

3388,37

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3388,37	Tb	8		2	
88,863	Ds	20	5	3	
89,325	Sm	40	20	3	
89,46	Ds	2	2	2	
89,55	Ho		4	2	
89,59	Tb	8		2	
89,599	Er	10	2	4	
90,515	Ce	20	1	2	
90,60	Tb	15	8	3	
90,75	Ho	6	8	4	
90,787	Eu	12	8	2	
90,911	Pr	9	2	2	
91,122	Sm	8	2	2	
91,13	Ds	3	3	2	
91,55	Lu	10	2	3	
91,72	Tb	15	3	3	
91,989	Er	30	12	5	
91,99	Ds	4		2	
91,992	Eu	40	5	3	
92,01	Tu			2	E y H
92,534	Gd	40	25	4	
93,01	Tb	15		3	
93,58	Tb	30	8	3	
93,583	Ds	100	10	4	
93,629	Gd	2	2	2	
93,641	Nd	10	4	2	
93,920	Ce	30	1	2	
93,99	Ds	4	3	2	
94,069	Eu	10		2	
94,613	Pr	25	5	3	
94,63	Ho	8	8	4	
94,77	Tb	15	3	2	
94,860	Er	15	3	2	
95,02	Tb	30		3	
95,126	Gd	10	12	2	
96,05	Er	12	3	3	
96,169	Ds	20	10	4	
96,183	Sm	35	15	3	
96,58	Eu	100	10	2	
97,07	Lu	50	20	4	
97,25	Gd			2	E y H
97,503	Tu	100	50	3	
97,60	Tb	15		2	
97,763	Sm	9	3	3	
98,02	Tu	30	40	2	

3312,731

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3398,34	Ds	4	2	2	
98,98	Ho	40	60	5	
99,10	Tb	15	8	3	
99,34	Ds	3		2	
99,688	Sm	5	1	2	
99,840	Sm	10	3	2	
99,95	Tu	50	40	2	
99,97	Tb	15	3	3	
99,993	Gd	15	15	3	
3400,57	Ho		4	2	
00,86	Tb	30	8	3	
01,060	Gd	2	1	2	
01,59	Ho		4	2	
02,074	Gd	15	18	3	
02,17	Ho		4	2	
02,33	Tb	30	15	2	
02,463	Sm	50	10	4	
03,085	Sm	15	8	3	
03,163	Eu	5	2	2	
03,20	Ho			2	E y H
03,27	Ds	6	5	2	
04,99	Ds	4	4	2	
05,977	Ce	25	3	2	
06,01	Tb	15	8	2	
06,12	Eu	15	4	2	
06,27	Ho		4	2	
07,10	Tb	8	3	2	
07,168	Ds	20	5	3	
07,596	Gd	100	100	4	
07,80	Ds	150	9	4	
08,157	Ds	12	5	3	
08,21	Ho	6	4	2	
08,668	Sm	20	10	3	
09,06	Ho	6	4	2	
09,301	Gd	5	5	2	
10,234	Nd	8	4	2	
10,25	Ho	20	15	4	
10,40	Tb	15	8	3	
10,65	Ho	10	10	2	
10,71	Tb	15	2	3	
11,028	Nd	8	2	2	
11,275	Sm	5	2	2	
11,56	Ho	6	6	2	
12,013	Gd	2	2	2	
12,731	Eu	20	8	2	

3412,86

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3412,86	Ho		4	2	
13,76	Tb	50	30	3	
13,794	Ds	40	9	3	
13,895	Sm	6	2	2	
14,767	Pr	7		2	
14,830	Ds	35	5	2	
14,92	Ho	30	30	4	
14,953	Sm	10	2	2	
15,708	Pr	25	4	2	
16,015	Sm	6	1	2	
16,24	Tb	15	8	2	
16,46	Ho	30	40	5	
16,60	Tu	10		2	
16,735	Eu	6	6	2	
16,861	Ce	10	1	2	
16,879	Eu	5		2	
16,957	Gd	50	30	4	
17,450	Ce	30	5	3	
17,638	Er	10	4	3	
17,72	Tb	8	3	2	
18,134	Sm	20	6	3	
18,467	Pr	30	3	2	
18,510	Sm	50	10	4	
18,735	Gd	50	25	4	
19,643	Ds	20	2	3	
19,769	Sm	10	6	2	
19,852	Eu	18	3	2	
20,34	Tb	50	15	3	
20,514	Sm	3	2	2	
21,065	Er	9	1	2	
21,64	Ho	20	20	4	
21,667	Eu	5	5	2	
22,063	Sm	5		2	
22,189	Sm	3		2	
22,466	Gd	80	100	5	
22,708	Ce	30	10	3	
22,713	Gd	8	6	2	
22,878	Ds	15	5	2	
23,05	Tb	15		2	
23,110	Eu	10	9	2	
23,24	Ds	4	2	2	
23,928	Gd	30	20	3	
23,96	Tb	8	8	2	
24,35	Tb	8	3	2	
24,601	Gd	30		3	

3438,952

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3424,765	Sm	5	2	2	
25,02	Eu	50	4	2	
25,06	Ds	40	5	3	
25,08	Tu	200	300	5	
25,209	Nd	8	4	2	
25,254	Sm	3	1	2	
25,35	Ho	40	40	4	
25,42	Tb	8		2	
25,63	Tu	100	50	2	
25,92	Tb	8	3	2	
26,187	Sm	8	2	2	
26,208	Ce	30	6	3	
26,327	Gd	3	3	2	
26,37	Tb	8		2	
26,44	Eu	8	2	2	
26,76	Ho	6	6	2	
27,961	Sm	8	2	2	
28,13	Ho	40	40	4	
28,394	Er	4	1	3	
28,469	Gd	5	3	2	
28,925	Nd	20	8	2	
29,19	Ho	10	15	3	
29,442	Ds	50	5	2	
29,749	Sm	8	2	2	
29,97	Tu	100	100	3	
30,23	Gd			2	
30,278	Pr	25	4	3	
30,510	Pr	25	3	2	
30,61	Tb	15	8	2	
30,848	Ce	12		2	
30,982	Gd	4	2	2	
31,20	Tu	50	50	3	
31,897	Sm	12		2	
32,09	Ho	6	8	3	
32,997	Gd	50	40	4	
33,685	Sm	5	5	2	
34,373	Ds	80	30	3	
34,54	Tb	15	3	2	
35,205	Eu	35	2	2	
36,97	Tb	15		2	
37,115	Sm	15	2	2	
37,603	Pr	6		2	
38,054	Sm	9	3	2	
38,57	Tb	15	8	2	
38,952	Ds	25	9	2	

E y H



3439,212

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3439,212	Gd	60	35	3	
39,785	Gd	50	50	2	
39,990	Gd	70	50	3	
40,37	Tb	30	8	2	
41,51	Tu	150	80	4	
41,793	Gd	3	2	2	
42,380	Ce	25	3	2	
43,308	Nd	8	2	2	
43,603	Nd	8	2	2	
44,58	Tb	15	8	2	
44,613	Sm	8	10	2	
45,17	Eu	40	2	2	
45,56	Ho	6	6	3	
45,582	Ds	80	8	4	
45,895	Nd	2		2	
46,40	Tb	50		3	
47,001	Ds	50	8	2	
47,623	Nd	6		2	
48,205	Pr	15	4	2	
48,86	Tb	8		2	
48,866	Sm	6		2	
49,01	Ho		4	3	
49,46	Tb	30	8	3	
49,628	Gd	10	8	2	
49,826	Pr	30	4	2	
49,898	Ds	40	5	3	
50,385	Gd	100	100	4	f
51,241	Gd	50	40	2	f
52,37	Tb	15	3	2	f
52,768	Sm	4	1	2	f
53,13	Ho	30	20	5	f
53,47	Eu	3	2	2	f
53,547	Sm	15	4	2	f
53,66	Tu	150	80	4	f
54,06	Tb	80	30	4	f
54,07	Yb	40	250	3	f
54,149	Gd	15	15	2	f
54,326	Ds	100	10	4	f
54,389	Nd	6	2	2	f
54,76	Eu	40	2	2	f
54,777	Sm	4		2	f
54,900	Gd	25	20	3	f
54,959	Sm	25	12	2	f
55,99	Tb	8		2	f
56,00	Ho	60	60	5	f

3471,145

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3456,004	Nd	4		2	f
56,566	Ds	50	30	4	f
57,03	Tb	50	8	2	f
57,053	Gd	5	5	2	f
57,054	Eu	25	2	2	f
57,570	Eu	25	1	2	f
57,921	Sm	5	1	2	f
58,000	Nd	12	4	2	f
58,949	Nd	6	2	2	f
59,189	Sm	6	3	2	f
59,396	Sm	10	2	2	f
59,87	Tb	8		2	f
60,38	Tb	15	8	2	f
60,95	Ho	6	4	4	f
60,971	Ds	100	3	4	f
61,00	Tb	15	8	2	f
61,138	Sm	8	3	2	f
61,380	Eu	25	2	2	f
61,956	Gd	5	5	2	f
61,96	Ho	20	20	3	f
62,20	Tu	250	200	4	f
62,688	Sm	5	2	2	f
63,00	Gd	6	4	2	f
63,984	Gd	100	125	3	f
64,082	Sm	30	10	2	f
64,36	Tu			2	A, f
64,37	Yb	200	50	3	f
64,536	Er	10	3	3	f
66,416	Eu	30	2	2	f
66,961	Gd	15	10	2	f
67,07	Ho	8	6	3	f
67,280	Gd	100	100	3	f
67,874	Sm	6	3	2	f
67,887	Eu	5		2	f
68,03	Tb	50	15	3	f
68,420	Nd	10	2	2	f
68,435	Ds	50	3	2	f
68,994	Gd	150	150	3	f
69,40	Ho		4	2	f
69,722	Er	12	3	2	f
69,85	Tb	30	3	2	f
70,75	Ho			2	E y H, f
70,866	Nd	10	2	2	f
71,122	Sm	6	2	2	f
71,145	Ds	10		2	f

3471,270

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3471,270	Sm	3		2	f
71,531	Ds	10	5	2	f
71,714	Er	25	8	3	f
71,73	Tb	15	8	2	f
72,37	Tb	15	8	2	f
72,48	Lu	50	150	4	f
72,82	Tb	50	15	3	f
73,229	Gd	50	40	3	f
73,702	Ds	80	40	2	f
73,92	Ho	10	10	3	f
73,953	Sm	8	5	2	f
74,25	Ho	40	20	4	f
76,30	Yb	80	10	2	f
76,61	Eu	20	2	2	f
76,842	Ce	35	10	2	f
77,074	Ds	90	30	2	f
77,74	Ho	4	6	2	f
78,84	Yb	40	300	2	f
79,416	Er	25	10	2	f
79,512	Sm	8	3	2	f
80,252	Sm	5	4	2	f
80,441	Er	25	8	3	f
80,560	Sm	5	5	2	f
81,359	Gd	150	150	3	f
81,61	Eu	45	2	2	f
81,818	Gd	80	60	3	f
82,613	Gd	15	15	3	f
84,73	Ho	40	30	4	f
85,054	Ce	30	10	3	f
85,86	Ho	6	6	2	f
87,403	Sm	10	4	2	f
88,306	Eu	18	1	2	f
91,967	Gd	50	25	3	f
93,10	Ho	10	10	2	f
94,418	Gd	70	60	3	f
94,496	Ds	100	5	2	f
94,77	Ho	30	40	3	f
98,87	Ho	8	10	2	f
99,08	Ho	10	10	2	f
99,104	Er	18	15	4	f
99,825	Sm	8	5	2	f
3500,498	Sm	30	15	2	F
05,520	Gd	60	60	3	F
07,39	Lu	100	150	3	F

3521,903

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3508,42	Lu	30	3	2	
09,17	Tb	200	200	3	F
12,511	Gd	30	30	2	F
15,58	Ho	40	40	3	F
24,198	Gd	25	15	2	F
31,712	Ds	100	100	2	F
45,794	Gd	125	125	2	F
49,365	Gd	125	125	2	F
54,43	Lu	50	150	2	F
57,062	Gd	25	25	2	F
67,84	Lu	100	7	2	
68,258	Sm	40	50	2	F
68,51	Tb	50	50	2	F
92,595	Sm	40	50	2	F
92,696	Gd	50	70	2	
96,38	Tb	50	15	2	
98,06	Tb	15	8	2	
98,77	Ho	40	30	2	
99,829	Er	30	20	3	
3600,44	Tb	8	50	2	
00,73	Ho	6		2	
00,915	Nd	20	10	2	
00,966	Gd	30	30	2	
01,695	Sm	5	5	2	
03,20	Eu	100	50	2	
04,276	Sm	6	20	2	
04,884	Gd	50	12	2	
06,71	Eu	50		2	
08,72	Eu	10	1	2	
09,484	Sm	60	100	3	
09,788	Nd	15	10	2	
10,766	Gd	25	6	2	
11,332	Eu	10		2	
11,580	Eu	40	5	2	
13,33	Ho	6	8	2	
13,400	Gd	8	6	2	
15,244	Sm	40	2	2	
15,817	Nd	20	10	2	
16,154	Eu	40	10	2	
16,56	Ho	6	6	2	
16,573	Er	30	20	3	
19,43	Ho	6	6	2	
20,461	Gd	25	25	2	
21,216	Sm	60	10	3	
21,903	Eu	8	10	2	

3622,506

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3622,506	Sm	10	4	2	
22,558	Eu	20	50	2	
23,315	Sm	15	7	2	
24,654	Nd	20	6	2	
25,46	Ho	6	4	2	
25,54	Tb	50	15	2	
26,50	Tb	30	15	2	
26,70	Ho	20	15	3	
26,994	Sm	50	40	3	
27,18	Ho	15	15	3	
29,797	Eu	40	50	2	
29,932	Nd	10	6	2	
31,139	Sm	40	15	2	
32,175	Eu	30	10	2	
33,29	Tb	30	30	2	
33,541	Er	15	2	3	
34,271	Sm	100	25	4	
34,282	Nd	25	30	2	
34,871	Nd	30	15	2	
34,908	Sm	20	2	3	
36,235	Sm	10	2	2	
36,990	Nd	20	12	2	
37,229	Nd	20	12	2	
37,676	Eu	12	10	2	
37,783	Nd	10	8	2	
38,32	Ho	8	10	2	
38,46	Tb	80	50	2	
38,678	Er	15	1	2	
38,748	Sm	40	8	3	
40,235	Nd	16	10	2	
40,24	Ds	15	6	3	
41,502	Nd	20	10	2	
41,66	Tb	70	30	2	
42,68	Tb	15	8	2	
42,739	Sm	25	5	3	
43,630	Nd	5	1	2	
43,652	Tu	60	40	2	
45,290	Sm	9	7	3	
45,387	Sm	8	6	3	
45,41	Ho	8	8	2	
45,416	Ds	300	100	4	
45,539	Pr	20	8	2	
45,660	Pr	30	20	3	
45,776	Nd	8	1	2	
45,938	Er	15	2	3	

3684,124

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3646,196	Gd	200	150	4	
46,299	Pr	50	15	2	
46,750	Eu	20	5	2	
48,188	Nd	12	8	2	
48,807	Ds	50	30	3	
53,150	Nd	10	4	2	
53,61	Tu	30	20	2	
54,637	Gd	200	200	3	
55,60	Ds	10	2	3	
55,851	Ce	25	12	3	
56,163	Gd	200	200	3	
56,245	Sm	6	5	2	
56,27	Eu	4		2	
57,316	Sm	15	1	2	
58,88	Tb	100	100	3	
61,350	Sm	100	50	3	
62,254	Sm	50	50	2	
62,263	Nd	30	30	2	
62,268	Gd	200	200	3	
62,693	Sm	25	10	2	
62,897	Sm	25	10	2	
62,94	Eu	15	5	2	
63,44	Eu	4	4	2	
64,621	Gd	200	200	3	
65,180	Nd	25	12	2	
67,907	Sm	25	10	3	
67,981	Ce	80	15	3	
68,08	Tu	80	20	2	
68,830	Pr	100	40	2	
70,817	Sm	100	50	4	f
71,216	Gd	150	100	3	f
72,363	Nd	30	12	2	f
73,196	Eu	20	2	2	f
73,542	Nd	20	20	2	f
74,67	Eu	25		2	f
74,77	Ho	8	15	2	f
76,35	Tb	100	200	3	f
77,775	Sm	25	10	2	f
78,27	Eu	50		2	f
79,49	Eu	15	1	2	f
80,964	Sm	25	5	2	f
81,719	Sm	30	6	2	f
82,44	Eu	12	1	2	f
83,27	Eu	18	1	2	f
84,124	Gd	200	150	2	f

3685,804

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3685,804	Nd	30	20	2	f
87,294	Nd	20	10	2	f
87,759	Gd	200	200	2	f
87,876	Sm	50		2	f
88,421	Sm	20	8	2	f
88,44	Eu	1000	500	3	f
89,692	Nd	25	15	2	f
92,221	Sm	90	40	2	f
92,652	Er	20	12	4	f
93,996	Sm	100	150	3	f
94,203	Yb	500	1000	4	f
97,739	Gd	200	200		f
99,748	Gd	200	250		f
3700,26	Tu	150	80	2	f
00,593	Sm	50	30	2	f
00,926	Sm	50	4	2	f
01,36	Tu	150	80	2	f
02,85	Tb	50	200	3	f
03,92	Tb	70	100	3	f
09,933	Ce	25	10	2	f
10,881	Eu	35	30	2	f
12,714	Gd	200	250	2	f
13,459	Eu	50	2	2	f
14,911	Eu	40	2	2	f
16,365	Ce	15	10	2	f
16,369	Gd	150	125	2	f
24,99	Eu	250	50	2	F
61,333	Tu	250	150	2	F
61,917	Tu	200	120	2	F
96,73	Ho	20	40	2	F
3810,70	Ho	20	40	2	F
19,66	Eu	500	500	2	F
85,284	Sm	50	50	2	
87,866	Nd	25	20	2	
88,95	Ho	40	20	3	
89,664	Nd	30	25	2	
89,929	Nd	30	20	2	
89,990	Ce	50	8	3	
90,074	Sm	10	10	2	
90,580	Nd	30	25	3	
90,940	Nd	20	20	2	
91,02	Ho	200	40	5	
91,179	Sm	50	8	2	
92,692	Er	25	2	3	

3815,948

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3893,10	Ho	4	4	2	
94,052	Sm	15	15	2	
94,627	Nd	20	20	2	
94,708	Gd	150	80	3	
95,119	Ce	40	6	2	
95,784	Gd	25	10	2	
96,234	Er	30	15	3	
96,24	Ho	4	6	2	
96,60	Tb	25	15	2	
96,75	Ho	5	4	2	
96,804	Ce	35	6	2	
96,971	Sm	50	50	2	
97,284	Pr	20	8	2	
97,638	Nd	20	10	2	
97,73	Eu	20		2	
98,273	Ce	80	6	2	
98,544	Ds	100		4	
98,55	Ho	6	8	2	
98,78	Eu	20		2	
99,19	Tb	200	100	3	
3900,226	Nd	30	30	2	
00,79	Tu	80	50	2	
00,886	Sm	10	10	2	
01,35	Tb	50	8	2	
01,850	Nd	30	30	2	
02,24	Ho	8	6	2	
02,404	Gd	100	80	3	
03,412	Sm	60	60	3	
05,78	Ho	30	6	3	
05,886	Nd	40	30	2	
06,316	Er	25	12	5	
07,110	Eu	1000	500	4	
07,289	Ce	35	6	2	
07,445	Ce	6	2	2	
07,843	Nd	20	12	2	
08,033	Pr	100	50	3	
08,431	Pr	100	60	3	
08,543	Ce	20	3	2	
09,944	Sm	3		2	
11,169	Nd	25	25	2	
12,228	Nd	20	20	2	
12,436	Ce	50	5	3	
12,898	Pr	150	80	2	
15,45	Tb	30	3	2	
15,948	Nd	25	20	2	

3915,995

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3915,995	Eu	20		2	
16,47	Tu	80	8	2	
16,589	Gd	150	100	3	
17,282	Eu	20		2	
17,438	Sm	20	15	2	
18,276	Ce	60	6	3	
18,518	Eu	20		2	
18,856	Pr	100	30	3	
19,54	Tb	40	15	2	
19,620	Pr	35	15	2	
19,923	Nd	20	6	2	
20,524	Pr	30	10	2	
20,965	Nd	40	15	2	
22,385	Sm	60	60	3	
22,74	Tb	50	8	3	
23,109	Ce	15	4	2	
23,255	Gd	10		2	
25,200	Sm	15	3	2	
25,45	Tb	150	200	3	
25,456	Pr	125	100	2	
27,106	Nd	80	50	2	
27,454	Pr	80	35	2	
28,272	Sm	60	60	2	
29,256	Pr	40	30	2	
29,260	Nd	30	15	2	
30,503	Eu	1000	400	4	
31,088	Ce	35	8	2	
31,369	Ce	15	4	2	
31,537	Ds	200		2	
34,801	Gd	100	50	2	
35,393	Gd	10	10	2	
35,760	Sm	30	10	2	
35,823	Pr	125	50	2	
36,136	Nd	30	20	2	
36,51	Ho	10	4	3	
37,018	Er	20		2	
37,056	Sm	15	6	2	
38,086	Ce	35	6	2	
38,631	Er	20	3	3	
38,874	Nd	30	25	2	
39,60	Tb	200	200	3	
40,338	Ce	35	6	2	
40,55	Ho	12	4	3	
41,512	Nd	60	30	3	
41,868	Sm	50	40	3	

3963,912

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3942,151	Ce	35	8	3	
42,642	Gd	60	30	2	
42,746	Ce	50	20	3	
43,085	Eu	50	15	2	
43,235	Sm	40	25	2	
43,888	Ce	40	15	2	
44,692	Ds	300	150	3	
45,544	Gd	200	150	2	
45,67	Eu	8	1	2	
46,506	Sm	40	30	2	
46,87	Tb	150	30	2	
47,633	Pr	125	60	2	
47,832	Sm	15	8	2	
48,108	Sm	50	50	3	
49,438	Pr	150	100	2	
51,154	Nd	40	30	3	
51,885	Sm	10	3	2	
52,009	Gd	100	60	2	
52,195	Nd	30	20	2	
52,541	Ce	60	30	3	
52,870	Nd	25	20	2	
53,371	Gd	100	50	2	
53,516	Pr	150	100	2	
53,525	Nd	60	60	2	
55,74	Ho	15	4	2	
55,754	Eu	50		2	
55,966	Nd	20	10	2	
56,284	Ce	20	8	4	
56,762	Pr	20	12	2	
57,465	Nd	60	40	2	
57,681	Gd	300	200	3	
57,975	Tb	60	15	2	
58,001	Nd	30	20	2	
58,100	Tu	200	40	2	
58,359	Tb	100	15	2	
59,524	Gd	25	5	3	
59,530	Sm	50	40	2	
60,914	Ce	40	8	2	
62,216	Nd	30	20	2	
62,445	Pr	60	50	3	
62,996	Sm	50	40	3	
63,114	Nd	30	25	2	
63,27	Ho	5	4	2	
63,658	Gd	50	60	2	
63,912	Nd	30	20	2	

3964,261

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3964,261	Pr	60	50	3	
64,503	Ce	25	6	2	
64,825	Pr	125	80	4	
64,89	Eu	40		2	
65,263	Pr	100	50	2	
66,051	Sm	60	50	3	
66,279	Gd	25	12	2	
66,573	Pr	100	70	2	
67,048	Ce	35	6	2	
67,068	Nd	30	10	2	
70,527	Sm	15	10	3	
71,164	Pr	100	60	2	
71,394	Sm	50	30	3	
71,684	Ce	35	6	3	
71,762	Gd	25	20	2	
71,99	Eu	1000		4	
72,164	Pr	125	80	2	
73,269	Nd	40	25	3	
73,577	Er	18	2	3	
73,650	Nd	30	20	2	
74,066	Gd	100	80	2	
74,37	Pr	30	8	2	
74,660	Sm	15	4	2	
74,723	Er	15	3	3	
74,858	Pr	15	10	2	
76,266	Sm	40	15	3	
76,426	Sm	25	10	3	
76,821	Tb	150	200	3	
76,826	Pr	12	5	2	
76,836	Nd	40	30	3	
76,859	Eu	12		2	
78,446	Eu	30		2	
78,573	Ds	200	15	4	
78,650	Ce	35	6	4	
79,195	Sm	50	50	3	
79,336	Gd	100	30	2	
79,479	Nd	40	30	2	
80,883	Ce	35	8	3	
81,216	Nd	30	15	2	
81,879	Tb	80	200	3	
82,063	Pr	125	100	3	
82,269	Nd	8	4	2	
83,137	Sm	100	60	3	
83,22	Nd	6	2	2	
83,664	Ds	150	8	2	

3908,714

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
3984,675	Ce	40	8	3	
86,233	Nd	30	20	2	
86,618	Eu	10		2	
86,67	Sm			3	R
86,905	Sm	8	8	2	
87,218	Gd	100	100	3	
87,424	Sm	15	8	2	
87,83	Eu	20		2	
87,951	Er	100	20	3	
87,994	Yb	1000	500	4	
89,718	Pr	200	125	3	
90,003	Sm	40	25	3	
90,103	Nd	40	20	3	
91,743	Nd	60	40	3	
91,890	Pr	25	10	2	
92,386	Ce	50	8	2	
92,92	Pr	15	3	2	
93,302	Sm	25	25	3	
93,822	Ce	50	6	3	
94,179	Gd	8	6	2	
94,684	Nd	80	40	3	
94,834	Pr	300	25	3	
96,325	Gd	100	100	2	
96,516	Tu	200	40	2	
96,699	Ds	200	80	3	
97,054	Pr	100	40	2	
97,929	Nd	20	10	2	
98,28	Ho	40	6	3	
99,188	Pr	50	40	2	
99,240	Ce	80	20	3	
4000,190	Pr	50	25	2	f
00,454	Ds	400	300	4	f
00,493	Nd	10	5	2	f
00,562	Nd	8	3	2	f
02,18	Tb	40	2	2	f
02,58	Tb	50	5	3	f
03,454	Sm	30	20	2	f
03,771	Ce	40	18	2	f
04,010	Nd	20	15	2	f
04,714	Pr	20	25	2	f
05,55	Tb	100	125	3	f
07,435	Nd	20	20	2	f
07,486	Sm	50	25	2	f
07,967	Er	35	7	4	f
08,714	Pr	150	50	3	f

4008,922

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
4008,922	Gd	20	3	2	f
10,643	Pr	8	5	2	f
11,683	Eu	25		2	f
12,250	Nd	80	40	4	f
12,388	Ce	60	20	3	f
13,92	Gd	10		2	f
14,899	Ce	60	12	2	f
15,389	Pr	50	30	2	f
16,703	Eu	8		2	f
16,748	Pr	25	20	2	f
18,826	Nd	15	10	2	f
19,809	Nd	10	8	2	f
19,976	Sm	30	15	2	f
20,519	Er	20	1	2	f
20,872	Nd	15	15	2	f
20,991	Pr	40	30	2	f
21,330	Nd	12	12	2	f
21,795	Nd	12	10	2	f
22,738	Pr	12	6	2	f
23,002	Nd	15	15	2	f
23,154	Gd	20	10	2	f
23,223	Sm	30	25	2	f
24,785	Nd	20	10	2	f
28,411	Ce	35	8	2	f
29,996	Eu	5		2	f
31,336	Ce	40	8	3	f
31,64	Tb	50	3	2	f
31,755	Pr	50	30	2	f
31,807	Nd	15	15	2	f
32,282	Tb	30		2	f
33,04	Tb	125	5	3	f
33,857	Pr	50	35	2	f
35,101	Sm	50	3	3	f
37,338	Gd	100	30	3	f
37,906	Gd	100	30		f
38,124	Nd	15	10	2	f
38,467	Pr	15	10	2	f
39,192	Eu	15		2	f
39,357	Pr	50	20	2	f
40,762	Ce	70	5	2	f
40,796	Nd	40	40	3	f
41,667	Sm	25	10	2	f
42,584	Ce	50	3	2	f
42,711	Sm	10	9	3	f
42,896	Sm	10	10	3	f

4203,047

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
4044,818	Pr	50	35	2	f
45,010	Gd	20	5	2	f
45,983	Ds	150	12	2	f
49,90	Gd	100	60	3	f
51,152	Pr	50	30	2	f
53,648	Gd	100	40	3	f
53,92	Ho	400	200	3	f
54,845	Pr	50	40	2	f
56,543	Pr	100	60	2	f
58,231	Gd	100	60	2	f
58,867	Sm	30	20	2	f
61,085	Nd	40	30	3	f
62,817	Pr	150	50	3	f
63,43	Gd	10	5	2	f
64,569	Sm	15	15	2	f
65,10	Ho	10	5	2	f
73,771	Gd	100	50	2	f
77,974	Ds	150	100	2	f
78,709	Gd	20	10	2	f
79,786	Pr	50	35	2	f
81,018	Pr	50	25	2	f
81,901	Pr	75	30	2	f
85,388	Eu	10	2	2	f
85,648	Gd	100	80	2	f
92,712	Gd	100	40	2	f
98,613	Gd	25	6	3	f
4100,746	Pr	200	50	2	F
03,84	Ho	400	400	2	F
09,455	Nd	30	30	2	F
18,481	Pr	250	50	2	F
29,737	Eu	150	50	3	F
30,378	Gd	200	10	2	F
32,281	Gd	25	20	2	F
34,167	Gd	25	1	2	F
43,136	Pr	200	50	2	F
79,422	Pr	200	40	2	F
86,599	Ce	80	25	2	F
88,121	Sm	10	25	2	F
89,518	Pr	100	50	2	F
90,785	Gd	100	40	2	F
91,079	Gd	100		2	F
91,624	Gd	50	15	2	F
4202,944	Ce	40	18	2	F
03,047	Sm	15	20	2	F

4204,839

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
4204,839	Gd	25		2	F
05,046	Eu	200	50	4	F
06,124	Sm	20	20	2	F
06,739	Pr	50	50	2	F
10,340	Sm	50	20	2	F
12,019	Gd	150	50	2	F
17,81	Pr	12	8	2	
19,652	Pr	30	8	2	
20,258	Nd	10	5	2	
20,653	Sm	100	100	3	
21,080	Eu	10	2	2	
22,599	Ce	80	18	4	
22,71	Tb	9		2	
22,98	Pr	125	40	4	
23,711	Sm	50	20	2	
24,847	Nd	15	5	2	
25,318	Sm	40	30	3	
25,327	Pr	50	40	3	
25,853	Gd	150	50	2	
27,719	Nd	20	8	2	
28,025	Nd	12	5	2	
29,333	Eu	10	3	2	
29,49	Ho	6	3	3	
29,702	Sm	40	30	3	
30,202	Er	25		2	
31,745	Ce	30	5	3	
31,88	Tb	12		2	
32,033	Ds	20	2	2	
32,19	Tb	20	3	2	
32,378	Nd	40	15	3	
32,462	Eu	12	3	2	
32,82	Tb	15		2	
33,134	Pr	15	5	2	
33,197	Ce	15	1	3	
34,196	Nd	20	10	2	
34,29	Eu	3		2	
34,574	Sm	60	40	3	
35,229	Nd	15	6	2	
35,34	Tb	20	1	3	
36,023	Ce	30	1	3	
36,210	Pr	20	3	3	
36,23	Eu	3		2	
36,740	Sm	60	50	3	
37,519	Eu	15	2	2	
37,657	Sm	60	50	3	

4261,837

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
4238,785	Gd	200	200	3	
39,828	Nd	20	10	2	
39,868	Ds	50	4	2	
39,912	Ce	35	4	4	
41,019	Pr	60	12	3	
42,15	Tu	500	100	4	
42,723	Ce	15	3	3	
43,528	Pr	20	8	3	
43,845	Gd	60	100	2	
44,696	Sm	100	80	3	
44,751	Eu	10		2	
45,345	Gd	25		2	
45,39	Ho	3	2	2	
45,923	Ds	25	4	2	
45,978	Ce	8	2	3	
46,547	Gd	150	3	2	
46,711	Ce	30	4	3	
47,069	Eu	15	3	2	
47,367	Nd	50	20	4	
47,395	Sm	15	15	2	
47,662	Pr	60	35	4	
48,676	Ce	60	8	4	
49,536	Sm	50	40	2	
50,401	Pr	18	12	2	
51,490	Pr	40	15	2	
51,72	Tb	12	3	2	
51,736	Gd	300	10	3	
51,788	Sm	200	200	2	
52,437	Nd	30	15	3	
53,356	Ce	40	3	3	
53,370	Gd	50	4	3	
53,619	Gd	50	50	3	
53,715	Sm	5	2	2	
54,420	Pr	35	18	3	
54,43	Ho	100	20	3	
55,24	Tb	25	1	2	
55,784	Ce	40	6	4	
56,396	Sm	150	150	4	
58,23	Tb	30	3	2	
58,561	Sm	50	50	2	
58,62	Ho	3	1	2	
59,608	Nd	12	2	2	
60,112	Gd	30	10	3	
61,796	Pr	15	2	2	
61,837	Nd	20	10	2	



4262,095

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
4262,095	Gd	150	10	3	
62,239	Nd	15	3	2	
62,314	Pr	10	4	2	
62,678	Sm	200	150	3	
63,427	Ce	40		3	
63,440	Nd	15	4	2	
63,805	Pr	50	5	2	
64,07	Ho	15	8	2	
65,074	Sm	60	25	3	
66,04	Ho	5	2	2	
66,35	Tb	30	1	3	
66,601	Gd	50		3	
66,716	Nd	20		2	
67,016	Gd	40	40	2	
67,78	Pr	12		2	
67,85	Eu	10		2	
69,100	Pr	12	4	2	
69,70	Tb	15	2	2	
70,189	Ce	25		3	
70,565	Nd	15	4	2	
70,716	Ce	25		3	
71,764	Pr	18	15	2	
72,271	Pr	50	35	2	
72,789	Nd	15	5	2	
74,171	Gd	100		2	
75,083	Nd	20	10	2	
75,21	Tb	15	1	2	
75,561	Ce	25	4	3	
75,82	Pr	18	4	2	
77,279	Nd	20	5	2	
77,76	Tb	8		2	
78,51	Tb	200	100	4	
78,866	Ce	20	5	3	
78,99	Pr	15	3	2	
79,25	Eu	8		2	
79,69	Eu	10		2	
80,105	Pr	60	30	2	
80,141	Ce	15	2	3	
80,501	Gd	200	100	3	
80,779	Sm	200	200	4	
80,996	Ce	15	4	3	
81,002	Sm	50	30	3	
82,200	Sm	15	8	3	
82,440	Pr	75	40	3	

4304,944

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
4282,443	Nd	15		2	
84,518	Nd	25	20	3	
85,13	Tb	25	3	2	
85,366	Ce	25	8	3	
85,479	Sm	200	200	3	
85,717	Eu	31		2	
85,827	Gd	60	20	3	
86,122	Gd	60	20	3	
86,641	Sm	100	60	3	
89,73	Tb	30		2	
89,89	Pr	15	4	2	
89,901	Gd	40	100	2	
89,938	Ce	50	25	4	
90,17	Ho	2	2	2	
90,957	Nd	15	8	2	
92,182	Sm	100	60	3	
92,767	Ce	10	2	3	
92,991	Eu	10		2	
93,135	Pr	25	8	2	
93,582	Pr	20	8	2	
93,87	Eu	6		2	
94,700	Pr	25	10	2	
94,936	Ds	25	15	2	
95,35	Tb	10		2	
96,079	Gd	200	4	3	
96,291	Gd	40	40	2	
96,680	Ce	40	25	4	
96,750	Sm	100	50	3	
97,179	Gd	100	4	2	
97,351	Nd	12	4	2	
97,764	Pr	50	40	3	
98,38	Tb	12	1	2	
98,424	Gd	25	1	2	
98,724	Eu	20	2	2	
98,920	Pr	30	30	3	
99,301	Gd	20		2	
99,361	Ce	15	2	3	
4300,331	Ce	40	15	3	
01,09	Ho	2	2	2	
01,604	Er	25	2	3	
02,10	Pr	60	5	2	
03,573	Nd	100	40	4	
03,594	Pr	100	60	2	
04,897	Gd	100	100	2	
04,944	Sm	100	100	2	

4305,141

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
4305,141	Ce	20	5	3	
05,763	Pr	150	90	4	
06,350	Gd	200	80	2	
06,724	Ce	30	15	3	
07,20	Tb	12	1	2	
07,778	Nd	5	6	2	
08,65	Ho	4	2	2	
08,68	Tb	10	2	2	
09,004	Sm	200	150	3	
09,739	Ce	25	4	3	
10,45	Tb	20	1	2	
10,988	Gd	100		2	
11,102	Pr	50	10	2	
11,254	Nd	15	1	2	
12,846	Sm	20	8	2	
13,715	Sm	15	10	2	
13,851	Gd	200	30	3	
13,871	Sm	40	10	2	
14,403	Gd	100	20	3	
14,511	Nd	20	12	2	
16,061	Gd	150	60	3	
17,836	Pr	40	5	2	
18,85	Tb	150	30	4	
18,935	Sm	300	300	4	
19,003	Pr	25	8	2	
19,526	Sm	50	15	3	
20,527	Gd	60	20	2	
20,723	Ce	50	8	4	
21,108	Gd	20	20	3	
22,24	Tb	30	2	3	
22,575	Eu	60		2	
23,277	Sm	125	100	3	
23,551	Pr	100	35	2	
25,690	Gd	500	250	3	
25,766	Nd	100	30	2	
26,48	Tb	150	4	4	
27,104	Gd	500	100	3	
27,932	Nd	30	15	2	
28,421	Pr	50	15	2	
28,985	Pr	50	10	2	
28,99	Ho	3		2	
29,016	Sm	300	300	4	
29,361	Eu	100	2	2	
29,415	Pr	50	20	2	
29,97	Eu	100	1	2	

4354,912

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
4330,445	Ce	50	5	3	
30,616	Gd	100		3	
30,64	Ho	2	2	2	
32,13	Tb	40	2	3	
32,708	Ce	35	4	3	
33,913	Pr	150	100	4	
34,149	Sm	200	200	4	
35,748	Pr	80	20	2	
36,255	Ce	25	6	3	
36,50	Tb	40		3	
37,13	Ho	4	4	3	
37,64	Tb	25	2	3	
37,684	Eu	100	2	2	
37,777	Ce	25	10	4	
38,45	Tb	3		3	
38,694	Pr	100	50	2	
38,697	Nd	40	15	2	
39,317	Ce	25	5	2	
39,68	Ds	15	8	2	
40,63	Tb	40	2	3	
41,292	Gd	200	125	3	
42,071	Nd	20	6	2	
42,191	Gd	200	200	3	
42,500	Tb	50		3	
42,595	Tb	25		3	
43,252	Eu	20		2	
43,497	Nd	10		2	
43,558	Ce	6		2	
44,334	Pr	150	80	3	
45,904	Eu	80	1	2	
45,961	Ce	6	2	2	
46,459	Gd	150	60	4	
46,626	Gd	50	20		
47,490	Pr	100	40	2	
47,801	Sm	150	60	3	
48,34	Ho			2	
49,789	Ce	40	5	4	
50,399	Pr	70	25	2	
50,73	Ho	40	15	2	
51,295	Nd	30	10	2	
51,849	Pr	80	60	3	
52,706	Ce	40	5	4	
53,19	Tb	50		3	
54,787	Eu	100	2	2	
54,912	Pr	80	30	2	

K

4355,097

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
4355,097	Eu	150	20	2	
56,74	Ho	8	8	2	
58,169	Nd	50	20	2	
60,926	Gd	200		2	f
62,981	Pr	50	20	2	f
63,93	Ho	2	3	4	f
64,658	Ce	30	6	3	f
68,327	Pr	125	90	2	f
68,632	Nd	50	15	2	f
69,467	Eu	20	2	3	f
69,775	Gd	250	150	2	f
70,464	Eu	60	2	3	f
71,614	Pr	125	40	3	f
73,818	Ce	40	4	2	f
73,839	Gd	200	80	2	f
74,410	Pr	50	15	2	f
74,923	Nd	20	5	2	f
75,039	Nd	30	5	3	f
75,918	Ce	40	5	2	f
77,614	Pr	50		3	f
82,167	Ce	40	12	2	f
82,418	Pr	30	20	2	f
85,663	Nd	40	20	3	f
86,346	Ce	10		2	f
86,42	Tu	200	10	3	f
86,700	Ce	8	3	2	f
87,678	Gd	150		2	f
87,884	Eu	200		2	f
90,662	Nd	20	15	4	f
90,865	Sm	150	150	2	f
90,955	Gd	100	100	2	f
91,110	Nd	10	4	4	f
91,661	Ce	40	15	2	f
92,071	Gd	100	100	2	f
95,005	Pr	25	15	2	f
95,788	Pr	30	2	3	f
96,117	Pr	80	50	2	f
97,517	Gd	100	5	3	f
99,203	Ce	35	6	2	f
99,326	Pr	40	20	2	f
4400,828	Nd	50	20	3	f
01,853	Gd	200	100	2	f
03,136	Gd	100	100	2	f
03,27	Ho	3	1	2	f
03,605	Pr	100	40	2	f

4473,012

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
4405,849	Pr	100	100	2	f
06,672	Gd	70	200	2	f
08,261	Gd	100	150	2	f
08,844	Pr	125	100	4	f
09,359	Er	35	2	2	f
09,384	Ds	30	8	3	f
10,641	Ce	12	3	2	f
11,052	Nd	50	20	2	f
11,159	Gd	100	50	2	f
13,765	Pr	90	40	2	f
14,162	Gd	100	60	2	f
14,735	Gd	100	50	2	f
18,784	Ce	40	10	3	f
19,036	Gd	200	200	2	f
19,611	Er	25	4	3	f
19,667	Pr	100	50	2	f
21,231	Pr	100	35	2	f
22,413	Gd	100	40	3	f
22,56	Ho	3		2	f
24,342	Sm	300	200	3	f
24,595	Pr	90	35	2	f
29,238	Pr	200	125	3	f
29,270	Ce	35	5	3	f
30,627	Gd	150	40	3	f
34,321	Sm	200	200	3	f
35,53	Eu	2000		5	f
38,268	Gd	40	100	2	f
44,393	Ce	30	4	3	f
44,704	Ce	35	6	3	f
46,387	Nd	100	50	2	f
49,336	Ce	50	8	3	f
49,702	Ds	20	12	3	f
51,566	Nd	100	50	3	F
52,713	Sm	200	200	3	F
54,629	Sm	100	100	3	F
56,394	Nd	20	15	2	F
60,213	Ce	60	20	3	F
62,985	Nd	60	20	2	F
63,410	Ce	35	6	2	F
64,968	Eu	80	10	2	F
66,553	Gd	200	150	3	F
67,088	Gd	50		3	F
67,341	Sm	200	200	3	F
71,240	Ce	35	8	3	F
73,012	Sm	150	150	3	F

4474,138

Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras"

Longitud de onda	Elemento	INTENSIDADES		Persistencia	Observaciones
		Arco	Chispa		
4474,138	Gd	150	150	2	F
76,144	Gd.	100		2	F
79,359	Ce	40	18	2	F
81,068	Gd	70	100	2	F
81,27	Tu	400	50	2	F
83,897	Ce	40	10	2	F
86,908	Gd	100	15	2	F
86,909	Ce	40	15	3	F
97,133	Gd	150	80	2	F
4506,221	Gd	100	50	2	F
18,57	Lu	300	40	3	F
19,657	Gd	150	100	2	F
22,58	Eu	500		3	F
27,348	Ce	50	25	2	F
37,821	Gd	150	100	2	F
39,746	Ce	20	10	2	F
41,269	Nd	50	4	2	F
42,033	Gd	50	50	2	F
42,050	Nd	50	5	2	F
42,603	Nd	50	5	2	F
59,673	Nd	40		2	F
60,416	Nd	50	3	2	F
62,361	Ce	40	40	2	F
63,219	Nd	50	4	2	F
76,20	Yb	90	10	2	F
81,301	Gd	30	4	2	F
83,087	Gd	40	2	2	F
86,614	Nd	50		2	F
93,932	Ce	30	30	3	F
94,02	Eu	500	200	5	F
97,922	Gd	25	40	2	F
98,905	Gd	20	10	2	F
4601,05	Gd	40	6	2	F
09,52	Ho	6		2	
27,122	Eu	300		5	
28,161	Ce	20	20	4	
29,10	Ho	6	4	2	
61,88	Eu	100		4	
69,390	Sm	40	35	4	
69,647	Sm	50	40		
4704,408	Sm	200		3	
45,675	Sm	250		3	
4815,806	Sm	125	80	3	
4930,708	Gd	80		3	

## TABLAS DE LÍNEAS ÚLTIMAS DE LAS «TIERRAS RARAS»

Las rayas últimas en el sentido técnico son las que subsisten las últimas para cada elemento, cuando el número de átomos emisores tienden a cero; las condiciones físicas a las que debe satisfacer el retorno de los electrones a sus respectivos niveles están todavía en discusión (5). El sentido que damos nosotros es el de "rayas últimas en desaparecer" cuando la concentración tiende hacia cero (64), o, como decía Gramont en uno de sus trabajos (12), "rayas de mayor efecto fotoquímico sobre la emulsión fotográfica".

Para cada elemento damos una tabla de líneas últimas, en las que figuran las rayas deducidas por distintos autores, así como las nuestras. En estas tablas consta, además del nombre de cada autor, con la indicación de la obra de la que se han tomado los datos, la excitación empleada y los límites de la medida; los números que figuran a continuación de cada longitud de onda indican el orden de persistencia, correspondiendo el número menor a la raya más persistente. Como en algunos trabajos no figuran las rayas últimas, lo que hemos hecho es poner las más intensas y la indicación (&), así como la numeración correlativa, en la que corresponde análogamente el número menor a la raya más intensa. Aunque en el Bardet sólo se dan las rayas por intensidades, sin embargo, para el Lutecio y el Iterbio indica en el texto del atlas que las rayas últimas son, respectivamente, las que tienen por longitud de onda 3289,37 y 2911,39, por lo cual, para estos dos

elementos hemos suprimido, al referirnos a este autor, la indicación (&).

En las tablas se observan algunas faltas de coincidencia entre unos autores y otros. La mayoría de las diferencias con nuestros datos son debidas al empleo por nosotros de electrodos de carbón, ya que las líneas que corresponden a zonas de bandas, cuando las líneas no son muy intensas, como ocurre en los términos en que entran los distintos elementos en pequeña proporción, pasan inadvertidas sobre fondos de bastante intensidad de ennegrecimiento; y es por lo que cuando se opera con electrodos de carbón, puede haber un elemento, sin que encontremos esas rayas últimas. Otras causas también influyen en la persistencia de las líneas, como son: sensibilidad de la emulsión fotográfica, dispersión de espectrógrafo, etc., siendo estos los motivos por los que damos esas tablas, con unas aclaraciones de las rayas más persistentes de cada elemento de entre las que figuran como últimas en los trabajos de otros autores.

*Cerio.*—Las 3801,529 y 4186,59 no las damos como últimas porque les corresponde a su fondo una densidad de ennegrecimiento *F* y a la 4012,388 una densidad *f*.

*Disprosio.*—La 3968,395 resulta confundida con la 3968,468 del Calcio con el espectrógrafo E. 1, por lo cual no la damos; a la 3531,712, 4167,966 y 4211,719 les corresponde una densidad de ennegrecimiento del fondo *F*, y a las 4000,454, 4045,983 y 4077,974 una densidad *f*.

*Erbio.*—Las rayas 3499,104, 4007,967 y 4419,611 están sobre un fondo de densidad de ennegrecimiento *f*.

*Europio.*—Al hacer su estudio hemos comprobado el hecho, ya observado en 1933 por Piccardi (43), de la gran sensibilidad de las rayas 4594,02 y 4627,122, las que damos como últimas; en cambio, la 4661,88, observada con la misma sensibilidad por dicho investigador, por nuestros métodos la tiene

menor que las dos anteriores; las 3819,66, 4129,737 y 4205,046 tienen una densidad de ennegrecimiento del fondo *F*.

*Gadolinio.*—La raya 3768,405 está sobre un fondo de densidad *F*, no correspondiendo a la 3646,196 la persistencia que le dan otros autores, quizás porque siempre está en esa parte el fondo algo subido.

*Holmio.*—A la raya 4053,92 le corresponde de fondo un ennegrecimiento *f*, y a las 3748,17 y 4103,84, *F*.

*Lutecio.*—A la 4518,57 que da Ting-Chao-Chang le corresponde una densidad de ennegrecimiento *F*.

*Neodimio.*—A la 3951,153 le corresponde una persistencia menor que la que dan otros autores, y a las 4109,455, 4156,086, 4177,321 y 4451,566 les corresponde un fondo con densidad *F*.

*Praseodimio.*—La sensibilidad de la raya 4247,367 puede no ser tan grande como lo que le atribuimos, por estar impurificado, el Praseodimio con que hemos operado, con Neodimio en la proporción de 1 en 100. La raya 3908,303, según Gerlach, tiene más persistencia que la que nosotros le encontramos; las 3761,867 y 4496,429 están sobre un fondo de densidad *F*.

*Samario.*—A las rayas 3568,258 y 3592,484 les corresponde un fondo de densidad *F*, y a las 3634,71, 4390,865 y 4424,342 les corresponde *f*.

*Terbio.*—La raya 3976,821, según King, es una de las más intensas; sin embargo, hemos podido comprobar que para la zona común, con los trabajos de dicho Profesor, hay otras de igual intensidad y algunas de más persistencia; a la 3509,17, 3561,74, 3848,75 y 3874,18 les corresponde un fondo de densidad de ennegrecimiento *F*, y a las 3676,35 y 3702,85, *f*.

*Tulio.*—A la 3761,917 le corresponde un fondo de densidad de ennegrecimiento *F*.

*Yterbio.*—En éste la concordancia es perfecta con los valores de otros autores.

### Líneas últimas y líneas más intensas del Cerio

A U T O R	Gramont		Bardet		Löwe		King		Meggers		Gerlach		Ting-Chao		Harrison		L. Azcona	
	Chispa condensada	Arco	Arco	Arco-horno	Arco-chispa	Arco	Arco-horno	Arco-chispa	Arco	Arco	Arco-chispa	Arco	Arco	Arco	Arco-chispa	Arco	Arco	Arco
Límites de las medidas.	2180	2500	1862	2976	300	2130	2025	2000	2025	2000	2000	2025	2000	2000	2000	2200	2200	2200
	7950	3575	6710	7050	9240	8950	6720	9240	8950	6720	10000	6720	10000	10000	10000	5000	5000	5000
	(13)	(&) (3)	(&) (38)	(&) (25)	(140)	(11)	(65)	(14)	(11)	(65)	(14)	(65)	(14)	(14)	(14)			
Líneas dadas como últimas o como más intensas.	4012,388 (1)	3560,798	2651,006	3716,365	4012,388	3560,798 (3)	3272,253	4012,388	3560,798 (3)	3272,253	4012,388	3560,798 (3)	3272,253	4012,388	4222,599	4222,599	4222,599	4222,599
	4040,762 (1)		3063,010	4186,599	4040,762	3801,529 (1)	3344,761	4040,762	3801,529 (1)	3344,761	4040,762	3801,529 (1)	3344,761	4040,762	4289,988 (1)	4289,988 (1)	4289,988 (1)	4289,988 (1)
	4186,599		3284,274		4186,599	4186,599 (4)	4012,388 (1)	4186,599	4186,599 (4)	4012,388 (1)	4186,599	4186,599 (4)	4012,388 (1)	4186,599	4296,680 (1)	4296,680 (1)	4296,680 (1)	4296,680 (1)
			3272,253		4186,599	4187,646 (5)	4040,762	4186,599	4187,646 (5)	4040,762	4186,599	4187,646 (5)	4040,762	4186,599	4320,723	4320,723	4320,723	4320,723
		3344,761		3344,761			1=2>3=4>5								4337,777	4337,777	4337,777	4337,777
															4564,658	4564,658	4564,658	4564,658
															4593,932	4593,932	4593,932	4593,932
															4628,161 (1)	4628,161 (1)	4628,161 (1)	4628,161 (1)

### Líneas últimas y líneas más intensas del Disporio

A U T O R	Bardet		Meggers		King		Gerlach		Ting-Chao		Harrison		L. Azcona	
	Arco	Arco-chispa	Arco-chispa	Arco-lomo	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco-chispa	Arco	Arco	Arco
Límites de las medidas.	2500	300	2138	2025	2000	2000	2000	2000	2025	2000	2000	2000	2000	2200
	3500	9240	8943	4700	8943	6720	10000	10000	6720	10000	10000	10000	5000	5000
	(&) (3)	(40)	(11)	(&) (26)	(11)	(65)	(14)	(14)	(65)	(14)	(14)	(14)		
Líneas dadas como últimas.	3524,03	4000,454	3531,712 (1)	3944,692	3531,712 (1)	4000,454	4000,454	4000,454	4000,454	4000,454	4000,454	4000,454	3385,027 (1)	3385,027 (1)
	3538,523	4045,983	3645,416 (3)	3968,395 (2)	3645,416 (3)	4045,983 (1)	4045,983 (1)	4045,983 (1)	4045,983 (1)	4045,983 (1)	4045,983 (1)	4045,983 (1)	3393,533 (1)	3393,533 (1)
	3551,156	4077,974	3407,80 (4)	4000,454	3407,80 (4)	4077,974 (1)	4077,974 (1)	4077,974 (1)	4077,974 (1)	4077,974 (1)	4077,974 (1)	4077,974 (1)	3407,80 (1)	3407,80 (1)
		4167,966	3968,395 (2)	4077,974	3968,395 (2)	4167,966 (1)	4167,966 (1)	4167,966 (1)	4167,966 (1)	4167,966 (1)	4167,966 (1)	4167,966 (1)	3454,326 (2)	3454,326 (2)
	4211,719	4211,719	4077,974	4186,810	4077,974	4211,719 (1)	4211,719	4211,719	4211,719 (1)	4211,719 (1)	4211,719 (1)	4211,719 (1)	3460,971 (2)	3460,971 (2)
		4211,719 (1)	4211,719	4211,719 (1)	4211,719 (1)	1 > 2 > 3 > 4							3645,416 (2)	3645,416 (2)

### Líneas dadas como últimas o como más intensas del Erblio

A U T O R	Gramont	Bardet	Löwe		Meggers		Gerlach		Ting-Chao		Harrison		L. Azcona	
			Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco
Excitación	Chispa condensada	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco
Límites de las medidas.	2130 7950 (13)	2500 3575 (8) (3)	1862 6710 (8) (38)	3523,20 3499,104 3692,652 3906,316	300 9240 (40)	2130 8950 (11)	2025 6720 (65)	3499,104 3692,652 3906,316 4419,611 (1)	2000 10000 (14)	2200 5000	3499,104 3692,652 3906,316 3906,316 (3)	3812,424 (2) 3872,750 (1) 3891,989 (3) 3906,316 (3)		
Líneas dadas como últimas o como más intensas.			3523,20 3499,104 (2) 3692,652 4185,995 4230,202 4298,913 4301,604 4409,359 4419,611 4426,771 4448,611				3906,316 (2) 4007,967 (1) 4151,109 (3) 1 > 2 > 3							

### Líneas últimas y líneas más intensas del Europio

A U T O R	Gramont	Bardet	Löwe		Meggers		Gerlach		Ting-Chao		Harrison		King		L. Azcona	
			Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco
Excitación	Chispa condensada	Arco	Arco	Arco	Arco <td>Arco</td> <td>Arco</td> <td>Arco</td> <td>Arco</td> <td>Arco</td> <td>Arco</td> <td>Arco</td> <td>Arco</td> <td>Arco</td> <td>Arco</td> <td>Arco</td>	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco	Arco
Límites de las medidas.	2130 7950 (3)	2500 3575 (8) (3)	1862 6710 (8) (38)	4129,737 4205,046	300 9240 (40)	2130 8950 (11)	2025 6720 (65)	4129,737 4205,046	2000 10000 (14)	2100 10200 (30)	2200 5000	3819,66 (4) 4129,737 4205,046 (4) 4435,53 (2) 4594,02 (1) 4627,122 (2) 4661,88 (3) 5831,047 6645,15 (4)	3819,66 (4) 4129,737 4205,046 (4) 4435,53 (2) 4594,02 (1) 4627,122 (2) 4661,88 (3) 5831,047 6645,15 (4)			
Límites dados como últimos o como más intensos.	4129,737 4205,046	3213,747 3334,326 (1)														

### Líneas últimas y líneas más intensas del Gadolinio

A U T O R	Bardet	Meggerts	King	Gerlach	Ting-Chao	Harrison	L. Azcona
Excitación							
Límites de las medidas.	2500 3575 (&)(3)	300 9240 (&)(40)	3835 4700 (&)(26)	2130 8950 (11)	2025 6720 (65)	2000 10000 (14)	2200 5000
Líneas dadas como últimas o como más intensas.	3087,00 3100,508 3545,794 3549,365	3646,196 I 3768,405 I	3916,589 4070,709 4098,613 4180,378 4184,264 4225,858 4251,736 4342,191 4346,459 (1) 4373,889 4401,853 4422,413 4430,627 4476,144	3350,428 (2) 3362,244 (3) 3422,466 (1) 3584,964 (6) 3646,196 (4) 3768,405 (5) 4098,613 (7) 4184,264 (8) 1>2=3=4=b 5=6>>>7>8	3646,196 3768,405	3646,196 3768,405	3100,508 (3) 3350,482 (2) 3358,628 (3) 3362,244 (2) 3422,466 (1) 4346,459 (3) 626

### Líneas dadas como últimas o como más intensas del Holmio

A U T O R	Bardet	Meggerts	King	Gerlach	Ting-Chao	Harrison	L. Azcona
Excitación							
Límites de las medidas.	2500 3575 (&)(3)	300 9240 (40)	3835 4700 (&)(26)	2125 8950 (11)	2025 6720 (65)	2000 10000 (14)	2200 5000
Líneas dadas como últimas o como más intensas.	3398,98 3425,35 3428,13 3456,00 (1) 3474,25 3484,73 3515,58	2986,77 II 3748,17 II 3891,02	3891,02 4015 4058,92 (1) 4108,84 (1)	3398,98 (2) 3453,13 (1) 3810,70 (4) 3891,02 (3) 4045 (5) 4053,92 4103,84 416 1>2=3>4=5	3748,17 3891,02	2986,77 3748,17 3891,02	3398,98 3416,46 3453,13 3456,00 3891,02



### Líneas últimas y líneas más intensas del Lutecio

A U T O R	Barlet		Löwe		Meggers		King		Gerlach		Ting-Chao		Harrison		L. Azcona	
	Arco		Arco		Arco-chispa		Arco-horno		Arco		Arco		Arco-chispa		Arco	
Excitación																
Límite de las medidas.	2500	3575	1862	6710	300	9240	2985	6800	2180	8950	2025	2000	2200	2000	2200	2200
	(3)		(&)(38)		(40)		(&)(27)		(11)	(65)		(14)	5000			
	2615,42	2894,84	2894,84	2900,30	2894,84 II	3077,60	3077,60	2615,42 (1)	2615,42	2615,42	2615,42	2894,84	2894,84 (1)	2894,84	2894,84	2615,42 (1)
	2911,39 (1)	2900,30	2900,30	2911,39 (1)	2911,39 II	3812,11	3812,11	2911,39 (2)	2911,39	2894,84	2894,84	2911,39	2900,30	2911,39	2900,30	2900,30
	3077,60	3911,39 (1)	3911,39 (1)	3963,32	3963,32	3963,32	3963,32	3077,60 (3)	3077,60	2900,30	2900,30	3963,32	3963,32	3963,32	3963,32	2911,39 (2)
	3559,56	3559,56	3559,56	3559,56	3559,56	3559,56	3559,56	1 > > > 2 > 8	3559,56	2911,39	2911,39	3559,56	3559,56	3559,56	3559,56	3077,60
	3897,07	3897,07	3897,07	3897,07	3897,07	3897,07	3897,07	4124,73	3897,07	9077,60	9077,60	3897,07	3897,07	3897,07	3897,07	9077,60
	3507,39	3507,39	3507,39	3507,39	3507,39	3507,39	3507,39	4518,57	3507,39	3359,56	3359,56	3507,39	3507,39	3507,39	3507,39	3359,56
	4518,57 (1)	4518,57 (1)	4518,57 (1)	4518,57 (1)	4518,57 (1)	4518,57 (1)	4518,57 (1)	5476,69	4518,57 (1)	4518,57 (1)	4518,57 (1)	4518,57 (1)	4518,57 (1)	4518,57 (1)	4518,57 (1)	4518,57 (1)
	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52	6004,52
	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87	6221,87
	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12	6463,12
Líneas dadas como últimas o como más intensas.																

### Líneas dadas como últimas o como más intensas del Neodimio

A U T O R	Bardet		Löwe		Meggers		King		Gerlach		Ting-Chao		Harrison		L. Azcona	
	Arco		Arco		Arco-chispa		Arco-horno		Arco		Arco		Arco-chispa		Arco	
Excitación																
Límite de las medidas.	2180	2500	1862	6710	300	9240	2985	7500	2180	8950	2025	2000	2200	2000	2200	2200
	(12)	(3)	(38)		(40)		(28)		(11)	(65)		(14)	5000			
	3851,154 (1)	3828,270	3851,154	4177,321	3851,154	4177,321	4012,250 (3)	4012,250 (3)	4012,250 (4)	4012,250 (4)	4177,321	3851,154	4012,250 (3)	3851,154	4012,250 (3)	3851,154
	4177,321	3543,468	4177,321	4177,321	4177,321	4177,321	4156,083 (4)	4156,083 (4)	4061,085 (5)	4061,085 (5)	4308,573 (1)	4177,321	4247,367 (2)	4177,321	4247,367 (2)	4177,321
	4308,573 (1)	3560,749	4308,573	4308,573	4308,573	4308,573	4308,573 (2)	4308,573 (2)	4109,455 (2)	4109,455 (2)	4308,573 (1)	4308,573	4308,573 (1)	4308,573	4308,573 (1)	4308,573
		3568,869	3568,869	3568,869	3568,869	3568,869	4451,566 (2)	4451,566 (2)	4156,083 (3)	4156,083 (3)						
							4462,985 (4)	4462,985 (4)	4308,573 (1)	4308,573 (1)						
							4924,531 (3)	4924,531 (3)	4451,566 (6)	4451,566 (6)						
							5620,538 (1)	5620,538 (1)	1 > 2 = 3 = 4	1 > 2 = 3 = 4						
							5675,971 (4)	5675,971 (4)	4 = 5 = 6	4 = 5 = 6						
Líneas dadas como últimas o como más intensas.																

### Líneas dadas como últimas o como más intensas del Praseodimio

A U T O R	Bardet		King		Meggers		Gerlach		Ting-Chao		Harrison		L. Azcona	
	Arco		Arco-horno		Arco-chispa		Arco		Arco		Arco-chispa		Arco	
Límites de las medidas.	2500	3111	800	2180	2025	2000	2200							
	3575 (8) (3)	6827 (8) (25)	9240 (40)	8950 (11)	6720 (65)	10000 (14)	5000							
Líneas dadas como últimas o como más intensas.	3163,735	3761,867 (1)	4062,817	3908,083 (1)	4062,817	4062,817	3982,825 (1)							
	3168,242	3800,803	4179,422	481	4189,518	4179,422	4322,98							
	3172,314	3851,617	4189,518	4062,817 (3)	4225,927	4189,518	4247,662							
	3219,551	3877,225	4225,927	4100,746 (2)		4225,927	4305,763							
	3355,668	3908,431		4143,186		4225,927	4333,918							
	3394,613	3964,825 (1)		4179,422 (4)		4408,844	4408,844							
	3430,278	3994,884		4225,927										
	3474,450	4118,481		4408,844										
	3487,574	4408,844		4496,429 (1)										
	3504,270	4496,429 (1)												

 $1 \geq 2 \geq 3 = 4$ 

### Líneas dadas como últimas o como más intensas del Samario

A U T O R	Bardet		King		Gerlach		Ting-Chao		Harrison		L. Azcona	
	Arco		Arco-horno		Arco		Arco		Arco-chispa		Arco	
Límites de las medidas.	2500	2910	2180	2025	2000	2200						
	3575 (8) (3)	8720 (8) (29)	8950 (11)	6720 (65)	10000 (14)	5000						
Líneas dadas como últimas o como más intensas.	3568,258	3568,258 (1)	3568,258 (5)	4890,865 (1)	4890,865	3254,378						
		3592,595 (1)	3592,595 (1)	4424,342 (1)	4424,342	3340,585						
		3609,484 (2)	3609,484 (2)	3609,484 (2)	4434,311	3365,865						
		3634,271 (1)	3634,271 (4)	3634,271 (4)		3382,407						
		3661,350 (3)	3661,350 (3)	4281,002 (3)		4256,396						
		3679,817 (3)	3679,817 (3)	80,779		4280,779						
		3698,996 (2)	3698,996 (2)	4424,342		4669,890						
		3885,284 (3)	3885,284 (3)	4434,321								
		6569,31 (3)	6569,31 (3)	4467,341								

 $1 > 2 = 3 = 4 = 5$

### Líneas últimas y líneas más intensas del Terbio

A U T O R	Bardet		Meggers		King		W. Gerlach		Ting-Chao		Harrison		L. Azcona	
	Arco		Arco-chispa		Arco-horno		Arco		Arco		Arco-chispa		Arco	
Excitación														
Límites de las medidas.	2500	300	3885	2130	2025	2000	2200	3575	9240	4700	8950	6720	10000	5000
	(& (3)	(40)	(8) (26)	(11)	(65)	(14)								
Líneas dadas como últimas o como más intensas.	3509,17 (1) 3581,70 (2) 3561,74 (2)	3509,17 3561,74 3848,75 3874,18	3874,18 3899,19 3939,60 3976,821 (1) 4005,55 4083,04 4278,51 4318,85 4326,48	3509,17 (1) 3676,35 (2) 3702,85 (3) 03,92 3848,75 (4) 3874,18 (5) 4144,45 4778,51 (ch) 4318,85 4326,88 4326,48	3509,17 3561,74 3874,18	3509,17 3561,74 3848,75 3874,18	3218,98 3219,95 3280,28 3324,40 (1)							

### Líneas últimas y líneas más intensas del Tulio

A U T O R	Bardet		Meggers		W. Gerlach		Ting-Chao		Harrison		L. Azcona		
	Arco		Arco-chispa		Arco		Arco		Arco-chispa		Arco		
Excitación													
Límites de las medidas.	2500	300	2130	2025	2000	2200	3575	9240	4700	8950	6720	10000	5000
	(& (3)	(40)	(11)	(65)	(14)								
Líneas dadas como últimas o como más intensas.	3131,26 (1) 3133,89 3362,61 3453,66 3462,20 (1)	3462,20 3761,333 3761,917	3131,26 (2) 3425,08 (4) 3462,20 (3) 3761,333 61,917 (1) 3848,018 (6) 4094,18 (7) 4105,84 (6) 4187,62 4242,15 1=2>3=4=5 5>>6>7	3462,20 (1) 3761,333 3761,917	3462,20 3761,333 3761,917	3131,26 3362,61 3425,08 3453,66 3462,20							

**Líneas últimas y líneas más intensas del Iterbio**

A U T O R	Excitación	Gramont	Bardet	Löwe	Meggors	King	Gerlach	Ting-Chao	Harrison	L. Azcona
		Chispa condensada	Arco	Arco	Arco-chispa	Arco-lomo	Arco	Arco	Arco-chispa	Arco
	Límites de las medidas.	2130 7950 (13)	2500 3575 (8)	1862 6710 (38)	300 9240 (40)	2935 6800 (27) (&)	2138 8948 (11)	2025 6720 (65)	2000 10000 (14)	2200 5000
	Líneas dadas como últimas o como más intensas.	3987,994 (2) 3694,20 (1) 3289,37	3464,37 (2) 3289,37 (1) 3031,11 (3)	3987,994 (2) 3694,203 (1) 3289,37	3987,994 3694,203 3289,37	5556,476 (2) 3987,994 (1) 3694,208 (2)	3987,944 (3) 3694,208 (2) 3289,37 (1)	3694,203 3289,37	3987,994 3694,205 3289,37	3987,99 3694,20 3289,37 3031,11 2891,38

1 > 2 >> 3

**SENSIBILIDAD DE LAS «TIERRAS RARAS»**

Lo mismo que decíamos para las rayas últimas, tenemos que decir de la sensibilidad, o sea, que ésta está influida por las bandas de los carbones. Para las distintas tierras con que hemos operado damos dos sensibilidades: una que denominamos máxima, que es a la que llegan las rayas más persistentes, y la otra que denominamos cuantitativa, y es a la que llegan más de una raya, de las que su densidad de ennegrecimiento están comprendidos en los límites propios para valoraciones cuantitativas, para lo cual estas líneas han de tener un 5 o número superior en la escala de intensidades que hemos dado.

Elemento	Sensibilidad máxima en g.	Sensibilidad en g. para determinaciones cuantitativas
Ce	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$
Ds	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$
Er	$2 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-7}$
Eu	$2 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-7}$
Gd	$2 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-6}$
Ho	$2 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-6}$
Lu	$2 \times 10^{-8}$	$2 \times 10^{-7}$
Nd	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$
Pr	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$
Sm	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-5}$
Tb	$2 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$
Tu	$2 \times 10^{-7}$	$2 \times 10^{-6}$
Yb	$2 \times 10^{-8}$	$2 \times 10^{-7}$

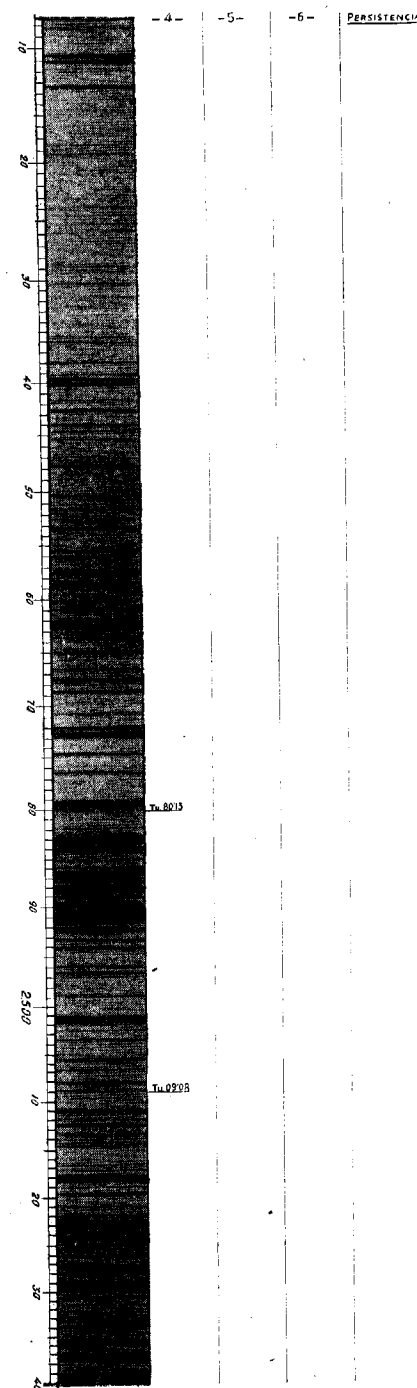
Las sensibilidades del Lutecio y del Iterbio son verdaderamente extraordinarias, como ya dijo Bardet. Se puede

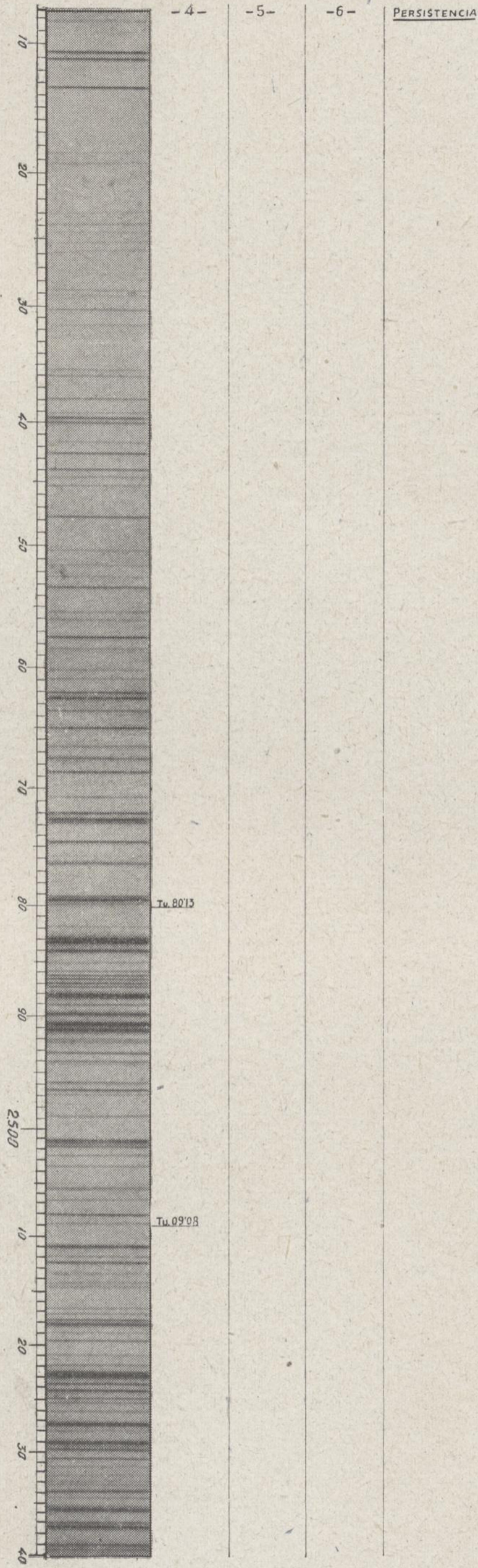
aumentar las de los otros once elementos, al igual que las de estos dos, recurriendo a los métodos de concentración piroeléctrica (55), en especial si se concentran grandes cantidades, como hemos hecho en algunos problemas (33). Comparemos estas sensibilidades con otras que figuran en trabajos recientes para poner de manifiesto las ventajas de nuestro método para la valoración de pequeñas cantidades. Una de las series más interesantes de trabajos en que se estudia la sensibilidad de las "tierras raras" es la del Profesor G. Piccardi, el cual tiene ya publicados los del Eu (43 y 46), Gd (42 y 44) y Sm (45), en los que da las concentraciones mínimas del líquido con que opera, que son necesarias para que en el espectro de llama se aprecie el elemento a estudiar. A la exposición le da una duración de 30 minutos, aunque en algunos casos para el Eu (46) llega a 50; y si tenemos en cuenta, gracias a una comunicación privada que debo a la amabilidad del mismo, que para 30 minutos de exposición el consumo de disolución es de un centímetro cúbico, la sensibilidad es:

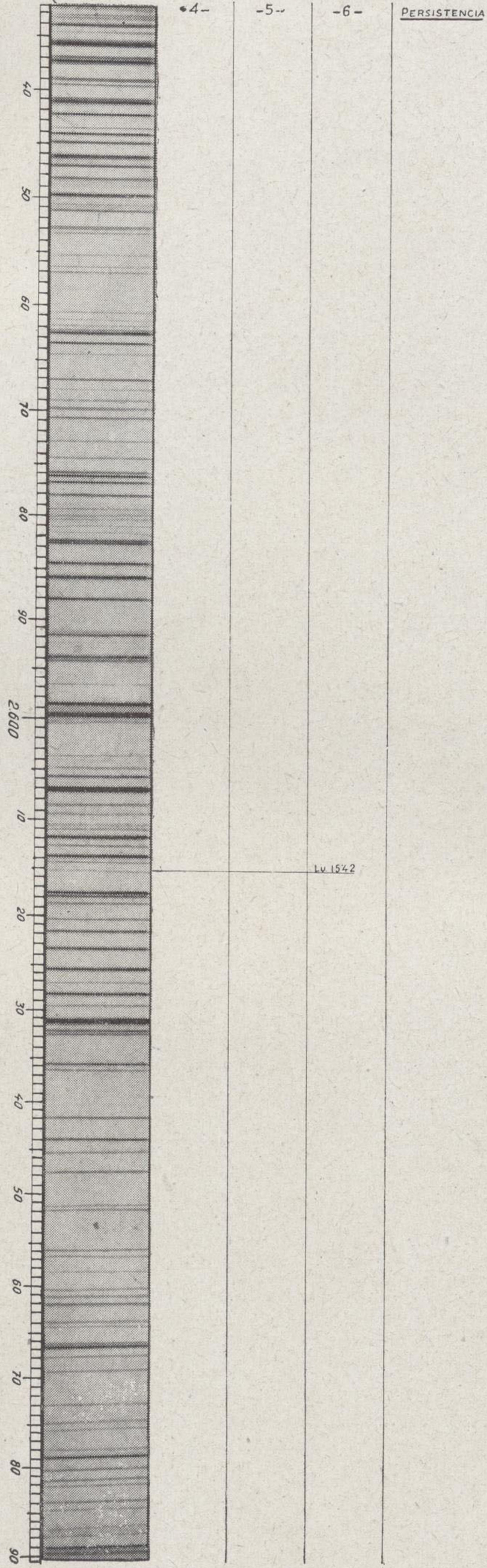
Elemento	Porcentaje mínimo observable	Porcentaje mínimo observable del elemento	Sensibilidad en g.
Eu	0,0001 % $\text{Eu}_2\text{O}_3$	0,000086 %	$8,6 \times 10^{-7}$
Gd	0,05 % $\text{Gd}_2\text{O}_3$	0,043 %	$430 \times 10^{-6}$
Sm	0,1 % $\text{Sm}_2\text{O}_3$	0,086 %	$86 \times 10^{-5}$

Debemos hacer la observación de que aunque los espectros obtenidos por el Método Piccardi son de gran sencillez, el mismo autor indica su poca sensibilidad para el Gd y Sm. En un trabajo posterior (47) fija un porcentaje superior en la concentración del límite mínimo en Eu para ser observable, que es el 0,01 por 100, que corresponde a  $860 \times 10^{-7}$  g., con lo que la sensibilidad queda reducida a la centésima parte.

En un trabajo de A. Gatterer y J. Junkes (8) sobre valo-

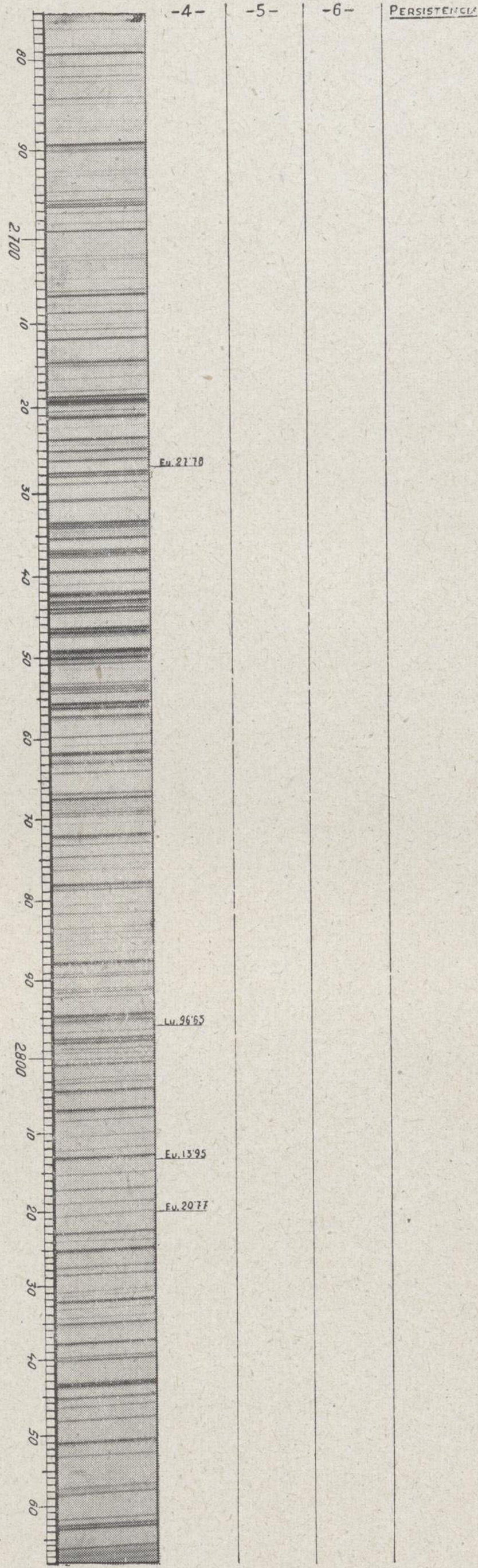




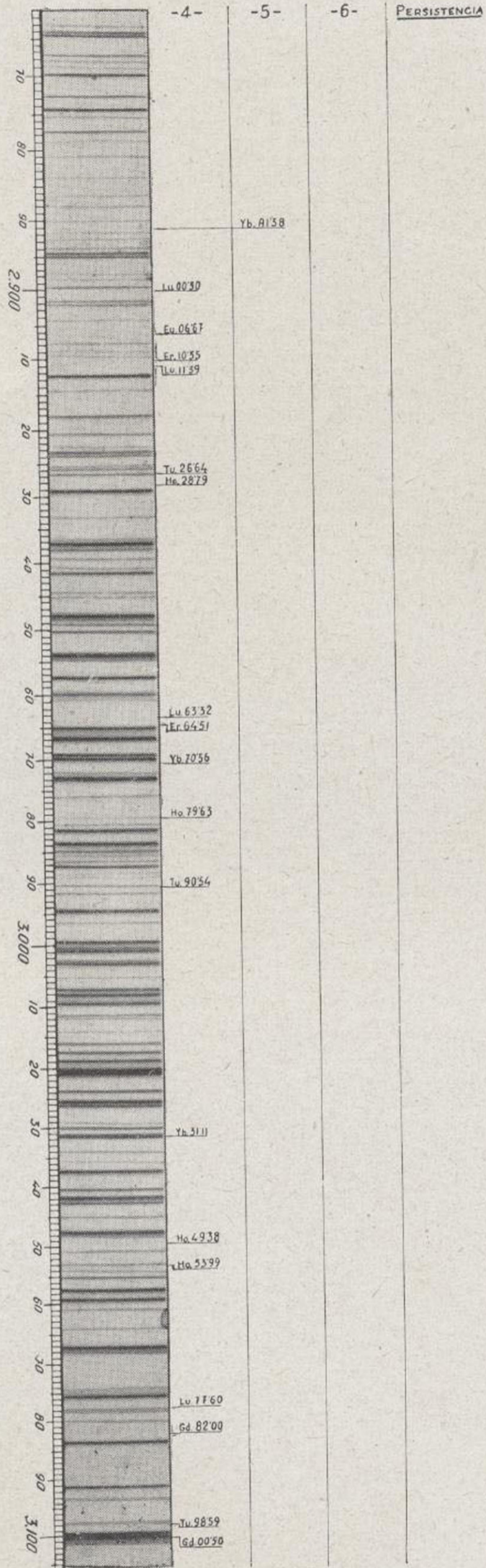


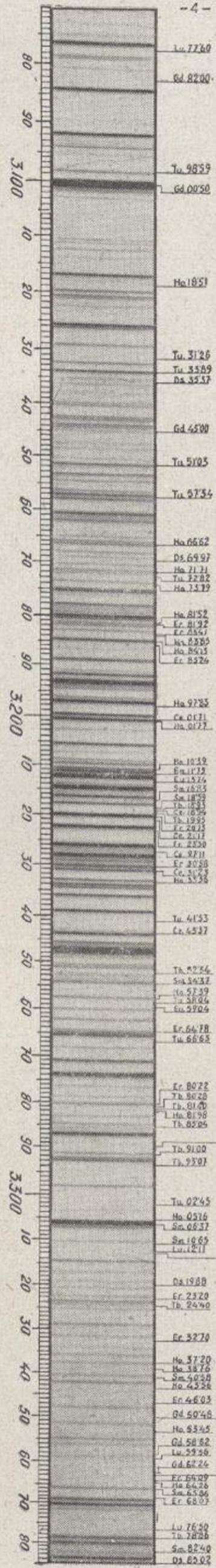
J. M. LÓPEZ DE AZCONA

ATLAS DE LAS «TIERRAS RARAS»









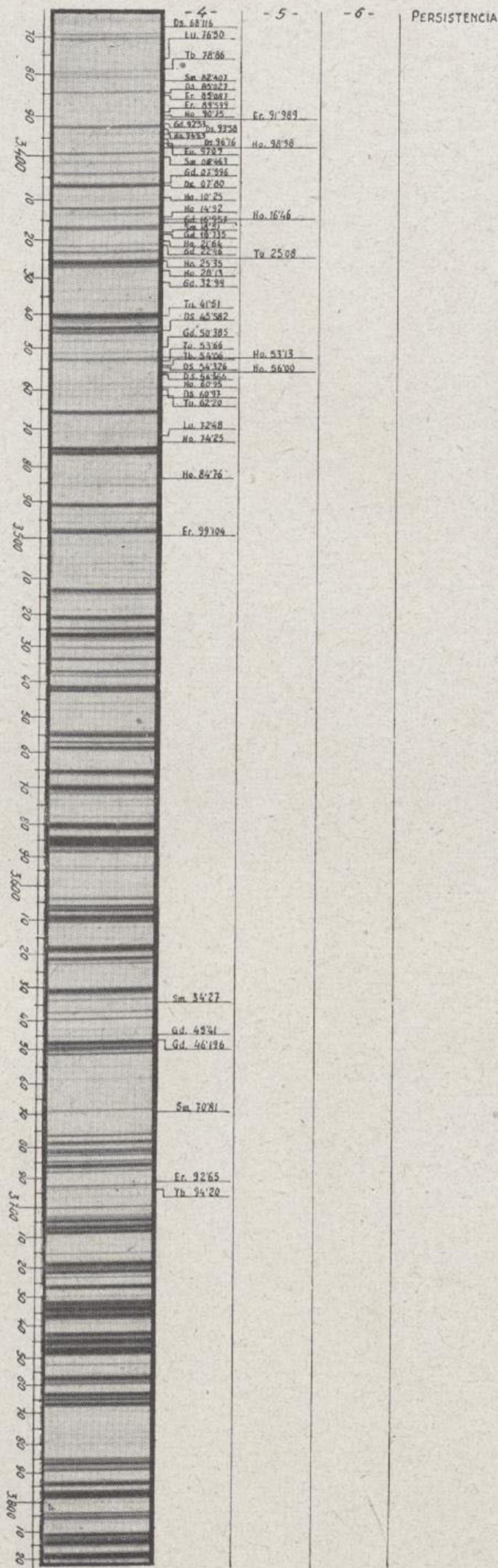
-4-

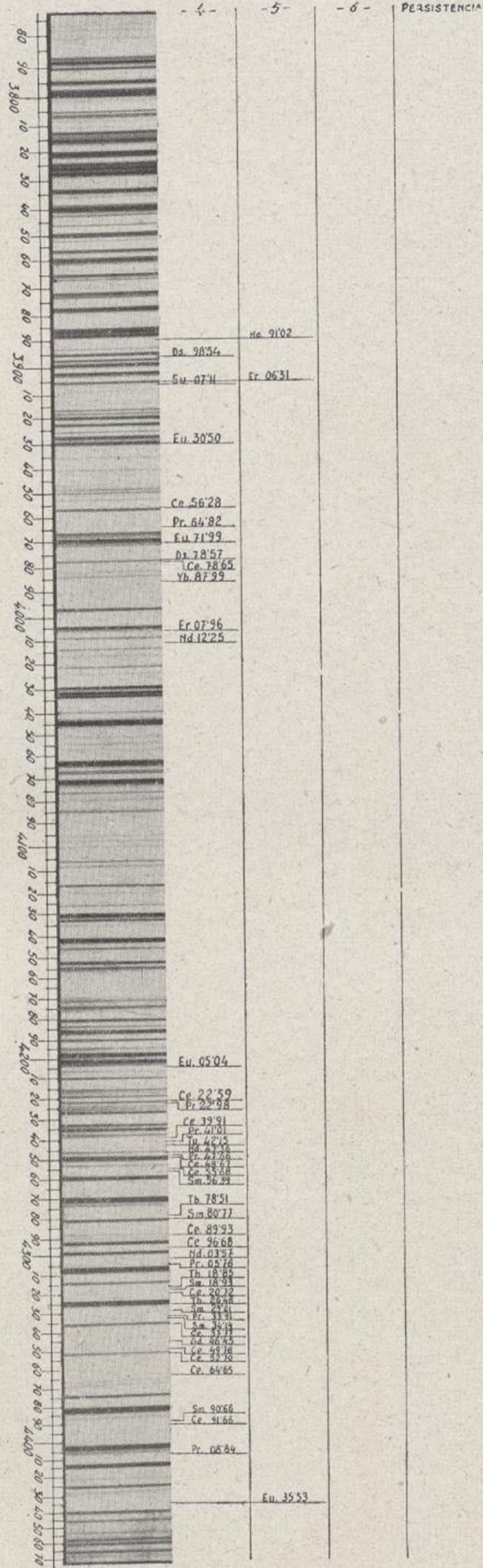
-5-

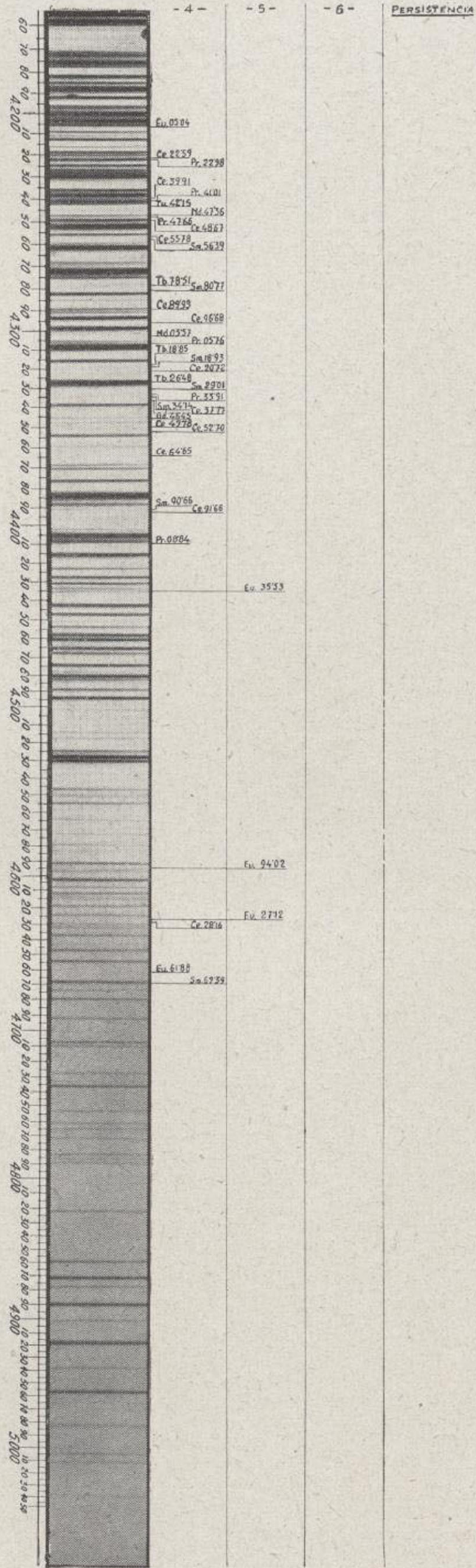
-6-

PERSISTENCIA









PERSISTENCIA



ración de Eu, con el método Sheibe-Rivas modificado por aquellos autores, exponen que ésta se puede hacer semicuantitativa cuando en la disolución empleada el Eu está en la proporción de  $5 \times 10^{-6}$ , y cuantitativa con un error de 5 por 100 cuando lo es en la proporción de  $10^{-4}$ . Si tenemos en cuenta que el consumo es de 80 mm<sup>3</sup>, su sensibilidad en cantidad de elemento es:

Elemento	Proporción mínima observable	Sensibilidad en g.	Clase de valoración
Eu	$5 \times 10^{-6}$	$40 \times 10^{-7}$	Semicuantitativa.
Eu	$1 \times 10^{-4}$	$80000 \times 10^{-7}$	Cuantitativa.

### Atlas de las «tierras raras»

Damos un atlas de las "tierras raras" comprendido entre 2400 y 5000 Å, en el que las escalas del hierro están tomadas hasta 3400 Å de nuestro atlas mural de rayas últimas (31), y desde esta longitud del de Gatterer y Junkes (7), en los espectrogramas sólo hemos marcado las líneas que tienen como persistencias 4, 5 y 6; las que están indicadas a distintas alturas para que rápidamente se vean las persistencias. Ponemos para cada raya el símbolo del elemento a que pertenece y su longitud de onda, de modo que se puedan ver rápidamente las rayas que interesan para la determinación de pequeñas cantidades de "tierras raras" en la muestra que se analiza, con lo que el trabajo del analista queda simplificado considerablemente.

El atlas comienza en 2400 Å, por ser menor de 4 la persistencia de todas las líneas de estos elementos comprendidas en 2200 a 2400 Å.

### Valoración del Gadolinio en el Samario

Anteriormente hablamos de una valoración de Gadolinio contenido como impureza en una muestra de Samario, efectuada con ocasión de unos estudios que se hicieron en la sección de magnetismo del Instituto Nacional de Física y Química. De las tres muestras de óxido de Samario con que se hizo el estudio, se obtuvieron por el Profesor Piña, en el año 1932, unos espectrogramas entre 2300 y 3400 Å, los que pusieron inmediatamente de manifiesto una mayor cantidad de Gadolinio en el Samario Rolla que en los de Prandtl, y por comparación con las escalas obtenidas para la tesis de Amat (1) pudo comprobar que la cantidad en Gd era del orden del 1 por 100 o ligeramente mayor.

Para la valoración exacta de esta impureza por el método de las escalas cuantitativas se tenían que preparar unas escalas de Gadolinio con un óxido de Sm, en el que el Gd fuese menor de 1 en 1.000 y proceder por interpolación; pero se tropezaba con el inconveniente de no disponer de  $\text{Sm}_2\text{O}_3$  suficientemente puro, por lo que se empleó como diluyente unas veces el  $\text{ClNa}$  puro, por sus pocas rayas y ser el que se empleaba corrientemente para preparar las escalas cuantitativas en el Instituto, y otras el  $\text{MgO}$  puro, que tiene para este problema dos ventajas, que son: Un punto de volatilización cercano al de las "tierras raras", lo que sirvió para poner de manifiesto que en este método los resultados tienen poca diferencia, aunque los diluyentes sean de distinto punto de volatilidad; y que ninguna de las rayas del Mg perjudica a las del Gd que se han utilizado para la valoración. Como elementos testigo se emplearon dos: el Mo al 5 por 1.000, usado corrientemente en dicho centro, y el La, por su identidad con el Gd.

Del Sm (R) se disponía para hacer el análisis de 0,06 g., y se preparó en cuatro grupos, de acuerdo con el siguiente cuadro:

Grupo	Diluyente	Elementos añadidos como testigos	Peso del $\text{Sm}_2\text{O}_3$ en g.	Peso del diluyente en g.	Términos de Gd entre los que se interpolan	Proporción de $\text{Sm}_2\text{O}_3$ %
1.º	Ninguno	0,5% Mo + 1% La	0,04	—	1 % y 3 %	100
2.º	$\text{ClNa}$	0,5% Mo	0,01	0,01	0,5 % y 1 %	50
3.º	$\text{MgO}$	0,5% Mo + 1% La	0,004	0,36	0,1 % y 0,5 %	10
4.º	$\text{ClNa}$	0,5% Mo	0,002	0,018	0,1 % y 0,5 %	10

De Gadolinio se prepararon para comparación ocho escalas, de manera que tuviese el mismo diluyente y elementos testigo que el empleado para el Sm (R), a excepción del grupo 1.º de Sm, que, como no tenía diluyente, se comparó con escalas de Gadolinio hechas con  $\text{MgO}$ .

Grupo	Diluyente	Elementos añadidos como testigos	Peso del Gd en g.	Peso del diluyente en g.	Cantidad disponible en g.	Proporción de Gd por %
1.º	$\text{MgO}$	0,5% Mo + 1% La	0,0071	0,0929	0,0666	3
2.º	$\text{MgO}$	0,5% Mo + 1% La	0,0333 al 3 %	0,0666	0,07	1
3.º	$\text{MgO}$	0,5% Mo + 1% La	0,030 al 1 %	0,030	0,05	0,5
4.º	$\text{MgO}$	0,5% Mo + 1% La	0,01 al 0,5 %	0,04	0,05	0,1
5.º	$\text{ClNa}$	0,5% Mo	0,0071	0,0929	0,0666	3
6.º	$\text{ClNa}$	0,5% Mo	0,0333 al 3 %	0,0666	0,07	1
7.º	$\text{ClNa}$	0,5% Mo	0,030 al 1 %	0,030	0,05	0,5
8.º	$\text{ClNa}$	0,5% Mo	0,01 al 0,5 %	0,04	0,05	0,1

En estos grupos se puso, según vemos, como elementos testigo el Mo y el La para las escalas en que el diluyente era el óxido de magnesio, y sólo el Mo para las escalas preparadas con cloruro sódico; los elementos testigo se añadieron con el diluyente de cada término, preparando una cantidad de medio gramo de cada uno de los dos tipos, pero mayor del necesario, indispensable para exactitud de las pesadas.

Como la cantidad con que se operó para la obtención de cada espectrograma fué 0,02 g., se pudieron obtener dos espectrogramas con el Sm (R) del primero y del tercer grupo y uno con los del segundo y cuarto, en total seis espectrogramas, con lo que se consiguió el máximo de división del material a estudiar. Los espectrogramas del Sm (R) se intercalaron entre los correspondientes del Gd. El Profesor Piña (4) hizo con estos primeros espectros una valoración, en 1932, que le dió 1,17 por 100 de Gadolinio en el óxido de Sm, o sea, que la impurificación era diez veces lo que había garantizado la casa Hilger. Gracias a la propiedad que tiene el análisis espectroquímico, si se archivan los espectrogramas, de poder revisar en cualquier ocasión los resultados obtenidos, hizo dicho investigador una nueva valoración en 1936, la que le dió 1,23 por 100, lo que fué motivo para que preparase un trabajo en el que daba cuenta de la marcha seguida en ambas ocasiones, el cual no se llegó a publicar. Como nosotros teníamos de aquel entonces algunos datos, los hemos utilizado para hacer la valoración que damos ahora, para la que no pudimos hacer más medidas, como era nuestro propósito, con el fin de completar el cuadro que damos más adelante, por haber desaparecido los espectrogramas originales durante la dominación roja.

En el cálculo de la proporción en que entra el Sm, hemos seguido una marcha, desarrollada detenidamente por nosotros en otra ocasión (36), para hacer valoraciones cuantitativas fundadas en propiedades ya clásicas en el análisis espectroquímico, aunque no sean rigurosamente exactas, las que tomamos de un trabajo de Twyman (68) y reproducimos a continuación:

a) Se puede hacer emitir un espectro de líneas características de elementos a toda mezcla o a toda combinación de elementos.

b) En tales espectros, las intensidades de las líneas de los diferentes elementos tienen entre ellas una relación dependiente

solamente de los porcentajes presentes. c) Las pequeñas variaciones de porcentaje de uno cualquiera de los elementos presentes no causan ninguna variación en las intensidades de las líneas de otros elementos." Como consecuencia de la propiedad b), si conservamos constante la manera de excitar la radiación, la energía fotoquímica  $I$  de una línea producida por un cierto elemento es proporcional a la cantidad  $A$  de éste llevada al estado luminiscente:

$$I = k \cdot A \cdot [1].$$

Se denomina opacidad o poder absorbente de la luz  $O$  al cociente entre la intensidad luminosa  $J_0$ , al que sometemos una emulación fotográfica después de revelada, y la  $J$  que deja pasar:

$$O = \frac{J_0}{J}.$$

La densidad de ennegrecimiento  $\Delta$  está dada por el logaritmo de la cantidad de plata reducida, y él es el logaritmo de la opacidad.

$$\Delta = \log O = \log \frac{J_0}{J}.$$

Si trazamos una curva tomando por abscisas los logaritmos decimales de las intensidades de iluminación  $J$  y por ordenadas las densidades de ennegrecimiento, su ecuación será de la forma (67):

$$\Delta = k + \gamma \log J \quad [2]$$

Las intensidades de la luz incidente y emergente en la película impresionada y revelada, se miden por el espectrofotómetro, las cuales están dadas por el inverso de la desviación del galvanómetro o electrómetro. Denominamos desviación del galvanómetro a la diferencia de lectura entre la posición en la que se interpusiese un obturador cerrado entre



el manantial luminoso y la emulsión fotográfica en el momento de fotometrar, o sea, la de la opacidad máxima, y la que corresponde a la del punto que estamos midiendo. Las fotometrías del problema que nos ocupa se hicieron con un densómetro fotoeléctrico registrador Zeiss, del Instituto Geológico y Minero, y con un fotómetro termoeléctrico Koch, del Instituto Nacional de Física y Química. Con este último, algunas fotometrías se hicieron sin registrar, sólo por apreciación visual.

La ecuación que representa la densidad de ennegrecimiento en función de la desviación  $D$  (67) es:

$$\Delta = c - \log D \quad [3]$$

Si consideramos la ecuación [2] para dos intensidades distintas  $J_1$  y  $J_2$ , se tiene:

$$\Delta_1 = K + \gamma \log J_1$$

$$\Delta_2 = K + \gamma \log J_2$$

restándolas y teniendo en cuenta la ecuación [1]:

$$\Delta_1 - \Delta_2 = \gamma \log \frac{J_1}{J_2} = \gamma \log \frac{A_1}{A_2} \quad [4]$$

aplicamos al mismo caso la ecuación [3], y restamos de  $\Delta_1$  la  $\Delta_2$ , lo que da:

$$\Delta_1 - \Delta_2 = \log \frac{D_2}{D_1} \quad [5]$$

igualamos las ecuaciones [4] y [5]; tenemos:

$$\Delta_1 - \Delta_2 = \gamma \log \frac{A_1}{A_2} = \log \frac{D_2}{D_1} \quad [6]$$

O sea, que los logaritmos de las cantidades de los elementos son inversamente proporcionales a los logaritmos de las desviaciones del electrómetro. Fundándonos en esta propiedad

aproximada hicimos las valoraciones que damos en la columna tercera del cuadro comparativo de resultados, que corresponde a valoraciones de Gadolinio de una manera absoluta.

En la práctica, los problemas no se presentan con esta sencillez tan grande, a causa de fenómenos que producen ennegrecimientos del fondo, y en realidad las desviaciones que nos dan los galvanómetros son debidas a la suma de los ennegrecimientos de la raya y fondo de la misma, además de otros ennegrecimientos que son constantes para cada fotometría, como son la propia de la película revelada sin impresionar, pérdida por cambio de medios al fotometrar, etc.

Si denominamos  $D_o$  la desviación producida por la película revelada sin impresionar, cambios de medios del haz luminoso, etc., que son constantes para cada densometría,  $D_f$  la producida por el fondo añadido a la parte constante antes indicada,  $D_r$  la producida por la raya añadida al fondo y parte constante y  $D$  la de la raya de la parte constante, tenemos que las tres primeras las da el galvanómetro, pero no así la cuarta, que es la que más interesa y vamos a calcular.

Consideremos como desviación de la luz incidente la  $D_o$ , con lo que el error introducido al suprimir la parte constante en esta desviación es insignificante y menor que otros errores propios de los métodos, al seguir el mismo criterio; la  $D$  será la de la raya,  $D_r$  la de la raya más el fondo y  $D_f$  la del fondo. La densidad de ennegrecimiento de la raya es la diferencia entre la correspondiente a la raya con fondo y la densidad del fondo, o sea:

$$\Delta = \Delta_r - \Delta_f$$

o bajo otra forma, dado que las densidades de ennegrecimiento son:

$$\Delta = \log \frac{D_o}{D}; \quad \Delta_r = \log \frac{D_o}{D_r}; \quad \Delta_f = \log \frac{D_o}{D_f}$$

$$\log \frac{D_o}{D} = \log \frac{D_o}{D_r} - \log \frac{D_o}{D_f} = \log \frac{D_f}{D_r}$$

de donde las desviaciones

$$\frac{D_o}{D} = \frac{D_f}{D_r}$$

Conviene aclarar qué entendemos por densidad de ennegrecimiento del fondo; como tal consideramos la misma que denominó Lundegardh (39): valor al lado de la línea, es decir, aquel que cuando la concentración del elemento que emite la radiación que produce la línea es nula, el cociente de desviaciones tomadas en los mismos puntos es  $\frac{D_r}{D_f} = 1$ . Aplicado este concepto a una línea y su fondo,

$$\Delta = \gamma \log J = \log \frac{D_f}{D_r}$$

y extendido a dos cantidades distintas del problema,

$$\Delta_1 - \Delta_2 = \gamma \log \frac{A_1}{A_2} = \log \frac{D_{f1}/D_{r1}}{D_{f2}/D_{r2}}$$

de esta manera hemos calculado los valores que damos en la columna cuarta del cuadro comparativo de resultados, que es en la que figuran los valores de Gadolinio con corrección por fondo.

Supongamos que al problema le añadimos un elemento testigo, que en nuestro caso hemos visto son el Molibdeno y Lantano, los cuales tienen por objeto hacer las correcciones debidas a las pérdidas de sustancia, ocasionadas al cargar los electrodos, cebado del arco, etc., ya que proporcionalmente son análogas las pérdidas de estos elementos y el que se valora, y al mismo tiempo, como conocemos la cantidad de éstos, es como si hiciésemos valoraciones relativas.

Pongamos el subíndice  $t$  a los valores del término testigo y apliquemos las fórmulas [4] y [6] a rayas distintas, en lugar de a una sola con distintas concentraciones, con el cuidado de que las dos rayas estén en una zona equisensible para que las constantes  $K$  y  $\gamma$  sean iguales.

$$\Delta_1 - \Delta_{1t} = \log \frac{D_{1t}}{D_1} = \gamma \log \frac{J_1}{J_{1t}}$$

y para otra concentración

$$\Delta_2 - \Delta_{2t} = \log \frac{D_{2t}}{D_2} = \gamma \log \frac{J_2}{J_{2t}}$$

restándolas y teniendo en cuenta la ecuación [1]

$$\gamma \log \frac{A_1/A_{1t}}{A_2/A_{2t}} = \log \frac{D_{1t}/D_1}{D_{2t}/D_2}$$

De esta manera hemos calculado los valores que damos en las columnas quinta y séptima, los que representan la cantidad de Gadolinio con relación a los términos de comparación Mo y La, respectivamente. Por último, corriamos esta última ecuación de fondo, y de una manera análoga a como lo hicimos anteriormente se llega a la fórmula:

$$\gamma \log \frac{A'_1/A'_{1t}}{A'_2/A'_{2t}} = \log \frac{\frac{D_{f1} : D_{r1}}{D_{f1t} : D_{r1t}}}{\frac{D_{f2} : D_{r2}}{D_{f2t} : D_{r2t}}}$$

que teóricamente debe ser la más exacta y es con la que hemos calculado los valores de las columnas sexta y octava.

Damos un cuadro titulado "Cálculo de la proporción de Gd contenido en el Sm (R)", para que se vea la marcha que seguimos en los cálculos, tanto sin elemento testigo como con él. En la primera fila están representados los datos corres-

**Cálculo de la proporción d**

ESCALAS	GADOLINIO $\lambda = 3119,946 \text{ A}^\circ$						MOLIBDEN		
	$D_r$	$\log D_r$	$\text{colog } D_r$	$D_f$	$\log D_f$	$\log D_f D_r$	$D_{rt}$	$\log D_{rt}$	$\log \frac{D_r M}{D_r G}$
Gd 3%...	32	1,50515	2,49485	47	1,67210	0,16695	28	1,44716	1,94801
Sm (R)...	45	1,65321	2,34679	58	1,76343	0,11022	29	1,46240	1,80919
Gd 1%...	46	1,66276	2,33742	57	1,75587	0,09311	28	1,44716	1,78440
Valores encontrados %...			1,05			1,20			1,15

pendientes a la escala preparada con 3 por 100 de Gd, o sea, con más cantidad que la del problema; en la tercera con 1 por 100, o sea, con menos; entre los valores correspondientes a ambas filas, es entre los que se ha de interpolar el problema Sm (R), del que los datos figuran en la segunda fila. En la cuarta fila damos los valores encontrados para el contenido en Gadolinio.

Si hacemos un resumen de todos los valores del cuadro comparativo (pág. 150), para lo cual unificamos los que hemos obtenido al utilizar como término testigo el Molibdeno y el Lantano, veremos que el valor medio del Gadolinio está comprendido entre 1,31 y 1,34 por 100.

VALORACIÓN DE GADOLINIO	Por 100 encontrado	Por 100 error en contenido en Gd
Absoluta .....	1,31 $\pm$ 0,20	15
Absoluta con corrección por fondo .....	1,34 $\pm$ 0,08	6
Con elemento testigo .....	1,34 $\pm$ 0,05	4
Con elemento testigo y corrección por fondo .....	1,31 $\pm$ 0,03	3

Si damos como valor del Gadolinio la media de estas 4, esto es: 1,33  $\pm$  0,12, en la que el error es de 9 por 100, está

**d contenida en el Sm (R)**

= 3112,124 A°			LANTANO $\lambda = 3104,589 \text{ A}^\circ$					
$D_{ft}$	$\log D_{ft}$	$\log \frac{D_f Gd : D_r Gd}{D_f Mo : D_r Mo}$	$D_{rt}$	$\log D_{rt}$	$\log \frac{D_r La}{D_r Gd}$	$D_{ft}$	$\log D_{ft}$	$\log \frac{D_f Gd : D_r Gd}{D_f La : D_r La}$
48,5	1,68574	1,92837	38,0	1,57978	0,07463	43,0	1,63347	0,11326
53,0	1,72428	1,84834	36,5	1,56229	1,90908	41,5	1,61805	0,05446
52,0	1,71600	1,82427	33,5	1,52504	1,86228	38,0	1,57978	0,03837
		1,25			1,28			1,30

más de acuerdo con los de Cabrera que los deducidos por Piña, y todos ellos son superiores a los deducidos por este Profesor.

El valor más distante del que indicamos como posible del problema que nos ocupa es el 0,96 por 100, del que difiere en 28 por 100; este valor lo hemos deducido de una manera absoluta y por densometría visual, que es menos exacta que cuando se hace por registro fotográfico. A continuación figura el 1,62, que difiere en 22 por 100 del valor medio, deducido con Molibdeno como término testigo y también con densometría visual. Por último, si consideramos valores en los que intervienen, además del término testigo, la corrección por fondo, veremos que el de más diferencia es el 1,25, correspondiente al Molibdeno como testigo y que difiere del deducido en un 6 por 100.

Estos resultados, en los que hemos hecho resaltar las diferencias máximas, nos ponen de manifiesto que, operando en buenas condiciones, se obtienen resultados aceptables sin recurrir al empleo de elemento testigo, lo que no ha de extrañarnos, pues el mismo Lundegarth, que siempre se ha distinguido por su precisión en las análisis, ha hecho valoraciones directas de algunos elementos sin recurrir a término de com-

Cuadro comparativo de valores calculados para el Gd contenido en el Sm (R)

Grupo	$\lambda$ Gd	Gadolinito %	Gadolinito corrección fondo %	Gadolinito Molibdeno %	Gd - Mo corrección fondo %	Gadolinito Lantano %	Gd - La corrección fondo %	Media aritmética	Dijuntis	Fotometría
1	3027,612	1,54	—	1,35	—	1,30	—	1,40	MgO	Fotografía
1	3027,612	1,52	—	—	—	—	—	1,52	MgO	»
1	3124,264	1,43	1,41	1,42	1,32	—	—	1,40	MgO	»
1	3027,612	1,52	1,42	1,24	1,38	—	—	1,39	MgO	»
1	3119,946	1,05	1,20	1,15	1,25	1,28	1,30	1,20	MgO	»
2	3027,612	0,96	—	1,36	—	—	—	1,16	CINa	Visual
2	3124,264	1,24	—	1,62	—	—	—	1,43	CINa	»
2	3119,946	1,20	—	1,60	—	—	—	1,40	CINa	»
	Medias aritméticas	1,31	1,34	1,39	1,31	1,29	1,30	—	—	—

Valor medio de las medias aritméticas de las columnas 1,32 %.

Valor medio de las medias aritméticas de las filas 1,36 %.

paración (39), y más recientemente, Gattere (8) llega a hacer valoraciones de las "tierras raras" sin obtener en el espectrograma los términos entre los que se ha de interpolar el elemento, debido a lo caras que éstas son, y sustituye los espectrogramas de comparación por unas escalas tipo previamente obtenidas para todos los casos, con lo que los errores, según el autor, varían del 10 al 20 por 100.

## CONCLUSIONES

1.<sup>a</sup> En el presente trabajo se consigue una gran simplificación de los espectros de los elementos del grupo denominado de las "tierras raras", desde un punto de vista espectroquímico, para los casos en que se emplea excitación por arco con electrodos de carbón, gracias a las tablas que hemos formado:

a) De intensidades de las líneas de cada elemento para distintas concentraciones.

b) De persistencia de las líneas de las "tierras raras".

c) De líneas últimas de cada uno de estos elementos.

2.<sup>a</sup> Damos la sensibilidad, por nuestros métodos, de cada una de las "tierras raras".

3.<sup>a</sup> Hacemos una valoración espectroquímica de Gadolinio en Samario, que nos da un resultado concordante con los obtenidos anteriormente por métodos magnéticos, y sirve para poner de manifiesto, una vez más, los buenos resultados obtenidos al operar por métodos absolutos.

Damos las gracias al Profesor D. Angel del Campo, iniciador y gran impulsor de los trabajos espectroquímicos en España, por la atención que ha tenido hacia nosotros al apadrinar esta tesis ante el Claustro de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central.

Madrid, 12 de octubre de 1940. Día del Pilar y de la Raza.

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) AMAT BARGUES (MIGUEL): "Límite de sensibilidad de 67 elementos en arco.—Tesis Facultad de Farmacia 1931" (sin imprimir).  
AMAT BARGUES (MIGUEL): Ver Piña de Rubies (54).
- (2) BALY (E. C. C.): "Spectroscopy".—London, 1927, 3.<sup>a</sup> edición.
- (3) BARDET (JACQUES): "Atlas de Spectres d'arc".—Paris, 1926.
- (4) CABRERA FELIPE (BLAS): "Ecole magnétique, et spectrale de la pureté de l'oxyde de Samarium".—Soc. *Frauc. de Phys.*, CCCXXXII, 185, 1932.
- (5) CANDLER (A. C.): "Eléments de la théorie des spectres des atomes. Analyse spectrochimique en 1938".—Paris, 1939, pág. 39.  
DOETSCH (JORGE): Ver Piña de Rubies (55) y (56).  
DORRONSORO (J.): Ver Piña de Rubies (57).  
DREBLOW (E. S.): Ver Twyman (67).
- (6) EXNER (F.) y HASCHECK (E.): "Die Spektren der Elemente bei normalem Druck".—Leipzig, 1911, Band II.
- (7) GATTERER (A.) y JUNKERS (J.): "Arc Spectrum of iron from 8388-2242 Å".—Castel Gandolfo, 1935.
- (8) GATTERER (A.) y JUNKERS (J.): "Die quantitative Bestimmung kleinster Mengen von Europium und Samarium".—*Spectr.*, acta I, 31, 1939.
- (9) GONZÁLEZ AGUADO (J.) y PIÑA DE RUBÍES (S.): "Espectro de arcos de los elementos del grupo de platino a las concentraciones  $5 \times 10^{-4}$ ,  $5 \times 10^{-5}$ ,  $5 \times 10^{-6}$ ,  $5 \times 10^{-7}$  y  $5 \times 10^{-8}$  g.".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quim.*, XXXIV, 875, 1936.  
GONZÁLEZ AGUADO (J.): Ver Piña de Rubies (58).
- (10) GERLACH (WALTHER) y SCHWEITZER (F.): "Foundations and methods of Chemical analysis by the emission spectrum".—London, 1931.
- (11) GERLACH (WALTHER) y RIEDL (E.): "Die chemische Emissions-Spektalanalyse".—Leipzig, 1936.
- (12) GRAMONT (A. DE): "Observations générales sur les raies ultimes des éléments dans les diverses sources lumineuses".—C. R. CLIX, 6.
- (13) GRAMONT (A. DE): "Tableau des raies de grande sensibilité des éléments destinés à la recherche analytique".—C. R. CLXXI, 1.106, 1920.

- (14) HARRISON (GEORGE R.): "Tables of Wavelengths".—New York, 1939.
- (15) HARTLEY (W. N.): "Contributions to the Chemistry of Cerium Compounds".—*Chem. Soc. J.*, XL, 202, 1882.
- (16) HARTLEY (W. N.): "Researches on Spectrum Photography in relation to new methods of quantitative chemical analysis". 1.ª parte, *Roy. Soc. Phil. Trans*, 50, 1884.
- (17) HARTLEY (W. N.): "Researches on Spectrum Photography in relation to new methods of quantitative chemical analysis". 2.ª parte, 327, 1884.
- (18) HARTMAN (J.): "A simple interpolation formula for the prismatic spectrum".—*Ast. Journ.*, VIII, 218, 1898.
- HASCHEK (E.): Ver Exner (6).
- (19) HEVESCY  
JUNKERS (J.): Ver Gatterer (7) y (8).
- (20) KAYSER (H.): "Handbuch der Spektroskopie", tomo V.—Leipzig, 1910.
- (21) KAYSER (H.): "Handbuch der Spektroskopie", tomo VI.—Leipzig, 1912.
- (22) KAYSER (H.): "Hauptlinien der Linienspektra".—Leipzig.
- (23) KAYSER (H.) y KONEN (H.): "Handbuch der Spektroskopie", tomo VII, fascículos 1.º, 2.º y 3.º.—Leipzig, 1924, 1930 y 1934.
- (24) KAYSER (H.) y KONEN (H.): "Handbuch der Spektroskopie", tomo VIII.—Leipzig, 1932.
- (25) KING (ARTHUR S.): "Temperature classification of the stronger lines of Cerium and Praseodymium".—*Ast. Journ.*, LXVIII, 194, 192.
- (26) KING (ARTHUR S.): "Temperature classification of the spectra of Europium, Gadolinium, Ytterbium, Dysprosium and Holmium".—*Ast. Journ.*, LXXII, 221, 1930.
- (27) KING (ARTHUR S.): "Temperature classification of the spectre of Ytterbium and Lutecium".—*Ast. Journ.*, LXXIV, 328, 1931.
- (28) KING (ARTHUR S.): "Temperature classification of the spectrum of Neodymium".—*Ast. Journ.*, LXXVIII, 9, 1933.
- (29) KING (ARTHUR S.): "Temperature classification of Samarium lines".—*Ast. Journ.*, 1933.
- (30) KING (ARTHUR S.): "Temperature classification of Europium lines".—*Ast. Journ.*, LXXXIX, 293, 1939.
- KONEN (H.): Ver Kayser (23) y (24).
- (31) LÓPEZ DE AZCONA (J. M.): "Atlas mural del espectro de arco del hierro y líneas últimas de los distintos elementos químicos entre 2400 y 3450 Å".—*Inst. Geol. y Min.*, 1936.
- (32) LÓPEZ DE AZCONA (J. M.): "Valoración espectral de los distintos elementos que constituyen un cuerpo, fotometrías por elongaciones y áreas".—*Not. y Com. del Inst. Geol. y Min.*, 1936.
- (33) LÓPEZ DE AZCONA (J. M.): "Estudio espectral de la blenda de Aliva (Santander)".—*B. O. de Min. y Comb.*, XXI, 399, 1937.
- (34) LÓPEZ DE AZCONA (J. M.): "Radiactividad  $\beta$  del Lu<sup>176</sup> y sensibilida

- espectroquímica".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XXXV, 7, 1939.
- (35) LÓPEZ DE AZCONA (J. M.): "Espectro de arco del Iterbio entre 2200 y 5000 Å para  $2 \times 10^{-4}$ ,  $2 \times 10^{-5}$ ,  $2 \times 10^{-6}$ ,  $2 \times 10^{-7}$  y  $2 \times 10^{-8}$  g.".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XXXVI, 72, 1940.
- (36) LÓPEZ DE AZCONA (J. M.): "Los modernos métodos espectroquímicos aplicados a la Industria".—*Metalurg. y Elec.*, XXXV y XXXVI, 1940.
- (37) LÓPEZ DE AZCONA (J. M.): "Espectro de arco con electrodo de carbón del Cerio, Neodimio y Praseodimio entre 2200 y 5000 Å para  $2 \times 10^{-4}$ ,  $2 \times 10^{-5}$  y  $2 \times 10^{-6}$  g.".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XXXVI, 154, 1940.
- LÓPEZ DE AZCONA (J. M.): Ver Piña de Rubies (59) y (60).
- LOTHIAM (G. F.): Ver Twyman (67).
- (38) LÖWE (FRITZ): "Atlas der letzten Linien".—Leipzig, 1926.
- (39) LUNDGARTH (HENRIK): "Die quantitative Spectralanalyse der Elemente".—Jena, 1934.
- (40) MEGGERS (W. F.): "Persistent lines and raies ultimes of the chemical elements. International critical tables of numerical data".—V. 322. New York, 1929.
- MILÁNS DEL BOSCH (Javier): Ver Piña de Rubies (61).
- (41) PICCARDI (GIORGIO): "Spettri molecolari ed analisi spettroscopica".—*R. Accad. Naz. dei Lincei*, XIV, 578, 1931.
- (42) PICCARDI (GIORGIO): "Sullo spettro dell'ossido di gadolinio".—*Gaz. Chim. Ital.*, LXIII, 887, 1933.
- (43) PICCARDI (GIORGIO): "Sulla ricerca dell'Europio e sopra tre righe di estreme sensibilità".—*R. Accad. Naz. dei Lincei*, XVII, 1092, 1933.
- (44) PICCARDI (GIORGIO): "Sulla ricerca del Gadolinio".—*R. Accad. Naz. dei Lincei*, XXV, 44, 1937.
- (45) PICCARDI (GIORGIO): "Sulla ricerca del Samario".—*R. Accad. Naz. dei Lincei*, XXV, 86, 1937.
- (46) PICCARDI (GIORGIO): "Sullo spettro di fiamma dell'Europio e sopra la persistenza di tre righe di bassa eccitazione".—*R. Accad. Naz. dei Lincei*, XXV, 730, 1937.
- (47) PICCARDI (GIORGIO): "Il metodo degli spettri molucolari ed il fragionamento delle terre rare".—*Spectrochimica*, Acta I, 249, 1939.
- (48) PIÑA DE RUBÍES (SANTIAGO): "Nuevas rayas del Europio en el espectro de arco a presión normal entre las longitudes de onda 3500 y 2100 Å".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XXIV, 524, 1926.
- (49) PIÑA DE RUBÍES (SANTIAGO): "Nuevas rayas del Gadolinio en el espectro de arco a presión normal entre 3100 y 2100 Å".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XXV, 90, 1927.
- (50) PIÑA DE RUBÍES (SANTIAGO): "Nuevas rayas del Europio en el espec-

- tro de arco a presión normal entre 3100 y 2100 I. A°.—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XXV, 47, 1927.
- (51) PIÑA DE RUBÍES (SANTIAGO): "Nuevas rayas del Samario en el espectro de arco a presión normal entre 3100 y 2100 I. A°".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XXVIII, 212, 1930.
- (52) PIÑA DE RUBÍES (SANTIAGO): "Rayas analíticas o cuantitativas del Renio".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XXX, 918, 1932.
- (53) PIÑA DE RUBÍES (SANTIAGO): "Nuevas rayas del Neodimio en el espectro de arco a presión normal entre las longitudes de ondas 3100 y 2400 A°".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XXXII, 43, 1934.
- (54) PIÑA DE RUBÍES (S.) y AMAT (M.): "Analytische und quantitative Linien von Ag, As, Bi, Cd, Cu, Hg, Pl, Sb, Sn im Bogenspektrum, zwischen 2330 und 3400 A°".—*Z. Anorg. und Allgem. Chemie*, CCXV, 1933.
- (55) PIÑA DE RUBÍES (S.) y DOETSCH (J.): "Pyroelektrische Konzentration zur Spektralbestimmung von Y, La und anderen seltenen Erden in Bleimineralien".—*Z. f. Anorg. und Allgem. Chemie*, CCXX, 199, 1934.
- (56) PIÑA DE RUBÍES (S.) y DOETSCH (J.): "Estudio espectral de algunos cobres nativos".—V, 1935.
- (57) PIÑA DE RUBÍES (S.) y DORRONSORO (J.): "Espectro de arco del Renio a presión normal entre 2500 y 3200 I. A°".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XLI, 412, 1933.
- (58) PIÑA DE RUBÍES (S.) y G. AGUADO (J.): "Rayas analíticas y cuantitativas del Hafnio (Celtio) en el espectro de arco".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XXXIII, 549, 1935.
- (59) PIÑA DE RUBÍES (S.) y L. DE AZCONA (J. M.): "Análisis espectral de la blenda por concentración piroeléctrica".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XXXIV, 307, 1936.
- (60) PIÑA DE RUBÍES (S.) y L. DE AZCONA (J. M.): "Relación entre el color y la composición espectroquímica de la blenda de Aliva (Picos de Europa)".—*Anal. de la R. S. E. de Fis. y Quím.*, XXXV, 180, 1937.
- PIÑA DE RUBÍES (S.): Ver González Aguado (9).
- RIELD (ELSE): Ver Gerlach (11).
- (61) PIÑA DE RUBÍES (S.) y MILÁNS (J.): "Estudio espectroscópico cuantitativo de las platas nativas de España".—*B. I. G.*, LIII, 269, 1933.
- (62) RÜTTEN (CHR): "Das Bogenspektrum von Samarium".—*Z. f. Wissensch. Photographie*, III, 181, 1905.
- (63) SCHWEITZER (EUGEN): "Eine absolute Methode z. Ausführung der quantitativen Emissions-Spektralanalyse".—*Z. Anorg. Allgem. Chemie*, CLXVI, 127, 1927.
- SCHWEITZER (EUGEN): Ver Gerlach (10).
- SMITH (D. M.): Ver Twyman (68).

- (64) SWINGS (P.): "La Spectroscopie appliquée".—Paris, 1935.
- (65) TING-CHAO-CAHNG: "A standard slide for qualitative spectro chemical analysis".—*Sh Journal of the Shanghai Science Institute*, I, 225, 1939.
- (66) TWYMAN (F.): "Progrès en analyse spectrochimique par le spectre d'émission pendant les années 1933-1937. Analyse spectrochimique en 1938".—Paris, 1939, pág. 5.
- (67) TWYMAN (F.), LOTHIAN (G. F.) y DREBLOW (E. S.): "Analyse spectrochimique quantitative avec le microphotomètre. Analyse spectrochimique en 1938".—Paris, 1939, pág. 17.
- (68) TWYMAN (F.) y SMITH (D. M.): "Wavelength tables for spectrum analysis".—Londres, 1931.



## ÍNDICE

	PÁGINAS
Introducción.....	3
Necesidad del método de las escalas cuantitativas.....	4
El método de las escalas cuantitativas.....	6
Trabajos espectroquímicos sobre "tierras raras" realizados en España.....	9
Condiciones en que hemos operado para las "tierras raras".....	11
Material empleado.—Electrodos, soporte y resistencia.—Espectrógrafos.—Material fotográfico.—Espectro-comparador.—Fotómetro.....	15
Obtención de los espectrogramas.....	17
Longitudes de onda.....	18
Tablas de intensidades de las líneas para distintas concentraciones.	21
Cerio ..	23
Disprosio ..	25
Erbio ..	28
Europio ..	29
Gadolinio ..	32
Holmio ..	36
Lutecio ..	39
Neodimio ..	40
Praseodimio ..	43
Samario ..	45
Terbio ..	50
Tulio ..	55
Íterbio ..	57
Tabla de persistencias de las líneas de las "tierras raras".....	58
Tablas de las líneas últimas de las "tierras raras".....	121
Cerio ..	124
Disprosio ..	125
Erbio ..	126
Europio ..	127
Gadolinio ..	128
Holmio ..	129
Lutecio ..	130
Neodimio ..	131
Praseodimio ..	132
Samario ..	133
Terbio ..	134
Tulio ..	135
Íterbio ..	136
Sensibilidad de las "tierras raras".....	137
Atlas de las "tierras raras" (8 láminas).....	139
Valoración del Cadolinio en el Samario.....	140
Conclusiones.....	152
Bibliografía ..	153



**LAS DISERTACIONES  
MÉTALURGICAS DE ELHUYAR**

POR

J. GUZMÁN

Del Instituto Nacional Alonso Barba

## LAS DISERTACIONES METALÚRGICAS DE ELHUYAR

Repetidas veces, con ocasión del Centenario de Elhuyar, celebrado en 1933, se ofreció la publicación de estas Disertaciones. Era la época, tan cercana cronológicamente como, por fortuna, alejada ideológicamente, que se caracterizaba por el "*tenemos que hacer*". Actualmente, "*hacemos*".

La Comisión de Publicaciones del Instituto Geológico, por mediación de su dignísimo Presidente, Ilmo. Sr. D. Agustín Marín y Beltrán de Lis, quiso honrarme con el encargo de redactar y comentar la versión española de un valiosísimo manuscrito en francés, que se conserva en el Archivo del mencionado Instituto.

El manuscrito se titula:

### DISERTACIONES METALURGICAS

POR

Don Fausto de Elhuyar, Director General del R. Tribunal del Cuerpo de Minería de Nueva España; Individuo de la Sociedad de Minas de Alemania y de los Investigadores de la Naturaleza, de Berlín; Corresponsal de la Academia de Ciencias de Tolosa, de Francia.

## PRÓLOGO

*Nada prueba mejor la sensación que ha causado en general el primer establecimiento de amalgamación para el tratamiento de minerales de oro y de plata en Europa, y la confianza que desde el primer momento ha inspirado su ilustre autor, que la rapidez con la cual los más sabios metalurgos y hasta los simples curiosos de todos los países han buscado el conocimiento de este método, y el deseo que han demostrado los Soberanos, a quienes podía interesar estar informados de sus ventajas, enviando especialmente a Hungría personas capaces de juzgar este trabajo. El tratamiento de los minerales por mercurio no presentaba en principio nada nuevo para los españoles, pero los resultados de los primeros ensayos que hizo el Sr. De Born de su método, no tardaron en hacernos entrever las ventajas de éste sobre el que se usa actualmente en América, especialmente en cuanto a la duración de las operaciones y a la economía de mercurio.*

*Fué con esta intención, que S. M., siempre atento a procurar a sus súbditos todo lo que pueda serles de alguna ventaja, me ordenó trasladarme a Hungría para obtener sobre estos trabajos los datos necesarios para estudiar si este método podía ser aplicado con utilidad en el tratamiento de nuestros minerales de América, o por lo menos si podía sacarse algún provecho para perfeccionar nuestros métodos.*

*En consecuencia, me trasladé, durante el mes de junio*

de 1786, a Glashütte, cerca de Schemnitz, en la Baja Hungría, donde estos trabajos acababan de ser establecidos en gran escala. No he de ocultar que los encontré desde el principio de una regularidad y una exactitud sorprendentes. Los resultados de los primeros trabajos respondieron perfectamente a las ventajas enunciadas según los ensayos hechos en pequeño en la Casa de la Moneda de Viena; estas ventajas se han vuelto desde entonces mayores, gracias a la sagacidad y al infatigable celo, con el cual se ha procurado perfeccionar y hacer más sencillas y más económicas las diversas operaciones de que se compone este tratamiento. Todos los metalurgos que se reunieron en Glashütte para examinar estos trabajos convinieron unánimemente en que este nuevo método era, desde todos los puntos de vista, preferible al de la fundición (1).

A pesar de que todos los metalurgos reunidos en Glashütte estaban de acuerdo sobre las ventajas de la amalgamación, todos no lo estaban sobre la teoría química de estas operaciones; unos explicaban los fenómenos de un modo y los otros de otro. Los dos puntos principales sobre los cuales las opiniones variaban eran: primero, el estado en el cual el oro, y sobre todo la plata, habían de encontrarse en los minerales, tanto antes como después de su calcinación, mezclados con una cierta cantidad de sal marina. Segundo, la manera como el mercurio extraía en la trituration estos dos metales de los minerales tostados. Unos, consideraban estos dos metales como inalterables y siempre en un estado perfecto de régulo, sea

(1) No debo callar en esta ocasión la amabilidad y franqueza con la cual el Sr. Born y el Sr. De Ruprecht, consejero de las minas y encargado de la amalgamación en la Baja Hungría, se han comportado hacia los que han querido examinar sus trabajos. Han tenido todo género de complacencias para facilitar los datos que podían contribuir a satisfacer la curiosidad de los visitantes. Yo les debo, en particular, el mayor agradecimiento y hago constar aquí con mucho gusto mi máximo reconocimiento.

en los minerales, sea después de haber pasado por las diferentes operaciones, y sostenían que la calcinación les separaba simplemente liberándoles de las materias en el interior de las cuales se encontraban escondidos, para ponerles en estado de tener un contacto inmediato con el mercurio, y que la trituration no debía hacer nada más que recoger las partículas de estos dos metales tal como se encontraban en la masa de los minerales, combinándose directamente con ellos el mercurio.

Otros, por el contrario, consideraban estos dos metales como susceptibles de las mismas alteraciones que los demás, y una de estas alteraciones era la de poder ser calcinados y convertidos en cal y, según esto, suponían, primero, que la porción de estos metales que se encontraba en los minerales combinada con el azufre estaba en un estado de cal más o menos perfecto, del mismo modo que los otros estaban en combinaciones parecidas; segundo, que en la tostación de los minerales con la sal marina estos metales debían ser reducidos, a lo menos en parte, al estado de sal y disueltos sobre todo por el ácido marino; tercero, que en la trituration de los minerales tostados el mercurio se apoderaba de esta porción disuelta por los ácidos, descomponiendo las sales formadas por la vía de las dobles afinidades, como ocurre en la precipitación de un metal disuelto en un ácido por otro metal.

Siendo de los que siguen esta última opinión, empecé por hacer algunas experiencias para apoyar mi sentir con algunos hechos nuevos, pero sin otra finalidad que la de dar en nuestras discusiones pruebas de lo que yo sostenía y poder satisfacer las objeciones que me fuesen hechas. Estas primeras experiencias me llevaron, sin embargo, a hacer otras nuevas, que a su vez me condujeron a otras un poco más alejadas ya de mi primer objeto, y llevado de este modo insensiblemente de una investigación a otra, me encontré pronto, sin darme cuenta, con una cantidad de hechos nuevos y observaciones que

creí sirviesen para algún otro uso. Fué entonces cuando concebí la idea de hacer un tratado sobre la teoría de la amalgamación, formando sus principios con los materiales que yo acababa de reunir. Pero me di cuenta más adelante que estos últimos no eran todavía suficientes para dar una solidez y extensión suficiente a los principios, y me vi obligado a diferir la ejecución de esta idea hasta otra ocasión en la cual mis ocupaciones me permitiesen consagrarme a la continuación de estas investigaciones. Afortunadamente, no tardó mucho en presentarse; trasladándome de Hungría a Sajonia y estando obligado a permanecer en Freyberg algunos meses, destiné a este trabajo mis momentos libres, y he llegado así a reafirmar mis ideas y a dar más regularidad al plan que había proyectado. Sin embargo, no he llevado mis trabajos todo lo lejos que hubiese querido; me hubiese hecho falta para esto más descanso y otras comodidades que las que podía disponer, siendo un viajero desprovisto de instrumentos y de utensilios, obligado a preparar por mí mismo las materias que eran necesarias para mis experiencias (1).

Este es el origen de los trabajos que presento en esta obra, los resultados y las reflexiones que me han sugerido. A pesar de su imperfección, creo poder decir que he desarrollado la teoría de la amalgamación y la he establecido sobre principios sólidos, de modo que puede ser considerada como la explicación natural y verdadera de los fenómenos que presentan sus operaciones. Me remito al juicio de los químicos

(1) Este trabajo, tan penoso y tan molesto a causa de sus incomodidades, lo hubiese sido todavía más sin la complacencia del Sr. Ruprecht, en Hungría, y de los Sres. Gellert y Werner, en Sajonia, que han procurado suministrarme una gran parte de los utensilios que yo necesitaba, así como algunos menestrosos (disolventes) preparados por ellos mismos y bien purificados. Debo, por consiguiente, a sus bondades el haber podido llevar hasta tan lejos mis investigaciones, y les expreso aquí un gran agradecimiento.

y de los metalurgos doctos. Sin embargo, no disimularé que, a pesar de que las ideas más generales que tengo actualmente sobre estas operaciones sean las mismas que tenía antes de emprender este trabajo, que no hace más que confirmarlas, hay otras que por muchos conceptos se han modificado, tales son, por ejemplo, la descomposición de la sal marina en la tostación, la acción de esta sal sobre los minerales crudos, y, sobre todo, la de su ácido sobre el oro y la plata en estado de régulo. La manera como el mercurio actúa sobre estos minerales de plata crudos es también un fenómeno del que no tenía ninguna idea y que he tomado en consideración por primera vez gracias al éxito de algunas experiencias del Sr. De Ruprecht.

Los materiales que había reunido para formar esta obra y los principios que debía establecer, están fundados, no solamente sobre observaciones y hechos ya conocidos, sino también sobre otros nuevos, que mis experiencias me habían suministrado, y estos últimos debían ser expuestos con alguna extensión para que se pudiese juzgarlos con objeto de determinar si las consecuencias que yo sacaba eran suficientemente exactas. Pronto me di cuenta que intercalando estos detalles en el cuerpo de la obra, resultarían digresiones muy largas, que, al cortar el hilo del discurso principal, impedirían al lector seguirlo con la atención requerida. Resolví entonces separar todos los artículos que no trataban directamente de la amalgamación y tratarlos como materias completamente independientes, no conservando para el último tratado nada más que la aplicación de los principios que yo había ya establecido para el objeto principal, que es la amalgamación.

De acuerdo con este plan seguido en esta obra, he formado con todo mi trabajo cuatro disertaciones diferentes que se suceden en el orden que exige la relación de las materias respectivas de que tratan.

En la primera disertación, que sirve de base a las tres siguientes, hablo de las diferencias que reinan entre los metales en cuanto a su facultad de ser calcinados; hago ver que todos, incluyendo el oro, la plata y el platino, pueden ser convertidos en cal, tanto por la vía seca como por la vía húmeda; para esto no hace falta más que variar y cambiar los procedimientos que por sí mismos no serían suficientes para establecer diferencias reales en las propiedades de estas sustancias, y que, por consiguiente, las distinciones que se han hecho hasta ahora sobre este asunto son completamente falsas y hasta ridículas. No pretendo haber dicho nada nuevo sobre esta cuestión; creo que esta disertación parecerá superflua a los ojos de muchas gentes, pero si tengo en cuenta mi propia experiencia, se encontrarán muchas otras para los cuales no será completamente inútil. Hay muchas personas todavía que, aunque muy doctas, están conformes con esta antigua distinción, por lo que creo que vale la pena de desengañarles. Créome obligado, a lo menos, de hacerles conocer su error y procurar convencerles, aunque no sea nada más que para que el resto de mi obra les pueda ser de alguna utilidad.

La segunda disertación trata de la acción de los ácidos vitriólico, nitroso y, particularmente, del marino, sobre el oro y la plata. Es el resultado exclusivo de mis experiencias, y yo dejo al lector el juicio de que si la disolución de estos dos metales en estado de régulo por el ácido marino ordinario se encuentra apoyada por pruebas bastante convincentes para no dejar lugar a ninguna duda.

El objeto de la tercera disertación es demostrar que los metales, en general, se encuentran en estado de cal, más o menos perfecto, en sus combinaciones con el azufre, y que esta última sustancia mineraliza la plata y hasta el oro, en el caso que esta combinación exista, de la misma manera que en todos los otros metales. Me he esforzado en establecer este

principio, que Bergman había ya entrevisto, por observaciones y por hechos ya conocidos, así como por nuevas experiencias sobre los metales que se llaman, sin razón, imperfectos o semi-metales. He tratado también de demostrar con analogías, con observaciones conocidas y por nuevas investigaciones, que se verifica igualmente para la plata y aun también para el oro, si este metal fuera menos difícil de calcinar y sus sales menos dispuestas a reducirse, para que su unión con el azufre pueda tener lugar. He sido conducido, según esto, a establecer como una ley fundamental que los metales, en general, no se unen con el azufre nada más que en estado de cal, o después de haber sido más o menos calcinados. La manera como me explico las precipitaciones de un metal por otro en esta clase de combinaciones, es uno de los fundamentos de la teoría de la amalgamación de los minerales en crudo.

En fin, la cuarta y última disertación es la exposición de la teoría química de la amalgamación. He dividido este tratado en dos partes, una de las cuales sirve para la amalgamación con tostación, según ha sido establecida en Hungría y que se practica aún en este país, y la otra para la amalgamación en crudo o sin tostación, tal como se usa en nuestras minas de América, o más bien tal como se presenta en cuanto a la teoría según los ensayos que se han hecho en Europa imitando nuestros trabajos en América. La primera parte está subdividida aún en dos artículos diferentes que responden a las dos operaciones que comprende el método del cual se trata, a saber: la tostación y la trituración. En cada una de estas divisiones me he ocupado en examinar una después de otras las diversas circunstancias de estos trabajos y en determinar, en particular, la manera de actuar de las diferentes sustancias que componen las mezclas, las alteraciones que sufren y el estado en el cual se encuentran al fin de cada operación, y explicar todos estos fenómenos según los principios estable-

*cidos en las disertaciones precedentes y de varios otros conocidos ya por todos los químicos. En la segunda parte, que trata de la amalgamación en crudo, no me he ocupado, como se hubiese quizá deseado, de los detalles sobre el método actualmente en uso en América; me reservo este asunto para otra ocasión, en la cual, habiendo examinado yo mismo estos trabajos, podría hablar con más fundamento de como lo podría hacer ahora, a partir de relatos oscuros e incompletos que se han publicado sobre este asunto. Yo me contento por el momento con señalar el error en el cual se ha permanecido generalmente hasta ahora en Europa con respecto a la imperfección de estos trabajos en cuanto a la extracción completa de la plata, que se ha considerado como imposible por medio de estos procedimientos, probando, por el resultado de mis propias experiencias y por las de algunos ensayos hechos recientemente en Hungría, que es muy posible extraer por este medio la plata contenida en un mineral, todo lo completamente que se quiera.*

*A pesar de que yo crea haber desarrollado bastante en esta obra los principales puntos de la teoría de la amalgamación de los minerales de oro y de plata, no me habría decidido a publicarlo antes de haber determinado algunos otros sobre los cuales queda todavía alguna dificultad, si algunas personas a las cuales he comunicado mis ideas sobre esta materia no me hubiesen instado a no diferir su publicación, y si por otro lado no viese que mis ocupaciones no me permitirán pronto el consagrarme a las investigaciones que harían falta para terminar este trabajo. Me contento, pues, con presentarlo al público tan completo como me ha sido posible hacerlo. Me atrevo a esperar, que no será completamente inútil a los metalurgos que se ocupan de la amalgamación; por lo demás, dejo el cuidado de perfeccionarlo a otros que tendrán más tiempo que yo.*

*Todavía debo implorar la indulgencia del lector por el desorden que quizá encontrará en algunas partes de esta obra. Ha sido escrita con las incomodidades de un viaje, una parte en un sitio, otra en otro, siempre de prisa y sin poder pensar bastante en lo que se refiere a la forma. No me ha sido posible hacer después el menor cambio, por falta de tiempo.*

DISERTACIÓN 1.<sup>a</sup>

REFLEXIONES SOBRE LAS DIFERENCIAS  
ESTABLECIDAS ENTRE LOS METALES

**INTRODUCCIÓN**

I

Teniendo en cuenta el desorden y la confusión que ha reinado hasta ahora en la manera de considerar los productos de la naturaleza, tendría uno derecho a preguntarse si las clasificaciones de toda clase no han hecho más mal que bien en todas las ciencias. Mi objeto no es el examinar aquí esta cuestión. Haré solamente observar que los términos que se han inventado para designar sus divisiones y las ideas que se han empleado, lejos de ayudar al filósofo en sus investigaciones, le han impedido, por el contrario, ver, en su verdadero valor, los fenómenos más familiares y las causas que los producen. Armado de estas nociones ha visto siempre los objetos bajo el aspecto que él mismo les ha prestado y no bajo el que la naturaleza les da.

Entre el gran número de ejemplos que podría citar, diré solamente de las palabras *tierra*, *sal*, que su antigüedad las hace más respetables que su sentido. En su origen, han tenido sin duda alguna significación bastante fija y determinada, pero actualmente no tienen ninguna cuando se las quiere aplicar



a cosas con las cuales podrían relacionarse; por lo menos, su significado es únicamente el que arbitrariamente cada uno le quiere dar. Los límites que le separaban antiguamente son de tal modo cercanos, que le cuesta a uno mucho reconocerlos; casi me atreveré a decir que es imposible observarlos, puesto que no existen. No es de extrañar, pues, que unos den el nombre de *sales* a sustancias que otros llaman *tierras*; cada uno de ellos establece estos límites a su manera, pero con tan poco derecho los unos como los otros.

Representémonos, según esto, las consecuencias que un observador debe sacar de sus investigaciones cuando él cree ver en la naturaleza cosas que no existen nada más que en su imaginación, y veremos los servicios que han suministrado a la química estos dos términos sobre los cuales se ha discutido tanto. El de *sustancia inflamable* no es más fácil de distinguir del de *sal*, y los metales se acercan mucho a las materias combustibles, o más bien a los tres.

Es, sin embargo, indiscutible que las clasificaciones tienen su utilidad, descargan la memoria, presentando en un solo rasgo las propiedades comunes a un cierto número de cuerpos y sus variedades infinitas. Son sobre todo muy ventajosas para facilitar el estudio a los principiantes, pero es conveniente no tenerlas en cuenta; o por lo menos dejarlas de lado. No hay que perder de vista que no son edificios sólidos levantados por la naturaleza; ella no reconoce ni variedades, ni especies y menos todavía géneros, clases y otras divisiones superiores, que se alejan más todavía de los individuos, que son en rigor los únicos productos reales (1).

(1) Si alguna parte de la Historia Natural puede pasarse sin una clasificación, es evidentemente la mineralogía, esto tanto más cuanto que el número de sus productos no es tan considerable que no pueda ser retenido fácilmente en la memoria y comprendido en un registro muy pequeño. Su clasificación debe de estar fundada sobre caracteres químicos, por lo que respecta a las divisiones superiores, y no tiene ni la utilidad que en los dos

Para restringirme a mi asunto, voy a examinar si las divisiones de los metales que se han hecho hasta ahora se han fundado sobre caracteres marcados para merecer la importancia que se les ha asignado, considerándolos como diferencias reales.

## II

### **Sobre las propiedades que distinguen los semi-metales de los metales enteros**

Los caracteres que deben distinguir los semi-metales de los metales enteros, son la volatibilidad y la falta de ductilidad; cualquiera que haya observado con algún cuidado lo que ocurre en los trabajos metalúrgicos, habrá visto que hasta el oro y la plata se convierten en vapores en muchas operaciones, donde el concurso del viento o de algunas otras circunstancias no parece suficiente para explicar este efecto. Si se encuentra alguna dificultad en atribuirlo a su propia volatibilidad, no se puede desconocer esta propiedad en los dos metales citados, considerando los cambios que sufren cuando se les expone al fuego del espejo ustorio. Los señores académicos de París se han asegurado, por un bonito conjunto de experiencias, que el calor de este fuego hace evaporar estos dos metales tan fácilmente como hace volatilizar otras sustancias cuya fijeza es todavía menos considerable. El platino mismo se volatiliza al soplete tratándolo con aire vital, según el señor

otros reinos, donde, cuando se quiere determinar una planta o un animal, se desciende por grados desde los caracteres del orden supremo hasta las últimas clases o variedades; esto no puede tener lugar en la mineralogía, donde está uno obligado a ir en sentido contrario; la única ventaja que queda para estas clasificaciones es el facilitar la ordenación en un gabinete. Esta ventaja se puede obtener de mil otros modos, sin dar ideas falsas de la naturaleza y sin acostumbrarse a contemplar los objetos bajo aspectos falsos.

Ehrmann (1). Si se pretendiese que las diferencias entre el calor de estos fuegos y el de nuestros hornos, los más fuertes, es tan considerable y la aplicación de los primeros, de un uso tan poco frecuente que nos pudiésemos contentar con los últimos para determinar las diferentes relaciones de los cuerpos con el fuego, yo respondería: Primero, que no se trata de una determinación vaga y arbitraria. Cuando se quiere conocer la acción de los cuerpos, los unos sobre los otros, hace falta considerarlos en todos sus estados y emplear todos los medios que la naturaleza nos suministra para darnos cuenta de ella. Segundo, que no está decidido que el oro y la plata tengan necesidad de un calor tan fuerte como el de estos fuegos para volatilizarse; es muy probable que les basta uno mucho menos considerable. Tercero, que los régulos de cobalto y de la manganesa son mucho menos volátiles que los del plomo y del estaño, que, sin embargo, son mirados como metales enteros, y que hay todavía menos diferencias entre estos últimos y algunos otros semi-metales que entre los mismos y la plata, el oro y el platino. Si se quisiese tener en cuenta tales detalles, habría que hacer tantas divisiones como metales hay, y fácil es ver que no valdría la pena el hacer tal cosa.

Por lo que respecta a la ductilidad, se encuentra tanto en los semi-metales como en los metales enteros. No hay más que diferencias en mayor o menor grado. El cinc se deja extender en láminas muy finas, y el arsénico mismo cede a la impresión de un ligero golpe y, sobre todo, a la de un cuchillo. Las gradaciones son tan variadas a este respecto entre los metales que se llaman enteros como entre los semi-metales. Esta distinción es, por otra parte, tan poco útil que no merece nos paremos mucho tiempo en refutarla.

(1) *Versuch einer Schmelzkunst durch die Feuerluft*, pág. 8.

### III

#### **Sobre las propiedades que distinguen los metales perfectos de los imperfectos**

Las diferencias que se ha creído existían entre los metales imperfectos y los metales perfectos, parecen tener una importancia mayor que la precedente, y forma la base de una infinidad de artes, sobre todo de ciertos trabajos sobre los minerales de oro y de plata. Los trabajos de amalgamación de estos mismos minerales, sobre los cuales el ilustre Sr. De Born, cuyo infatigable celo por las ciencias y los profundos estudios han enriquecido Europa, hacen más necesarias de lo que han sido hasta ahora las ideas claras y precisas sobre este punto.

La diferencia que se supone entre estos dos órdenes de metales se reduce a la calcinación, o estado de cal, al cual se pueden reducir los metales imperfectos y que no debe tener lugar en los perfectos (1). La calcinación de los metales puede hacerse de dos maneras diferentes. Examinaremos primero la que se hace por vía seca y consideraremos después los fenómenos que presenta por vía húmeda; la que se opera al fuego por medio del nitro no es más que una combinación de estas dos especies.

Cuando se expone al fuego, en contacto del aire, una porción de plomo, este metal funde primero y su superficie se cubre pronto de una película terrosa que no tiene ya más

(1) En esta división, como en todas las que tienden a prescribir límites a la naturaleza, se encuentran siempre seres que llenan los intervalos y de los cuales no se sabe qué hacer. El mercurio se encuentra en este caso entre los metales; tiene analogías, tanto con los semi-metales, como con los metales imperfectos y perfectos; así, se le ve ocupar alternativamente un orden diferente en los distintos sistemas o clasificaciones publicadas.

aspecto metálico. Quitando esta película, aparece una segunda parecida que, quitada, da lugar a la formación de una tercera, y continuando esta operación, sobre la superficie del metal se forman nuevas películas y se puede reducir toda su masa a este estado terroso. Si se examina entonces esta materia, se encontrará que no es una simple división que ha sufrido este metal en esta operación, sino que verdaderamente ha experimentado una alteración muy considerable en su naturaleza misma. En primer lugar, no tiene ya la ductilidad ni el brillo metálico del plomo. Su color es muy diferente al del metal, tiene más volumen y menor peso específico. Si se le pesa, se encontrará un peso más considerable que el del plomo que se ha empleado. Si se le expone al fuego, se verá que se funde mucho más difícilmente y que la masa que resulta no toma el aspecto metálico del color propio de este metal, sino que se hace, al contrario, de color amarillo verdoso más o menos transparente. Nada más que cuando se le añade polvo de carbón u otra materia combustible, vuelve a tomar su primer estado, perdiendo, sin embargo, proporcionalmente el peso que había ganado en la primera operación. Si se somete a la acción de los ácidos, se observará que se disuelve, pero tranquilamente y sin efervescencia (1), y que esta disolución no da los flúidos aeriformes que produce el plomo tratado por los mismos ácidos. Esta materia se comportará también con ellos de muy diferente manera que lo haría si conservase su estado metálico. Fundiéndola con materias terrosas, se combinará con ellas y formará vidrios coloreados más o menos transparentes, lo cual no hace el plomo, que por ningún procedimiento se puede combinar con ella en tanto que conserva su estado me-

(1) Con tal de que no haya absorbido el ácido acre durante la calcinación, pues entonces hará también efervescencia; pero el flúido elástico que se desprenderá será muy diferente del que da el plomo con estos mismos ácidos. Ocurre lo mismo con los otros metales y sus cales.

tálico (1). Esta sustancia dotada de tantas propiedades que la distinguen del plomo, es nada más que una cal de este metal.

El cobre, el hierro, el estaño y todos los semi-metales, se cambian también en cales por un procedimiento análogo, pero que varía diferentemente para cada uno de ellos. Unos, como el bismuto y el estaño, sufren este cambio con un grado mínimo de calor; otros, tales como el cobre, con uno más fuerte. El níquel y el cobalto, cuando son muy puros, exigen un fuego muy vivo. El hierro se calcina antes de fundirse. El arsénico, casi al mismo tiempo que funde, y los otros metales más o menos después de la fusión. El foco del espejo ustorio es sobre todo, muy activo para esta operación. La chispa eléctrica produce todavía más rápidamente el mismo efecto. Las cales que resultan se parecen todas por los caracteres que hemos reconocido en la cal del plomo, pero varían entre sí por una infinidad de otras propiedades, o más bien por gradaciones y tonalidades en estos mismos caracteres.

Se ve, pues, que la calcinación, siendo un cambio que todos los metales pueden sufrir igualmente, varía, sin embargo, en las circunstancias que exige cada uno en particular, y que los productos que resultan difieren también entre sí por propiedades particulares. Hay diferencias muy considerables en las cales de un mismo metal, según la duración y el grado de fuego que se le ha aplicado o la porción más o menos grande de flogisto que ellos conservan todavía (2). La calcinación de metales por vía húmeda se opera por intermedio del aire, del agua y, sobre todo, por los ácidos. A menudo varias de

(1) Ocurre lo mismo con los otros metales, que no solamente no se combinan con ninguna tierra, sino tampoco con las cales metálicas de otros metales, ni con las suyas propias.

(2) Adoptamos por el momento la doctrina del flogisto nada más que para hacernos comprender más fácilmente, ya que es la más conocida generalmente.

estas causas concurren a la vez. Se sabe que el cobre, que el hierro y, en general, todos los metales que se llaman imperfectos y semi-metales, se empañan al aire perdiendo su brillo y acaban por cubrirse de orín, que no es nada más que una cal metálica. Les ocurre lo mismo cuando han permanecido en agua durante un tiempo más o menos largo. Sin embargo, todos no lo hacen con la misma facilidad; este efecto es muy rápido y muy sensible en el hierro; hay otros, como el plomo, donde se presenta más tarde, y en algunos se precisa un tiempo bastante largo. Se ve también que esta calcinación exige, como la del fuego, circunstancias particulares para cada metal.

Cuando se disuelve una de estas sustancias en un ácido, se elevan en su superficie glóbulos formados por un fluido aeriforme, cuyo desprendimiento ocasiona un movimiento que se llama efervescencia, el cual continúa hasta que todo el metal esté disuelto, o bien calcinado. El líquido está ordinariamente turbio durante este intervalo, pero después se aclara pronto. Si se pone dentro un pedazo de otro metal que pueda descomponer esta combinación, el metal disuelto se precipita en su superficie, presentando el mismo aspecto y conservando las mismas propiedades que tenía anteriormente; pero si esta descomposición se opera por medio de un álcali, de cal, de barita, de magnesia o de arcilla, el precipitado tiene un aspecto terroso; su color no es ya el del metal que se había disuelto, no tiene brillo metálico, no es dúctil; su peso específico es menor; su peso absoluto, así como su calor específico, son entonces más considerables; no presenta con los ácidos los mismos fenómenos que antes y se comporta muy diferente-mente con ellos, no combinándose con ningún metal, ni con aquel del cual proviene. Fundidos sin adición, no presenta las propiedades metálicas, pero forman una masa vidriosa si se funde con las tierras y se combina con ellas, tomando su es-

tado precedente cuando se le trata al fuego con algunas materias combustibles. Tiene, en una palabra, todas las propiedades de un metal calcinado al fuego, y no es más, por consiguiente, que una cal metálica.

A pesar de que sean estos los fenómenos más generales que presentan los metales cuando se les somete a la acción de los ácidos, no hay que creer por esto que no haya entre ellos diferencias muy marcadas; todos no se disuelven con una igual facilidad en todos los ácidos, con unos esta combinación es muy rápida, con otros más lenta; con unos se hace en frío, con otros hay que ayudarla con calor más o menos fuerte. Unos se disuelven completamente y se combinan con ellos, otros no hacen más que calcinarse, sin disolverse. Todos los ácidos dan con ellos el mismo fluido elástico, y el mismo ácido los da también muy diferentes. Los precipitados de estas disoluciones, cuando son producidos por otros metales, toman de ellos lo que habían perdido durante su disolución y reaparecen en su estado primitivo, siempre el mismo, sea el que fuere el metal precipitante (1); pero los que son producidos por los álcalis y las otras sustancias de las cuales hemos hablado y que, como se ve, son de naturaleza muy diferente, varían no solamente con respecto a la diferencia que reina entre los metales, sino también en las disoluciones de un mismo metal, según la naturaleza de los precipitantes y el grado de desfogisticación que han sufrido. Esta calcinación por los ácidos supone, pues, circunstancias particulares para cada metal, y las cales que resultan, aunque tengan analogía por ciertos caracteres, difieren, sin embargo, entre ellas por una infinidad de gradaciones y a veces por propiedades completamente nue-

(1) En algunas de estas precipitaciones el depósito es, en parte, de naturaleza terrosa; pero esto proviene, como Bergman lo ha probado, de una mezcla de una porción del metal precipitante que ha sido calcinado en esta operación.

vas. Estas diferencias están muy conformes con las leyes que siguen los cuerpos en general, pues cuando dos sustancias no son idénticamente las mismas en sus relaciones con una tercera, no pueden ser iguales, hace falta necesariamente que difieran en más o menos proporción.

La calcinación de todos estos metales, tratándolos al fuego con el nitro, es demasiado conocida para que nos paremos en detallarla. Tiene, además, menos relación con nuestro objeto.

Veamos ahora hasta qué punto los metales que se llaman perfectos se apartan de estas leyes para poder establecer a su respecto alguna diferencia, y empecemos por el mercurio, que parece estar en el medio entre ellos y las otras clases de metales.

#### IV

El mercurio no se calcina al fuego por medios tan sencillos como los metales precedentes. Su gran volatilidad se opone, pero por medio de un aparato que impida su evaporación, tal como el que se conoce bajo el nombre de *enfer de Boile*, se llega a reducir al estado de cal. Esta operación exige un calor bastante fuerte y sobre todo sostenido durante varios meses para que el producto sea un poco sensible. El polvo rojo que resulta no tiene ya brillo metálico y no es flúido, ni tan volátil, como el mercurio; tiene menos peso específico; se combina con las tierras y forma vidrios con ellas; no da aire nitroso con el ácido nitroso; en una palabra, tiene propiedades muy diferentes de las del metal, y estas propiedades son las de una cal metálica. La disolución de este metal presenta los mismos fenómenos que las de los otros metales, y estos fenómenos indican la deflogisticación; dan mercurio cuando se les precipita por otros metales, pero los precipitados formados por los álcalis y las sustancias que se llaman terrosas tienen las mismas

propiedades que las cales de este metal preparadas al fuego y no son, por consiguiente, más que cales metálicas reducidas por vía húmeda.

El oro y la plata no pueden tampoco ser calcinados al fuego por medios tan sencillos como los otros metales; pero sin querer apoyarme sobre la autoridad de Isaac, el Holandés, de Kunckel y de otros químicos que pretenden haber reducido a cal estos dos metales por un simple fuego de reverbero, creo poder deducir de las experiencias hechas en el hogar de un espejo ustorio por los señores académicos de Paris, así como de las del soplete con aire vital del Sr. Ehrmann y del efecto que produce una fuerte chispa eléctrica sobre hojas de estos dos metales, que se calcinan, sin embargo, por vía seca. El oro da por estos procedimientos una cal de color púrpura. El color de la plata no ha sido todavía bien determinado. De las experiencias en el foco de un espejo ustorio y de las hechas por Macquer en un horno de porcelana, las porciones vitrificadas resultan de un verde oliva. Las investigaciones del célebre Bergman confirman todavía este hecho, puesto que no solamente ha calcinado estos dos metales al soplete, sino les ha vitrificado también con los fundentes y obtenido con ellos vidrios coloreados. Yo no quiero hablar del platino, porque las experiencias hechas hasta ahora lo han sido siempre con platino impuro. Es, sin embargo, presumible que no hará tampoco excepción cuando esté bien purificado y se calcinará también, aunque probablemente con más dificultad que el oro y la plata (1). La experiencia diaria en una infinidad de artes confirma que el nitro no ataca al oro ni a la plata, mientras que calcina más o menos fácilmente todos los otros metales por la detonación. Pero no ocurre lo mismo con el platino, que,

(1) El Sr. Morveau ha expuesto una lámina de platino de dos pulgadas de largo a la descarga de una batería eléctrica del Sr. Charles, de Paris, y ha sido calcinada y reducida a humo.

según las experiencias del Sr. Morveau y del Conde de Sickingen, es reducida por esta sal al estado de cal, lo que establecería alguna diferencia entre ella y los metales que se llaman perfectos, aunque parezca reunir en grado sumo las cualidades que le deberían distinguir de los imperfectos. Es, sin duda, una irregularidad de nuestra manera de ver, pero por mucho que se haga, se encontrará siempre parecidas en la naturaleza, para la cual no son nada más que efectos muy bien regulados y consecuencias necesarias de sus leyes.

Estos tres metales presentan en su disolución en los ácidos los mismos fenómenos que los otros metales; difieren sólo en más o en menos. Los precipitados que dan estas disoluciones por intermedio de otros metales son completamente metálicos o de régulo (1); los que producen los álcalis y las sustancias llamadas terrosas tienen las propiedades generales que hemos reconocido en los de los otros metales producidos por las mismas sustancias, son, por consiguiente, verdaderas cales metálicas (2).

(1) Nada confirma mejor la deflogisticación que sufren en general los metales durante su disolución en los ácidos y el estado de cal en el cual se encuentran en estas disoluciones, que los fenómenos que presentan sus precipitaciones por intermedio de otros metales; en estas operaciones, el metal precipitante se disuelve en el ácido, mientras que el que estaba disuelto se precipita. El primero debe, por consiguiente, perder, como en toda disolución de un metal por un ácido, su flogisto, y este flogisto se desprendería combinado con el ácido o alguno de sus principios en estado aeriforme, ocasionando una efervescencia, si no prefiriese unirse tranquilamente a la cal metálica que estaba disuelta y reducirla al estado de régulo. Por esta razón, no hay efervescencia en estas operaciones, y los precipitados que resultan tienen siempre el aspecto y las cualidades metálicas; esta ley es general para todos los metales. Los que se llaman perfectos están sometidos como los otros, y sus disoluciones presentan exactamente los mismos fenómenos y las precipitaciones de esta índole; las consecuencias que se debe sacar de ello deben ser necesariamente las mismas.

(2) Hay algunos que consideran los precipitados de estos tres metales como formados por álcalis, y las tierras, así como los productos que dan, tratándoles por vía seca como simples divisiones de estos metales en par-

A pesar del parecido de estos productos de oro, plata y platino con las cales de los otros metales, se me dirá que, sin embargo, se reducen sin adición de materia combustible, lo que no hacen los otros, y que, por consiguiente, es siempre dudoso que formen verdaderas cales. Esto es el gran argumento de los que pretenden encontrar diferencias notables entre los metales, pero es fácil ver que es un prejuicio y no el examen cuidadoso de las circunstancias que concurren en general, en la reducción, lo que ha dictado este principio. Diremos primero que no es cierto que las cales de estos tres metales, ni las de ningún otro metal, se reduzcan por sí mismas sin el concurso de una sustancia que pueda devolverles su flogisto que han perdido en la calcinación, y que esta sustancia, sea cual fuere, no debe establecer diferencias a este respecto. Es un hecho muy conocido en química que una misma materia combustible no es igualmente propia para la reducción de todas las cales metálicas, ni todas las materias de esta especie igualmente favorables para revivificar la misma cal; esto debe ser así, puesto que sus fuerzas de atracción o sus grados de afinidad con el principio inflamable no son iguales. El contacto del aire inflamable ( $H_2$ ) basta para reducir por vía húmeda el ácido arsenical al estado metálico; ocurre lo mismo con las cales de algunos otros metales, pero no de todos. Un pedazo de fósforo puesto en una disolución de oro, de plata

tículas ínfimas, que por lo demás no difieren en cuanto a su naturaleza de la que tienen cuando forman masas más considerables.

Hay que reconocer que la Química es una Ciencia química, o si no debemos circunscribirnos a los medios que nos suministra para reconocer las diferencias que reinan entre los cuerpos y las diversas relaciones que presentan los unos con los otros. Si juzgamos estas relaciones, debemos decidir que, en tanto que estos productos tengan propiedades diferentes de las de los metales de los cuales provienen, se debe mirarlos también como muy diferentes en cuanto a su naturaleza, y siempre que estas propiedades sean, como las de las cales de los otros metales, se debe llamarles cales metálicas y considerarles como tales.

o de cobre, precipita estos metales en estado de régulo, pero el mismo efecto no ocurre con las disoluciones de otros metales.

El vitriolo marcial precipita el oro de su disolución en estado metálico, pero es el solo metal con el cual este fenómeno tiene lugar.

Las cales de plomo necesitan para su reducción menos selección en las materias combustibles que se les debe mezclar a como ocurre con otros metales. Las de oro, plata y platino se reducen muy bien con estas sustancias; toman el flogisto hasta las de aquellas a las cuales está más fuertemente ligado. La materia del calor y la de la luz, en las cuales la presencia del principio inflamable está probada por una infinidad de fenómenos, reducen también mejor las cales de estos metales que las de los otros, pero ésta es toda la diferencia. Todavía se puede afirmar más, porque reducen más o menos completamente estos últimos; se ve, en efecto, que las cales de mercurio recobran perfectamente sus propiedades metálicas sin otra adición. Algunas cales de plomo hacen lo mismo. Una de hierro expuesta al fuego sin ninguna adición, se vuelve atraible por el imán y se aproxima, por consiguiente, a su estado metálico. Las cales de algunos otros metales tratadas ellas mismas con un calor conveniente, dan aire vital lo mismo que las de mercurio, lo que indica que se acercan al estado de régulo. La cal negra de manganeso se hace blanca, a lo menos en parte, en esta operación (1). En fin, variando los procedimientos, quizás se llegase a reducirlas todas completamente de la misma manera. No hay, pues, aquí más que la diferencia en más o menos, que es la única que la naturaleza ha establecido en sus producciones, así como en sus trabajos.

(1) CRELL: *Die Neuesten Entdeckungen in der Chemie*, 13 th., pág. 165.

## CONCLUSION

Según lo que acabamos de decir, no hay otra diferencia entre los metales que la que les distingue cada uno en su especie. No hay entre ellos más que gradaciones de las mismas propiedades que no observan ninguna uniformidad en su conjunto y que no se pueden separar por límites para hacer divisiones, sin desfigurarlos y dar ideas falsas de su naturaleza. Si bastase tener en cuenta tonalidades tan diferentes como las que se han tomado como propiedades muy características entre los metales para establecer diferencias tan marcadas entre los cuerpos, tendríamos derecho a decir que el espíritu de vino no es un cuerpo combustible como los otros, puesto que no se quema en el espejo ustorio, y el contacto de una barra de hierro enrojecido al fuego no le inflama, y establecer en todas partes diferencias y divisiones que no acabarían nunca y no tendrían otra utilidad que embrollar el conocimiento de los cuerpos naturales.

A. — DISERTACIÓN 2.<sup>a</sup>INVESTIGACIONES SOBRE LA ACCIÓN  
DEL ÁCIDO MARINO ORDINARIO SOBRE  
EL ORO Y LA PLATA

## I

La poca atención que se ha prestado en el examen de las relaciones entre las diferentes sustancias, al variar las circunstancias bajo las cuales un cuerpo puede ser sometido a la acción de otro, ha sido origen de que se haya considerado durante largo tiempo como imposibles combinaciones que la experiencia ha demostrado posibles en lo sucesivo. Los trabajos de los químicos modernos suministran todos los días pruebas que confirman esta afirmación. Vamos a dar un nuevo ejemplo exponiendo los nuestros resultados acerca de la acción del ácido marino ordinario sobre el oro y la plata.

El ácido nitroso ataca bastante fácilmente la plata y la disuelve. No se precisa ni la ayuda del calor para producir el efecto aunque éste lo acelera y lo hace más rápido. No necesita tampoco ser muy concentrado el ácido para que la disolución tenga lugar. El ácido vitriólico, al contrario, exige un grado bastante grande de concentración, y la ayuda de la ebullición para actuar sobre este metal, pero lo disuelve también cuando se reúnen estas circunstancias. Por lo que respecta al ácido marino ordinario, se ha creído generalmente

hasta ahora que no tenía acción ninguna sobre este metal al estado de régulo, al menos cuando se le aplicaba en estado líquido; se ha supuesto solamente que lo disuelve cuando está reducido en vapores, de acuerdo con lo que pasa en la operación *départ concentré* (la antigua *cementación*). En esta operación se expone al fuego, en un vaso conveniente, láminas de oro conteniendo plata, dispuestas en capas alternativas con una mezcla de sal marina, de vitriolo marcial calcinado y de ladrillos pulverizados. El ácido vitriólico, que la acción del calor desprende del vitriolo, descompone la sal marina, cuyo ácido ataca la plata contenida en las láminas y la separa del oro; esta es la explicación que se ha dado ordinariamente de este fenómeno. Me parece muy exacta y conforme al resultado de mis experiencias; pero si se considera que el ácido vitriólico disuelve por sí mismo la plata y que el ácido marino puede después quitársela por tener más afinidad que él, se verá que esta experiencia es, por lo menos, una prueba equívoca de la acción inmediata del ácido marino sobre esta sal. Con el objeto de confirmar si esta disolución de la plata podía tener lugar por la sola acción del ácido marino, he hecho las experiencias siguientes:

## II

He cogido hojas de plata preparadas por los batidores de oro, y para procurarles una división mayor, las he pulverizado en un mortero de vidrio con cuarzo reducido a polvo (1). Añadí a esta mezcla una porción de sal marina ordinaria, calcinando

(1) Este cuarzo era por sí mismo bastante puro; para hacerlo todavía más y para eliminar las suciedades que pudieran haberse mezclado al triturarlo y reducirlo a polvo fino, le hice digerir varias veces en ácido marino y lo lavé después repetidamente con agua destilada, calcinándolo después en un fuego bastante fuerte. Era de un hermoso color blanco después de estas operaciones.



todo ello en la mufla de un horno de copelación. Durante esta operación, el ácido marino se desprendió en vapores muy sensibles, no solamente al olfato, sino también a la vista. Esta mezcla calcinada fué lavada varias veces con agua destilada para separar el álcali y la sal marina, en el caso que hubiese permanecido sin descomponerse, y el residuo fué puesto después en digestión en agua fuerte pura. Decantando el licor y ensayándolo con algunas gotas de ácido marino, no cambió de color y no dió indicios de contener el menor átomo de plata. El residuo fué lavado de nuevo con agua destilada y puesto después en digestión en el ácido marino ordinario concentrado. El licor que se había aclarado, lo decanté, y ensayando una porción diluyéndola con agua destilada (1), se hizo en seguida lechosa y formó un depósito que no tardó en tomar un color gris de perla; en una palabra: no era otra cosa que plata córnea.

Esta experiencia me hizo ver muy claramente que el ácido marino, reducido en vapores, ataca y disuelve muy bien la plata. Quise ver a continuación si este ácido no produciría el mismo efecto estando en estado líquido, siempre que la plata estuviese extremadamente dividida. Pulvericé para esto las hojas de este metal con cuarzo e hice hervir esta mezcla durante media hora en ácido marino concentrado. El líquido decantado, después de haberse aclarado, me dió también plata córnea, diluyéndolo con agua destilada. La disolución tiene, por tanto, lugar también por este medio.

Estos resultados me llevaron a ensayar, además, la acción del mismo ácido en frío sobre la plata. Puse, en consecuencia,

(1) Había reconocido en otras operaciones que la plata córnea se disolvía en ácido marino y que se podía separarla de este ácido diluyendo la disolución con agua. Esta propiedad de la plata córnea no había sido observada, que yo sepa, hasta la fecha. Puede encontrar su aplicación en el análisis de los minerales y en otras operaciones donde se trata de separar la plata de otros metales.

una hoja de este metal en un vidrio, vertiendo encima ácido marino concentrado. Durante las primeras horas no observé ningún cambio; la hoja de plata empezó, sin embargo, a ennegrecerse; al día siguiente la encontré completamente disuelta, y el líquido diluido con agua destilada, me dió plata córnea.

A pesar de que estas experiencias indiquen de una manera bastante clara la acción directa del ácido marino sobre la plata, quise, sin embargo, asegurarme si el pilón con el cual los batidores de oro preparan sus láminas y que podía haberse fijado a estas hojas, no contribuía a esta disolución desflogisticando el ácido marino en estas hojas. Para esto hice digerir en frío en el mismo ácido una porción de plata purificada por intermedio de una lámina de cobre, de su disolución en ácido nítrico; después de haberla hecho hervir repetidas veces con agua destilada hasta que el agua no diese el menor indicio de acidez. Este precipitado, que formaba un polvo muy fino mezclado con algunas partículas un poco más gruesas, se apelo-tonó en el momento que eché encima el ácido, pero los grumos disminuyeron poco a poco, y al cabo de dos días desaparecieron enteramente. El líquido estaba entonces muy claro, y diluyéndolo con agua se volvía lechoso en seguida, y se formaba un depósito que tenía todas las propiedades de la plata córnea.

Yo creo, pues, poder deducir de estas experiencias que el ácido marino ordinario ataca por sí mismo la plata en estado de régulo y la disuelve completamente, y que esta disolución se realiza sin ayuda del calor. Exige solamente que la plata esté muy dividida y que el ácido se halle bastante concentrado. Si está muy diluido, no hay ninguna acción sobre ella, al menos en un intervalo de veinticuatro horas. Esta disolución no presenta otro color que el que es propio del ácido marino, y queda transparente. La sal que resulta, sólo se mantiene en di-

solución por el ácido en exceso (1). No siendo soluble, al menos sensiblemente, en el agua, se precipita cuando se la diluye con ella. Concentrando esta disolución, deposita por enfriamiento unos cristallitos que tienen mucho brillo y que examinados a la lupa presentan bonitos grupos de octaedros. Se puede reconocer esta figura en algunos a simple vista. Estos cristales, mientras están dentro del ácido marino, son de color blanco, pero cuando se decanta el licor, se convierten, al secarse, en gris de perla, que pasa después a violeta y acaba por convertirse en gris de humo. Conservan, sin embargo, su brillo y no eflorescen y no atraen tampoco la humedad del aire. Cuando se introduce una lámina de cobre en esta disolución, se platea en seguida, a pesar de que haya un exceso considerable de ácido. No he podido determinar la cantidad de plata que una porción de ácido marino puede llevar en disolución, pero falta mucho para que sea tanta como la que disuelve el ácido nitroso.

### III

Por lo que respecta al oro, se ha creído durante mucho tiempo que el agua regia era su único disolvente entre los ácidos. Brand es el primero que se ha dado cuenta que el ácido nitroso tiene alguna acción sobre este metal en ciertas circunstancias. El ilustre Scheele ha dado también a conocer un nuevo disolvente del metal, que es el ácido marino desflorigado. Cree al mismo tiempo que es este ácido el que en el agua regia opera la disolución del oro. Para el ácido marino ordina-

(1) El agua regia disuelve también la plata córnea y ésta se precipita igualmente cuando se diluye la disolución con agua destilada; hace falta, por consiguiente, tener cuidado de diluir mucho el líquido después de la disolución, cuando se trata por agua regia, para tener el oro muy puro y evitar el exceso de peso que necesariamente se encontraría sin ello para dicho metal.

rio se ha creído hasta ahora que siendo puro y no desflorigado no atacaba nada este metal; ocurre lo mismo con el ácido vitriólico. Como mis experiencias no están de acuerdo con las ideas que se tienen sobre este punto, creo será útil conocer mis resultados. Voy a dar, pues, cuenta de ellos, empezando por el ácido nitroso.

### IV

He vertido ácido nitroso (extraído de una disolución de plata por destilación) sobre una hoja de oro y lo he dejado digerir en frío durante ocho días. La hoja de oro no ha cambiado de color ni de brillo; el líquido ácido no daba el menor precipitado con la disolución de estaño y su color mismo no sufría el menor cambio. He hecho digerir en frío durante varios días, en el mismo ácido, oro en polvo fino precipitado por intermedio de cobre de su disolución en agua regia. El polvo de oro no había disminuído sensiblemente durante este intervalo, y el líquido claro no marcaba ningún cambio con la disolución de estaño. He hecho hervir este ácido sobre el mismo polvo hasta que fuese muy concentrado y reducido a poco volumen, pero la disolución de estaño no ha producido nada tampoco sobre este licor. En fin, lo he hecho hervir de nuevo hasta sequedad, lavando el residuo con agua destilada y ensayando la disolución con estaño. El líquido no tomó al principio nada más que un tinte amarillo claro, tirando a marrón, pero al día siguiente lo encontré de un color rojo algo sucio. Ha conservado este color durante más de quince días, pero no se ha formado ningún depósito, lo que prueba que había muy poco oro disuelto.

He pulverizado también hojas de oro con cuarzo y las he mezclado después con nitro purificado con la disolución de plata, y he calcinado todo bajo mufla en un horno de copela-

ción. Durante esta operación se han desprendido vapores ácidos en gran cantidad, y he tenido la precaución de no extremar mucho la calcinación, por no descomponer la sal de oro que podía haberse formado. He hecho digerir en frío esta mezcla en ácido nitroso. Después de la digestión, el oro se ha depositado en el fondo del matraz bajo el cuarzo; se le distinguía por su color. Ensayando el líquido por la disolución de estaño, no ha dado precipitado, y su color no ha cambiado.

Estas experiencias parecen probar que el ácido nitroso no tiene nada más que muy poca o ninguna acción sobre el oro, aun cuando se reúnan las circunstancias las más favorables para hacerla con éxito, tales como una extremada división por parte del oro, un alto grado de concentración del ácido y el auxilio del calor. Sin embargo, Brand y los académicos de París han hecho ver que en la operación de *départ* (cementación) por agua fuerte, este ácido, cuando está muy concentrado, se apodera de una porción de oro. Declararé que no he tenido ocasión de reconocer por mí mismo este hecho para poder determinar la causa de estas diferencias. Podría ocurrir que en estas experiencias el oro no estuviese completamente disuelto, sino simplemente suspendido en el ácido; así es como piensa el Sr. Tillet. La facilidad con la cual se separa del ácido depositándose, él mismo, en el fondo de la vasija en estado metálico, y las propiedades metálicas que ofrece cuando se le separa del ácido por simple evaporación al aire libre, hace muy verosímil esta última opinión. Sin embargo, la cantidad de oro que toma el ácido nitroso en estas experiencias es muy poco considerable, según estos mismos sabios, y podría ocurrir que no fuese sensible a la prueba de la disolución de estaño.

## V

El ácido vitriólico parece no tener más acción sobre el oro que el nitroso, sea cual fuere la manera como se le aplique. He pulverizado hojas de oro con piritas sulfurosas, he calcinado esta mezcla y la he hecho digerir después en ácido vitriólico. Moviendo el vaso, el oro se ha concentrado en el fondo con su aspecto metálico, y el líquido decantado no ha dado ningún indicio de oro con la disolución de estaño. Esta experiencia no era, sin embargo, bastante decisiva para poder asegurar, según ella, que el ácido vitriólico no tiene ninguna acción sobre el oro, puesto que en la calcinación de esta mezcla, habiéndose formado vitriolo marcial, como esta sal tiene la propiedad de precipitar el oro bajo forma metálica de sus disoluciones, podría ocurrir que la parte disuelta durante la calcinación se hubiese precipitado durante la digestión.

Para asegurarme mejor de ello recurrí a otras sales vitriólicas, y ensayé primero la descomposición de la sal de Glauber con el cuarzo por medio de la calcinación. Apliqué a esta mezcla un fuego muy intenso y continuado durante largo tiempo, no desprendiéndose vapores ni el menor olor de ácido sulfuroso. Parece, pues, que el desprendimiento de este ácido no podría tener lugar por un procedimiento semejante con respecto a las sales vitriólicas alcalinas con base terrosa; hace falta, pues, el concurso de alguna materia que pueda suministrar a este ácido una porción de flogisto para disminuir su adherencia con su base y convertirlo en volátil. Me he limitado a ensayar una mezcla de vitriolo de cinc y hojas de oro. Calcinándolo de la misma manera, se desprendieron vapores de ácido sulfuroso en gran cantidad. El residuo de esta operación fué puesto en digestión en agua destilada, y decan-

tando el líquido claro después de enfriado, vertí encima una disolución de estaño, pero no se produjo el menor cambio.

He tratado también por una larga digestión, y hasta por ebullición en ácido vitriólico (en líquido), tanto hojas de oro como precipitados de este metal, hechos por otros metales, variando de mil maneras estas experiencias, tanto por el grado de concentración del ácido como por el estado de división del metal, sin que haya podido reconocer en todos estos casos la menor apariencia de una disolución de oro con la prueba de la disolución de estaño, de donde creo poder deducir que el ácido vitriólico no tiene ninguna acción sobre el oro, sea cual fuere la manera como actúe sobre este metal.

## VI

El oro tratado por el ácido marino da resultados muy diferentes a los de los dos ácidos precedentes; se disuelve completamente y de una manera menos equívoca. He empezado por dividir mucho este metal, pulverizando algunas hojas con cuarzo, añadiendo a esta mezcla una porción de sal marina ordinaria, calcinándolo bajo mulla en un horno de copelación. La operación terminada, he hecho hervir encima ácido marino débil y lo he dejado reposar. Echando después algunas gotas de una disolución de estaño sobre el líquido decantado, en seguida se ha formado un precipitado púrpura.

He hecho hervir este mismo ácido sobre hojas de oro pulverizadas con cuarzo; el líquido, después de enfriado, ha dado púrpura con la disolución de estaño.

He puesto también en digestión, en frío, una hoja de oro en ácido marino. Al cabo de dos días, esta hoja había desaparecido completamente y el líquido daba también púrpura con la disolución de estaño.

En fin, tomando polvo de oro precipitado de su disolución en agua regia por intermedio de una lámina de cobre y lavado con todo el cuidado posible, lo he puesto en digestión, en frío, con el mismo ácido; al cabo de algunas horas, el líquido daba un precipitado púrpura con la disolución de estaño.

Se ve, pues, que el ácido marino ordinario actúa sobre el oro del mismo modo que sobre la plata. Las condiciones necesarias para esta disolución son también una gran división de la parte del metal y un grado de concentración bastante fuerte del ácido. El mismo ácido, que siendo concentrado lo disuelve completamente, no tiene la menor acción cuando se le debilita con el agua; además, cuando las partículas del metal forman masas un poco considerables, resisten a la acción de un ácido muy concentrado. Es lo que se ve claramente cuando se emplea un precipitado de oro hecho por intermedio del cobre: las partes finas se disuelven, mientras que las que se han unido a la lámina de cobre, se han agregado y tienen forma de hojas, quedan sin disminuir ni cambiar de forma.

## VII

Se podría dudar, sin embargo, que la acción del ácido marino ordinario, tanto sobre el oro como sobre la plata, sea debido a la propia energía, y se podría pensar que provenga más bien de alguna mezcla de otro ácido en estado más o menos desflogisticado en que se encuentre. El ácido marino que hemos empleado era el del comercio, pero lo hemos destilado sobre sal marina, después de haberlo dejado encima en frío durante veinticuatro horas. La porción fumante que hemos obtenido disolvía completamente estos dos metales, con mayor o menor velocidad, pero la porción débil no les ha atacado nada. Ahora bien; entre todos los ácidos, no conocemos, por

ahora, más que el nitroso cuya mezcla pueda hacer al ácido marino ordinario capaz de disolver muy sensiblemente el oro, y esta mezcla no es presumible que exista en nuestro ácido ni aun antes de la purificación, al menos que no fuese por algún accidente particular, que no podría haberse dado sobre ácidos marinos diferentes que hemos ensayado. Pero aunque hubiese existido esta mezcla, la digestión sobre la sal marina nos hubiese librado de ella. Haría falta, pues, que fuese otro ácido más débil que, como el nitroso, tuviese la propiedad de desflogisticar al ácido marino, o bien la acción unida a este último pueda ocasionar la destrucción del oro. Pero esta suposición no está fundada sobre ningún hecho, puesto que no conocemos nada más que el ácido nitroso que sea capaz de producir este efecto. Debemos, pues, rechazarla hasta que experiencias ulteriores no confirmen su existencia.

En cuanto a la desflogisticación, a lo menos parcial, del ácido marino, parece en verdad más posible, pero no está confirmado. Hasta existen hechos que nos impiden poder admirla.

1.º Entre los diferentes ácidos que yo he sometido a estas experiencias, había algunos que habían sido purificados destilándolos sobre sal marina accidentalmente mezcladas con algunas materias animales; el ácido había seguramente atacado estas sustancias, y de un color amarillo claro que tenía antes de esta operación, se había vuelto marrón y, sin embargo, las porciones concentradas actuaban sobre el oro del mismo modo que otras que no tenían color. Sin embargo, no es presumible que este ácido tuviese la menor falta de flogisto. Creo tener que considerarlo como sobresaturado de este principio.

2.º Si en la fabricación ordinaria del ácido marino se pueden mezclar a las sustancias que forman la mezcla alguna materia que pueda desflogisticar este ácido, yo no me imagino lo que haya podido producir este efecto en las calcinaciones

que yo he hecho de mezclas de cuarzo, de sal marina y de hojas de oro o de plata, puesto que estas sustancias eran de la mayor pureza y las operaciones han sido hechas bajo mufla en un horno de copelación, al menos que no se quiera decir que este ácido estaba ya en un estado desflogisticado en la sal marina, lo que está desprovisto de toda verosimilitud. Sin embargo, los vapores que se han desprendido en estas operaciones han atacado el oro y la plata y los han disuelto completamente.

En fin, es más que probable que no sea la mezcla de otro ácido ni un estado de desflogisticación del ácido marino ordinario, sino que a su propia energía sea debida su acción sobre el oro y la plata, puesto que el simple debilitamiento por el agua le quita esta propiedad hasta en relación con las partes las más finas de estos metales. Por otro lado, por muy concentrado que esté, al menos en estado líquido, no actúa ya sobre ellos cuando sus partes forman agregados o masas un poco compactas y de cierto volumen. Las diferencias entre estos fenómenos no pueden provenir nada más que de la mayor o menor división en la cual se presentan estos dos metales, así como del grado más o menos fuerte de la concentración del ácido.

Cualquiera que sea la causa extraña que dé a este ácido la facultad de atacar el oro y la plata en estado metálico, se encontraría, según he podido yo observar hasta ahora, en todos los ácidos marinos, sea cual fuere la manera de haber sido preparados, con tal de que sean bastante concentrados, más o menos fumantes. Conservan esta propiedad hasta después de haber sido purificados destilándolos sobre sal marina, con tal de que no se debiliten demasiado con esta operación, como pasa a menudo, pues entonces no actúan más, pero esto es únicamente a causa de su debilidad. Como por otra parte no conocemos hasta ahora ningún otro medio de purificar este

ácido y todos los químicos lo miran como puro después de haber pasado por esta operación, creemos deber mirarlo como tal hasta que investigaciones ulteriores nos indiquen el medio de descubrir las materias extrañas que estarían mezcladas con este ácido y modificarían sus propiedades. Nos creemos con derecho a decir, por el momento, que todo ácido marino ordinario puro tiene una acción más o menos marcada sobre el oro y la plata en estado metálico.

DISERTACIÓN 3.<sup>a</sup>

## OBSERVACIONES SOBRE LAS COMBINACIONES DEL AZUFRE CON LOS METALES

## I

A pesar del gran número de trabajos que se han hecho hasta ahora sobre los compuestos metálicos en los cuales entra el azufre, falta mucho para que se haya agotado todo lo que les concierne para poder decir que se conoce bien su naturaleza. Es únicamente en estos últimos tiempos cuando se ha empezado a determinar las proporciones de los principios que los constituyen. Nunca se ha dudado que los metales puedan estar en estos compuestos de otro modo que en su verdadero estado de régulo. Estaba reservado a la sagacidad del ilustre Bergmann el entrever a lo largo de sus experiencias que este principio no era completamente cierto y establecer otro que supone a los metales privados de una porción más o menos grande de su flogisto en estas combinaciones. Hay que reconocer, sin embargo, que ni él ni ningún otro químico han seguido suficientemente los fenómenos que presenta el análisis y la síntesis de estos compuestos para dar a esta doctrina la solidez de la cual ella es susceptible. Como las observaciones sobre las cuales Bergmann funda su opinión están dispersas en diferentes obras, yo creo que no estará demás el encontrarlas reunidas, así como otros hechos que vienen en su apoyo.

Este trabajo contribuirá quizá a que otros continúen con él, para acabar de darse cuenta de esta verdad, que como tal no puede ser más que útil a la Ciencia.

## II

Si entre el número de estos compuestos, tanto naturales como artificiales, se encuentran algunos, tales como la galena, el antimonio gris, las menas de plata vidriosas y blancas que conservan el brillo, la opacidad y en parte la ductilidad de los metales; existen, por otra parte, la *mena de plata roja*, el cinabrio, el oropimente, etc., donde no se observan ni el menor vestigio de estas propiedades. Estos caracteres aparentes no pueden, pues, servir como pruebas para el objeto de que se trata. Examinemos otros hechos que se relacionan de más cerca con la naturaleza íntima de estas sustancias.

## III

*El kermes mineral, el vidrio de antimonio y otras preparaciones sulfurosas de este metal*, en las cuales está, evidentemente, en estado de cal, prueban ya suficientemente que el azufre puede combinarse con las cales metálicas. Estos productos que se obtienen ordinariamente tratando por diversos procedimientos el antimonio gris, pueden también haberse formado combinando inmediatamente el azufre con las cales de este metal en proporciones diferentes. Las cales de este metal no son las únicas con las cuales este efecto tenga lugar; en las de hierro, de arsénico y de manganesa, ocurre lo mismo. Las cales de mercurio, de plata, de plomo y de estaño, cuando descomponen los hígados de azufre, se combinan con este úl-

timo principio. Ocurre lo mismo con las cales de casi todos los metales cuando se les disuelve previamente en un ácido cualquiera. Es también muy verosímil que estas combinaciones se verificaran con éxito con las cales de todos los metales; mezclándolos inmediatamente con el azufre solo, si se tomase uno el trabajo de seguirlos con atención.

Uniremos a estos ejemplos de unión inmediata de los metales en estado de cal con el azufre, otros fenómenos particulares que prueban que los metales no contraen unión con el azufre en su estado metálico completo. Cuando se trata al fuego una mezcla de limadura de hierro y azufre, se desprende aire hepático, lo que no ocurre con el azufre solo y prueba que el hierro se desflogística en el acto mismo de la combinación. Ocurre del mismo modo cuando en lugar de exponer esta mezcla al fuego se la humedece simplemente con agua. El hierro no es el solo metal con el cual este efecto tenga lugar; el mercurio, en la preparación del etiope mineral, presenta el mismo fenómeno, y obtengo igual resultado tratando al fuego una mezcla de plomo granuloso con azufre. No se ha prestado bastante atención a lo que pasa con otros metales en experiencias parecidas, pero se sabe que la mayoría de estas mezclas se inflaman en el momento mismo en que la combinación se hace, lo que indica, evidentemente, que estos metales se desflogistican como los precedentes. El régulo de la manganesa, según Bergmann, parece no llegar a unirse con el azufre, mientras que sus cales se combinan con él bastante fácilmente. ¿Cuál puede ser la causa de esta diferencia, si no es el flogisto, que en el primer caso impide la unión? Yo no veo, por ahora, otra causa. Se ha considerado durante mucho tiempo el cinc como un metal que no tiene afinidad con el azufre, y varios químicos piensan hoy todavía esto. Se ha buscado, en efecto, combinar estas dos sustancias, y no se ha logrado. Esta dificultad proviene, únicamente, de la manera

como se ha procedido. Se ha utilizado siempre cinc en régulo, y parece muy verosímil que este estado impida la unión con el azufre, pues su cal se combina muy bien. El Sr. De Morveau parece ser el primero que haya intentado este método, seguido de feliz éxito. El ha obtenido blendas artificiales, no solamente fundiendo una mezcla de cal de cinc y azufre con hierro, sino también no empleando más que una cal de cinc muy pura y azufre.

Convencido de la diferencia que puede establecer en esta clase de combinaciones la presencia del flogisto en los metales, he buscado hacer blenda artificial por vía húmeda, con gran esperanza de éxito. Para ello he tomado una disolución de cinc en ácido vitriólico, echando encima una disolución de hígado de azufre; se ha formado inmediatamente un precipitado gris verdoso muy abundante. Lo he dejado depositar después de haber decantado el líquido claro, lo he lavado con agua destilada con ayuda de la ebullición varias veces. He tomado después una porción de este precipitado y he echado encima ácido marino, que ha hecho en seguida una ligera efervescencia, desprendiéndose un olor muy fuerte de aire hepático, que ha continuado hasta que todo el cinc estuvo disuelto; ha quedado un residuo verdoso que no era más que azufre puro. He aquí los caracteres bien decisivos que anuncian una verdadera combinación del azufre con el cinc. Después de haber hecho secar la porción restante del precipitado, la he expuesto en un crisol a un fuego bastante fuerte y he obtenido una masa negruzca muy bien fundida, agria, y que en su fractura presentaba hojitas, con pequeños granos, pareciéndose perfectamente a las masas de blenda que se unen a las paredes del horno en las fundiciones de los minerales de plomo y de plata que están mezclados con esta sustancia. Colocando un poco en ácido marino, se ha desprendido un olor hepático muy marcado. He aquí, pues, un segundo metal

que siempre que está unido a su flogisto no puede llegar a unirse con el azufre, mientras que, el estado de cal se combina fácilmente. Es, sin embargo, muy singular que este efecto tenga lugar precisamente con los dos metales que se calcinan muy fácilmente por cualquier otro método. Esto puede considerarse como una verdadera calcinación para los metales que se combinan inmediatamente con el azufre, puesto que pierden una porción de su flogisto. Confieso que no sabría dar ninguna razón actualmente a este fenómeno extraño.

No ingoro que el Sr. Dr. Dehue pretende haber formado blenda artificial por la unión inmediata del cinc en estado de régulo con el azufre, y no negaré que no la haya obtenido por este procedimiento. Pero dudo que su cinc se haya combinado verdaderamente con el azufre en su estado verdaderamente metálico. No ha hecho la operación en recipientes cerrados y, según él mismo confiesa, el cinc se ha quemado en parte y hasta la unión de estas dos sustancias no se ha operado nunca mejor que cuando este metal había sido quemado. Es, pues, el producto de esta combustión, es decir, la cal de cinc que se ha combinado con el azufre, y no el metal mismo. Es muy verosímil que si el Sr. Dehue no hubiese tenido tanto cuidado de cubrir su mezcla con polvo de carbón para prevenir la calcinación del cinc, la operación hubiese tenido éxito más fácilmente y le hubiese dado un resultado más completo.

El no combinarse el oro y el platino con el azufre, parece provenir, igualmente, de la dificultad con la cual estos dos metales se calcinan y de la facilidad con la cual sus sales se reducen con el contacto de una materia inflamable, como diremos ahora mismo. Sin embargo, creo que se llegará a combinarlos.

Estos últimos fenómenos parecen pruebas bastante concluyentes de la desflogisticación de los metales; en estas clases de combinaciones he querido confirmarlos por experiencias in-



versas. He tomado para esto seis onzas de cinabrio, las he mezclado con una onza de hierro, y colocado todo en una retorta de vidrio cubierta de una capa de arcilla, la he expuesto a un fuego bastante fuerte, adaptando a su cuello un aparato pneumatoquímico. La finalidad de esta operación era reconocer si durante la descomposición del cinabrio se desprendería aire inflamable ( $H_2$ ) o aire hepático ( $SH_2$ ), pues debiéndose combinar el hierro con el azufre, en esta operación debe producirse uno de estos dos flúidos inflamables. Suponiendo que el mercurio se desflogistique cuando se combina con el azufre, no se debía formar aire inflamable ni hepático, puesto que el flogisto del hierro debía servir para reducir completamente este metal; para evitar todo equívoco, he puesto solamente una sexta parte de hierro. El resultado de esta experiencia respondió perfectamente a mis suposiciones. No obteniendo nada de aire inflamable, ni hepático. El mercurio se sublimó en parte al estado de régulo y en parte en un polvo negro parecido al etiope mineral y una gran parte en estado de cinabrio, quedando en el fondo de la retorta una masa porosa que en algunos sitios tenía color y brillo de una pirita sulfurosa. He aquí una prueba de análisis que, unida a la síntesis, forman una demostración completa del estado de desflogisticación en el cual se encuentra el mercurio en su combinación con el azufre.

Unas experiencias parecidas hechas con otros metales serían muy propias para explicar su estado en estas clases de combinaciones, pero dudo que tengan éxito, excepto en el mercurio y quizá en el arsénico. Para que el desprendimiento de aire hepático no tenga lugar en estas experiencias, hace falta necesariamente que el metal separado se volatilice o se precipite en el momento mismo que el precipitante se combina con el azufre. Si el calor que se le aplica en este último momento no es bastante para volatilizarlo o fundirlo, y si su actividad con la sustancia del nuevo compuesto le impiden separarse

inmediatamente, no puede revivificarse y el flogisto del metal precipitante, en lugar de unirse con él, se unirá al azufre y se escapará en forma de aire hepático. Si el metal que se añadiese no hiciese nada más que combinarse con el mineral o compuesto sulfuroso metálico, sin producir precipitación, su flogisto se desprendería con mayor razón en forma de aire hepático. He querido, sin embargo, ensayar lo que ocurriría con respecto del plomo, y para este efecto he tratado, por el mismo procedimiento que el cinabrio, una mezcla de galena y limaduras de hierro. Esta operación me ha dado: primero, aire inflamable que tenía un olor hepático muy débil, y hacia el fin, una porción de aire, ácido sulfuroso; el residuo formaba una masa porosa en la que se distinguían algunos granos de plomo revivificados. Creo, pues, según esto, que el hierro se ha combinado primero con el plomo y el azufre, y nada más que por un calor más fuerte y con ayuda del flogisto de este último, por lo que el plomo se ha revivificado y precipitado hacia el fin de la operación.

Habría todavía que hacer muchas investigaciones con cada metal en particular para poner en evidencia esta clase de combinaciones. Habría que observar lo que pasa cuando se les combina tanto en estado metálico como en estado de cal, sea con el azufre, sea con hígado de azufre, tratando estas mezclas en aparatos convenientes para recoger los flúidos elásticos que se desprenderían. Se tendría el mismo cuidado en las precipitaciones, que se harían por intermedio de metales y de otras sustancias.

Los fenómenos que presentarían estos diversos compuestos con los ácidos merecerían también ser observados con toda la exactitud posible. En fin, las precipitaciones del hígado de azufre con la cal y las disoluciones metálicas, ayudarían, además, a conocer bien la naturaleza de estos compuestos.

## IV

A pesar de que los fenómenos que acabamos de relatar estén de acuerdo para probar que los metales, en sus combinaciones con el azufre, no se hallan en su estado metálico completo, los que miran el oro y la plata como metales demasiado nobles para ser confundidos con los que llaman bajos o imperfectos, no querrán quizás admitir que estas dos sustancias estén comprendidas en esta regla. Pero como no son los prejuicios, sino los hechos demostrados por la experiencia, los que deben de calificar los diferentes seres en las ciencias, nos será permitido interrogar a ésta para saber si debemos respetar estas dos nobles sustancias. Los productos en los cuales estos metales están combinados con el azufre no indican al principio en su exterior ninguna prerrogativa que pueda distinguirles a este respecto, y si consideramos los cambios que sufren en los diferentes estados en los cuales la naturaleza nos los presenta, veremos que no se diferencian de los otros metales y que los altera y los descompone del mismo modo; tanto los minerales de plata llamados fuliginosos y *merde d'oise*, el vitriolo de luna natural, y hasta la mena de plata córnea (1)

(1) La formación de la luna córnea parece ser de origen moderno. Supone al menos la existencia previa de minerales de plata de otra especie, cuya descomposición ha dado lugar a su nacimiento, ya que, primero, el ácido marino no se encuentra puro y libre de toda base en la naturaleza, según se ha observado hasta la fecha. Segundo, en el estado de combinación no actúa por vía húmeda sobre la plata en régulo, ni aun en estado de cal, si se la quisiese suponer existente en la naturaleza, al menos en tanto que este ácido está unido a un álcali o a una tierra, puesto que esta sustancia tiene más afinidad con él que con la plata. Es, pues, necesario echar mano de alguna otra combinación de este metal que pueda ser descompuesta con el concurso de la sal marina, para que resulte luna córnea. Su unión con otro ácido sería el medio más propio para este efecto, pero de todos los que se pueden mirar como pertenecientes por derecho propio al reino mineral, no hay nada más que el vitriólico que pueda satisfacerlo.

son resultados y productos muy análogos a los que provienen de la descomposición de los minerales de cobre sulfuroso, así como de los otros metales.

En fin, examinando su naturaleza íntima, nos encontramos también con que siguen las mismas leyes que estos últimos.

He tomado una porción de mena de plata vidriosa, sin mezcla de ninguna clase de sustancias, la he extendido en láminas y las he cortado en trozos muy pequeños. Poniéndolos todos en un matraz, empecé por echar encima ácido marino ordinario, pero antes que hubiese terminado se había ya producido una viva efervescencia y se desprendía un olor hepático muy fuerte. El ácido se puso turbio y se distinguían copos, o más bien grumos blancos, que el movimiento de efervescencia hac;a flotar de un lado a otro y que finalmente caían al fondo.

Pero encontrándose éste en los minerales de plata en estado de azufre, es muy natural que de su eflorescencia o descomposición resulte vitriolo de plata. La sal marina puede muy bien llevar entonces su acción sobre este nuevo producto, pues su ácido tiene más afinidad con la plata que el vitriólico y da lugar a la formación de la mena de plata córnea. La presencia del ácido vitriólico, a lo menos en la mayor parte de las menas de esta especie, da bastante probabilidad a esta teoría; supongo, sin embargo, que la naturaleza emplea aún otros medios para llegar a este mismo fin y que no es necesario que la plata esté reducida antes al estado de vitriolo y baste el concurso de sal marina con un mineral de plata roja vidriosa o de otra especie para que resulte el mismo efecto. Esta conjetura parecerá quizá desprovista de todo fundamento, pero he aquí un hecho que parece apoyarla. Cuando se tritura mena de plata roja con mercurio humedecido con algunas gotas de agua, este último se carga poco a poco de plata del primero; pero esta operación exige un tiempo muy considerable. Si en lugar de triturarlos solos se añade un poco de sal marina, la extracción de la plata se hace mucho más de prisa, aunque siempre en un tiempo bastante largo. ¿Cuál puede ser aquí el efecto de la sal marina, sino el de acelerar la descomposición del mineral por la acción de su ácido sobre la plata y la del álcali sobre el azufre y, por consiguiente, con una doble afinidad? Si la naturaleza no emplea la trituración, el tiempo u otras circunstancias pueden suplirla. En cuanto a la sal marina, como no hay quizá agua que no contenga más o menos esta sal y en las hendiduras de las rocas y en los pilones este líquido no falta comúnmente, creo que no hay necesidad de ir a buscar más lejos su origen.

Este fenómeno continuó durante algún tiempo, pero la efervescencia disminuyó poco a poco. Vertí en un vaso algunas gotas del líquido, y habiéndolo diluido con agua destilada, se hizo inmediatamente lechoso y se formó un precipitado que era luna córnea. Este mineral no se descompuso, sin embargo, inmediatamente de un modo completo por este método; las partículas de luna córnea y azufre que se depositan en su superficie les garantizan de la acción del ácido. Si se agita a menudo el matraz, la efervescencia se renueva cada vez con más o menos violencia; pero para terminar de descomponerse el mineral, hace falta exponerlo al fuego, a fin de que dilatando o ensanchando los poros presenten más superficie al ácido.

La velocidad con la cual el ácido marino ataca y se combina con la plata en esta experiencia, es un fenómeno que merece alguna atención. Hemos dicho que este ácido no disuelve nada más que muy lentamente a la plata en estado de régulo, aunque se la presente muy dividida. Las partes de este metal están muy separadas unas de otras en la mena de plata vidriosa, pero no lo pueden estar más que en el precipitado formado de su disolución en un ácido por intermedio del cobre; están aisladas y sin ninguna unión con otras sustancias en este último, mientras que en el mineral se adhieren fuertemente al azufre y el todo forma una masa de una consistencia bastante compacta. No se podrá negar que son otros tantos obstáculos a vencer antes que la combinación del ácido con el metal pueda tener lugar. La diferente solubilidad de la plata en estos dos diferentes estados, no puede, pues, provenir del estado de división más o menos grande en el cual se encuentre en estos productos. Si consideramos, por otro lado, la gran afinidad que tiene la plata en estado de cal con el ácido marino, puesto que este ácido quita a todos los otros este metal, parecerá mucho más natural creer que la facilidad con la cual esta combinación se hace en la descomposición de la mena de plata vidriosa,

es debida al estado más o menos desflogisticado en el cual se encuentra este metal, y ya que este hecho no tiene nada de extraordinario en sí mismo y está muy conforme con las leyes que siguen los otros metales, nos creemos con derecho a deducir, según esta experiencia, que la plata no está en su estado metálico completo en su combinación con el azufre. El Sr. Beaumé asegura también que una mezcla de plata y azufre se inflama en el momento de la combinación; la plata se desflogistica, pues, como todos los otros metales en esta operación.

La plata, unida con el azufre y con el arsénico a la vez, forma en la mena de plata roja una combinación más sólida que la de la mena de plata vidriosa. El ácido marino ordinario no tiene ninguna acción sobre ella en frío; hay que ayudarla con la ebullición continuada durante más de una hora para que la descomposición tenga lugar (1). Resulta también luna córnea. No creo, sin embargo, que la plata esté en este mineral de modo diferente que en el precedente. La presencia del arsénico que hemos reconocido que está en el estado de cal en su combinación con el azufre, parece indicar aquí que la plata no está tampoco en estado metálico completo en la mena de plata roja, pues un metal en estado de régulo no puede contraer ninguna unión con las sales de los otros metales, ni con las suyas propias. Esta diferencia, pues, parece provenir solamente de la fuerte atracción que reúne entre ellos los principios de este mineral.

Por lo que respecta al oro, es difícil decir nada positivo, puesto que es aun dudoso que contraiga alguna unión con el azufre. Se cree generalmente que estas dos sustancias no tienen afinidad entre ellas, y no se ha llegado hasta ahora a combinarlas por ningún procedimiento. Entre los diferentes me-

(1) Hemos llegado igualmente a descomponer el cinabrio por medio del ácido marino ordinario, pero esta descomposición exige también una ebullición muy larga.

dios por los cuales se ha buscado unirlos, la precipitación de una disolución de este metal en agua regia por intermedio del hígado de azufre, me parece ser el más propio para tener éxito. He querido examinar con atención este precipitado para conocer bien su naturaleza. He vertido, pues, sobre una disolución de oro en agua regia una porción de hígado de azufre disuelto en agua destilada, y en el momento el líquido se ha vuelto turbio y marrón, y se ha formado un depósito bastante considerable. Después de decantado el líquido claro, he hecho hervir varias veces el residuo en agua destilada y lo he recogido sobre un filtro. Hecho secar al sol, no tenía otro aspecto, a simple vista, más que de un depósito terroso parduzco; pero examinándolo con la lupa, se descubría una infinidad de partículas metálicas que tenían el brillo y el color del oro y que formaban la mayor parte de la masa. Puesto un poco sobre un carbón, se ha inflamado en seguida, dando una llama azul y un olor de ácido sulfuroso, y ha resultado al fin una masa de un color amarillo, pero sin brillo metálico. Sin embargo, raspándola con un cuchillo, se veía que se trataba de oro puro. Vertiendo ácido marino concentrado sobre otra porción de este precipitado, no ha habido efervescencia y no se ha desprendido olor hepático y no ha cambiado de color después de varias horas de digestión en frío. Se ha hecho hervir después durante media hora sin observar el menor olor a hepar, pero el ácido ha disuelto una parte y el resto ha tomado un color amarillo y el brillo metálico del oro; una parte del residuo estaba suspendido en el líquido y formaba en la superficie una película, pero la mayor parte estaba en el fondo, dividido en grumos. Esta última se había mezclado con partículas de azufre, que se distinguían por su color verdoso. Estas experiencias parecen indicar que este precipitado no es nada más que una mezcla de oro y azufre y no una verdadera combinación, puesto que no da aire hepático con el ácido marino, como ocu-

rre, en general, con todos los compuestos metálicos en los cuales entra el azufre.

A pesar de la dificultad que experimenta el oro para unirse con el azufre en las tentativas de los químicos, se puede decir, sin embargo, que la naturaleza puede emplear medios que son desconocidos para operar esta combinación, y que quizá los produce efectivamente. Si se observa los diferentes estados en los cuales se nos presenta este metal en sus minerales, se verá al menos que la mayor parte está en estado nativo o de verdadero régulo, y que basta para extraerlo emplear medios mecánicos que no hacen más que separarlos de las materias con las cuales está disperso sin alterar de ningún modo su estado de combinación, y que no hay nada más que las piritas auríferas y las minas de oro especular de Nagiag donde se podría sospechar realmente que está combinado con el azufre. Estas sospechas se desvanecen cuando se considera que se quita a estas piritas una gran parte de su oro con simples lavados, retirando este metal en estado de régulo. Si no se les priva completamente, depende de la extrema división, de la pequeñez de las partes de este metal y del estado de imperfección en el cual se encuentran aún estos trabajos, más bien que de su unión íntima con el azufre o con otra sustancia que alteraría sus propiedades.

Ocurre lo mismo con la mena de oro especular Nagiag, donde no se extrae oro por medios tan sencillos, y que parece ser una verdadera combinación de este metal con el azufre y muchos otras sustancias. Según las experiencias del Sr. Ruprecht, que ha hecho un excelente análisis de esta mena, parece que el oro que contiene se encuentra en parte en estado nativo y en parte mineralizado. La amalgamación de esta mena con el mercurio no parece, sin embargo, ser una prueba bastante decisiva para poder establecer esta diferencia, puesto que continuando la trituración durante más tiempo, no dudo que

se habría llegado a extraer todo el oro que contiene, aunque estuviese combinado en estado de cal con el azufre, como veremos en seguida. He hecho hervir una porción de este mineral en ácido marino, que no ha extraído el menor átomo de oro, lo que hubiese necesariamente hecho si el metal hubiese estado en parte en estado nativo; parece, pues, estar enteramente en estado de combinación. Para asegurarme si se encuentra combinado en estado de régulo o como cal metálica, he empleado el ácido nitroso, que, como hemos dicho, no tiene acción, o por lo menos nada más que una imperceptible, sobre el régulo de este metal. Para esto he hecho digerir una porción de mena de oro especular reducida a polvo fino en ácido nitroso, bastante concentrado, durante dos días. Pero no he observado el menor indicio de una disolución; el mineral conservaba su color negruzco y el licor ácido ensayado con la disolución de estaño no daba precipitado púrpura. He expuesto después la navecilla al fuego, haciendo hervir el ácido hasta que hubo disminuído más de los tres cuartos, pero el mineral conservó siempre el mismo estado y el líquido ácido no daba púrpura con la disolución de estaño. Lo he vuelto a poner al fuego y la he hecho hervir hasta reducirlo a sequedad; hacia el final de la operación se ha depositado en las paredes del vaso una masa blanquecina cristalizada, pero el resto del mineral presentaba todavía un color negruzco. Lavándolo con agua destilada, este licor tomó una coloración muy ligera de color de púrpura con la disolución de estaño, y depositó, al cabo de un tiempo bastante largo, un poco de precipitado. Abandoné entonces este ensayo en vista de que no podía ser decisivo para el objeto que buscaba, puesto que por este procedimiento había disuelto también una pequeña porción de este metal en ácido nitroso. El poco mineral que yo poseía me impidió variar más estas investigaciones. El verdadero estado del oro en este mineral queda, pues, aún en duda. Es, sin embargo,

seguro que no esté simplemente disperso en estado nativo, sino verdaderamente combinado con el azufre y las otras sustancias que le componen, y no conozco ningún hecho que pruebe que esté de modo diferente que los otros metales. La dificultad de combinarse los metales en general con las sales metálicas, indicaría más bien que está más o menos desflogisticado que los otros con los cuales está unido.

Las matas crudas que resultan de la fundición de los minerales que contienen oro son una nueva prueba de que el oro puede unirse con el azufre, al menos cuando le acompañan otros metales. El examen de estos productos daría quizás algunos datos sobre el estado en el cual se encuentra este metal. En fin, podría ocurrir además que, ensayando una mezcla de cal de oro y azufre, se llegase a unir inmediatamente estas dos sustancias, como ocurre con el cinc, y quizás se llegase también a hacerlo con el platino. Con mucho gusto hubiese continuado estas investigaciones, pero no he podido hacerlo por la falta de tiempo libre y de comodidades que tiene un viajero. Espero que se encontrará algún químico que se tomará el trabajo de acabarla.

## V

A pesar de que las experiencias y observaciones que hemos relatado prueban de una manera bastante clara que los metales, en general, no están en su estado metálico completo en sus combinaciones con el azufre, nos creemos, sin embargo, obligados a contestar algunas objeciones que se nos podrían hacer. La primera es que las calcinaciones ordinarias de los minerales de plomo, aunque se las haga por medio de un fuego de reverbero y sin que el mineral esté en contacto con madera ni con ninguna otra materia combustible, una gran parte del plomo se transforma por sí mismo en estado de régulo. Los

minerales sulfurosos de cobre, así como los de otros metales, dan también botones metálicos cuando se les funde después de una calcinación incompleta. Si se presta atención a que en estas operaciones se descomponga el azufre y que su flogisto se desprenda y se separe del ácido vitriólico, se encontrará fácilmente el revivificador de estos metales, pero no creo que esto sea la única fuente. Se sabe que las cales metálicas son, en general, tanto más fáciles de reducir cuanto menos flogisto hayan perdido. Si en sus combinaciones con el azufre hubiesen estado menos desflogisticadas que después de su calcinación al fuego, o que después de haber sido disueltas en un ácido, como parece muy probable, podría ocurrir también que en este caso la acción sola del calor bastase para reducir las todas sin distinción.

La destilación del cinabrio por una adición de cal viva o de tierra calcárea, es una segunda objeción que parece tanto más posible cuanto que la extracción del mercurio se hace sin la menor adición de materia combustible y en la operación, haciéndose en vaso cerrado, el azufre no puede quemarse. Diremos primero que la acción sola del calor puede bastar para revivificar completamente el mercurio, y añadiremos que, aunque el azufre no puede quemarse en esta operación, no por esto se dice que no pueda descomponerse. No hemos hecho experiencias para poder asegurarlo, pero sabemos que en Horchowiz, en Bohemia, donde se descompone el cinabrio por intermedio del hierro en vasijas herméticamente cerradas, se desprende ácido vitriólico en cantidad bastante grande, y podría ocurrir que el mismo efecto tuviese lugar sirviéndose de la cal.

El peso que adquieren los minerales después de su calcinación, es un hecho que parece contradecir nuestra opinión; pero si se le considera con cuidado, se verá que prueba solamente que en esta operación sus metales se calcinan más de lo que ya lo estaban.

En fin, la extracción del oro y de la plata en estos minerales por simple trituración con mercurio, sin ninguna preparación preliminar, es una prueba decisiva e irrevocable del estado de régulo de los metales en estos compuestos, para los que siguen esta opinión; veamos si este fenómeno ofrece alguna dificultad con la nuestra. El resultado de esta operación es que por una parte se obtiene una porción de amalgama y por la otra una porción de etiope mineral. Como este producto es una combinación del azufre con el mercurio y este metal pierde siempre una parte de su flogisto, según hemos indicado, cuando se une con esta sustancia este flogisto, quizás pueda servir para revivificar la cal de oro y de plata que se precipita. Es, pues, una doble descomposición la que da lugar a la extracción del oro y de la plata. El Sr. De Ruprecht ha reconocido también la presencia de ácido vitriólico en las aguas de los lavados empleados para separar del mineral y la amalgama al fin de la operación, lo que parece indicar que el azufre se descompone también en este procedimiento. Estamos muy alejados de poner en duda este hecho; lo creemos muy posible, pero podría también provenir de algunas porciones de piritas eflorescidas, que estuviesen mezcladas a los minerales, y por esta razón creemos deber esperar a ver confirmado por experiencias variadas y repetidas con cuidado antes de asegurar que sea un fenómeno constante e inherente a la operación misma. Creemos superfluo por ahora contestar a las otras objeciones menos fuertes; se encontrarán fácilmente las soluciones siguiendo la teoría y examinando con atención las circunstancias que acompañan a los fenómenos.

## VI

Las combinaciones del azufre con los otros metales, o más bien con sus cales, varían para cada metal, no solamente en cuanto a las diferentes proporciones de azufre, sino también con relación al estado de desflogisticación más o menos fuerte en el cual se encuentran estas cales. Las tres clases de blendas de Suecia que Bergmann ha analizado, son una prueba para el cinc. El oropimente y el rejalgar dan una nueva prueba para el arsénico, pero las combinaciones de azufre con el antimonio presentan la más destacada. Este ilustre químico ha hecho ver claramente que difiere tanto por la cantidad del azufre que contiene como por el grado de desflogisticación de este metal; ha hecho notar que la proporción del primero sigue de cierto modo la razón inversa del flogisto del mismo. Sería de desear que se buscara determinar si esta ley es constante y la misma para todos los otros metales.

Este grado de desflogisticación parece ser, sin embargo, bastante diferente del de las cales preparadas al fuego o por acción de los ácidos, que parecen, en general, retener una gran porción del flogisto. Los vapores rojos que se desprenden durante su disolución en ácido nítrico y el aire hepático que produce el ácido marino, parecen probarlo. Parece que la cal metálica ordinaria se revivifica hasta un cierto punto en el momento de su unión con el azufre a expensas de una porción flogística de este último. Es lo que se ve tratando al fuego una mezcla de arsénico blanco y azufre; se desprenden vapores de ácido sulfuroso en gran cantidad. El estado en el cual los metales se encuentran en estos compuestos, parece puede aproximarse mucho al de verdadero régulo, del cual quizás a menudo difieran poco. Por muy pequeña que sea esta diferencia, basta, sin embargo, para darles nuevas propiedades, y estas

propiedades son las que caracterizan las cales metálicas. Es imposible no relacionar este estado con el de cal, aunque no fuese nada más que el primero de los grados infinitos por los cuales se puede hacer pasar un metal de su estado perfecto de régulo al de cal la más desflogisticada.

## VII

En cuanto a las afinidades de los metales con el azufre, han sido indicadas hasta ahora de una manera bastante vaga en las diferentes tablas. Bergmann mismo confiesa que el orden bajo el cual les ha colocado en las suyas no está bastante confirmado por la experiencia. Se da en todas estas tablas una afinidad más grande con el azufre a la plata que al mercurio, y, sin embargo, éste precipita el primero de la mena de plata roja por simple trituración; ocurre lo mismo con otros varios metales que es fácil reconocer.

Debemos decir que, en general, esta columna parece ser muy defectuosa, si se considera que el mercurio, el cobre, el plomo, el estaño, el hierro y quizás todos los que se llaman semimetales separan la plata del azufre; que el cobre, el hierro y quizá también la mayor parte de los otros metales, desprenden el mercurio del cinabrio; que el hierro, el cinc y, en general, todos los denominados semimetales, indican una más fuerte atracción que el cobre con el azufre, como lo prueban las matas que se obtienen en el trabajo del cobre negro. El hierro y muchos otros metales quedan también en las matas de las fundiciones de plomo y no se puede uno sustraer a la analogía muy marcada en el orden de las precipitaciones de los metales, por el azufre y el generalmente conocido de ellos mismos en sus disoluciones en los ácidos. Si se presta atención, por otro lado, hacia las precipitaciones de los compuestos sul-

furosos metálicos por otros metales, se hacen, en general, por dobles afinidades, perdiendo el metal precipitante una porción de su flogisto que sirve para revivificar el metal precipitado, la analogía de estos fenómenos con lo que ocurre en las precipitaciones de las disoluciones de los metales en los ácidos, se hace aún más manifiesta, y parece que el orden de estas operaciones está más bien determinado por la afinidad de las sales metálicas con el flogisto que las que tienen con el azufre; lo mismo que Bergmann ha reconocido en las disoluciones por los ácidos. Creo, en efecto, que, ensayando hacer estas precipitaciones por sales metálicas, se encontraría un orden muy diferente del que se ha observado por sus régulos, y que si resultasen precipitaciones, los metales separados no estarían más en estado de régulo, sino en estado de cal. Sin embargo, no ocultamos que se ha seguido muy poco estos trabajos para poder establecer reglas fijas a este respecto; podría ocurrir que esta analogía no fuese tan importante como parece, o que al menos este orden presentase anomalías que quizá se refiriesen a circunstancias accesorias difíciles de eliminar. Parece que el plomo es una excepción a esta regla. Se sabe que precipita el cobre de su disolución en los ácidos, mientras que las disoluciones de estos minerales, cuando contienen cobre, este último queda en las matas y el plomo se precipita. Es necesario examinar con mucha atención las circunstancias que concurren en estas operaciones antes de sacar las consecuencias de los hechos que se observan. El grado de desflogisticación del metal combinado con el azufre, tanto como del que le precipita, el grado de calor que se aplica, el contacto del aire y otras circunstancias, pueden ocasionar diferencias muy considerables; es necesario, pues, tenerlas en cuenta para evitar caer en conclusiones falsas.

DISERTACIÓN 4.<sup>a</sup>

## OBSERVACIONES SOBRE LA AMALGAMACIÓN DE LOS MINERALES DE ORO Y DE PLATA, ASÍ COMO DE LAS MATAS Y OTROS PRODUCTOS DE SUS FUNDICIONES

A pesar de que se entienda generalmente por amalgamación la operación según la cual se combina el mercurio con otro metal cualquiera, esta palabra se toma aquí en un sentido más amplio y comprende no solamente esta combinación, sino también todas las operaciones preliminares por medio de las cuales se preparan las sustancias, de las que se quiere extraer el oro o la plata, para poderlas tratar mejor después con mercurio, y las operaciones por las cuales se separan después estos dos metales del último. En estas operaciones, unas, tales como la reducción de estas sustancias en partes muy finas por medio de bocartes, molinos, tamices y lavados que se hacen sufrir a las mezclas trituradas y la concentración de las amalgamas, son puramente mecánicas. Otras, como la calcinación, la trituración y la digestión o fermentación, son enteramente químicas. Nuestras reflexiones no se extienden por ahora nada más que a la teoría química de estos trabajos; no hablaremos de las primeras, que suponemos conocidas, ni tampoco de los detalles de las últimas. En cuanto a las manipulaciones, los que quieran conocer más ampliamente estos trabajos, podrán satisfacer su curiosidad con la excelente obra del Sr. De Born.



La diferencia entre las preparaciones químicas que se hacen sufrir a los minerales antes de pasar al mercurio, ha dado lugar a dos métodos diferentes: uno, puede ser llamado *amalgamación en crudo*, y el otro, *amalgamación por tostación*. Vamos a ocuparnos separadamente de estos dos métodos, empezando por el último.

## PRIMERA PARTE

### La amalgamación por tostación

En la amalgamación por tostación, después de haber reducido a polvo muy fino las materias de las cuales se quiere extraer el oro y la plata, se les mezcla con una porción conveniente de sal común y a veces también de cal viva o de cuarzo. Se les calcina en un horno de reverbero, triturándolas después durante un tiempo más o menos largo con mercurio. Por lavados enérgicos, se separan después las partes terrosas salinas y metálicas del mercurio, que se deposita y recoge en el fondo de un recipiente. Este metal se ha impregnado del oro y de la plata que contenían estas materias, y para concentrar la amalgama se la pasa a través de un lienzo o de una piel; destilando esta amalgama se separa, en fin, la plata del resto de mercurio que había conservado. No tenemos nada que decir sobre esta última operación, que es muy sencilla y que se ejecuta con la mayor precisión, así que limitaremos nuestras observaciones a la calcinación y a la trituración (1).

(1) Debo prevenir que mi objeto no es el de recorrer en detalle los puntos de la teoría de estas operaciones; no quiero nada más que dar cuenta de la manera como los considero en general según los principios establecidos en las dos disertaciones precedentes y algunas otras experiencias particulares..

## ARTÍCULO PRIMERO

### LA TOSTACION

#### I

A) La calcinación, tostación o asado tiene por objeto separar el oro y la plata de las materias con las cuales estos dos metales se han combinado y de liberarlos de aquellas en las cuales están simplemente escondidas o encerradas para facilitar su contacto inmediato con el mercurio, en la trituración.

B) Esta operación se hace por medio del fuego de reverbero y con el concurso del aire; la acción reunida de estos dos agentes quita primero el azufre a los materiales que lo contienen y calcina y divide después las partes metálicas, volatilizandolos metales que no son bastante fijos para resistir a este grado de fuego. En fin, esta operación relaja la unión de las partes terrosas reduciéndolas y dividiéndolas en partes más sueltas y más finas, mostrando así las partículas de oro y de plata que encerraba en su interior, ya que el oro y la plata son los únicos metales que pueden sostener esta operación sin calcinarse ni volatilizarse, y que la acción del hogar no es bastante fuerte por sí misma para producir sobre ellos el mismo efecto que sobre los otros metales. Después de la tostación debe resultar naturalmente que el oro y la plata serán los únicos metales en estado de unirse con el mercurio, y las amalgamas que se obtendrán después por la trituración estarán poco o nada ligadas con otros metales.

C) Este es el efecto que pueden producir por sí mismos el aire y el fuego reunidos, considerando sin adición ni mezcla de materia los minerales, las matas u otros productos cualesquiera que se someten a esta operación, pero por muy di-

recto que sea este efecto para el fin que se proponen, falta mucho para que lo llenen completamente sin el auxilio de otros agentes que, insinuándose más íntimamente en la textura de estas materias, destruyen más completamente su agregación haciéndoles experimentar cambios muy considerables. Estos mismos agentes llevan también su acción sobre el oro y la plata, alterando igualmente su estado, cambiando el punto de vista desde el cual se debería considerar estos dos metales en estos trabajos, si no sufriesen otra alteración que la que el aire y el fuego les causa.

## II

D) El azufre que se desprende en la tostación de las materias que lo contienen no se volatiliza completamente en estado de azufre; no es nada más que una pequeña porción la que puede escaparse en este estado. El grado de calor que se da, sobre todo al principio, no es bastante fuerte para esto; la mayor parte se inflama a medida que se desprende y se convierte en ácido sulfuroso. Por esta combustión, este ácido actúa sobre las partes terrosas y metálicas de la mezcla que disuelve y divide mucho mejor que lo haría el fuego, reduciéndolas al estado salino o bien al de cal más desflogisticada. Sin embargo, este ácido, cargado todavía de una cantidad de flogisto, disminuye o debilita su acción sobre las otras sustancias y no produce todavía este efecto con la intensidad necesario. Ocurre lo mismo con las mezclas donde no actúa, cuando no contienen casi nada de azufre.

## III

E) Se ha recurrido al ácido marino con objeto de completar la división de las materias terrosas y metálicas por me-

dio de los ácidos, mezclando con los productos que deben ser calcinados una porción más o menos considerable de sal común. Se ha escogido a este efecto el ácido marino más bien que otro, porque se puede obtener en abundancia y por un precio módico sustancias que lo contienen, y porque este ácido es uno de los que actúan bien sobre las sustancias metálicas.

F) Mezclando esta sal con los minerales o con productos que contienen azufre, se estaba seguro de operar su descomposición por medio del ácido vitriólico que resulta de la combustión de este azufre; pero hay que reconocer que no se podrá tener seguridad del éxito, al menos con tanto certeza, para diversos productos de las fundiciones que no contienen ordinariamente más que muy poco o nada de azufre ni ningún otro ácido que pueda suplirle. Parece que es por tanteos y por pruebas hechas al azar, y no por nociones fundadas sobre hechos conocidos por la experiencia, haberse llegado a descubrir que la sal marina se descompone en sus productos por los minerales que no tienen azufre, ya que los químicos consideran generalmente esta sal como indescomponible por la acción del calor. Yo mismo he dudado al principio, como muchos otros químicos, de la realidad de este hecho; pero he quedado convencido con los diversos trabajos que he tenido ocasión de ver en Hungría sobre cobres negros, de los cuales se extrae la plata por amalgamación, y deseando conocer la verdadera causa, he hecho varias experiencias, cuyos resultados parecen bastante satisfactorios para darse cuenta de este fenómeno.

G) Hice primero una mezcla de sal marina purificada y de cuarzo reducido en polvo hecho digerir previamente en ácido marino y lavado a continuación varias veces con agua destilada y seco después con calor bastante fuerte. Expuse esta mezcla bajo la mufla de un hornillo de copelación, dándole

un fuego un poco fuerte. El ácido marino no tardó en desprenderse en vapores muy sensibles, no solamente al olfato, sino también a la vista. Calciné del mismo modo una mezcla de sal marina y de mármol de Carrara, desprendiéndose también vapores ácidos en gran cantidad. La tierra de porcelana con la misma sal me dió igual resultado, aunque exigía un fuego más fuerte. En fin, el yeso y el espato pesado mezclados con la misma sal, presentaron también igual fenómeno y no tuvieron necesidad de un calor tan fuerte como las mezclas precedentes, sobre todo en la de yeso.

H) En las mezclas donde entraba el yeso y el espato pesado, se podía pensar que el ácido vitriólico contribuyese al desprendimiento del ácido marino, y estaría de acuerdo con esta opinión en vista de que el calor que exige para que el desprendimiento tenga lugar es menos fuerte que el que necesitan los tres primeros; pero en estos últimos no puede seguramente existir ácido vitriólico, al menos en bastante cantidad para poderle atribuir el desprendimiento del ácido marino. Es necesario buscar la causa en la acción del fuego o en las materias que están mezcladas con la sal. Si el grado de fuego que ha exigido el desprendimiento de vapores ácidos hubiese sido el mismo en los tres casos, se podría considerar el calor como la sola causa de este fenómeno; pero el cuarzo lo ha producido con un calor menor que el mármol de Carrara, y la tierra de porcelana ha necesitado un calor todavía más fuerte; no puede uno dejar de reconocer una acción muy marcada de estas sustancias sobre la sal marina. Creo, pues, deber considerar la descomposición de esta sal, al menos en estos tres casos, como análoga a la del nitro, es decir, que estas tierras actúan sobre la base alcalina de la sal marina disminuyendo su adherencia con el ácido, mientras que el calor termina de destruirla volatilizando este último. He mantenido también durante más de una hora sal marina en un crisol bajo la mufla

de un hornillo de copelación, y he disuelto después la sal fundida en agua destilada; en esta disolución he sumergido un pedazo de papel azul y se ha vuelto rojo en seguida, lo que prueba que había una porción de ácido libre. Creo que en esta operación la porción de sal que tocaba las paredes del crisol se había descompuesto con la arcilla y, como el crisol estaba tapado, una parte del ácido desprendido ha quedado interpuesto entre las partes de la cal o prendido a las paredes del crisol, pues no podía haber un exceso de ácido en este producto en tanto que el álcali que le había abandonado estuviese combinado con alguna otra sustancia; en este caso no podía ser nada más que la del crisol mismo, ya que no se puede suponer que el álcali se haya evaporado o volatilizado.

I) Según estas experiencias, se deduce que, además del ácido vitriólico que resulta de la combustión del azufre en la calcinación de los minerales, las partes terrosas contribuyen también a la descomposición de la sal marina y al desprendimiento de su ácido. En los productos de las fundiciones que no contienen ni azufre ni partículas terrosas, hace falta necesariamente que los metales en sus cales hagan el mismo efecto que las tierras o que actúen sobre la sal marina en virtud de alguna otra afinidad particular, ya que el desprendimiento del ácido marino tiene igualmente lugar en su calcinación y que este desprendimiento se hace con calor menos fuerte que en las mezclas de sal marina con el hierro. Creí primero que estos metales no actuaban sobre esta sal nada más que en estado de sal y a medida que se calcinaban, conociéndose ya varias combinaciones de las sales metálicas con los álcalis. Para verificar mejor este hecho emprendí las experiencias siguientes.

K) Hice una mezcla de sal común y de hematites roja, calcinándola como los precedentes bajo la mufla de un horno de copelación. Hubo desprendimiento de vapores ácidos, pero

en contra de mi suposición, hubo necesidad para esto de dar a esta mezcla un calor más fuerte que a todas las precedentes. Tuve el mismo éxito con la cal de cobre, que traté con la misma sal; pero esta mezcla exigió igualmente un grado de fuego más considerable que los precedentes. Extrañado ante la diferencia notada entre el grado de fuego que había sido necesario aplicar a estas mezclas de cales metálicas y el que había observado en las calcinaciones de los cobres negros en Hungría, no pude menos de sospechar que los metales en estado de régulo tenían una acción particular sobre esta sal, y no tardé en verificar mis sospechas con las experiencias siguientes.

L) Mezclé una porción de sal marina con limaduras de hierro hechas a propósito por mí mismo y, por consiguiente, muy puras y no oxidadas. Expuse esta mezcla bajo la mufla y empecé a calentarla por grados, del mismo modo como había hecho con los precedentes, con objeto de observar cuándo empezaban a desprenderse vapores ácidos. Estos vapores no tardaron en aparecer, empezando antes que la mezcla su hubiese vuelto roja y siendo muy abundantes. Una llama azul y ligera se produjo en la superficie de la mezcla y se hizo muy visible cuando se retiró la prueba hacia la puerta de la mufla (1). La limadura de cobre tratada de la misma manera con la misma sal, presentó fenómeno análogo, pero fué necesario darle un calor un poco más fuerte, aunque menor que el que habían exigido las mezclas con las tierras y con las cales metálicas. Quise ensayar todavía cómo se comportaba la mena magnética de hierro en una operación semejante. El desprendimiento del ácido tuvo también lugar, pero exigió un fuego casi tan fuerte como la mezcla con la hematites roja. Mis sospechas, por lo

(1) Esta descomposición de la sal marina por medio de las limaduras de hierro, parece presentar un medio fácil y poco costoso para extraer en grande el álcali de esta sal mineral; merece ser seguido con atención.

tanto, quedaban confirmadas con estas experiencias, y la descomposición de la sal marina por medio de los metales en estado de régulo se puso en evidencia, como más fácil que por las tierras y las cales metálicas.

M) No me fué fácil asegurarme de la verdadera causa de esta diferencia, y debo confesar que no estoy seguro de conocerla, porque no he tenido bastante tiempo para profundizar en estas investigaciones. Por lo que puedo juzgar de los trabajos que tengo hechos hasta ahora, creo, sin embargo, sea debido a una desflogisticación del ácido marino, pues no puedo ver que dependa de otra sustancia. Soy de la opinión que al mismo tiempo que la cal de hierro, por ejemplo, que resulta de la calcinación de este metal tiende a combinarse con la base de la sal marina y que el calor hace que el ácido marino se volatilice, el flogisto que pierde este mismo metal tiende también a combinarse con este ácido y se combina efectivamente con él. La afinidad del flogisto con el ácido marino, que en este caso se une a las circunstancias que acompañan las mezclas con las tierras o las cales metálicas, es la única causa que puede responder de la descomposición más rápida y más fácil de estas sales. Puedo exponer todavía una experiencia que viene en apoyo de esta opinión. Una mezcla de hematites roja, de polvo de carbón y de sal marina tenida durante algunos minutos bajo la mufla en un recipiente cubierto, y descubriéndola después, ha desprendido en seguida vapores ácidos en gran cantidad, aunque el calor no fuese, ni con mucho, tan fuerte como el que hubiese hecho falta para producir el mismo efecto en la mezcla de hematites y de sal sin polvo de carbón. Se ve aquí que el flogisto del carbón produce el mismo efecto que el del metal de la experiencia precedente.

N) No debo, sin embargo, omitir una observación muy singular que parece destruir esta opinión, o bien la que se admite generalmente entre los químicos sobre la naturaleza del

ácido marino que se llama ordinariamente desflogisticado. Los vapores ácidos que se desprenden de las mezclas de sal marina con las tierras o las cales metálicas sin adición de carbón, tienen olor de ácido marino ordinario; en cambio, las que provienen de esta misma sal con limaduras de hierro o de cobre, tienen olor de agua regia o de ácido marino que se llama desflogisticado, tanto por lo que yo he podido juzgar como por la opinión de otras personas a las que he hecho oler estos vapores. Si estos últimos vapores son realmente de la misma naturaleza que los que se desprenden de la destilación del ácido marino ordinario, ¿cómo concebir que estén menos flogisticadas que el ácido marino ordinario? Me cuesta mucho creerlo, pero me guardaré de hacer un juicio decisivo sobre un punto tan delicado hasta que investigaciones ulteriores me pongan en estado de reconocer mejor estos hechos y ver más claro lo que pasa en estas operaciones.

O) Aunque, según las experiencias que acabamos de relatar, la desflogisticación de la sal marina pueda tener lugar sin el concurso del ácido vitriólico, no se desprende de esto que no se deba considerar el azufre que contienen estos minerales. Hemos dicho ya que el ácido que resulta de su combustión actúa sobre las partes terrosas y metálicas dividiéndolas y disolviéndolas y llena, si no completamente, por lo menos una parte de la calcinación. Hace, pues, en parte el mismo efecto que el ácido marino y procura una economía de sal. La descomposición de la sal marina se hace, además, más fácilmente cuando el ácido vitriólico actúa. Necesita un calor tanto más fuerte cuanto menos azufre hay en la mezcla. Este calor no es favorable a la amalgamación, ya que se ha reconocido por varias experiencias que cuando se da un fuego un poco fuerte en la calcinación o que se le continúa más de lo necesario, además de volatilizarse más o menos la plata, los residuos de la amalgamación retienen demasiado de este úl-

timo metal (1). Es, pues, útil el tener en cuenta el azufre contenido en los minerales y resulta ventajoso algunas veces añadir una porción más o menos grande de pirita sulfurosa para aumentar la proporción.

#### IV

P) Una vez determinados los diferentes agentes que pueden operar la descomposición de la sal común en la calcinación de los minerales y de los diversos productos de las fundiciones, volvamos ahora a los efectos que produce el ácido que se desprende de esta sal. El ácido marino libre por la acción del ácido vitriólico o por la de las tierras, cales metálicas o metales, unido a la acción del calor, actúa lo mismo que el vitriólico sobre las partes terrosas y metálicas de la mezcla. Las divide, las disuelve y las reduce al estado de sal. Esta división que efectúa en todas las partes que componen las mezclas, o al menos en aquellas que los ácidos pueden atacar y disolver, acaba por poner de manifiesto las partículas de oro y de plata, que la acción del fuego y del calor habrían dejado

(1) Este efecto parece provenir de una aglutinación de algunas partes terrosas y salinas por la acción del calor y que no se desunen suficientemente en la trituración para dar lugar a la unión del mercurio con las partículas de plata. No creo que se le pueda atribuir, como algunos creen, a una revivificación, no solamente de las partículas de oro y de plata, sino aun de los otros metales contenidos en los minerales. Suponiendo que los primeros se combinan entonces con los últimos que le sirven de envoltura e impiden que el mercurio les toque, esta revivificación no parece demasiado verosímil en sí misma con un fuego de esta índole, sobre todo para otros metales diferentes del oro y la plata. Pero suponiendo que tenga lugar para algunos otros metales, no podría constituir obstáculo nada más que con los que se combinan difícilmente con el mercurio, y esto se reduciría al hierro y al antimonio. Resulta difícil creer que se reduzcan en esta operación o que puedan conservar mucho tiempo su estado metálico en una calcinación.

sin esto enterradas y escondidas bajo la envoltura que las recubría. Resultan de este modo en estado de unirse con el mercurio, sin que quede ni una cantidad imperceptible en los residuos de la trituración.

Este ácido tiene ventajas bastante marcadas sobre el vitriólico para llenar el objeto que se propone la calcinación:

1.º Actúa mucho mejor sobre las partes metálicas en general y puede dividir más y liberar las partículas de oro y de plata que encierran.

2.º Forma, con las sustancias metálicas y con las tierras, sales más solubles en el agua que las que forma el ácido vitriólico, lo que produce en la trituración una división más completa de la mezcla y deja, por consiguiente, más libres las partículas de oro y de plata, que se unen luego más fácilmente al mercurio.

3.º El ácido marino combinado con algunos metales les hace más volátiles y los elimina con él, en la calcinación, lo que disminuye la masa de la mezcla y facilita la unión de las partículas de oro y de plata con las del mercurio. Es cierto que esta propiedad puede hacerse desventajosa para la operación, ya que puede volatilizar con él partículas de plata y dar lugar por ahí a pérdidas de este metal; pero para que esto ocurriese haría falta que el fuego que se da en esta operación fuese muy fuerte, lo que no pasa cuando se hace con las precauciones necesarias. Por lo menos, no ha ocurrido en ninguna parte que hayan resultado pérdidas sensibles de este metal por haberse volatilizado con el ácido marino, si el fuego ha sido dirigido con suficiente cuidado. La harina que se recoge en las cámaras que atraviesa el humo después de haber pasado sobre el área del hornillo, contiene aún, al cabo de varios meses o de un año, tan poca plata, que no se puede por menos de considerar como nulas las pérdidas de este metal por volatilización, cualquiera que sea la causa que la produzca.

4.º En fin, las sales que forman el ácido marino con las materias terrosas metálicas de las mezclas, no presentan en la trituración los inconvenientes que producen las sales vitriólicas, según lo pondremos de manifiesto en seguida.

## V

Q) Se trata de examinar ahora si en esta operación los ácidos vitriólicos y marinos actúan sobre el oro y la plata del mismo modo que sobre todas las demás sustancias que componen estos productos, si alteran o cambian el estado de estos dos metales y si los reducen también al estado de cal o de sal.

R) Por lo que respecta al oro, haremos observar que este metal se encuentra en los minerales y en los diferentes productos de las fundiciones, en estado de régulo, muy a menudo, si no es siempre. Hemos visto en una de las disertaciones precedentes que, al menos en este estado, el ácido vitriólico no actúa de ningún modo sobre este metal, sea cual fuere la manera como se le aplique. No tenemos ningún derecho para suponer que el oro sufra la menor alteración en la calcinación de estos diferentes productos por la acción inmediata del ácido vitriólico, y como hemos ya dicho que la del fuego, unida al concurso del aire, no es suficiente para calcinar este metal y que le revivificaría más bien si se encontrase en estado de cal. Debemos concluir que después de la calcinación el oro se encontraría enteramente en un estado de régulo completo, si no se añadiese antes a las mezclas alguna otra sustancia capaz de alterarle.

S) El Sr. De Ruprecht, seguramente guiado por un razonamiento parecido, ha llegado últimamente a un nuevo método para separar el oro de sus minerales, más exactamente de lo que se había podido hacer hasta ahora. Este sabio me-

talurgo ha reconocido hace tiempo que la plata se queda en los residuos de los minerales tratados por amalgamación, y que éstos tenían más oro que el que habían cedido al mercurio. Recurrió entonces a diferentes procedimientos, o más bien a modificaciones del mismo, para corregir este inconveniente, teniendo en cuenta su origen. Creyó primero que esta dificultad podía provenir de que los minerales no habían sido triturados bastante finamente y que las partículas de oro no estaban suficientemente separadas de las materias en las cuales se encontraban encerradas para poderse unir al mercurio. La experiencia verificó en parte esta conjetura, puesto que reduciendo estos minerales a granos más finos, produjeron más oro. Sin embargo, la plata sacada de los residuos por copelación, tenía todavía más oro que el extraído por el mercurio. Creyó entonces que esto provenía de la gran finura de algunas partículas de oro que, a pesar de su peso, nadaban a causa de su pequeñez en la superficie del agua durante la trituración, sin sumergirse, para ponerse en contacto con el mercurio. Imaginó entonces hacer menos líquidas las mezclas en la trituración, según diremos más adelante, llegando así a extraer el oro y la plata en mucho menos tiempo del que había empleado hasta entonces, y obtuvo más oro. Quedaba, sin embargo, sobre todo de este último metal, en los residuos, de modo que era necesario buscar la manera de disminuir las pérdidas. La solución está en calcinar y triturar los minerales dos veces sucesivas. Los calcina primero ligeramente, sin añadir nada de sal, y después les pasa a la trituración con mercurio. Terminada esta operación, hace falta secar los residuos, calcinarlos de nuevo con sal marina y triturarlos después con mercurio. Por este medio obtuvo en la primera trituración la mayor parte del oro, y el resto se obtiene con la mayor parte de la plata en la segunda, de modo que en los residuos no queda nada más que muy poco. He aquí una diferencia bastante notable

entre este nuevo método y el que se ha seguido hasta ahora, fundado únicamente en la presencia o ausencia de sal marina, que prueba bastante claramente que, en último caso, es decir, cuando se calcinan los minerales sin sal, el oro conserva su estado de régulo sin que el ácido vitriólico le ataque y que la adición de sal altera este metal y le impide el combinarse fácilmente con el mercurio. Veamos, pues, cuál es el efecto que produce la sal marina en este último caso.

T) La sal marina, como tal, no tiene ninguna acción sobre el oro y no es nada más que el ácido que contiene que puede actuar sobre este metal ocasionándole algún cambio. Si este metal estuviese en estado de cal en sus minerales, se sabe que el ácido marino puede disolverle en este estado, de modo que no habría dificultad en creer que verdaderamente le disuelve en esta operación. Pero como esta suposición no es ni verosímil, se trata de ver si este efecto puede tener lugar en tanto que el oro conserva su estado de régulo. Hemos probado en una disertación precedente que el ácido marino ataca y disuelve muy bien este metal cuando está en estado de régulo, no haciendo falta más para esto que el ácido esté bastante concentrado y el oro reducido a un estado de división bastante considerable. En el caso presente, el ácido que desprende la sal marina se encuentra en el estado de la mayor concentración que es susceptible de tener, puesto que está privado completamente de agua y en estado de vapor y el oro está dividido de un modo tan fino que no es posible descubrir ni un átomo con ayuda de una buena lupa. Los lavados a que se ha sometido el mineral han eliminado las partes más gruesas, no quedando nada más que las partículas que las aguas han podido arrastrar y no han tenido bastante cuerpo para precipitarse y depositarse sobre las tablas y los lienzos, como en el primer caso. Se reúnen, pues, las circunstancias más favorables para la disolución del oro por el ácido marino y no se puede

dudar que esta disolución tenga lugar. El Sr. Mühling, encargado de la dirección de los trabajos de amalgamación en Joachimsthal, en Bohemia, obtuvo un botón de plata y de oro a partir de piritas auríferas de Gutte Wasser, en Bohemia, haciendo digerir una mezcla de estos minerales con sal marina en ácido marino después de la calcinación, precipitando el licor ácido con el álcali vegetal y tratando este precipitado por la copelación. El residuo insoluble tratado de la misma manera por la copelación no dejó, por el contrario, en la copela nada más que un pequeño botón apenas perceptible, lo que prueba que el oro había sido disuelto completamente por el ácido. El oro es, pues, calcinado, disuelto y reducido al estado de sal por el ácido marino en la calcinación y es lo que le impide se combine con el mercurio en la trituration de un modo tan fácil como cuando está en estado de régulo.

U) En cuanto a la plata, veremos que es por lo menos tan seguro como en el oro que sea atacada por los ácidos en esta operación y reducida al estado salino. Es sabido que el ácido vitriólico disuelve la plata tanto en estado metálico como en estado de cal. En el primer caso, exige la ayuda de la ebullición; creo que el estado de vapor en el cual se encuentra reducido este ácido en la tostación de los minerales y el calor que le acompaña son más que suficientes para que produzca el mismo efecto. No se puede dudar que el ácido vitriólico ataque y disuelva la plata en esta operación. Esta combinación no parece ser demasiado persistente en tanto que estas materias se calcinen con una adición del sal marina, pues el ácido que se desprende de esta sal tiene más afinidad con la plata que el ácido vitriólico y, por tanto, éste debe necesariamente abandonar dicho metal para cedérselo, destruyéndose la combinación y resultando en su lugar una nueva, que será luna córnea. Hace falta, sin embargo, para ello que haya bastante ácido marino y que este ácido llegue así al contacto

con las partículas del compuesto vitriólico y que tenga tiempo suficiente para destruirlo sin desaparecer antes por la acción del fuego o desplazado por el movimiento continuo en el cual se mantiene la mezcla para renovar su superficie. He aquí, pues, la luna córnea producida por un camino indirecto en esta operación. Veamos si no se puede hacer esta misma combinación por otro camino más directo.

V) Se conoce la gran afinidad del ácido marino con la plata en estado de cal, para no dudar un momento que si este metal se encuentra en este estado, al menos en alguno de sus minerales, este ácido no se combine verdaderamente con él en su calcinación de una manera directa. Hemos hecho ver en la disertación precedente que la plata parece estar en su combinación con el azufre en un estado más o menos desfogisticado, del mismo modo que todos los otros metales. No sería de extrañar, por consiguiente, que en la tostación de los minerales donde este metal está combinado con el azufre, el ácido marino se combine con él y le reduzca al estado salino o de luna córnea. La experiencia no muestra nada que sea contrario a este principio, puesto que hemos visto en la misma Disertación que el ácido marino ordinario, en licor, descompone las menas de plata roja vidriosas y extrae la plata sin formar luna córnea. La calcinación de estos mismos minerales con la sal marina da también este mismo producto y es más que probable que, al menos una gran parte, provenga de la acción directa del ácido marino sobre la plata que contiene. Pero lo que quita toda duda a este respecto es que este metal se disuelve en el ácido marino ordinario, aun cuando esté en estado de régulo, según hemos probado en la primera Disertación. Es, pues, seguro que en todos los casos posibles el ácido marino debe atacar la plata y reducirla al estado de luna córnea en la calcinación de estos minerales.

W) Pueden existir también circunstancias particulares



que aumenten la energía del ácido marino y le pongan en estado de actuar con más actividad sobre el oro y la plata. Podría ocurrir, por ejemplo, que este ácido estuviese transformado en lo que se llama ácido marino desflogisticado durante la calcinación, sea por la acción de alguna cal metálica, tal como la manganesa negra u otra, sea por el efecto de algún metal en estado de régulo, si es verdad que los vapores ácidos que se desprenden durante la calcinación de una mezcla de sal marina y limadura de hierro o de otro metal sean de esta naturaleza. En este caso, no es dudoso que el ácido marino actúa mucho mejor sobre el oro y la plata y disuelve estos metales con más facilidad.

## VI

X) A pesar de lo que acabamos de decir, que prueba que el ácido marino disuelve y ataca el oro y la plata en la tostación de los minerales y en los diferentes productos de las fundiciones que los contiene, sería interesante saber si estos dos metales son disueltos completamente por estos ácidos, si perseveran en este estado de disolución hasta el fin de la operación y si es útil para el trabajo en sí mismo que estos metales estén combinados con los ácidos.

Y) Si se consideran los minerales o los diversos productos metálicos en relación con su riqueza, o sea con la mayor cantidad de oro y de plata que contienen, se verá que en un país la mezcla de los ricos con los pobres no alcanza más de dos o tres onzas de estos metales por quintal, mientras que en otros alcanza seis o siete onzas, y en otro llega a varios marcos. El oro no forma por sí mismo nada más que una pequeña parte de estos productos en cuanto al peso. Suponiendo por un momento que la cantidad de sal marina y todas las otras circunstancias sean iguales en estos diferentes casos, parecería

que a pesar de que en el primer caso la plata fuese completamente convertida en plata córnea, no lo fuese tan completamente en los últimos, no habiendo suficiente ácido para disolver tanto metal. No es seguro que haya que aumentar la dosis de esta sal en proporción a la riqueza de la mezcla, si no existen otros motivos que lo exigen. Los diferentes estados en los cuales el oro y la plata (principalmente esta última) se encuentre, sobre todo en los minerales, puede producir una diferencia, que los ácidos la ataquen con más o menos facilidad. Es así que en una mezcla donde la plata esté mineralizada por el azufre, este metal será más fácilmente disuelto que en otro donde esté en gran parte en estado nativo o de régulo. Parecería, en fin, que la naturaleza de las mezclas debería producir diferencias todavía mayores a este respecto. La proporción del azufre en las partes terrosas y metálicas solubles en los diferentes estados, así como la cantidad de sal que se añade y el grado de calor que debe exigir, varían infinitamente; deberían, por consiguiente, obtenerse resultados diferentes. Si se tiene en cuenta que estas mezclas provienen de la reunión de variedades ricas con variedades pobres, no podrán contener más allá de unos marcos de plata por quintal; la adición de la sal marina llega al menos al 10 ó 12 por 100, y basta a este metal, así como al oro, aproximadamente un cuarto de su peso de ácido marino para saturarlo; el ácido vitriólico puede también conservar por su lado una parte de plata que habrá disuelto. Parece que estos dos metales están completamente disueltos por los ácidos y reducidos completamente al estado salino durante la calcinación. Los resultados de la calcinación que hemos hecho en hojas de oro y de plata con sal marina, de los cuales hablamos en la segunda Disertación, así como las experiencias del Sr. Mühling con minerales de Joachimsthal, parecen apoyar esta idea, puesto que en todas estas experiencias el oro y la plata han sido completamente disueltos

por los ácidos. Debo, sin embargo, confesar que la cantidad de sal marina añadida en estos ensayos ha sido siempre mucho más considerable que la que se emplea ordinariamente en los trabajos en grande. No se pueden, pues, comparar sus resultados a los de estos últimos trabajos y es necesario hacerlos más análogos y seguirlos con atención antes de decidirse sobre este punto.

Z) La acción del calor sólo, basta para descomponer la mayor parte de las sales metálicas, y no es dudoso que el que se emplea en la calcinación de los minerales y de los diferentes productos metálicos es también bastante fuerte para destruir al menos, varios de estos compuestos quitándoles su ácido. ¿Estarán entre ellos el oro y la plata? ¿Volverán a su estado metálico estos dos cuerpos antes del fin de la operación? Esto es lo que se trata de examinar. Es un hecho conocido que la luna córnea se descompone por la acción del calor y pierde su ácido y la plata queda en estado metálico. No dudo que no ocurra lo mismo con el vitriolo de plata y las sales que forma el oro. He puesto luna córnea en el fondo de un matraz, colocando esta vasija en una cápsula de tierra, poniendo esto al fuego en la mufla de un horno de copelación. La luna córnea ha empezado por fundirse, y a medida que el calor se hacía más fuerte, se reblandecía y se pegaba contra las paredes y el fondo de la cápsula. El ácido marino no tardó en desprenderse y salir en vapores ligeros que continuaron durante más de cuatro horas que sostuve el fuego. Después del enfriamiento encontré el fondo tapizado de una lámina de plata bastante brillante y algunos restos de luna córnea. Como mi finalidad era el asegurarme de la descomposición de esta sal por la simple acción del calor, no continué mis experiencias, dándome cuenta, sin embargo, del largo tiempo que exige para descomponerse una pequeña porción de luna córnea y el calor bastante fuerte que es necesario. El ácido, al volatilizarse, arras-

tra consigo una gran cantidad de plata. La que quedaba en la cápsula parecía ser bastante menor que la que había empleado. El fuego que se da en la calcinación de los minerales y de los productos de las fundiciones dura ordinariamente, al menos, dos o tres horas, y este tiempo parece en verdad bastante largo para descomponer la luna córnea que se encontraría en la mezcla, tanto más cuanto que se la debe suponer dividida en pequeñas partículas dispersas en la masa total, lo que representa mucha superficie. Se debe reconocer que no se puede contar todo este tiempo como empleado en la descomposición de la luna córnea, puesto que en primer lugar hace falta que esta luna córnea se forme antes y que no se pueda formar nada más que a medida o después que el ácido marino se haya desprendido de su base, lo que no ocurre nada más que cuando el azufre se haya casi completamente quemado, es decir, al cabo de una hora o de hora y media. En segundo lugar, esta sal no puede sufrir el grado de calor necesario para su descomposición, todo lo más al fin de la operación, puesto que el fuego que se comunica al principio y al medio es seguramente muy débil para producir este efecto, siendo dudoso que el del fin sea bastante fuerte para esto. Parece, por tanto, que la luna córnea que se ha formado en la tostación de los minerales y de los productos metálicos no se descompone, o por lo menos lo hace nada más que en parte, en el transcurso de la operación. Todas las investigaciones que han sido hechas hasta ahora en pequeño están de acuerdo en confirmar esta suposición, puesto que después de la tostación se ha obtenido siempre la plata casi enteramente en estado de luna córnea. Por lo que respecta al vitriolo de plata, si quedan algunas partes sin ser descompuestas por el ácido marino, puede ocurrir que resistan también al calor de este hogar y que queden sin descomponerse, pero no conozco ningún hecho que confirme una u otra suposición. En cuanto al oro, hemos

visto, por los ensayos del Sr. Mühlīng con las piritas auríferas de Gutte Wasser, que después de la tostación ha obtenido este metal en disolución, sin que haya quedado ningún átomo perceptible en el residuo. Bien es verdad que como ha empleado ácido para hacer digerir su mezcla después de la calcinación en el ácido marino, y como no se sabe si este ácido era débil o concentrado, no se puede contar sobre esta experiencia para poder asegurar, según ella, que las sales de oro que se forman en la tostación no se descompongan en el transcurso de la operación. Vemos, sin embargo, una prueba tan directa y menos dudosa en los trabajos del Sr. Ruprecht sobre los minerales de la Baja Hungría, y de los cuales hemos hablado. Hemos visto que este infatigable metalurgo ha sacado más oro de estos minerales triturándolos y calcinándolos en dos veces sucesivas (la primera sin adición de sal) que trabajándolos de una vez con la cantidad ordinaria de sal marina, y hemos dicho que esto provenía de que en el primer caso el oro se encontraba en estado de régulo y se combinaba fácilmente con el mercurio, mientras que en el segundo caso, disuelto por el ácido marino, le era más difícil unirse al mercurio. Esto prueba que el oro, una vez disuelto por el ácido marino, no se separa de este ácido por la acción del fuego de tostación y que sale de esta operación, al menos en parte, en estado de sal.

A') La disolución del oro y la plata por los ácidos no debe ser útil en sí misma para la trituración que debe seguir a la tostación, en tanto que este estado procura a estos dos metales la ventaja de combinarse más fácilmente con el mercurio cuando están en estado de régulo. Pero resulta que es precisamente todo lo contrario, pues la experiencia prueba, en cuanto a la luna córnea y al vitriolo de plata, que hace falta mucho más tiempo y mucho más trabajo para que el mercurio se combine con la plata que contienen estas sales que el que se necesita para que se unan y se carguen de una cantidad

igual de este metal si estaba en estado de régulo. Es de presumir que ocurra lo mismo con respecto a las sales de oro. He hecho triturar aproximadamente dos pedazos de luna córnea durante el espacio de cuatro días, con una cantidad bastante grande de mercurio y algunas gotas de agua. He renovado todos los días el mercurio, pasándole a través de un lienzo mojado para separarlo de la amalgama. He obtenido cada día una porción de esta amalgama, pero al cabo de cuatro días quedaba todavía bastante luna córnea que no había sido descompuesta. El único caso en el cual la combinación de los ácidos con el oro y la plata podía ser ventajosa para la amalgamación, sería aquel en el que estos metales, debiendo quedar en estado de cal al fin de la calcinación, no podían contraer ninguna unión con el mercurio y quedarían como una pérdida en el residuo. Entonces los ácidos, reduciendo estos metales al estado de sal, les colocarían en estado de unirse con el mercurio por vía de las dobles afinidades. Pero este caso es casi imposible en la operación de que se trata, puesto que teniendo por una parte el flogisto que se desprende del azufre y del humo y por otra el calor que bastaría para revivificar estos dos metales, no se podría concebir que alguno de ellos pueda encontrarse en estado de cal en las mezclas que salen de la tostación. La unión de los ácidos con el oro y la plata, lejos de acelerar la combinación de estos metales con el mercurio, no hace, pues, más que retardarla y hacerla más difícil. Estos ácidos son, por consiguiente, más bien perniciosos que útiles desde este punto de vista, puesto que este efecto es diametralmente opuesto a la finalidad que se propone la tostación. Pero como, por otro lado, separan mejor que el calor solo las partículas de oro y de plata de las materias con las cuales se encuentran combinadas o envueltas y procuran por esto un contacto más fácil con el mercurio, quedando menos en los residuos, según enseña la experiencia, estas ventajas compensan

el retardo que ocasionan en la unión de estos metales y los inconvenientes que resultan no son tan grandes como se podría imaginar, porque estos compuestos se encuentran dispersos en partes muy diluidas y finas en las masas de las mezclas y presentan una gran superficie al mercurio, lo que hace que el retardo no sea muy considerable.

## VII

B') Para terminar con lo que teníamos que decir respecto a la tostación, nos resta solamente dar a conocer el uso de la cal viva y del cuarzo, que se mezcla también algunas veces con la sal marina a los minerales y a los diferentes productos de las fundiciones. Estas adiciones son generalmente de un uso poco frecuente y no se han hecho todavía bastantes experiencias para poder determinar de un modo fijo los casos en los cuales se deben emplear ni las ventajas que resultan de su aplicación. Hasta ahora no se han interpretado nada más que como un medio para evitar la agregación de las partes de las mezclas en la calcinación, ya que resultan unos grumos que, al no desunirse, no se calcinan completamente y no dan después de la trituración todo el oro y la plata que contienen. También puede interpretarse como un medio para absorber el exceso de ácido vitriólico o sulfuroso producido durante la calcinación, y a prevenir las pérdidas de mercurio que se obtendrían sin esto en la trituración por la acción de estos ácidos, o más bien de las sales que forman, sobre todo con algunos metales.

C') La agregación de las partes de estas mezclas en la calcinación proviene o de alguna humedad que conservan, o de un reblandecimiento de estas partes por un principio de fusión. En el primer caso, las partes terrosas, y sobre todo arcillosas, así como las metálicas reducidas al estado de cal, se unen, perdiendo su humedad propia o la que le comunica la sal ma-

rina, y se endurecen de modo que el movimiento del instrumento con el cual se mueve constantemente la mezcla sobre el área del horno no es ya capaz de separarlas y de dividir las. Este efecto no tiene lugar nada más que con los minerales, sobre todo los que provienen de los lavados, ya que los productos de las fundiciones no tienen sensiblemente humedad por sí mismos y no la toman fácilmente de la sal marina. La mezcla de una cantidad más o menos grande de cuarzo o de cal viva bien seca, podría disminuir quizás enteramente esta agregación de las partes. Pero una desecación lenta es un medio más seguro para remediar este inconveniente, de modo que no se recurre en este caso a ninguna adición y basta empezar la operación con un fuego muy suave después de haber tenido durante algún tiempo cada porción de la mezcla, que debe ser calcinada de una vez, en la parte del horno más alejada del hogar donde se enciende el fuego. En el segundo caso, es decir, cuando las partes de la mezcla se ablandan por la acción del fuego, son partes terrosas y salinas que sufren una especie de vitrificación, lo que no puede ocurrir nada más que cuando se da un fuego muy fuerte o partes metálicas que se unen al empezar a fundirse o se funden efectivamente. El primer efecto no puede ser nada más que la consecuencia de una negligencia de parte del que dirige el fuego; es una falta y no un mal inherente al trabajo, de modo que el solo remedio es prestar atención y la costumbre de un buen régimen de fuego. El último proviene de la fusibilidad de algunas partes metálicas, y no es siempre fácil evitarlo por la simple mitigación del fuego, puesto que hay que dar un cierto grado para que la operación continúe bien. Sobre todo con los minerales que contienen mucho plomo, así como con los cobres negros de algunas matas, principalmente cuando estos productos contienen mucho antimonio y arsénico, entonces se produce este último fenómeno. Es en estos casos cuando parece indispensable la

adición de alguna materia que, interponiéndose entre las partes de la mezcla, aleje unas de otras las que tienen tendencia a fundirse y aglutinarse. El cuarzo y la cal, reducidos a polvo, son buenos para este fin y se podrían emplear también en su lugar muchas otras sustancias; sin embargo, el cuarzo o una arena silicea cualquiera parece merecer la preferencia a causa de su insolubilidad en los ácidos, mientras que no se trate de absorber al mismo tiempo alguna porción de ácido vitriólico, en exceso, ya que las otras sustancias absorberán más o menos este ácido y éste estará perdido para la calcinación y la digestión.

*D')* En la tostación de los minerales y matas que tienen mucho azufre se forma más ácido sulfuroso del necesario para saturar las partes terrosas de estas materias y la porción de álcali que proviene de la descomposición de la sal marina que se les añade. Este exceso de ácido actúa sobre las partes metálicas de estas mismas materias y forma con ellas diferentes vitriolos. Algunos de estos vitriolos, tales como el de cobre y el de hierro, atacan singularmente al mercurio, como lo diremos a continuación, y ocasionan pérdidas muy considerables de este metal en la trituración. Para prevenir estas pérdidas, se debe recurrir en estos casos a algún medio que impida la formación de estos vitriolos o que los destruya después que se formen. No es seguramente el cuarzo ni las arenas silíceas lo que se debe aconsejar mezclar a estas materias para eliminar este inconveniente, puesto que ni el ácido sulfuroso ni el vitriólico atacan estas tierras. La cal-viva, al contrario, es muy propia para llenar este objeto, puesto que tiene una gran afinidad y se combina muy fácilmente con este ácido. Es también esta tierra la que se emplea hasta ahora con éxito en los ensayos y hasta en los trabajos en grande que se han hecho para eliminar este inconveniente. La arcilla satisfaría quizá también este objeto, pero no se han realizado todavía tenta-

tivas y no podemos, por consiguiente, decir nada positivo. Un fuego medianamente fuerte, continuado durante un tiempo bastante largo, podría también llenar esta finalidad descomponiendo una parte de las sales vitriólicas que se habían formado, quitando y volatilizando su ácido. Pero resultarían, por otro lado, algunos inconvenientes a causa de un fuego demasiado fuerte, según ya hemos dicho. Se ha empleado otro medio con éxito: consiste en comenzar por calcinar ligeramente las mezclas sin adición de sal marina y añadir esta sal después de algún tiempo; la adición de esta sal cuando una gran parte del ácido sulfuroso ha sido ya volatilizado y cuando no queda en la mezcla nada más que la cantidad precisa para saturar las sustancias terrosas y metálicas, no puede más que hacer de un modo satisfactorio la descomposición de los vitriolos metálicos y llenar, por consiguiente, completamente el fin al cual se aspira.

*E')* Para prevenir esta pérdida de mercurio que proviene de la presencia de los vitriolos metálicos en las mezclas después de la tostación, se ha recurrido a lavados de estas mezclas después de la calcinación, con vista a librarlos de estas sales antes de pasarlos a la trituración. Este medio es, en efecto, muy directo y llena mejor que cualquier otro la finalidad propuesta. No está, sin embargo, exento de inconvenientes; los tiene, al contrario, muy grandes, para que se eche mano de él. En efecto, estos lavados no quitan solamente los vitriolos que se quieren eliminar, sino que disuelve también las otras sales existentes en las mezclas, y las de oro y de plata lo mismo que las otras; por lo tanto, arrastra algunas cantidades de estos últimos metales. La sal marina de oro es muy soluble en el agua y no puede haber dificultad en creer que la porción de este metal que en la mezcla se encontraba combinada en el ácido marino se va disuelta por el agua de los lavados, y será arrastrada, constituyendo una pérdida. La

luna córnea y el vitriolo de plata son mirados generalmente como insolubles en el agua, de donde se podría deducir que el lavado de las mezclas, después de la calcinación, no experimenta dificultad. Sin embargo, la insolubilidad de estas sales no es tan absoluta como se puede pensar. No tener lugar de una manera sensible con pequeñas porciones de agua, no es razón para asegurar que una gran cantidad de este líquido no sea capaz de llevar consigo alguna pequeña porción de estas sales, y por muy pequeña que fuese esta porción, sería suficiente para ocasionar pérdidas más sensibles en el caso de que se trata, teniendo en cuenta el valor de la plata. Pero ocurre que estas dos sales se diluyen muy fácilmente en el agua y quedan suspendidas en este líquido sin alterar sensiblemente la limpidez, siempre que la cantidad sea poco considerable, necesitando entonces un tiempo bastante largo para depositarse completamente. En un trabajo en grande es casi imposible tomar todas las precauciones que harían falta para separar de las aguas de los lavados las partículas de estas sales que hayan arrastrado, y todos los cuidados no serían bastante para recogerlos con suficiente cuidado para que no resulten grandes pérdidas. Podemos citar, como prueba convincente de los inconvenientes que se deducen de los lavados después de la tostación, lo que ocurre en los trabajos de amalgamación en Schmölitz, en la Alta Hungría, donde se trituran los cobres negros en barriles después de haberlos tostado con sal marina y al fin de la operación se retira el mercurio por un pequeño orificio hecho en el centro del vientre del barril, y cuando se le ha quitado completamente, se vierte por otro orificio mayor los residuos con agua sobre un barreño; cuando el agua se ha aclarado, se la decanta, se cuece en una caldera con pedazos de hierro para precipitar el cobre que contiene. Este cobre así precipitado da en la copelación dos onzas de plata por quintal, mientras que los residuos que se han depositado en

el fondo no dan nada más que medio "gros" a lo más de este mismo metal por quintal. Si esto ocurre después de que las mezclas han pasado por la trituration, ¿qué es lo que ocurriría con los lavados antes de esta operación? No se deben recomendar de ninguna manera.

## ARTÍCULO SEGUNDO

### DE LA TRITURACION

#### I

Los minerales de oro y de plata, así como los distintos productos de su fusión que se tratan para la amalgamación, se encuentran después de la tostación en un estado muy diferente del que tenían antes de esta operación.

Sus porciones están más separadas, más divididas y presentan mucha más superficie; no contienen azufre, la acción del calor las ha quitado una parte de los metales volátiles, lo mismo que otros elementos; las materias terrosas que contenían están ahora reducidas en su mayor parte al estado salino, sea por la acción del ácido, sea por la del álcali de la sal marina; en fin, las porciones metálicas están generalmente calcinadas o bien en el estado de sal como las otras. El oro y la plata son los únicos metales que podrían constituir una excepción a esta regla, puesto que no parece verosímil que estos metales se encuentren en el estado de cal después de la calcinación, puesto que en la mayor parte de los casos se funden por lo menos parcialmente y pasan al estado de régulo.

Después de lo dicho, es fácil ver las ventajas que proporciona la tostación para la extracción del oro y de la plata por medio del mercurio.

1.º La simple división de estas sustancias y el estado más diluído en que se encuentran sus porciones, favorece inmediatamente un acceso más fácil del mercurio, facilita el encuentro de este metal con las partículas de los primeros y contribuye considerablemente a la extracción completa de estos dos metales, hasta el punto de que no quedan cantidades apreciables de ellos en los residuos.

2.º La acción del calor y la de los ácidos, destruyendo la unión de los principios constituyentes de estas sustancias, desprenden el oro y la plata, que entonces se combinan fácilmente con el mercurio, sea por haber pasado al estado de régulo después de esta operación, sea por haberse unido a los ácidos convirtiéndose en sales; en ambos casos el mercurio se apodera de ellos más fácilmente y en mucho menos tiempo que el que emplearía en extraerlos de los minerales o productos no tostados.

3.º Siendo el oro y la plata los únicos metales que pueden encontrarse en el estado de régulo en estas sustancias después de la calcinación, son también los únicos metales con los que puede combinarse el mercurio, de donde resulta, naturalmente, que estos metales, después de ser separados del mercurio, se encuentran muy puros y sin mezcla de otros metales. Sin embargo, como hemos dicho que estos dos metales parecen encontrarse después de la calcinación, al menos en gran parte, combinados con los ácidos en el estado de sal, se deduce que esta ventaja no puede aprovecharse en gran parte, a menos que estos metales conserven, aun en el estado de sal, su predilección por el mercurio, lo mismo en el estado sólido que en el disuelto. Pero, además, es sabido que el mercurio precipita de sus disoluciones en los ácidos con gran facilidad al oro, la plata y el platino. Si este mercurio está en estado de descomponer las sales de oro y de plata que se forman en la tostación de estas sustancias, aquellos metales serán también

los únicos que podrá precipitar de sus ácidos, y, por lo tanto, los únicos de que se puede cargar en esta operación.

Si no se tratase más que de sales de oro y de plata, sería muy fácil concebir la descomposición por medio del mercurio, ya que aquéllas son muy solubles en el agua, como, por ejemplo, el nitro de plata y la formación de las amalgamas con los precipitados que resultan; estas precipitaciones son muy conocidas y no hay ningún químico que no las haya hecho cientos de veces; pero no es lo mismo la precipitación en la luna córnea y en el vitriolo de plata; de éstos no se habla apenas; y hay muy pocos químicos que se hayan ocupado de ellas y las hayan hecho, y se acostumbra a recurrir a medios muy complicados para extraer la plata de estas sales. Esta es la razón por la que algunos metalurgos que se han ocupado recientemente de la amalgamación se han mostrado asombrados cuando han oído decir que en la calcinación de las sustancias, para la amalgamación, se forma la luna córnea, y no pueden concebir cómo, si esto es cierto, el mercurio puede extraer la plata de los minerales tostados sin dejar una gran parte en los residuos después de la disolución. Sin embargo, hace bastante tiempo que Marggraf ha dado a conocer el medio de extraer la plata de esta sal por la simple disolución con el mercurio, y su método ha sido citado después en todas las obras elementales de química juntamente con otros métodos. Este hecho no tiene de maravilloso más que su poco uso y el poco caso que se le ha hecho hasta el presente; no es más que una precipitación de un metal combinado con un ácido por intermedio de otro metal, y se explica como cualquier otra precipitación análoga por la doctrina de las dobles afinidades, es decir, que la plata (que en la luna córnea se encuentra en el estado de cal combinada con el ácido marino), se apodera del flogisto que contiene el mercurio, y se revivifica con él, mientras que este último metal, reducido por aquélla al estado de

cal, se une al ácido marino que el primero le cede por su parte. Como la luna córnea no es sensiblemente soluble en el agua, no se puede ver tan claramente esta precipitación como la del nitro de plata; se hace más difícilmente y necesita mucho más tiempo y un procedimiento muy especial; pero si se disuelve esta sal con el mercurio y algunas gotas de agua y se le da tiempo suficiente, se verá cómo cede toda su plata. Igual puede decirse para el vitriolo de plata.

Hemos descrito anteriormente las experiencias que hemos hecho sobre la descomposición de la luna córnea por su tratamiento con el mercurio, y hemos indicado que se ha empleado un tiempo muy largo para extraer la plata de una pequeña cantidad de esta sal. Se puede pensar después de lo dicho que en los trabajos en grande la extracción del metal contenido en uno o dos quintales de mineral debe necesitar un tratamiento continuado durante una o varias semanas. Pero hemos hecho también notar que la luna córnea que se forma durante la tostación, se encuentra en este caso repartida y dividida en pequeñas partículas en la masa total del mineral, presentando una gran superficie al mercurio, y la descomposición se hace infinitamente más de prisa que si estas partículas estuviesen reunidas formando una masa homogénea. No existe, por lo tanto, semejanza entre los dos casos en cuanto a las circunstancias, y en el último, es decir, cuando la luna córnea se encuentra dispersa en los minerales tostados, el mercurio se combina con la plata de esta sal tan fácilmente y tan de prisa como si este metal se encontrase en el estado de régulo completo.

## II

Hemos reconocido el estado en que se encuentran después de la tostación las materias que componen los minerales y los diferentes productos de las fundiciones, las ventajas que procura esta operación y la manera como el mercurio puede cargarse del oro y de la plata contenida en estas sustancias, cualquiera que sea el estado en que estos metales se encuentren. Examinemos ahora la disolución en sí misma, estudiando las diferentes circunstancias que acompañan a esta operación.

Los minerales u otros productos tostados se ponen en mayor o menor cantidad en un recipiente conveniente, con la porción correspondiente de agua y de mercurio y una cierta cantidad de hierro o de cobre en láminas o en gránulos, y en algunas ocasiones, además, unas libras de sal marina. Se hace también uso en ciertos casos de la cal viva. Hablaremos de todas las sustancias sucesivamente; pero antes de entrar en el detalle de los usos a los que se las destina, debemos decir que estas mezclas son removidas continuamente en el recipiente que las contiene hasta que se está seguro, por ensayos apropiados, que han cedido todo el oro y la plata que contenían. Se para entonces la agitación y se separa por lavados, o de alguna otra manera, las materias despojadas de estos metales y del mercurio que se los ha añadido.

En esta operación, las materias disueltas por el agua que se añade están divididas y puestas en un estado de líquido pastoso o de lodo más o menos flúido, y el mismo mercurio se divide en pequeños glóbulos que se extienden por toda la masa y se mezclan íntimamente, combinándose con las partículas de oro y de plata que encuentran en su camino, cambiando continuamente de lugar, reuniéndose así poco a poco todas ellas, antes diseminadas en la masa.



## III

El agua, al disolver las materias de que está compuesta la mezcla, disuelve las partes salinas todo lo que le permite su volumen, y estas materias, tratándose mutuamente con mayor libertad que cuando estaban en la mezcla que se tostaba, dan lugar a descomposiciones de diferentes especies, resultando al mismo tiempo combinaciones nuevas. Es así como las partes terrosas y alcalinas, si están libres, teniendo más afinidad con los ácidos que los metales, descomponen las sales metálicas y precipitan éstos. Las tierras tienen también entre ellas grados diferentes de afinidad hacia los ácidos, las que la tengan mayor, si es que están libres, deben precipitar también a las más débiles, y en la misma forma obrarán las sales metálicas, aunque sus afinidades respectivas no sean tan conocidas. Además de estas afinidades simples que varían infinitamente según la naturaleza misma de las mezclas, se debe tener en cuenta también otras muchas descomposiciones y nuevas combinaciones que pueden tener lugar por el camino de las dobles afinidades. Las sales marinas de base alcalina o terrosa, sobre todo mezcladas con vitriolos metálicos, cambian entonces de bases y producen sales nuevas.

La enumeración de las descomposiciones y de las nuevas combinaciones que pueden resultar en esta operación por vías tan diferentes y tan múltiples, nos alejarían por el presente de nuestro objeto y su estudio supondría haber efectuado un número de observaciones superior al que actualmente hemos podido recoger. Estos productos deben ser muy diferentes, según la naturaleza de las mezclas que se trabajan, y limitándonos en este tratado a los fenómenos más generales, nos hemos propuesto despreciar todo lo que se refiera a casos particulares, a menos que de éstos se deduzca alguna consecuen-

cia aprovechable para la teoría. Sin extendernos más que en echar una ojeada sobre éstos solamente (que en el fondo dicen poco para el objeto principal, salvo algunas excepciones de las que en su tiempo hablaremos), nos contentaremos con examinar una cuestión relativa a esta materia y que no deja de ser interesante.

Después de lo que acabamos de decir, resulta que de todas las sales formadas en la tostación de los minerales y de otros productos, las sales metálicas son las que sufren más grande alteración, o por lo menos las más susceptibles de sufrirla, puesto que su descomposición puede tener lugar por muchos más procedimientos que las de las sales terrosas o alcalinas, sobre todo por las afinidades simples. ¿Serán las sales de oro y de plata una excepción a esta regla? Las partículas alcalinas y terrosas, y lo mismo las sales de los otros metales, ¿no descompondrían estas sales? Y si las descomponen, los precipitados que resultan, ¿no estarían en el estado de cal y, por consecuencia, incapaces de combinarse con el mercurio? No es dudoso que este efecto puede tener lugar para las sales de oro, que se disuelven fácilmente en el agua, que están expuestas muy ventajosamente a la acción de las diferentes sustancias, y no sería extraño que fuese la misma causa principal de la dificultad que se ha encontrado hasta el presente de retener exactamente el oro de los minerales de la Baja Hungría y que Mr. De Ruprecht ha vencido últimamente haciendo sufrir una doble calcinación, como nosotros hemos dicho antes. Para las sales de plata, tales como la luna córnea o el vitriolo de plata, se sabe que a causa de su insolubilidad son muy difíciles de descomponer, por medios tan sencillos, y no parece que las circunstancias de esta operación sean bastante favorables para que se siga a su tenor el mismo efecto que para las sales de oro; no conocemos ningún hecho en los que hemos tenido ocasión de ver en los diferentes trabajos realizados



hasta el presente en distintos países por los que podamos atribuir en ninguna forma una parecida descomposición de las sales de plata por las materias alcalinas, terrosas o metálicas calcinadas que componen las mezclas. Si resultan, por consiguiente, pérdidas de este metal, es en las circunstancias que hemos ya mencionado y otras que señalaremos, en las que hay que buscar la causa, y no por descomposiciones de esta naturaleza.

#### IV

La cantidad de agua que se añade a las mezclas para someterlas a la disolución, no es cosa indiferente. Mucha agua, las diluye demasiado, impide la división necesaria del mercurio, hace más difícil y raro el encuentro de las partículas de oro y plata con este metal; la excesiva movilidad que ocasiona en las partículas de estas mezclas aleja las de estos metales en el mismo momento en que ellos se encuentran y no les deja el tiempo necesario para su unión. Son, además, obstáculos que impiden la extracción completa de estos dos metales, o al menos la retardan considerablemente. Por el contrario, demasiado poco líquido, no dispersa suficientemente a las mezclas ni al mercurio; impide que éste se esparza en toda la masa, como hace falta para encontrar y recoger todas las partículas de oro y de plata que están diseminadas, y se opone, como el exceso de líquido, a la extracción completa de estos dos últimos metales. Los dos extremos son igualmente viciosos; parece que el primero lo es mucho más que el segundo, aparte que es difícil de remediar una vez cometida la falta. Es suficiente para llenar como conviene el objeto que se la destina, que el agua reduzca el todo al estado de un lodo espeso y no líquido; no se debe llegar a la disolución completa ni siquiera parcial de las sales, lo que a nada conduce, y si acaso, a ocasionar pérdidas de mercurio y quizás también de oro.

#### V

La velocidad con la cual las mezclas son removidas, produce también en igual forma el mismo efecto que su dilución excesiva por el agua, teniendo sus límites que se deben observar; es decir, que si la velocidad es muy grande, hace cambiar demasiado de prisa de lugar las partes de las mezclas y no deja ni el tiempo ni el reposo necesario a las partículas de mercurio para unirse a las de oro y plata cuando con éstas se encuentran, lo que hace necesariamente retardar el trabajo. Si, por el contrario, el movimiento es muy lento, las superficies no se renuevan con bastante frecuencia, las partículas de mercurio no se encuentran más que raramente en contacto con las de oro y de plata y el trabajo se retarda igualmente. Sin embargo, entre estos dos extremos, parece menos nocivo caer en el primero, o que es menos de temer, como ocurría en el exceso de agua en la disolución, pues con un movimiento lento es poco seguro que el mercurio se apodere de las partículas de oro y plata que cuando la velocidad es excesiva, pues en este caso estos metales se encuentran y chocan cientos de veces antes de que puedan contraer ninguna unión, sin contar que siendo este movimiento circular o de rotación, las partículas más pesadas se alejan del centro, mientras que las más ligeras se aproximan, y de esta forma no puede tener lugar la dispersión uniforme del mercurio en toda la masa y, por consecuencia, no puede verificarse la extracción completa del oro y la plata.

#### VI

En el primer establecimiento que se ha hecho en Europa para trabajar en grande los minerales de oro y plata por amalgamación, se han empleado, para disolver las mezclas, calderas

de cobre en forma de pera y muy profundas, dentro de las cuales gira un molinete vertical que da vueltas continuamente removiendo las materias, debajo de estas calderas, que se encuentran colocadas en fila sobre dos ringleras en la albañilería de un horno de galería, en el que se mantiene un fuego ligero durante la operación. Esta disposición hace por sí misma necesaria la disolución de las materias por el agua hasta un grado extremo, puesto que si al comienzo de la operación las materias estuviesen depositadas en el fondo, los molinetes necesitarían una potencia muy grande para removerlas y se romperían a cada momento. La abundancia del agua debe hacer naturalmente que el mercurio permanezca en el fondo en una masa, sin dividirse suficientemente y sin elevarse a la parte alta, a la que la arrojará el movimiento del molinete por sacudidas. Por su parte, los minerales, como más ligeros, flotan en la superficie del agua en contacto con el mercurio, pero sin mezclarse con él más que muy poco, de forma que solamente la parte de estos minerales que se encontraba más baja y la más próxima al mercurio, podía ceder su plata con alguna facilidad. El resto debe esperar que las sacudidas del molinete los recoja del fondo para que con esto sufra la misma suerte que los anteriores. Se debe uno contentar con la poca cantidad de mercurio que estas mismas sacudidas y el movimiento de las aguas había dividido y extendido en la masa. Esta misma cantidad de agua, unida a la velocidad con la cual está obligado el molinete a dar vueltas para impedir que las materias se depositen, era la causa también que el mercurio se combinase difícilmente con las partículas de oro y de plata, puesto que cuando estos metales se encontraban, la impulsión del agua les separaba en seguida sin darles el tiempo ni el reposo necesario para combinarse; esta unión necesita un tiempo determinado y un cierto reposo para que pueda efectuarse. Sin necesidad de hablar de otros inconvenientes

de este procedimiento, se puede ver ya claramente, por lo que acabamos de decir, cuán poco favorables son las circunstancias en esta operación para cumplir su finalidad, ya que es necesario un tiempo muy largo y a menudo existen pérdidas de oro y de plata en los residuos. Esta operación, por muy cuidadosamente que sea llevada a cabo, necesita un trabajo continuo de quince a diez y ocho horas, y los residuos no han sido nunca suficientemente pobres en oro para que pudiesen ser despreciados completamente.

Se ha tenido que recurrir desde entonces a otro método más sencillo y al mismo tiempo mucho más seguro para llenar completamente el objeto que se propone en la disolución. Tiene la ventaja, además, de no necesitar nada más que la mitad o un tercio de tiempo que en el método precedente; además, la economía en madera para calentar las mezclas en las calderas es considerable. Se emplean barriles de madera sin nada de particular en su construcción; en el centro de los dos fondos llevan de cada lado un eje que descansa en una rangua; uno de estos ejes, más largo que el otro, en el cual se engranan los dientes de una rueda adaptada al eje de otra rueda con canchales que está puesto en movimiento con una corriente de agua; una de estas últimas ruedas basta para poner en movimiento varios de estos barriles. En medio de la panza de cada barril hay un orificio por el cual se introducen las mezclas y al cual se le tapa herméticamente durante la operación. Opuesto a este gran orificio, hay otro más pequeño por el cual se retira el mercurio cuando ha terminado la operación y el cual se tapa mientras tanto con una clavija. Todavía existe otro pequeño orificio por donde se desprende el gas que se produce durante la operación y que se destapa de cuando en cuando con este objeto. Se colocan las mezclas en estos barriles en igual forma que se dijo para las calderas, con la única diferencia de no añadir más que el agua precisa para que

el todo se convierta en un barro muy espeso, y que en lugar de dos quintales de mineral y uno de mercurio que se ponían en las calderas, se pone ahora en cada barril 10 quintales de mineral y 40 ó 50 pdr 100 de mercurio. Esta cantidad es sobre todo considerable cuando se trabaja con cobres negros u otros productos de las fundiciones, puesto que tienen menos volumen. Los barriles cargados, se hace funcionar la máquina, que les imprime un movimiento de rotación continuo hasta que transcurra el tiempo que la experiencia señala ser suficiente para que el mercurio se apodere de todo el oro y la plata. Se para entonces la máquina, se le añade una cierta cantidad de agua para diluir la mezcla, a fin de que el mercurio dividido y extendido en toda la mezcla, pueda reunirse; se hace funcionar de nuevo la máquina y después de algún tiempo se para. Se abre entonces uno de los pequeños orificios para colar el mercurio y se le cierra tan pronto empieza a salir el agua; entonces se vuelve a poner en marcha la máquina durante corto tiempo para que el mercurio que quede en la mezcla pueda reunirse, y después de hacerle colar en la forma ya descrita, se hacen salir las materias por el orificio grande, recibiendo en cubetas colocadas al efecto debajo de cada barril. Finalmente, se hace pasar las mezclas al lavado para quitarles las últimas porciones de mercurio y de amalgama que hayan podido arrastrar.

Se ve por esta descripción, que este procedimiento es más ajustado que el de las calderas para extraer completamente y en poco tiempo el oro y la plata de los minerales o de otros productos cualesquiera. La proporción de agua y el movimiento moderado de la máquina son las causas principales donde residen sus ventajas. En efecto, el agua no diluye aquí las materias más que en cantidad suficiente para que el mercurio se extienda por toda la masa y se mezcle íntimamente con ella. Esta división no es parcial como en las calderas, la masa en-

tera de este metal está dispuesta y repartida en partículas más o menos finas, sin que haya en el fondo una masa apreciable de mercurio aglomerado; se comprende cuánto debe acelerar la operación esta división del mercurio. El movimiento de rotación de los barriles hace que las porciones de las mezclas reducidas a una consistencia poco compacta rueden simplemente las unas sobre las otras, corrientemente apelotonadas y sin separarse durante algún tiempo, lo que favorece la unión del mercurio con el oro y la plata cuando ellos se encuentran. La velocidad de este movimiento puede ser, además, retardada o acelerada a voluntad, según se crea necesario, puesto que no hay nada que impida dar vueltas a los barriles tan lentamente o tan de prisa como se quiera. Se puede también darles el tiempo necesario o el reposo que se quiera para que se pueda combinar con las partículas de oro y de plata a medida que las encuentre, y no es dudoso que este movimiento tan bien reglado debe contribuir en mucho a la extracción limpia y completa de los metales. La experiencia confirma estas ventajas de una manera muy satisfactoria, puesto que cada operación no necesita más de seis u ocho horas, en lugar de las quince o diez y ocho que se necesitaba en las calderas; los residuos después de esta operación son muy pobres en plata y oro, y lo más corriente es que no contengan más de una dracma de plata por quintal.

A estas ventajas hay que añadir otras que se refieren a la economía y que no dejan de ser considerables. La máquina que pone en movimiento los barriles es más sencilla que la que pone en movimiento los molinetes de las calderas; se evita el montaje de los molinetes, que es embarazoso y al mismo tiempo costoso, por las frecuentes roturas y las reparaciones que les es preciso hacer. Los barriles, hechos de madera dura y guarnecidos con aros de hierro, son menos costosos que las calderas de cobre, duran por lo menos tanto como estas úl-

timas, sin exigir reparaciones, y cuando las necesitan, son éstas más sencillas. Se evita también la madera que antes se empleaba para calentar las mezclas en las calderas, y no hace falta calentar más que la poca cantidad de agua que se añade en el caso que se quiera usar agua caliente. La plata separada de las amalgamas es mucho más fina y no hay necesidad de afinarla. En fin, el trabajo en sí mismo exige menos cuidado, puesto que una vez que se ha puesto el material en los barriles, se tapan éstos, se les deja hasta el fin sin que sea necesario añadirles nada ni quitarles durante el intervalo, mientras que en las calderas era preciso renovar de cuando en cuando el agua de evaporación para impedir que las mezclas se espesasen volviéndose muy secas y parando el movimiento de los molinetes, o al menos haciéndolo penoso y expuesto a roturas. Este método es, por consiguiente, preferible desde todos los puntos de vista al primero y reúne también las circunstancias que hacen más favorable la operación; ésta llega al mayor grado de perfección posible.

Sin embargo, no podemos dejar de hacer mención de otros dos métodos para disolver las mezclas, inventado el uno por el ilustre Mr. Gellert y el otro por Mr. Ruprecht. El primero de estos dos sabios metalurgos, queriendo evitar el uso de las calderas de cobre y el gasto de madera necesaria para calentarlas, ha recurrido a vasos cilindricos de madera, en los cuales pone los minerales diluidos con cantidad suficiente de agua y con la proporción correspondiente de mercurio. En cada uno de estos cilindros juega un pistón de cobre, que no está compuesto más que de un gran aro de una pulgada de espesor y de cuatro radios que se reúnen en el centro y que se sujetan a un tronco. El movimiento de ascenso y de descenso de este émbolo remueve la mezcla, divide al mercurio y lo esparce por toda la masa. Se concibe fácilmente que esta disolución produce el mismo efecto que la de los dos métodos precedentes,

y las experiencias que hasta el presente han sido hechas parecen darle ventajas notables sobre el primero, puesto que la operación se acaba en la mitad de tiempo y a veces antes, y los residuos contienen tan poca plata que no pasa de una dracma, y aun menos de este metal, en un quintal, y, además, no hace falta fuego para calentar las mezclas. El movimiento del pistón, de arriba abajo y de abajo arriba, parece más propio que el movimiento horizontal de los molinetes para mezclar íntimamente el mercurio con los otros metales y para llevar estos últimos a la esfera de actividad del primero. La consistencia de las mezclas, más espesa que en las calderas, junto a la velocidad de los pistones, que es también más moderada, favorece la división del mercurio, y da a este metal más tiempo y reposo para que pueda combinarse con las partículas de oro y plata que encuentra en su camino. Sin embargo, las mezclas están todavía bastante diluidas, el mercurio queda así en gran parte en el fondo del cilindro sin dividirse y el movimiento del líquido, siendo poco fuerte, no divide al mercurio tan bien ni lo mezcla tan íntimamente con las otras materias como en los barriles, como tampoco este metal, así como las partículas de oro y plata que encuentre, no pueden tener el tiempo ni el reposo necesario para contraer una unión entre ellos; así es que por este método no puede extraerse completamente estos dos metales en tan poco tiempo como por el precedente. Mr. Gellert ha hecho, sin embargo, algunos ensayos en los que los resultados se aproximan bastante a los de la trituración en barriles; pero estos ensayos, en número pequeño, no han sido seguidos constantemente del éxito, y por uno que haya triunfado, hay varios que han exigido más tiempo. Pero aun cuando supusiéramos que este método no le cede en nada al de los barriles, no tendría tampoco ninguna ventaja; habría que comparar la máquina que mueve los pistones y el trabajo en sí mismo, lo cual no se ha hecho todavía; habría que efec-

tuar ensayos en grande para saber sus ventajas, que es en lo que actualmente se ocupa Mr. Gellert. Esperando conocer el resultado de esos trabajos, debemos decir, sin embargo:

1.º Que siendo difícil emplear cilindros de madera que tengan tanta capacidad como los barriles, parece indispensable la utilización de mayor número de cilindros que de barriles para la misma cantidad de mezcla.

2.º Que siendo preciso mover los pistones por un mecanismo especial, parece que este mecanismo ha de ser más complicado que el de los barriles.

3.º Que teniendo los pistones un peso considerable, hará falta una fuerza motriz superior a la que precisan los barriles.

4.º Que siendo preciso mantener un cierto grado de fluidez en las mezclas, será necesario añadir de cuando en cuando agua, sobre todo si se emplea agua caliente desde el principio, lo que exige también más cuidado en los que dirijan la operación.

5.º Que para vaciar los cilindros después que la operación ha terminado, hay seguramente más entorpecimientos que en los barriles. Parece, por consiguiente, que este método no reunirá más ventajas que el precedente.

Mr. De Ruprecht, queriendo por su parte facilitar la extracción completa, sobre todo del oro contenido en las mezclas, recurrió, antes de emplear los barriles, a una especie de cajón redondo hecho de planchas y recubierto de cobre en su mitad inferior. El que empleó en los primeros ensayos tenía 38 pulgadas de largo y dos pies de diámetro. Su sección transversal era exactamente circular. Este cajón llevaba en su centro y longitudinalmente el árbol horizontal de una rueda que se hacía girar durante la operación. Este árbol estaba provisto de dos filas de cucharas o especie de aletas recurvadas distribuidas en doble espiral en toda su longitud y distantes entre sí una pulgada, que servían para remover las mezclas. Se pone

en este cajón el mercurio con los minerales en el mismo estado que en las calderas, con excepción que no se añade más que el agua necesaria para reducir todo a un barro espeso. Es fácil ver que a cada vuelta del árbol las cucharas deben revolver la mezcla y hacerla cambiar de lugar, deben también dividir el mercurio y mezclarle íntimamente con las otras materias, tanto más cuanto su consistencia favorece esta división. Esta misma consistencia, así como la velocidad del movimiento, el cual se puede modificar a voluntad, facilitan por igual la unión del mercurio con la plata y el oro a medida que estos metales se encuentran. Estas circunstancias no pueden menos de producir una extracción completa y más perfecta del oro y la plata de sus minerales que el método de las calderas; en los ensayos que se han hecho, la plata se había combinado enteramente con el mercurio al cabo de seis u ocho horas, y el oro, al cabo de veinte horas, mucho más completamente que en las calderas. Resultados tan ventajosos impulsaron a establecer este método, y Mr. De Ruprecht ha comenzado, en efecto, a construir cajones de 24 pies de largo y ocho pies de diámetro, para disolver de una vez 60, 80 y hasta 100 quintales de mineral. Sin embargo, hemos sabido después que se ha abandonado este método para atenerse al de los barriles, en los cuales la extracción del oro y de la plata se hace por lo menos tan completamente, en menor tiempo, con menos dificultad y por medio de los cuales se obtiene un oro y una plata muy finos.

## VII

El mercurio que se mezcla a los minerales y a los otros productos tostados en la disolución puede considerarse que obra de dos maneras distintas. Obra al principio como precipitante del oro y de la plata disueltos por los ácidos y opera

por otro lado como disolvente de los dos metales en el estado de régulo, sea porque estos metales estén en ese estado desde el principio, sea porque lo hayan adquirido durante su precipitación de los ácidos. Hemos ya indicado sobre qué principios está fundada esta precipitación del oro y de la plata por medio del mercurio; no tenemos, por lo tanto, necesidad de explicarla de nuevo, y nos contentaremos con añadir que en la operación de que se trata, estando mezcladas las sustancias que se disuelven o puestas de alguna otra forma en contacto con partículas de cobre o de hierro en estado metálico, estos dos metales pueden servir también de precipitantes de una manera ventajosa para la operación, particularmente para la descomposición de las sales de oro; en lo referente a las sales de plata, es muy probable que no contribuyan en nada, pues siendo estas sales insolubles en el agua, necesitan un metal líquido, tal como el mercurio, para ser descompuestas; un metal sólido no podría obrar sobre ellas; por lo tanto, la adición del cobre o del hierro o el contacto inmediato que se procure de los minerales con estos dos metales por alguna otra manera, no están fundados en la necesidad de descomponer las sales de oro y de plata que resultan en la calcinación, sino en otro punto de vista diferente, del que nos ocuparemos en seguida.

Existe todavía otra sustancia que puede también precipitar el oro reduciéndolo al estado metálico, y es el vitriolo de hierro; se sabe que esta sal precipita a este metal al estado de régulo; pero esto no puede suceder en el trabajo de que tratamos más que cuando las mezclas conserven después de la calcinación porciones de esta sal. Se podría emplear con utilidad este medio en el caso de los cobres negros y de otros productos de las fundiciones que contengan oro. Estas materias, no teniendo suficiente azufre para que en la tostación sus partes metálicas se calcinen completamente sin el concurso

de la sal marina, no se las puede tratar por una doble calcinación, como los minerales, para evitar la disolución del oro por el ácido marino. Una disolución de vitriolo marcial añadido al comienzo de la trituración, precipitaría quizás este metal más de prisa que el mercurio y disminuirá el trabajo, añadiendo después de algún tiempo, y antes de poner el mercurio, una porción de cal o de sal marina, para descomponer el vitriolo restante y prevenir las pérdidas de este metal.

De cualquier modo que se haga la precipitación o separación del oro y de la plata de los ácidos en los cuales se encuentran disueltos, es siempre necesario que se haga por intermedio de otro metal en estado de régulo, para que sea favorable al objeto que se propone en la trituración, pues cualquier otra sustancia, con excepción del vitriolo de hierro en relación con el oro, no puede precipitar estos metales de sus disoluciones más que en estado de cal y, por consecuencia, en un estado que no les permite contraer ninguna unión con el mercurio. Quedarán, por lo tanto, en los residuos, por lenta que se haga la disolución, y esto es a lo que se llega verdaderamente en el trabajo de los minerales de oro cuando se les calcina con sal marina, sobre todo si se les diluye demasiado en la trituración.

A medida que una parte del mercurio precipita así el oro y la plata, que estaban disueltos en los ácidos, otra parte los recoge y se combina con ellos; pero como la cantidad de mercurio que se añade a las mezclas es por lo menos 15 ó 20 veces mayor que la que precisan para saturar completamente tanto estos metales como los ácidos de los que han sido precipitados, resulta que la mayor parte queda sin entrar en ninguna combinación y en el mismo estado que se le ha puesto. Este exceso de mercurio no es, por lo tanto, inútil, pues sirve para recoger las pequeñas porciones de amalgama a medida que se forman separándolas del resto de la mezcla y a tenerlas

diluidas y esparcidas en el seno de su masa, que hace de vehículo. Sin este exceso de mercurio, las moléculas de amalgama se reunirían muy difícilmente y quedarían más en los residuos, sin contar que la operación en sí misma sería mucho más larga, por lo que no lograríamos el éxito deseado si no empleásemos más que la cantidad de mercurio necesaria para saturar el oro y la plata contenido en las mezclas y la porción de ácidos en los que están disueltos estos metales. Es, por lo tanto, mejor poner demasiado que no poco; el exceso de mercurio no puede ocasionar inconveniente alguno; en cambio, el defecto los puede ocasionar grandes.

### VIII

Se deduce de lo que acabamos de decir sobre la descomposición de las sales de oro y de plata por intermedio del mercurio, que en la disolución una porción de este último metal se combina con los ácidos, de los cuales separa a los primeros, debiendo resultar el sublimado corrosivo o el mercurio dulce, y que si estos metales son reducidos enteramente al estado de sal por la calcinación, debe perderse tanto mercurio como oro y plata se recoja, a menos que haya otro agente que prevenga o remedie estas pérdidas. Es imposible evitar esta combinación del mercurio con el ácido marino, siempre que el oro y la plata se encuentren disueltos en éste procedentes de las mezclas, a menos que se destruya la adherencia que habrá contraído con el ácido marino por algún intermediario que le vuelva a sus propiedades metálicas. De los medios que la química nos ofrece, no hay más que la precipitación por intermedio de algún otro metal en el estado de régulo que nos pueda satisfacer en las condiciones del caso presente; este medio es el único al que podemos recurrir. Por esto es por lo que se añade a las mezclas en la trituration una parte más o menos

grande de cobre o de hierro granulados o en laminillas o en hojas, o que se haga la operación en vasos de cobre o de hierro. Estos dos metales, teniendo más afinidad por el ácido marino que el mercurio, se combinan con él y lo separan al estado de régulo a este último; por ésto, las pérdidas de mercurio son nulas o por lo menos mucho más pequeñas que las que habría sin la adición de estos metales.

El cobre y el hierro no son los únicos metales que se pueden emplear para esta descomposición del sublimado corrosivo. El cinc, el plomo y la mayor parte de los otros metales producen también los mismos efectos; pero están sujetos a inconvenientes que hacen más penoso el trabajo y multiplican las operaciones, y corrientemente multiplican los males que queríamos reparar, como pronto veremos. El hierro mismo no está exento de parte de estos inconvenientes, puesto que precipita, al mismo tiempo que el mercurio, el plomo, el cobre y otros metales que se encuentran en el estado de sal en las mezclas, lo que ocasiona amalgamas impuras que hacen preciso el refinado de la plata después de su precipitación por el mercurio. El cobre, por el contrario, no puede precipitar de las mezclas más que el mercurio disuelto por el ácido marino y algo de oro que esté combinado con este ácido, y las amalgamas que resultan no pueden estar impurificadas más que por un poco de cobre, lo cual no es un inconveniente. El cobre es, por consiguiente, preferible a cualquier otro metal para la precipitación del mercurio, habiéndose hecho uso de él en todos los trabajos en grande, no haciéndose uso del hierro más que en las investigaciones particulares y ensayos en pequeño.



## IX

La combinación del mercurio con el ácido marino no es la única alteración que puede ocasionar pérdidas de este metal en la disolución; hay todavía otras dos que no tienen menos influencia que ella y que es preciso de todo punto prevenir para que el trabajo sea económico. La primera de estas dos alteraciones es puramente mecánica, y es una división de este metal en partículas tan finas que sobrenadan en el agua y forman en la superficie de ésta una película; el mercurio así dividido es arrastrado por el agua en el lavado que se hace sufrir a las mezclas después de la disolución, y es muy difícil de retener o de recoger. Esta extremada división del mercurio tiene lugar cuando se remueven las mezclas con mucha velocidad, y no es debida más que al frotamiento que experimentan sus partículas con ellas mismas o con otras materias. La consistencia espesa de las mezclas favorece mucho esta alteración del mercurio, y por ello tiene más importancia en los barriles que en las calderas. Este metal se encuentra entonces en el mismo estado que toma cuando se le agita o sacude solo en un vaso bien tapado, es decir, que es reducido a un polvo gris muy fino. Ocurre también a veces, sobre todo cuando se trabaja con minerales o productos que contienen plomo, antimonio o arsénico, que estos metales combinados con el ácido vitriólico y principalmente con el ácido marino, forman sales viscosas que envuelven las partículas de mercurio y las impiden reunirse; estas moléculas forman entonces masas aisladas y muy pequeñas para vencer la resistencia del agua, y son arrastradas también por ella en el lavado.

El único medio que se ha encontrado hasta el presente para impedir esta división del mercurio, cuando ésta proviene del frotamiento que experimentan las partículas por el movimiento muy rápido de la máquina, es el de retardar o dismi-

nir esta velocidad; pero es más difícil todavía remediar este inconveniente cuando proviene de las materias viscosas que envuelven los glóbulos de mercurio impidiendo su unión. Es preciso buscar entonces el destruir estas sales (que son la causa) por la acción del fuego en la tostación o por la adición de alguna materia capaz de descomponerlas, sea en la calcinación, sea en la disolución. Se ha recurrido para esto a la cal viva, que teniendo en general más afinidad por los ácidos que los metales, descompone estas sales apoderándose de sus ácidos. Sin embargo, este medio no es completamente seguro y sin inconvenientes, pues se ha observado que la adición de la cal, lo mismo en la tostación que en la disolución, ocasiona un retardo considerable en la operación e impide la extracción completa del oro y de la plata. Se ha utilizado alguna vez con éxito una lejía vitriólica, particularmente para mezclas muy ricas en plomo, donde parece que el ácido vitriólico, con este metal, forma sales menos solubles y viscosas que las que resultan de la combinación del metal con el ácido marino.

Para reunir y recoger el mercurio que se haya dividido por alguna de estas causas que acabamos de indicar, hace falta diluir las mezclas después de la disolución con mucha agua, removerlas suavemente y durante un tiempo bastante largo en la cuba de lavado, y hacer caer un quintal o más de mercurio dividido en forma de lluvia por medio de un pulverizador. El agua, al diluir estas mezclas, disuelve las partes salinas que envolvían las moléculas del mercurio, desprende las moléculas de las otras materias a las cuales estaban adheridas y, disminuyendo la densidad del líquido, facilita su precipitación; el movimiento lento del molinete facilita al mismo tiempo la reunión de las moléculas, que forman entonces glóbulos más grandes, cayendo con más facilidad al fondo; el nuevo mercurio que se hace caer encima, recoge, atravesando el líquido, las partículas del mismo metal y las arrastra al fondo. Estos

medios no son, sin embargo, suficientes en algunos casos para recoger el mercurio, y es preciso recurrir a otros nuevos trabajos para recuperar completamente el mercurio disperso en toda la masa. No hay entonces otro medio que el concentrar los residuos tanto como sea posible por lavados ordinarios en mesas, hacerlos secar y triturarlos después suavemente con ayuda de un calor ligero. Por esta operación las moléculas de mercurio se vivifican de alguna manera, tomando su color y su brillo metálico, se unen las unas a las otras y se amontonan en el fondo en una masa que se separa por simple decantación o diluyendo finalmente con agua.

La segunda alteración que sufre el mercurio en la disolución, parece más química que mecánica; pero hasta ahora no ha sido examinada con toda la atención que merece. Es también una división extrema del mercurio, pero producida por la acción de algunas materias que le atacan y parecen producir un cambio en su naturaleza, y estas materias son las sales vitriólicas y particularmente los vitriolos de cobre y de hierro. El mercurio, con una disolución de estas sales, toma de repente un color gris, pierde su vivacidad, se divide en glóbulos que se separan y acaba por dividirse en moléculas muy finas y se reduce a un polvo gris bastante ligero, para quedar en suspensión en el agua y ser arrastrado en los lavados. El mercurio en este estado parece haber sufrido una disolución, puesto que, según las experiencias de Mr. Walcher, es suficiente añadir una porción de limaduras de hierro para ver reaparecer en seguida el metal, que se reúne y se precipita con toda su vivacidad y todo su brillo metálico; pero este hecho es el único que tenemos para suponer que este metal no haya sido dividido simplemente en esta operación y si disuelto por la acción de las sales o de su ácido, y nosotros no creemos que sea suficiente para poder garantizar enteramente esta afirmación. Es preciso esperar que nuevas investigaciones

vengan a confirmarlo o hacernos conocer mejor el estado en que se encuentra el mercurio después de esta operación.

Este cambio singular del mercurio tiene particularmente lugar en el beneficio de los minerales y de las matas ricas en azufre, en la calcinación de las cuales se forma gran cantidad de vitriolos, y parece inevitable mientras estas sales subsistan; el único medio de prevenirlo debe ser el destruir estas sales antes de añadir el mercurio en la disolución. Hemos dicho ya que cuando se calcinan las mezclas que contienen mucho azufre, se las mezcla una porción más o menos grande de cal viva para absorber el exceso de ácido sulfuroso que resulta. Esta misma cal viva puede servir para descomponer en la disolución la parte de vitriolos que se hubiesen formado en la calcinación, y se ha empleado, en efecto, con éxito en casos parecidos. No se está, sin embargo, de acuerdo sobre su utilidad, pues, como hemos dicho antes, retarda la operación e impide la extracción completa del oro y de la plata, sobre todo si la cantidad de cal es excesiva. La sal marina es un medio más seguro para operar la descomposición de los vitriolos y tiene menos inconvenientes; el exceso de esta sal no perjudica nunca y hasta parece necesario que las mezclas conserven algo de ella después de la calcinación, o que se les añada en la disolución, puesto que contribuye a tener limpia la superficie del mercurio que se une entonces más fácilmente al oro y a la plata. Mr. De Ruprecht se ha convencido, por experiencias sucesivas, de la utilidad de la sal marina en la disolución, puesto que la adición de esta sal ha bastado corrientemente para extraer completamente el oro y la plata de algunas mezclas que sin ella retenían a estos dos metales después de la operación. A pesar de todo, la forma en que la sal marina obra sobre estas sustancias, así como la cal, las lejías vitriólicas y otras especies de adiciones, está todavía envuelta en la oscuridad, no habiendo sido examinada con la atención necesaria.

## COMENTARIOS DE PROUST ACERCA DE LAS «DISERTACIONES METALÚRGICAS DE ELHUYAR»

Consideramos pertinente reproducir a continuación los Comentarios que hizo Proust acerca de lo expuesto en las notabilísimas *Disertaciones metalúrgicas de Elhuyar*, poco conocidos y solamente citados por Gálvez Cañero en un documentado estudio sobre Elhuyar, publicado en este BOLETÍN (pág. 379 y siguientes), año de 1933.

Con estos Comentarios se patentiza la originalidad de los descubrimientos de Elhuyar, a través de la autorizadísima opinión de Proust, autor como es, de sobra sabido, de la ley de las *proporciones definidas*, una de las bases de la Química actual. Esta ley, descubierta entre 1803 y 1806, lo fué en España, cuando Proust llevaba unos veinte años investigando al servicio del Estado español; debe considerarse, por tanto, este descubrimiento como una aportación española más a la Química, aunque Proust fuese francés. Así como se tiene por aportación francesa el descubrimiento del Radio, y Mad. Curie es polaca.

Se hace cada vez más necesario y hasta imprescindible, para la confirmación de Totalidades, destacar las aportaciones españolas, de aquende y allende los mares, a las ciencias, y en particular a la Química, tan poco divulgadas; de este modo resaltarán muchas glorias de España, "más oscurecidas por nuestro silencio que por el resplandor de ajenos triunfos" (Maffei y Rúa Figueroa. Prólogo XII. *Bibliografía Minera Hispanoamericana*. Año de 1871).

Volvamos a las *Disertaciones de Elhuyar*, con la reproducción de los Comentarios de Proust, aparecidos en los *Anales del Real Laboratorio de Química de Segovia*. Tomo I, página 267 y siguientes. Año de 1791. Dicen así:

### Extracto de los descubrimientos de Don Fausto de Luyar

Estos trabajos están descritos en una Memoria Histórica de la amalgamación establecida en Ungria, que remitió a D. Josef Diez de Robles, actualmente Superintendente de la Casa de la Moneda de Madrid, que me la comunicó en amistad mientras mi residencia en dicha Corte (1).

Como los hechos de que hace relación de Luyar son del todo nuevos y por consiguiente propios para completar nuestros conocimientos sobre la plata córnea he creído que no le causaría disgusto el que los publicase, cuando se me presenta la ocasión de hacer uso de sus indagaciones.

Los más célebres Metalurgistas de Europa, reunidos en Glashute, en Ungria, para conferenciar sobre la introducción de la amalgamación en los beneficios del Emperador, convinieron unánimemente de sus ventajas sobre la fundición; pero se dividieron sobre la teoría. Los unos querían que el oro y la plata, en calidad de metales indestructibles, se conservasen en su estado metálico, tanto después, como antes de la calcinación; suponían que el fuego no podía sino desembarazar las moléculas metálicas de la agregación que habían contractado con su matriz y que solo los disponía a amalgamarse más fácilmente con el mercurio. Los otros, al contrario, fundados en los más recientes descubrimientos de la Química, que prueban, contra la opinión antigua, que estos metales pueden igualmente que los imperfectos oxigenarse, o reducirse en sales y que este mismo estado es el estado ordinario de todos los que están mineralizados por el azufre; aquellos Metalurgistas, quiero decir, sostenían que la sal marina que acompañaba los minerales, mientras su calcinación, se descomponía comúnmente por medio de las tierras, y deponía su ácido sobre las moléculas metálicas de modo que ellas, en el caso presente, contractaban realmente el estado salino, o se corneaban para servirse de la expresión corriente.

Es fácil conocer qual es la consecuencia que éstos querían sacar de su modo de pensar. Y es que el Mercurio en lugar de unirse desde el principio, por exemplo, a la plata, empezaba por despojarla del ácido marino, y después de haberla restituido al estado metálico se le unía para formar la amalgamación; de lo que resultaba que una parte del mercurio volviendo a

(1) Dice Proust que estuvo en Madrid desde 1786 a 1788.

tomar a su vez el estado salino, debía también producir el muriato de mercurio.

La opinión de estos últimos es a la que se agregó de Luyar; pero para convencerse con fundamento era preciso hacer experiencias, por lo que hizo las siguientes:

Calcinó sobre la era de una mufla sal marina mezclada unas veces con pedernal, tierra de porcelana y espato pesado, otras, con mármol, caliza o hieso y observó que con estos intermedios ayudados del calor conseguía igualmente que se separase el ácido marino, pero sobre todos con el hieso con mucha más prontitud y menos calor.

Y como sucede también que se calcinan porciones de cobre fundido y de matas con la sal marina, para después amalgamarlos, y se aseguró del mismo modo que las cales metálicas no tenían menos acción sobre la sal que las tierras. Calcinó la sal con limaduras de hierro, de cobre, las hematitas y minas de hierro magnéticas. En estos casos se levantaron los vapores ácidos con menos calor que con las tierras y una llama azul flotaba sobre la superficie de estas mezclas; también reconoció que el polvo de carbón facilitaba mucho la descomposición de la sal por las hematitas, como lo demostró un olor muy perceptible de agua regalada que salió de la mufla.

Luyar apesar de los grandes deseos que tenía no examinó nada de los residuos de estas calcinaciones para comparar los progresos de la descomposición de la sal por estos intermedios, que se lo impediría el tener que continuar sus viajes. Después de haber determinado de este modo las variaciones que padece la sal marina, con las sustancias *terreosas* que más comúnmente forman las matrices de los metales, pasó a verificar la acción del ácido marino sobre la plata en las mismas circunstancias.

Calcinó baxo la mufla una mezcla de pedernal triturado, primero con plata en hojas y de sal marina; después de dexada enfriar lavó esta mezcla con el fin de quitarla todas sus sales y, enseguida echó sobre ella ácido nitroso con la intención de conocer lo que había sucedido a la plata; pero el ácido después de una digestión más que suficiente, probada con el ácido marino, no se alteró nada, como debiera haber sucedido si el ácido nitroso hubiera vuelto a encontrar plata.

Después de haber apurado de nuevo la mezcla de todo ácido nitroso, la hizo digerir en ácido marino muy fuerte; lo que sacó de encima de la mezcla, echado en agua pura; manifestó inmediatamente luna córnea. Tal es la principal experiencia que le hizo ser del parecer que la plata recibía el estado salino por el reencuentro del ácido marino en la calcinación de las minas.

Dexamos dicho anteriormente que a el ácido marino cargado de plata córnea se le despoja de ella debilitándole con agua. De Luyar funda esto mismo sobre nuevos hechos que igualmente resultan de sus experiencias, que son las siguientes:

El ácido marino puesto a hervir con hojas de plata trituradas con cuarzo las disuelve fácilmente y lo mismo sin el socorro del calor, se completa esta disolución de un día a otro.

Ygualmente ha reconocido la misma facilidad de disolverse en la plata de apartado.

Estas disoluciones no tienen color y es suficiente desleirlas con agua para ver el muriato o plata córnea, abandonar su disolvente.

De la disolución de plata córnea evaporada se forman unos cristales octaedros de mucha brillantez, que no se florecen, ni se humedecen al ayre.

La luz les da un color de violeta y al fin se vuelven ahumados.

El cobre se platea en esta disolución. Junkel trata también de un método de platear al frío, que se usa en Alemania, que tiene relación con esto. El dice: Se hace enrojecer una plancha de cobre y se la sumerge en una legía de sal y de tártaro para limpiarla, se la lava y se la frota con unos polvos compuestos de plata córnea, sal marina y sal amoníaco, mezclados entre sí en la dosis de una dragma de cada cosa (1).

Volvamos al trabajo de Luyar. El agua regalada, según él, disuelve también la plata córnea y si se la mezcla agua la dexa deponerse.

Esto le da lugar de hacer una observación, que puede llegar a ser útil en la Docimástica. Si se hace, dice, un apartado de oro y plata por el agua regalada es menester antes de destilar o precipitar la disolución de oro, desleirla en una cantidad bastante grande de agua, con el fin que la plata córnea que retenga se pueda separar; de otro modo correrá el riesgo de aumentar el peso del oro por el de esta plata córnea.

Luyar ha reconocido también que la plata córnea colocada baxo la mufla sobre un casco de cristal, exalaba humos ácidos, que arrastraban con ellos plata, y que al cabo de catorce horas de fuego se volvía a encontrar entre los residuos de la plata córnea una porción de plata pura, y que el verificarse del todo, esta volatilización, se tardaba mucho tiempo.

Ha repetido con un cuidado particular la descomposición de la plata córnea por el mercurio, que ya lo había intentado Margraf.

Trituró una porción con mercurio por espacio de cuatro días de seguida, cambiando cada día el mercurio que siempre arrastró consigo una porción de plata, pero no pudo conseguir por este medio el descomponerla del todo. Esperencia que acaba de demostrar las pérdidas justamente recibidas por Mr. Sage en todos los beneficios de América, donde se encuentra esta especie de mineralización.

Como entraba en las ideas de de Luyar el conocer la acción de la sal marina sobre el oro, con relación a las minas que se deben amalgamar, hizo también algunas experiencias, que no le fué posible seguir las tan adelante como las de la plata; pero que sirven para demostrar que el ácido marino no tiene necesidad de ser muy oxigenado, para disolver el oro. Calcinó baxo la mufla una mezcla de sal marina, de cuarzo, y de oro en hojas, triturado todo junto. La mezcla después de fría, la echó en el ácido marino débil el que ensayado con la disolución del estaño manifestó el precipitado púrpura. Encontró que el ácido marino hervido con las hojas,

(1) *Conspectus Chemie*, tomo I, pág. 198.

las disolvía, y que lo mismo sucedía sin necesitar el calor, dexando las hojas dentro del ácido desaparecían pasados dos días. El oro en polvo que resulta de su precipitación en el agua regalada por medio del cobre, le sucedía lo mismo. En cuanto al ácido vitriólico confirmó por nuevas tentativas, que absolutamente no tenía acción alguna sobre el oró.

Tales son los hechos que he extractado de una Memoria sobre la amalgamación establecida en Ungría y en la que diversas observaciones, que muchos sabios Mineralogistas han tenido ocasión de hacer sobre este objeto, están puestas con mucha claridad. No me queda duda que de Eluyar, aumentado de conocimientos, que adquirirá en la comparación de los trabajos de Ungría con los de América, llegará a publicar una Obra, que hará época en la ciencia de la Metalurgia.

## MIS COMENTARIOS

Me ocuparé primeramente de la parte intrínseca del valioso manuscrito, de su publicación y de su gestación. Posteriormente estudiaré su contenido, que estimo interesantísimo, dada la época en que fué escrito.

El manuscrito no es una copia de las *Disertaciones Metalúrgicas*, como pudiera pensarse, sino el original destinado a la imprenta, corregido por la propia mano de Elhuyar y formado con varias Notas, algunas, a juicio mío, autógrafas, escritas en épocas distintas y en orden diferente al que aparecen en las *Disertaciones Metalúrgicas*.

Como el manuscrito (original de imprenta) está redactado en francés, debemos suponerle destinado a la publicación en el extranjero, y su hallazgo en el Archivo indica, naturalmente, que si se envió fuera de España, fué devuelto.

¿Se publicó? Así pudo suceder, dado lo que dice V. de A. (¿Vicente de Armenta?), contemporáneo de Elhuyar, en la biografía aparecida en el *Semanario Pintoresco Español*, correspondiente al 22 de enero de 1834 (1):

“Elhuyar se trasladó en efecto a Hungría, por acuerdo del Gobierno español... Entonces escribió un tratado sobre la teoría de la amalgamación adoptada en aquel país, *tratado que el mismo autor del invento* (Barón de Born) *dió a luz*, a pesar de que la teoría nuevamente establecida (por Elhuyar) era distinta de la que tenía anteriormente publicada” (el Barón de Born).

(1) *Anales de la Facultad de Ciencias de Zaragoza*, 3 septiembre, números 10 y 11, pág. 117 (1909).

Dicha publicación también pudiera ser la que cita Beristain de Souza (J. M.) (1): *Tratado sobre la amalgamación, del Consejero Born*, impreso en las *Memorias de la Sociedad Mineralógica de Alemania*.

Todavía nos resta una pregunta en lo referente a la publicación de las *Disertaciones Metalúrgicas*.

Gran parte de su contenido llega a manos de Proust, como hemos visto anteriormente, y nos dice que lo toma de una *Memoria Histórica de la amalgamación establecida en Ungría*, que le fué facilitada por D. José Díez de Robles, al cual se la había remitido Elhuyar. Después dice Proust textualmente: "... he creído que no le causaría disgusto el que los publicase". Luego, en 1791, Proust no tenía noticia de que se hubiese publicado.

¿Son las *Disertaciones Metalúrgicas*, la *Memoria histórica* citada? Cuando menos, una parte se ve que sí, al cotejar los comentarios de Proust acerca de dicha *Memoria Histórica*, etcétera, con el texto de las *Disertaciones Metalúrgicas*. Sin embargo, al menos con tal título aparecen inéditas; V. de A., en la biografía de Elhuyar antes mencionada, escrita en 1843, no las cita. Veamos su presunta gestación, a través del Manuscrito que estudiamos.

Escribe primeramente, a juicio nuestro, el propio Elhuyar, la *Disertación* tercera del Manuscrito y la titula "Mémoire.— Sur les combinaisons du Soufre avec les métaux". La palabra *Memoire* aparece tachada en el manuscrito, y a su lado escrito *Observations*, con letra de tamaño mayor e igual a la que emplea en *Dissertation 3<sup>me</sup>*, que aparece escrita encima y subrayada. Este carácter de letra mayor es igual al empleado en el rótulo *Dissertation*, escrito en la segunda y en la cuarta, como si se hubieran puestos todos a la vez. Lo mismo ocurre

(1) *Biblioteca Hispanoamericana*, etc., pág. 456.

también con el de la primera, donde al parecer se puso también después de escrita. El carácter de letra es distinto al empleado en el título y texto de esta última *Disertación* citada.

Creemos que estas adiciones de la palabra *Dissertations*, las hizo el propio Elhuyar al ordenar todas las Notas para el conjunto final.

A la vez que la tercera *Disertación*, creo escribía el propio Elhuyar la segunda, que tiene el mismo carácter de letra y se titula "Recherches sur l'action de l'acide marin ordinaire sur l'or et l'argent".

Encima se encuentra el rótulo *Dissertations 2<sup>e</sup>*, y sobre él la letra A, por el motivo que señalaremos después.

Ambas Notas están escritas en papel de igual clase y tamaño, con la misma letra cursiva, hecha al parecer muy de prisa, y creo que por el propio Elhuyar. Las correcciones, se hallan de letra escritas con mayor cuidado y sus caracteres son del todo semejantes a los autógrafos de Elhuyar.

Suponemos que fué escrita la tercera *Disertación* un poco antes que la segunda, pues aquélla lleva, aunque tachada, la palabra "Mémoire", que no aparece en la segunda, y, además, tiene numerada cada una de sus páginas, mientras que en la segunda numera solamente los pliegos en la forma siguiente: 1 (a), 2 (a), 3 (a) y 4 (a). Este último pliego lleva página y media en blanco. Todos ellos están contenidos dentro de un pliego que hace de cubierta y en el cual está escrito N. 2, que evidentemente no se refiere a *Disertación segunda*, por lo que veremos a continuación. Este pliego es de igual clase y tamaño y, por tanto, contemporáneo de los que envuelve.

Nuestro aserto de estar escritas las primeras, estas dos *Disertaciones*, se prueba con lo que se dice en la *Disertación cuarta*, de que vamos a ocuparnos. Esta se titula "Observations sur l'Amalgamation des Minerais d'Or et d'Argent, ainsi que des Mates et autres produits de leur Fontes".

Está escrita en papel de tamaño 23 × 37 cm. un poco mayor que el empleado en las dos *Disertaciones* anteriores.

Tiene la particularidad de que su paginación por pliegos está puesta a la izquierda y en números grandes, bien señalados, cosa que no ocurre en ninguna de las otras *Disertaciones*. Esta debió escribirse por encargo de Elhuyar. Sus rotulaciones son grandes y muy cuidadas, con rayas de adorno, pero sobre el encabezamiento de letras gruesas se sobrepuso el título *Dissertations 4<sup>me</sup>*, con igual carácter de letra y tamaño que en las demás *Disertaciones*.

Señalaremos que en la página tres del pliego 1 y encima del rótulo "De l'Amalgamation a Grillage", puesto en letras de adorno grandes, se escribió con letra más pequeña y de carácter distinto *1<sup>re</sup> partie*, que me parece es autógrafo de Elhuyar.

En la *Note (1)* escrita al pie de esta página dice así: "... d'après les Principes établis dans les deus Dissertations précédentes", lo cual prueba evidentemente que cuando se escribe esta *Disertación* sólo lo estaban otras dos, y no tres, como ocurriría si fuese ésta la cuarta.

Además, en el pliego 6, página 4 y al final del apartado (v), dice así: "... ce Metal (refiriéndose a la plata) se dissout dans l'acide marin ordinaire, même lorsqu'il est en état de Regule (estado metálico), comme nous l'avons prouvé dans la première dissertation".

Esta primera *Disertación* citada es evidentemente la segunda, y se le pasó corregirlo a Elhuyar, cosa que no le ocurrió en el texto de la página 3 del pliego 7, que dice: "... A dont nous avons parlé dans la première dissertation", y aparece tachada la palabra *première* y escrita encima de ella *seconde*.

Señalaremos de pasada que las correcciones aparecen casi siempre con tinta muy negra, en lugar del color gris que tiene la de todos los textos.

La *Disertación* cuarta de que venimos ocupándonos, y la cual indudablemente hizo copiar Elhuyar, llega en dicha copia hasta el pliego 10, mientras que su continuación aparece escrita, como las *Disertaciones* segunda y tercera, con el mismo carácter de letra cursiva, hecha de prisa.

Comienza esta continuación de la *Disertación cuarta* con el título "De la Trituration", en letra casi de igual tamaño que el texto, y encima de dicho título se halla escrito *Article 2<sup>e</sup>*, con el mismo carácter de letra empleado en la página 4 del pliego 1 para el encabezamiento *Article 1<sup>er</sup>*; son, por tanto, las rotulaciones de *Article* posteriores a la escritura de ambas *Notas*.

Señalaremos que apenas si lleva correcciones este artículo segundo referente a la Trituración. Sólo aparecen tachadas unas líneas donde se hace un elogio de Mr. De Ruprecht, al cual, por cierto, en otro lugar le tachó *ilustre*, que antes había puesto.

Tal vez después de estos dos Artículos, que según dice Elhuyar, como veremos, constituyen la primera parte de la Amalgamación, escribiese la parte segunda, en la que, como anuncia en el Prólogo, trataría de la amalgamación en crudo.

Este era el estado de las *Notas* de Elhuyar; escritas las "Observations sur l'Amalgamation", etc., y las dos "Dissertations précédentes", lo que corresponde a la segunda, tercera y cuarta *Disertación* del Manuscrito. Ellas las escribió en Freyberg, según dice en el Prólogo. Regresa entonces Elhuyar a España, en enero de 1788 (1), donde permanece hasta su salida para México, hacia el 15 de junio del mismo año; luego ha formado el conjunto que titula *Disertaciones Metalúrgicas* durante el primer semestre de 1788. Fecha que falta en el Manuscrito de Elhuyar que venimos estudiando.

(1) Gálvez Cañero: Este BOLETÍN, tomo LIII, 13.º de la Tercera Serie, año de 1933, cap. III.

A su regreso a España se instala en Madrid, y según cuenta al final del Prólogo de sus *Disertaciones*, como puede verse en la versión española que precede, se decide a publicarlas. Luego, al menos el Prólogo, es lo último que redactó; mas téngase en cuenta que está escrito en igual papel (21 × 30 centímetros) y con la misma letra que la *Disertación primera*. La clase de papel y el tamaño, es diferente al de las otras *Disertaciones*.

Creemos, por tanto, probado suficientemente que tanto el Prólogo como la *Disertación primera*, fueron los originales últimos que se escribieron.

Aparece en la página 7 de la *Disertación primera* una llamada (A), lo que justifica la letra A grande que aparece puesta posteriormente sobre el encabezamiento de la *Disertación segunda*.

Nos aventuramos a suponer que tanto el Prólogo como la *Disertación primera*, son autógrafos de la esposa de Elhuyar, a la sazón recién casado. Se nota que la letra con que están escritos ambos, está muy cuidada y es poco cursiva. Además, tiene algunos *preciosismos* en las letras minúsculas del texto, especialmente en las pes. La paginación está subrayada cuidadosamente, lo cual no ocurre en las otras *Disertaciones*, y da la impresión toda la escritura de mano femenina. Creemos merece la pena de confirmar nuestra hipótesis, referente a ser autógrafos de la esposa de Elhuyar.

Para terminar con el examen de lo intrínseco del Manuscrito, réstanos señalar que se halla incompleto, pues carece de la Parte segunda de la *Disertación cuarta*, referente a la amalgamación en crudo o sin tostación, que reseña Elhuyar en el Prólogo.

Esta falta ha pasado inadvertida hasta ahora y no es posterior al hallazgo del Manuscrito.

En efecto, Gálvez Cañero, que fué quien examinó primero el Manuscrito, dice consta (1) de cinco cuadernos.

8 + 16 + 13 + 32 + 40 + 39 páginas en folio.

Si aparecen seis sumandos, es debido a que considera dividido en dos el primer cuaderno, con ocho páginas de Prólogo y diez y seis páginas de la *Disertación primera*, como tienen efectivamente. El número restante de páginas concuerda con las actuales del Manuscrito, guardado en el Archivo del Instituto.

La falta se nota evidentemente al leer lo que dice Elhuyar en el párrafo del Prólogo en que se ocupa de la "Cuarta y última *Disertación*".

Esta Parte segunda que falta, tampoco llegó a manos de Proust, pues algo hubiese dicho de ella con ocasión del final de sus Comentarios:

"No me queda duda que de Elhuyar, aumentado de conocimientos, que adquirirá en la comparación de los trabajos de Ungría, con los de América, llegará a publicar una Obra, que hará época en la Ciencia de la Metalúrgica." Son palabras de Proust.

Dejo por ahora el estudio de la parte material del Manuscrito, que resulta interesantísimo, desde este punto de vista, y paso a ocuparme de lo que trata.

Como preámbulo, haré constar que en mis Comentarios no actuaré de panegirista, ni tampoco de censor; he de resultar crítico, al señalar los muchos aciertos y algunos errores del insigne Elhuyar. Haré esto último, porque se perjudica con ellos a nuestros antiguos metalurgos, cuya reivindicación procuraré en cuantas ocasiones se presenten.

A propósito de la segunda parte de la *Disertación cuarta*,

(1) *Loc. cit.*, pág. 614.



cuya falta en el Manuscrito dejamos señalada, dice Elhuyar, casi al finalizar el Prólogo:

“Dans la seconde partie, qui traite de l'amalgamation en cru, je ne suis pas entré, comme où l'auroit peut-être souhaité, dans des détails sur le methode actuellement en usage en Amérique: je me reserve ce sujet pour un autre occasion. où ayant examiné par moi même ces travaux, je pourrai en parler avec plus de fondement, que je ne souvois le fair actuellement, d'après les relations obscures et incompletes, que l'ou a publiées sur cette materie.”

Decir “relaciones oscuras e incompletas, que han sido publicadas sobre esta materia”, representa no haber leído el famoso *Arte de los Metales*, del gran Alonso Barba, libro que en aquel entonces llevaba seis ediciones en español y quince ediciones en idiomas extranjeros. Esta falta motiva, como veremos después, que se le pase a Elhuyar la paternidad española de invenciones extranjeras.

Tampoco escribiría “relatos oscuros e incompletos” si hubiese leído el minucioso libro de Gamboa (Francisco Xavier) (1).

Estas faltas se agravan, pues ambos libros, no sólo los cita, también los comenta el Barón de Born en su obra, la cual precisamente aconseja Elhuyar, como libro de consulta, en los comienzos de su *Disertación cuarta*.

En disculpa de Elhuyar notaremos que las faltas señaladas entran de lleno en lo que llamo *pecado de la época*, descrito de antiguo por Rossignol (2) en la forma siguiente, que estimamos de gran oportunidad transcribir:

“La ciencia moderna se preocupa poco de la erudición: parece como que no tiene antepasados, porque trata de que su nobleza date de sí misma. Hay en esto pequeñez de miras,

(1) *Comentarios a las Ordenanzas de Minas*.—Madrid, 1761.

(2) *Les metaux dans l'antiqueté*.—Paris, 1863.

falta de elevación de pensamientos y, lo que es todavía más extraño, falta de cálculo; los ensayos de nuestros predecesores nos enseñan a caminar con más seguridad, y el mejor medio de que la Ciencia progrese, es conocer el camino que ha recorrido hasta nuestros días. Además, este estudio del pasado, a la vez que excita ideas de la ciencia moderna, pudiera fecundizarlas y dar margen a importantes descubrimientos” (1).

Mas debemos señalar para loor de Elhuyar, que si bien menosprecia injustamente, como acabamos de ver, a las antiguas publicaciones metalúrgicas españolas, ensalza a continuación del párrafo copiado dichas metalurgias consideradas técnicamente:

“Je me content pour le moment de relever l'erreur dans laquelle l'on a generalement été jusq'a present en Europe au sujet de l'imperfection de ces travaux quant a l'extraction complete de l'argent que l'on a regardé comme impossible par des pareils procédés, en pouvant par le resultats de mes propes experiences et par ceux de quelques essais faites tout recement en Hongrie qu'il est pourtant très possible d'extraire par ce moyen l'argent contenu dans un minerais aussi completement qu'on puisse le dernier.

Ha de tenerse en cuenta que la opinión rectificada por Elhuyar, la tenía el Barón de Born, cuando dice (2):

“He revisado todos los métodos (refiriéndose a los de amalgamación) y ninguno me ha dado la mitad del contenido en plata de nuestros minerales, con excepción del método inventado por Barba, que dió los dos tercios.”

Es gran lástima que la falta en el Manuscrito, repetidas veces señalada, de la Parte segunda de la *Disertación cuarta* nos

(1) Maffei y R. Figueroa: *Bibliografía Mineral Hispanoamericana*. Introducción, pág. VIII, año de 1871.

(2) *Methode d'extraire les metaux parfaits, etc.*—Vienne, 1788, página 84.

impida conocer las experiencias que Elhuyar indica realizó para rectificar al Barón de Born y a los que como él opinaban.

Antes de pasar más adelante en el examen del Manuscrito, estimo necesario señalar el acierto de Elhuyar al valerse del flogisto para interpretar sus experiencias. Debido a ello, subsisten las explicaciones fundamentalmente y, en general, son válidas todavía, si se sustituye la palabra *flogisto* por *electrón*. De este modo saltamos siglo y medio.

Ello es consecuencia de la equivalencia esquemática entre ambas teorías; el flogisto es un atisbo genial del electrón (1), como solamente indicamos anteriormente.

Veámoslo en los dos principios fundamentales de la doctrina de Stahl:

Primero: "Todos los cuerpos tienen flogisto." Decimos hoy: "... tienen electrones".

Segundo: "Las reacciones químicas son debidas a pérdidas o ganancias de flogisto", o sea de electrones, si hacemos la sustitución indicada.

Consideramos el consabido ejemplo. Combustión del hierro en el aire. Este metal, al arder, decían, pierde flogisto. Hoy decimos pierde electrones. Efectivamente, en la combustión pasa de  $Fe$  a  $Fe^{+++}$  en el óxido férrico resultante.

Si calentamos dicho óxido férrico con carbón, éste, decían, cede su flogisto a la cal de hierro (ionizado), con lo cual se transforma en hierro metálico, o sea, fija el ión férrico tres electrones procedentes del carbón. Lo que antes decían, que el carbón cedía flogisto al hierro. Como consecuencia, al ceder el carbón dos electrones, pasa a  $C^{++}$  en el ( $CO$ ), o si perdió cuatro electrones, a  $C^{++++}$  en el ( $CO_2$ ).

Si la combustión del hierro tiene lugar en una atmósfera de cloro, igualmente se dirá que el hierro pierde su flogisto,

(1) J. Guzmán: *Autoelectrolisis*.—As. Esp. Prog. Ciencias.—Congreso Santander, 1938.

sus electrones, para pasar de  $Fe$  a  $Fe^{+++}$  en el cloruro férrico que resulta.

¿Cómo explicar la combustión del hierro en el cloro con las doctrinas de Lavoisier? Téngase además en cuenta que, según estas últimas doctrinas, se consideraba entonces, tanto al ácido clorhídrico como al cloro, compuestos de oxígeno, y a esta combinación llamaron *radical murias* muchos químicos de esa época.

¿Cómo había de explicar Elhuyar, con las teorías de Lavoisier, sus experiencias con ácido marino ordinario ( $Cl \cdot H$ ) o con el desflogisticado ( $Cl_2$ )?

Esta fué, a mi juicio, la razón principal de utilizar Elhuyar la doctrina del flogisto, y cosa secundaria la que manifiesta en la Nota 6 de la *Disertación primera*:

"Nous n'adoptons pour ce moment la doctrine du phlogistique que pour nous faire plus aisement comprendre, etant la plus généralement connue."

Tal vez, aunque resulte aventurada la hipótesis, no publicase ni se ocupase más Elhuyar de sus *Disertaciones Metalúrgicas* a su regreso a España en 1822, por haber caído ya al foso del desprestigio la doctrina del flogisto, con la cual explicaba sus experimentos, y no serle posible, como no lo es, la interpretación con las entonces triunfantes teorías de Lavoisier. El desprestigio de la genial doctrina del flogisto llega a nuestros días, y sólo mi osadía, aunque razonada, enaltece la maravillosa concepción de Stahl, de la que el filósofo Kant dijo era comparable a la de la gravitación universal de Newton. De todo ello nos ocuparemos con extensión mayor en otro lugar.

Mas sí haré notar, por referirse a nuestra patria, que un español de adopción, Bowles (G.), en un libro español (1)

(1) *Introducción a la Historia Natural*, etc., pág. 41, 3.ª ed.—Madrid, año de 1789.

señala hace más de siglo y medio *la naturaleza eléctrica del flogisto*, cuando dice:

“El admirable Stahl ya citado, demuestra su existencia universal por los efectos, pues hasta ahora nadie lo ha visto, a menos que *la materia eléctrica no sea el flogisto*, y que el rayo, cuya extrema velocidad disuelve y hace desaparecer los metales, *no sea de la misma naturaleza*.”

Tiene, por consecuencia, viejos antecedentes españoles mi igualación del flogisto con el electrón.

Y terminemos esta larga digresión, que estimamos precisa, para comentar las *Disertaciones Metalúrgicas* de Elhuyar una por una y ponerlas al día.

En la *Disertación primera*, expresa Elhuyar el concepto que tiene de las sustancias químicas, según el cual no existen diferencias esenciales entre ellas y, por consiguiente, sus propiedades varían únicamente por gradaciones. Es decir, el mismo criterio actual, que comprende, entre otros, el sistema periódico.

Elhuyar se fija principalmente de propio intento, como dice, en el estudio de algunas propiedades generales de los metales, y demuestra que no existen diferencias esenciales entre ellos, sino sólo gradaciones, como manifiesta en la *Conclusión* que redacta al final de la *Disertación primera*. Ella le conduce, como veremos, a sus descubrimientos.

Obsérvese que la opinión de Elhuyar coincide en el fondo con la de los alquimistas, pues la transmutación de unos metales en otros exige que entre ellos no existan diferencias esenciales, sino solamente gradaciones. Hoy se ve experimentalmente, en bastantes casos, lo acertado del aserto y que no sólo se pueden transmutar los metales, sino también son susceptibles de ello todos los elementos químicos en general, pues puede pasarse de uno a otro. De ahí la moderna química del núcleo, que, a juicio mío, debiera llamarse *alquimia* en recuerdo de los tan maltratados alquimistas teóricos cuyo pensamiento

fué declarado tanto tiempo imposible. La palabra *química* quedaría reservada para señalar las transformaciones referentes a la capa cortical del átomo, cuando el núcleo permanece invariable, y así, dentro de ella, continuaría válida la ley de la conservación de los elementos.

Comienza Elhuyar la *Disertación segunda* con las investigaciones que le condujeron a descubrir el ataque por el *ClH*, en disolución acuosa concentrada, a la plata y al oro metálicos, cuando se hallan muy divididos, en lo cual, hasta entonces, no se había pensado.

Como consecuencia, descubrió Elhuyar el ácido cloroargéntico, a cuyo anión se le atribuye actualmente la fórmula  $AgCl^{(n-1)-}$ , donde frecuentemente se supone  $n = 3$ , pero creemos probable sea a veces  $n = 2$  (1). Experimentalmente se comporta el anión cloroargéntico como si  $n$  fuese variable y función de la concentración del cloroión presente.

De todas formas, lo interesante es que la plata forma parte integrante del anión y, por consiguiente, no se encuentra como plata catión, según suele considerarse, lo cual tiene una gran importancia, *que aun no ha sido tomada en cuenta*, para explicar el papel que desempeña, a juicio mío, la sal común en los diferentes beneficios de la plata por amalgamación.

Dijimos ácido cloroargéntico y no argenti-clorhídrico, por su semejanza con los ácidos cloroplatínicos, cloroaurico, etc.

La propiedad especial que tiene, descubierta por Elhuyar, es descomponerse al diluirle en agua, depositándose cloruro de plata, cuya propiedad recomienda el propio Elhuyar para separar la plata que casi siempre acompaña al oro impuro disuelto en agua regia. Hemos de señalar que aunque esta separación no es total, resulta muy conveniente y se utiliza siempre por su sencillez y comodidad. Es uno de los descu-

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

brimientos de Elhuyar más aplicado y es desconocido que a él sea debido.

Otros descubrimientos de Elhuyar se encuentran al leer la *Disertación tercera*, que trata de *las combinaciones del azufre con los metales*.

Destaca entre ellos la preparación sintética de la blenda por vía húmeda, no lograda hasta entonces. También preparó galena sintética con plomo granulado y azufre; y en el estudio sistemático que hace a continuación de combinaciones análogas, si bien no llega a obtener sulfuros de oro, predice su existencia, confirmada algunos años después.

Todas estas investigaciones por síntesis, las encamina Elhuyar a probar con hechos nuevos que cuando los metales acompañan al azufre en los minerales, no se hallan en estado metálico completo, sino *mineralizados*, más o menos desflogisticados (sin electrones, ionizados, decimos hoy), como actualmente está probado.

Considera suficientemente establecido su citado aserto con las síntesis realizadas, mas quiere confirmarlo por análisis, y lo logra de modo original al estudiar la acción del hierro metálico sobre el cinabrio, en cuya experiencia emplea el último adelanto de entonces: un aparato neumático-químico. Ello demuestra, una vez más, que Elhuyar estaba completamente al día para realizar investigaciones.

Como consecuencia de su original experiencia, deduce, al observar en el residuo, el hierro unido al azufre y, por tanto, según su aserto, desflogisticado, que el mercurio desflogisticado del cinabrio tomó el flogisto del hierro y quedó dicho mercurio en su estado metálico completo. Obsérvese que es la explicación de la combustión del hierro en azufre, cuando este azufre se encuentra unido al mercurio.

Recomienda repetidas veces Elhuyar que se estudie con gran atención la unión de los metales con el azufre.

De haber tenido publicidad sus *Disertaciones* y seguirse su consejo, pudiera hasta haberse variado el curso de la Química y haber pasado desde la química del flogisto de entonces a la visión que da la química electrónica actual.

Ello nos proponemos demostrar cuando largamente nos ocupemos del paso "Del flogisto al electrón". Es, por tanto, la *Disertación tercera* la que, a mi juicio, pudo tener mayor transcendencia de haberse publicado y seguido los consejos que Elhuyar da en ella.

La cuarta y última *Disertación* la titula "Observaciones sobre la amalgamación", etc. Consta de dos partes: de ellas, la segunda, referente al beneficio de los minerales en crudo, falta en el Manuscrito, como probamos anteriormente.

No he de ocuparme con detalle de la parte primera, aunque es *interesantísima*, sobre todo en el estudio de la descomposición de la sal común, pues se alargarían demasiado mis comentarios.

Mas sí he de fijarme, para gloria de nuestro gran Alonso Barba, en el apartado VI del artículo 2.º, donde se describe el primer aparato empleado en Hungría para la amalgamación. Dice Elhuyar que consiste en "calderas de cobre en forma de pera y muy profundas, dentro de las cuales gira un molinete vertical, que da vueltas removiendo las materias".

Señalaré que este mismo artificio utilizó Alonso Barba un siglo largo antes, como se ve en su famoso libro *Arte de los Metales* cuando describe el beneficio de la plata por cocimiento, invención suya.

Son, por consiguiente, los llamados *métodos europeos* una consecuencia del método de Alonso Barba, que no ha sido nunca señalada.

Y ahora un comentario final.

El inestimable Manuscrito, en parte autógrafo, estudiado, muestra de modo indudable que don Fausto de Elhuyar, des-

cubridor con su hermano, en 1783, del *Wolfranio* (así que-  
rían los Elhuyar se hubiese llamado) se muestra en las *Di-  
sertaciones Metalúrgicas*, compuestas en 1788, cuando don  
Fausto de Elhuyar tiene treinta y un años, como un investi-  
gador mundial cumbre en aquella época.

¿Adónde no hubiese llegado de seguir por el camino de la  
investigación científica?

Nos dice el propio Elhuyar repetidas veces en sus *Diser-  
taciones Metalúrgicas*, que no puede continuar las investiga-  
ciones por reclamarle el desempeño de otros cargos. Entonces  
en México. Lo quiso España en bien de Hispanoamérica. Uno  
de tantos y tantos sacrificios de España con los cuales se in-  
tegra la *Totalidad Hispanoamericana* que ya tiene su nombre.  
Se llama HISPANIDAD.



## Í N D I C E

	Páginas
ALGUNAS CARACTERÍSTICAS MINERALÓGICAS DE LA PIRITA, CALCOPIRITA Y BLANDA DE RÍOTORTO, por Ismael Roso de Luna.....	7
NOTA SOBRE UN ACCIDENTE TECTÓNICO EN CHERTA (TARRAGONA), por Agustín María y Antonio Almela.....	35
LOS CANGREJOS FÓSILES DE CATALUÑA, por Luis Vía, Presbítero.....	55
HALLAZGO DE "DRYOPITHECIUS FONTANI" LARTET EN EL VINDOBONEN- SE DE LA CUENCA VALLÉS-PENEDÉS, por José F. de Villalta, Co- mella y M. Crusafont Pairo.....	129
APORTACIÓN AL ESTUDIO DE LOS TERRENOS CARBONÍFERO Y PER- MIANO EN ESPAÑA, por Manuel Ruiz Falcó y Ricardo Mada- riaga (†) .....	145
ESTUDIO DE LA CUENCA HIDROLÓGICA DEL CONDADO DE TREVIÑO, por Joaquín de Mendizábal y Manuel de Cincúnegui (†).....	249
ESTUDIO ESPECTROQUÍMICO DE LAS TIERRAS RARAS, por Juan Manuel López de Azcona.....	277
LAS DISERTACIONES METALÚRGICAS DE ELHUYAR, por J. Guzmán.....	437