

NOTAS Y COMUNICACIONES

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA

---

AÑO VII = NÚMERO 7

---



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

1956

E. RUBIO

NOTA ACERCA DE LOS ALUVIONES AURÍ-  
FEROS DE LOS RÍOS ALAGÓN Y JERTE EN LA  
PROVINCIA DE CÁCERES

Como consecuencia de los escritos presentados por los Alcaldes de los Ayuntamientos de Montehermoso, Jerte, Cabezuela del Valle, Navaconcejo de Tormo, Plasenzuela, Aldehuela del Jerte, Galisteo y Morcillo, solicitando les fuese concedida por el Estado una subvención para el lavado de arenas auríferas de los ríos Alagón y Jerte, al objeto de remediar en lo posible el pavoroso problema del paro existente en la provincia de Cáceres, el Ingeniero Vocal que suscribe tuvo el honor de elevar a la Superioridad un informe, completamente favorable a dichas aspiraciones, con fecha 20 de junio del presente año.

En este informe se indicaba que la inversión de las cantidades expresadas en el presupuesto, en tan interesante reconocimiento, dilucidarían, de una vez para siempre, la incógnita de la riqueza aurífera de tan extensa zona, cuyos resultados, de confirmar el desmuestre que como primer avance se expone en dicho informe, podría constituir una muy importante fuente de ingresos para la Economía Nacional. Al mismo tiempo se podía resolver el problema del paro en la región en la medida que se desease, ya que la escala y la intensidad

que se diese a las labores dependía sólo del presupuesto que para las mismas se concediese.

Considerando, pues, la importancia de la cuestión, y por otra parte, que una de las misiones primordiales de este Instituto Geológico y Minero es tratar de crear por todos los medios posibles nuevas fuentes de riqueza para el Erario Público, sin por eso abandonar su misión altamente científica, es por lo que se dan a la publicidad estas notas, en las cuales se exponen los datos insertados en el mencionado informe, aumentadas de algunas consideraciones de orden científico e industrial que juzgamos de interés, y que se omitieron en el informe por no dar a éste una excesiva extensión.

### **Datos geográficos**

El río Alagón, que tiene su nacimiento al Sur de Salamanca, en la Sierra de los Herreros, afluye al Tajo después de un recorrido de unos 280 kilómetros, y drena las aguas de una extensa cuenca de altitud bastante elevada, una porción de la cual está constituida por la región de Las Hurdes (fig. 1).

Atraviesa parte de las provincias de Salamanca y Cáceres, regando los términos de Soto Serrano, Herguijuela, Granadilla, Vega de Atalaya y Llanuras de Galisteo, hasta ir a desembocar en el Tajo, a unos tres kilómetros del puente de Alcántara.

El río Jerte, menos importante, tiene su nacimiento en las estribaciones de la Sierra de Gredos, en el Puerto de Tornavacas, y afluye al Alagón después de un recorrido de 78 kilómetros, pasando por Tornavacas, Jerte, Cabezuela, Navaconcejo, Plasencia y Galisteo.

La confluencia de estos dos ríos se verifica en las inme-



Vista del poblado de Galisteo, a orillas del río Jerte.



diaciones de Galisteo, pequeño poblado de 1.100 habitantes, situado a 15 kilómetros de Plasencia, y cuya estación de ferrocarril más próxima es Mirabel, que dista 10 kilómetros.

Aunque la región es relativamente seca, por el río Alagón fluye, sin embargo, un caudal de agua importante aun en ve-

PERFILES ESQUEMÁTICOS DE LOS RÍOS ALAGÓN Y JERTE

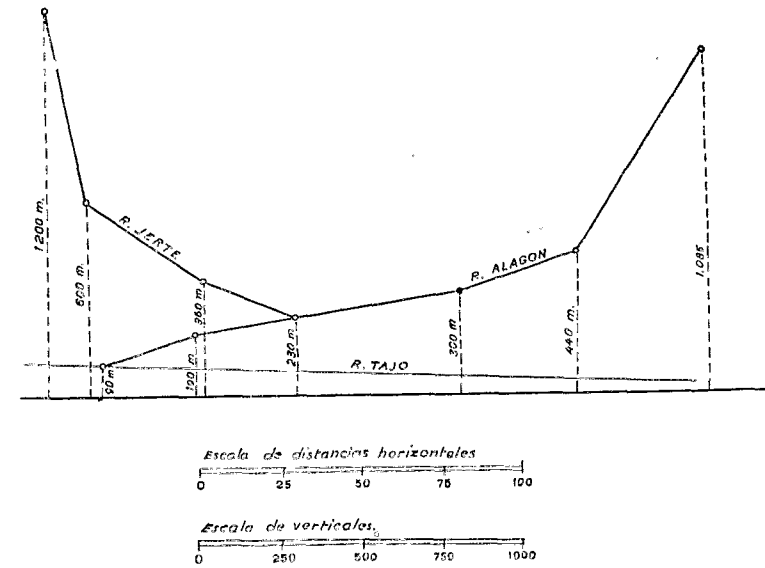


Fig. 1.

rano. En las observaciones hechas a principios del mes de julio del pasado año de 1935 y después de cuatro meses sin apenas lluvias, el caudal del Alagón en las proximidades de Galisteo, en el paraje del Rincón, tenía una anchura de unos 40 metros, con una profundidad media de 0,30 metros y una velocidad de 0,40 metros por segundo, lo cual corresponde a un caudal de 3,6 metros cúbicos por segundo.

Este río Alagón, según nuestras referencias, no llega a

quedar seco ni aun en años de sequía extrema, mientras que el Jerte tiene en cambio un caudal considerablemente menor y es frecuente que quede reducido a cero, lo cual ha obligado a los habitantes de Galisteo a perforar pozos en la llanura próxima al río para abastecerse de agua.

Las aguas de ambos ríos son claras, salvo los períodos de crecidas, teniendo, sin embargo, la ventaja que a partir de Galisteo hasta Coria (unos 30 kilómetros) la región está sumamente despoblada, y en este recorrido las aguas, que en caso de una explotación aurífera quedarían sumamente enlodadas, tienen espacio más que suficiente para su decantación.

### Recursos locales de fuerza motriz

Existe una línea eléctrica que llega hasta las proximidades de Galisteo, pero en caso de una explotación aurífera importante habría que reforzar esta línea a partir de Plasencia sobre un recorrido de unos 15 kilómetros, trayendo la corriente a 25.000 voltios para ser rebajada a 3.000 para la alimentación de las bombas y a 220 para los demás empleos.

También cabría obtener un salto sobre dicho río Alagón; pero su pendiente es tan débil, que para obtener la fuerza necesaria sería preciso un canal de derivación de demasiada longitud.

La Compañía del Duero, que tiene grandes disponibilidades de fuerza motriz, podría perfectamente suministrar los 750 ó 1.000 kilovatios que estimamos que serían necesarios para una explotación.

A continuación exponemos un croquis (fig. 2) con la situación de las centrales hidroeléctricas de más de 400 kilovatios existentes en la región.

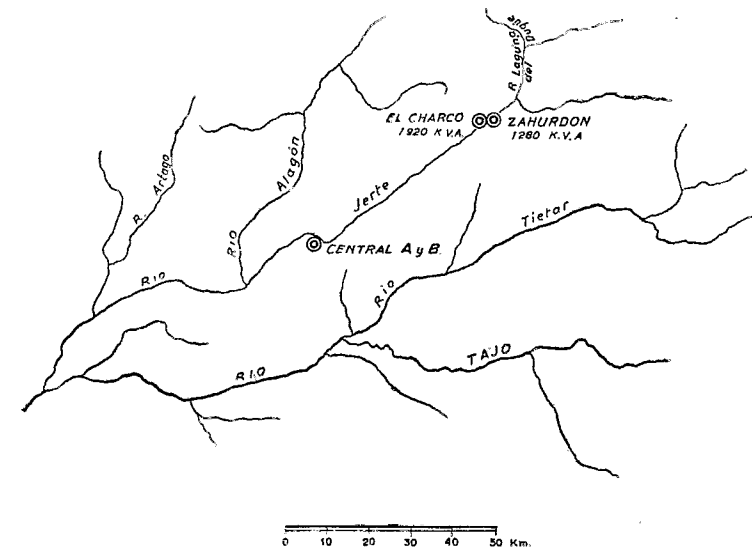


Fig. 2. — ⊙ Centrales hidroeléctricas de más de 400 K. W. A.

## GEOLÓGIA

El substratum de la región está formado por el paleozoico, con grandes manchas graníticas.

En las orillas del Alagón y el Jerte aparece el Mioceno denudado con el aspecto del llamado diluvial gris. El Mioceno se ha formado a expensas del granito principalmente y contiene además en menor proporción elementos procedentes del Siluriano.

Este Mioceno está claramente estratificado con alternancia de bancos más o menos arcillosos o sabulosos, y siempre se distinguen granillos de cuarzo y feldespatos y pajuelas de dos clases de mica, y en la confluencia del Jerte y el Alagón se ve cómo inclina unos 10 grados hacia el Norte.

Antes de la sedimentación del aluvial ha habido una intensa denudación del Mioceno, lo cual explica que aquel que ha rellenado las desigualdades del terciario se encuentre a muy diferentes cotas y siempre más bajo junto al río, es decir, donde la denudación ha sido mayor.

El Mioceno recibe el nombre de «calizo» por los aureanos.

El aluvial rojo-amarillento se ha formado principalmente a expensas del Siluriano y contiene cuarzo de los filones del paleozoico, cuarcitas ordovicienses rodadas y lajas pizarreñas y recibe el nombre regional de «jito».

La composición varía muchísimo y se ve que ha habido corrientes de distinta intensidad y procedencia que han influido en ella.

Ni en el Alagón ni en el Jerte hemos visto terrazas bien definidas a nivel fijo sobre el río.



Unión del Alagón y el Jerte. Los aluviones recubren la parte superior del escarpe.

El Cuaternario se encuentra en todas las cotas desde 0 hasta ca de 100 metros sobre el río, y ha formado un manto sobre el Mioceno.

Su espesor es de uno a seis metros, con un término medio de 2,50 metros, pero ha habido una denudación reciente enérgica que en muchos sitios lo ha barrido, quedando al descubierto el Mioceno. Su extensión puede calcularse en unos 150 kilómetros cuadrados.

Este aluvial, con su tinte amarillo rojizo que ya hemos mencionado, aparece reposando sobre el Mioceno a distintas alturas y su superficie de contacto es muy clara, como puede verse en las distintas fotografías que acompañan estas notas.

Estos aluviones son visibles en las márgenes escarpadas de los ríos, en las quebradas del terreno y en las partes elevadas que han estado al abrigo de las grandes crecidas y que por su situación no han sido recubiertas por los limos de las inundaciones.

Es frecuente encontrar en las curvas del río, en la parte concava, un escarpe pronunciado en el cual se percibe per-

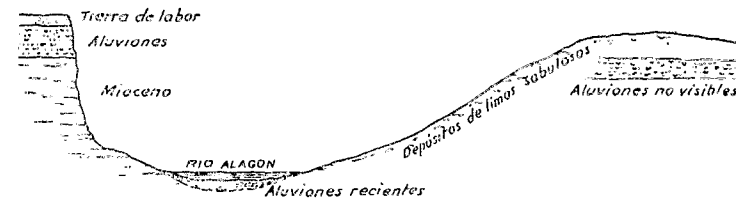


Fig. 3.

ctamente el corte del terreno, mientras que en la parte convexa el escarpe es menos pronunciado y el contacto queda divisible y enmascarado por el depósito de limos sabulosos finos de las crecidas tal y como indicamos en el croquis adjunto (fig. 3).

La variedad de cotas de los bancos de aluviones antiguos induce a veces a creer en la existencia de varias capas; pero, a nuestro juicio, sólo existe un solo manto y sus distintos niveles son debidos a desplazamientos sucesivos del lecho del río en la extensa llanura del valle.

Para explicar esto basta considerar esquemáticamente un

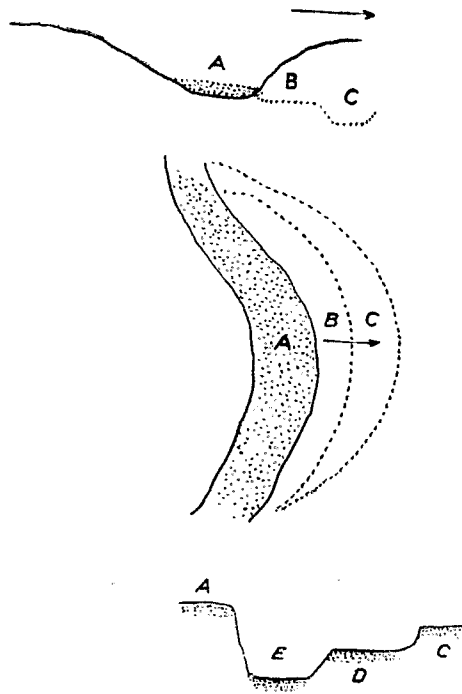


Fig. 4.

corte del terreno en un momento determinado, según indicamos en la figura 4.

En este momento el río deposita sus aluviones en *A*, pero si se supone que la erosión producida en la margen avanza en el sentido de la flecha, mientras que el lecho del río va descendiendo progresivamente, los nuevos aluviones se irán de-



Río Alagón. «Paso de la barca», del Rincón.

positando en *B* y en *C*. Si en un momento dado el cauce vuelve otra vez a desplazarse en sentido contrario a la flecha, nuevos aluviones pueden depositarse en *D* y en *E*, siendo barridos los aluviones que se habían depositado en *B* y parte de *A*, por ejemplo, y entonces tendremos una disposición como la que se indica en el corte de la figura 4, en el cual se ven cuatro niveles distintos de aluviones, pero una sola capa en cada punto.

### **Antecedentes auríferos**

Desde tiempos muy remotos, los habitantes de la región, y muy especialmente la gente de Montehermoso, vienen dedicándose durante la parada de las faenas agrícolas al lavado de las arenas auríferas de los ríos Alagón y Jerte y de sus arroyos afluentes, pero fijando su atención única y exclusivamente en los aluviones actuales y en los sitios de enriquecimiento de los mismos, los cuales, por su escasez sólo podrían dar lugar a un beneficio esporádico, interesante para particulares y pequeñas entidades, pero que no permiten instalaciones costosas, que necesitan un amplio campo de trabajos para su amortización.

El ilustre Ingeniero D. L. Mallada (1870), hace referencia a los yacimientos auríferos de esta zona, y cita, refiriéndose a la *Revista Minera*, tomo I, página 259, cómo D. José Viú declaraba haber visto un ejemplar de oro procedente de Cebollino del tamaño de «dos puños», indicando además la existencia de varios filoncillos de cuarzo aurífero en Sierra de Gata y Las Hurdes y en Cañaveral, pero que por su insignificancia en el espesor no podían ser objeto de explotación.

Más tarde, el Ingeniero de Minas D. L. P. Cossío (1924),



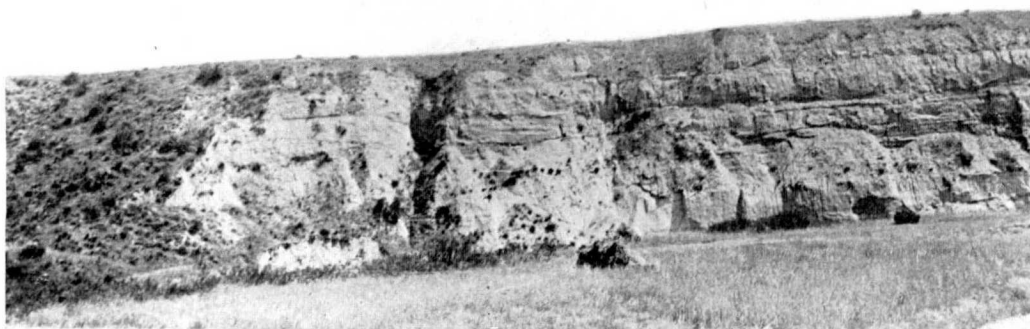
dice textualmente: «En la provincia de Cáceres, en los cauces de los ríos Alagón, Jerte, Arrago y Eljas, se encuentra el oro en todos ellos, pero para su explotación beneficiosa sólo deben atacarse los aluviones antiguos.» Más adelante dice: «El que esto suscribe reconoció hace pocos años los aluviones antiguos de la provincia de Cáceres sobre el río Alagón, encontrando, después de quince días de continuos lavados a la batea, una ley media de 1,05 gramos en tonelada (2,5 gramos por metro cúbico), pero descontando de la masa de aluvión más de las dos terceras partes del volumen por improductivo.»

Posteriormente, con fecha 27 de mayo de 1924, toda la región de que tratamos fué comprendida dentro de una zona reservada por el Estado, que abarcó, no sólo los aluviones, sino también la parte filoniana, para ser posteriormente declarada libre y registrable en su totalidad, exceptuando los aluviones que quedaron en toda España reservados al Estado, y no habiendo en esta región ninguna concesión viva en dichos aluviones, todos ellos quedaron en poder del Estado.

La extensión de los aluviones antiguos en el país es de unos 150 kilómetros cuadrados, y éstos se extienden principalmente desde la parte comprendida entre Galisteo y Plasencia, hasta las proximidades de Coria.

### **Origen del oro en los aluviones de los ríos Alagón y Jerte**

A nuestro juicio, es indudable que el oro en los aluviones de estos ríos tiene por origen la denudación a través de las épocas geológicas, de una región que contiene filones de cuarzo aurífero, seguido de una concentración por un proceso



El Mioceno estratificado y con algo de buzamiento al Norte, recubierto por el Aluvial.  
Margen izquierda del Jerte.



de enriquecimiento como el ejercido en el lecho de un río, que obra a manera de sluice natural.

Ciertos autores, ante pepitas de considerable tamaño, han creído ver la evidencia de que el oro en los aluviones puede haber sido depositado *in situ* de disoluciones auríferas que circularan a través de las arenas. En apoyo de esta teoría se han hecho diversas experiencias, en las cuales se ha visto que ciertas materias orgánicas descompuestas, tales como la madera y algunos sulfuros básicos, podían precipitar el oro de sus disoluciones; pero si bien esto es efectivamente cierto, las dificultades de poder aplicar este proceso a las enormes masas de aluviones auríferos son insuperables.

La imaginación se resiste a concebir el enorme volumen de disoluciones auríferas que sería necesario para proveer de oro a campos de aluvión que a veces tienen centenares de kilómetros cuadrados de extensión, y, por otra parte, la distribución a veces bastante regular de esta riqueza está también en pugna con esta teoría.

Más sencillo y natural es explicar este origen como hemos dicho en la denudación de extensas zonas, en las que el oro aparece, bien en filones de cuarzo aurífero, bien en otras rocas diseminado de manera imperceptible, pero que el desgaste natural ha concentrado en los aluviones. Por otra parte, la experiencia personal del que suscribe corrobora esta teoría. En efecto, hemos tenido ocasión de observar que a raíz de las grandes lluvias con sus correspondientes crecidas, e inmediatamente después de pasadas éstas, nuestros lavados de los lodos superficiales depositados por estas crecidas, daban casi siempre un resultado positivo, apareciendo con frecuencia en la batea pequeñas partículas auríferas. Bastaba, sin embargo, dejar pasar quince días para que en los mismos sitios estos lavados fuesen completamente negativos. Es decir, que las partículas de oro venían arrastradas por la erosión, y que bas-

taba tan corto espacio de tiempo para que estas partículas, a causa de su densidad y gracias a los efectos de cribado, debidos a los movimientos telúricos de vibración imperceptible para nosotros, caminasen hacia el fondo de los aluviones a seguir enriqueciendo la zona aurífera próxima al contacto con el bedrock.

Es cosa además probada, que muchos aluviones auríferos bien ricos proceden de la continuada erosión de pequeños filoncillos y lentejones de cuarzo, sin valor industrial, en pizarras silíceas, como es el caso en el río Clutha, en Nueva Zelanda. En la región de Klondike, bien renombrada por la excepcional riqueza de sus arenas, los filones de cuarzos auríferos de la región, son prácticamente de un valor nulo.

Así podrían citarse varios ejemplos en que importantes yacimientos aluviales tienen su origen en extensas zonas denuadadas en que los criaderos auríferos no tienen valor industrial alguno. Es más, la cuestión erosión es tan importante, que en ciertos yacimientos auríferos ricos, en que por la climatología o por su reciente edad esta acción ha sido débil, los aluviones apenas existen o son de muy débil riqueza. Tal es el caso, por ejemplo, en nuestro mismo país, en Cabo de Gata, en donde los análisis de aluviones hechos por nosotros han dado un resultado bien pequeño, en contra de lo que podía suponerse, dada la riqueza en oro en la mayor parte de los crestos de los filones.

En la zona que nos ocupa de la cuenca de los ríos Alagón y Jerte, la existencia de reducidos filones encajados en las pizarras y con indicios de oro es indudable. Hubo un momento en 1932 en que la «fiebre del oro» fijó su atención en estos filones y toda la región fué demarcada por particulares y hasta el Estado se reservó una extensa zona en ella; pero pronto las ilusiones se desvanecieron, pues los desmuestres acusaban cantidades muy por bajo del límite de explotabilidad, algunos

NOTAS Y COMUNICACIONES. NÚM. 7.

LÁM. V



Llanura aluvial en la Dehesa del Rincón.



decigramos de oro en tonelada de cuarzo; pero es que, además, si bien los filones eran numerosos, en cambio su potencia era muy reducida, sólo algunos centímetros, y su explotación no podía ni intentarse.

Pues bien: en estos filones de tan escasa riqueza, de edad paleozoica, es donde, a nuestro juicio, debe situarse el origen del oro contenido en los aluviones de los ríos Alagón y Jerte, cuya erosión desde tan primitivos tiempos geológicos y su concentración natural, ha dado lugar a los aluviones auríferos que nos ocupan.

### **Minerales asociados al oro en los aluviones**

Contrariamente a lo que suele suceder, que el mineral más abundantemente asociado al oro en los residuos de lavado es la magnetita, en nuestro caso y sobre todo en el río Jerte próximo a la confluencia con el Alagón, el acompañante del oro es la ilmenita  $(\text{Ti, Fe})^2\text{O}^3$ , con una riqueza en ácido titánico del 49,4 por 100.

Este mineral es tan abundante, que los naturales del país se dedican a veces a su lavado en unos sluices rudimentarios, para su venta, que en la época de nuestra visita efectuaban en Plasencia al precio de unas 200 pesetas la tonelada.

La cantidad de ilmenita es variable según los sitios, pero una ley de 20 por 100, es decir, de 20 kilos en tonelada, es frecuente, aunque en los sitios donde se explota, esta ley es considerablemente mayor, de unos 100 kilos por tonelada, lo cual ya permite que un lavado rudimentario sea beneficioso para el lavador que lo ejecuta.

La magnetita, aunque en mucho menor proporción, también aparece en los lavados, así como algo de casiterita, de

wolfram y galena, cosa nada extraña si se tiene en cuenta que dentro de la cuenca, en los términos de Villanueva de la Sierra, Torrecilla de los Angeles y Granadilla, los yacimientos de estos minerales son frecuentes. Si los lavados no han sido muy apurados, también se encuentra a veces pirita, rutilo y zircón, aunque en proporciones muy reducidas.

El oro se presenta bajo la forma de pajuelas o pepitas aplastadas, algunas bastante voluminosas (150 mgr.), pero en su mayoría más ligeras, de 5 a 10 miligramos, y no hemos observado que exista de una manera apreciable oro en polvo, lo cual facilita considerablemente su lavado.

El análisis del oro obtenido ha sido el siguiente:

Oro.....	96,4
Plata.....	3,5

### **Desmuestre y análisis**

Durante nuestra visita hemos procedido a la toma de un cierto número de muestras para poder juzgar de la importancia de las leyes de estos aluviones.

Estas muestras han sido lavadas y concentradas en la batea a razón de 10 litros de arena *in situ* cada una y posteriormente pesado el oro contenido en cada una de ellas.

Las leyes obtenidas fueron las que a continuación exponemos en el cuadro siguiente, con indicación de su origen (figura 5).



Vado de la Campana. Aluviones antiguos del Alagón reposando sobre el Mioceno.





DESMUESTRE DE LOS RÍOS ALAGÓN Y JERTE

Núm.	SITUACIÓN GEOGRÁFICA	PROCEDENCIA	Ley por m <sup>3</sup> en gramos
1	A 250 m. al S. de la confluencia . . . . .	Bedrock mioceno . . . . .	0,0600
2	Idem íd. . . . .	En la parte inferior de los aluviones auríferos . . . . .	0,1575
3	Idem íd. . . . .	En la parte superior de los mismos . . . . .	0,2625
4	A 1.400 m. al NO. de la confluencia . . . . .	En la parte inferior de los aluviones antiguos . . . . .	1,2625
5	A 1.450 íd. íd. . . . .	De la parte inferior de los aluviones antiguos . . . . .	4,6625
6	A 1.500 íd. íd. . . . .	Idem íd. . . . .	0,0450
7	A 1.550 íd. íd. . . . .	Idem íd. . . . .	0,0937
8	A 1.600 íd. íd. . . . .	Idem íd. . . . .	0,9500
9	A 1.650 íd. íd. . . . .	Idem íd. . . . .	1,9000
10	A 1.700 íd. íd. . . . .	De aluviones recientes del río Alagón . . . . .	0,1625
11	A 1.600 íd. íd. . . . .	Arenas del borde del cauce del río Alagón . . . . .	0,0500
12	A 1.400 íd. íd. . . . .	Aluviones recientes pegados al bedrock de pizarras . . . . .	15,4500
13	A 1.100 íd. íd. . . . .	Arenas finas del borde del río Alagón . . . . .	0,0000
14	A 1.080 m. al NO. de la confluencia de los ríos Alagón y Jerte . . . . .	Arenas finas de la margen izquierda del Alagón . . . . .	0,0000
15	A 900 íd. íd. . . . .	Parte superior del banco de aluviones antiguos . . . . .	0,0812
16	A 850 íd. íd. . . . .	Idem íd. . . . .	0,1025
17	A 650 íd. íd. . . . .	Parte inferior del banco de aluviones antiguos . . . . .	0,2000
18	A 250 íd. íd. . . . .	Idem íd. . . . .	1,6000
19	A 150 íd. íd. . . . .	Parte superior del banco de aluviones antiguos . . . . .	0,1125
20	A 1.000 íd. íd. . . . .	Arenas de un afluente . . . . .	Trazas.
21	A 100 m. al S. del puente de Galisteo . . . . .	Sobre todo el espesor de un banco de aluvión . . . . .	0,0250
22	Idem íd. . . . .	Aluviones del Jerte . . . . .	0,0000

Núm.	SITUACIÓN GEOGRÁFICA	PROCEDENCIA	Ley por m <sup>3</sup> en gramos
23	A 100 m. al E. del puente de Galisteo .....	Aluviones del Jerte .....	0,0625
24	A 50 id. id.....	Parte superior del banco de aluviones antiguos .....	0,1125
25	A 100 m. al N. id. id.....	Idem id.....	0,0250
26	Idem id.....	Parte inferior del banco de los aluviones antiguos...	0,1375
27	A 400 m. al O. id. id.....	Parte inferior del banco de aluvión antiguo.....	0,4250
28	A 700 id. id.....	Idem id.....	0,8125
29	A 800 id. id.....	Aluviones recientes del Jerte.....	0,0375
30	A 900 id. id.....	Idem id.....	0,1625
31	A 2.200 m. al NO. de la confluencia.....	Arenas del río Alagón.....	0,0000
32	A 2.100 id. id.....	Idem id.....	0,0000
33	A 1.750 id. id .....	Aluviones recientes del río Alagón.....	0,1000
34	A 1.700 id. id.....	Idem id.....	0,0375
35	A 1.250 id. id. ....	Aluviones mezclados con tierra de un afluente ...	0,0000
36	A 1.150 id. id .....	Idem id.....	0,0000
37	A 800 id. id.....	Idem id.....	0,0000
38	A 700 id. id.....	Parte superior del banco de aluviones antiguos en un escape del río Alagón...	0,0125

Si agrupamos estos desmuestres ordenándolos como sigue:

- 1.º Arenas de los bordes y aluviones recientes de los ríos;
- 2.º Parte superior del banco de aluviones antiguos;
- 3.º Parte inferior del banco de aluviones antiguos, y
- 4.º Costra del bedrock, observamos que:

1.º Las arenas de los bordes de los ríos y la mayor parte de los aluviones recientes de los mismos, no han dado vestigios de oro, aparte de algunas muestras que, como la número 12, ha arrojado una ley excepcional de 15,45 gramos por metro cúbico, y alguna otra también de resultado positivo.

Estas anomalías pueden explicarse porque estas muestras

CONFLUENCIA DE LOS RIOS ALAGON Y JERTE  
 CON INDICACION DE LOS SITIOS DESMUESTRADOS

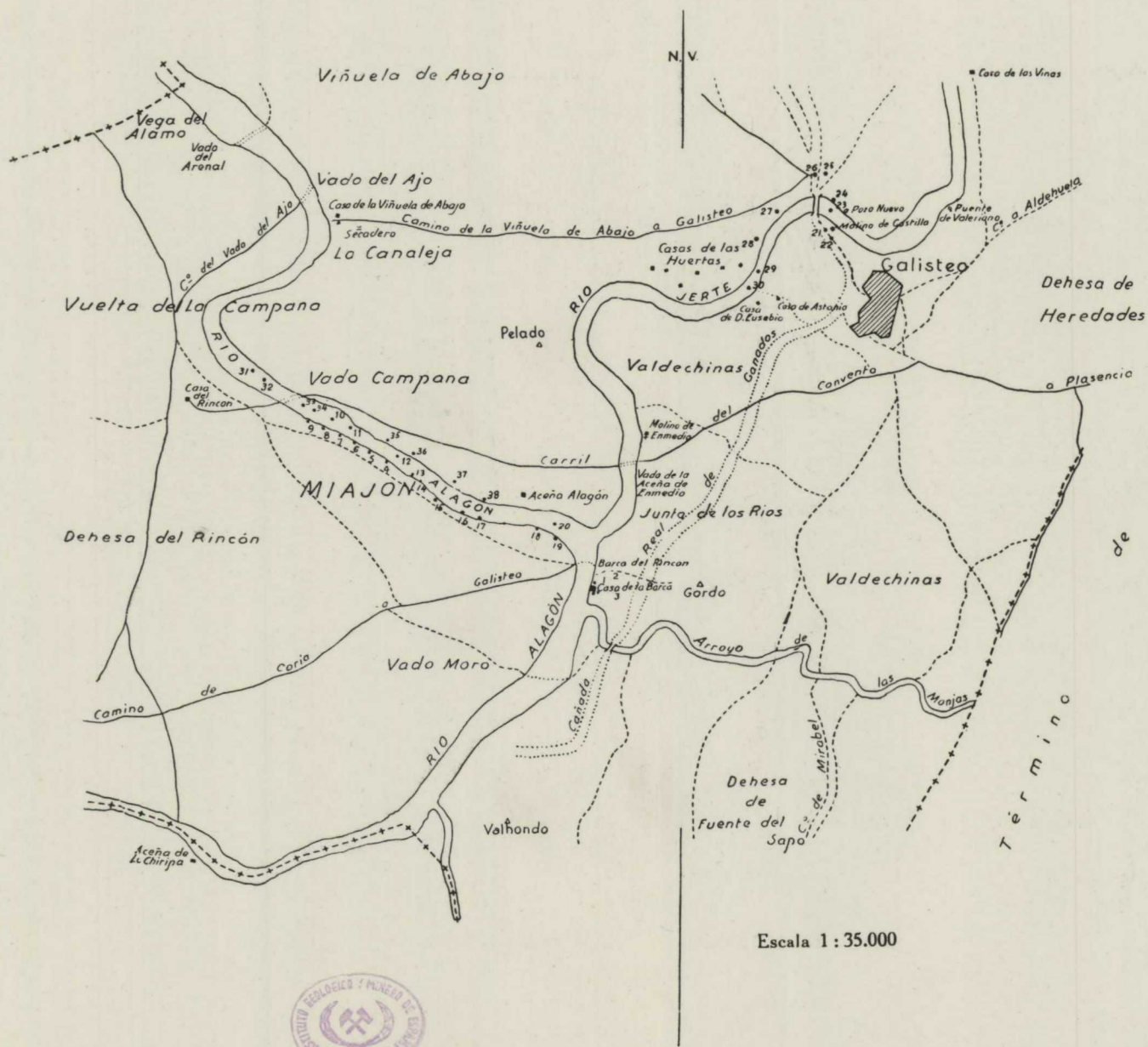


Fig. 5.



han sido las únicas que han podido ser tomadas en las proximidades del bedrock, donde el enriquecimiento es indudable.

2.º La ley media que se deduce de las muestras para la parte superior del banco de aluviones antiguos es la siguiente, tomadas todas las muestras sobre un espesor de 1,50 metros:

Muestra número	Ley
3	0,2625
15	0,0812
16	0,1025
19	0,1125
24	0,1125
25	0,0250
38	0,0125
TOTALES..... 7 muestras.....	<u>0,7087</u>

Ley media igual a 0,1012 gramos por metro cúbico.

3.º La ley media que se deduce para la parte inferior del banco de aluviones antiguos, tomadas todas las muestras sobre un espesor de un metro, es la siguiente:

Muestra número	Ley
2	0,1575
4	1,2625
5	4,6625
6	0,0450
7	0,0937
8	0,9500
9	1,9000
17	0,2000
18	0,6000
27	0,4250
28	0,8125
TOTALES..... 11 muestras.....	<u>11,1087</u>

Ley media igual a 1,0099 gramos por metro cúbico.

4.º El bedrock sólo contiene algo de oro en su parte superior, en el mismo contacto con los aluviones antiguos, y la ley es de 0,06 gramos por metro cúbico; no habría, pues, que arrancar, en una posible explotación, más que la costra de dicho bedrock mioceno.

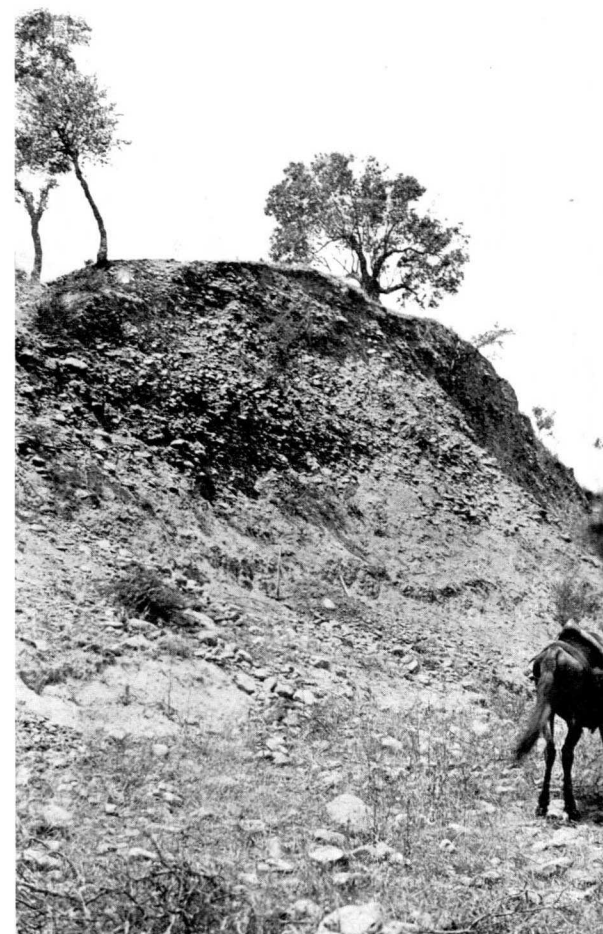
#### Deducciones de este desmuestre

El espesor medio resultante de la observación de los aluviones antiguos en 14 puntos diferentes, nos ha dado como cifra la de 2,50 metros, y el recubrimiento de tierra vegetal estéril el de un metro. En cuanto al Mioceno, hemos podido comprobar que solamente es algo aurífero en un muy reducido espesor de su contacto con el aluvión antiguo.

Teniendo, pues, en cuenta estos espesores para poder hacer el cálculo de la riqueza en oro *por metro cuadrado* de la zona desmustrada, obtenemos:

Oro contenido en la parte superior de los aluviones antiguos:		
0,1012 grs. $\times$ 1,50 ms. de espesor	=	0,1518 grs. por m <sup>2</sup> .
Oro contenido en la parte inferior de los aluviones antiguos:		
1,0099 grs. $\times$ 1,00 m. de espesor	=	1,0099 —
Oro contenido en la costra superior del bedrock mioceno . . . .	=	0,0600 —
Oro total contenido por m <sup>2</sup> . . . . .		<u>1,2217 gramos.</u>

Riqueza por metro cuadrado al precio actual del oro de 8,90 pesetas el gramo = *10,87 pesetas por metro cuadrado de superficie desmustrada*. De esta cifra se debe deducir para indemnizaciones de terrenos, amortización de maquinaria e instalaciones y refinós las 0,87 pesetas por metro cuadrado, quedando un valor del oro contenido por cada metro cuadrado de 10 pesetas.



Vado de la Campana. Aluviones auríferos desmustrados.

### **Posibilidades de una explotación aurífera**

Como ya hemos indicado, el desmuestre efectuado sólo alcanza a una reducida parte de la zona que interesa, y dista mucho de poder ser una base para un proyecto de explotación, para lo cual se necesitaría previamente una investigación metódica, como la que más adelante proponemos. Ahora bien: si los resultados de las observaciones efectuadas por nosotros se repitiesen en el resto de la zona, cosa a la que no se opone ninguna razón geológica, véase cuáles podrían ser los resultados y la fuente de riqueza que ello supondría para el Estado.

En primer lugar, se pueden considerar dos procedimientos distintos de explotación, por monitores o por dragas, debiéndose quizás simultanear ambos.

El empleo de monitores, del que por ahora nos ocuparemos por parecernos el más adecuado y de menor costo de instalación, exige para los sluices una pendiente del orden de 4 por 100 sobre una longitud de 200 metros, es decir, un desnivel de ocho metros.

Las condiciones de los aluviones, en los que el oro aparece en pajuelas y los bloques de aluvión no sobrepasan el tamaño de 20 centímetros de diámetro, con una fuerte proporción de gravas de dos a cinco centímetros, es muy favorable para este procedimiento, y los sluices podrían pasar cada uno 120 metros cúbicos por hora, o sea el producto de 30 metros cuadrados de superficie arrancada.

Dadas las condiciones de consistencia de los aluviones, el consumo por monitor sería de 15 metros cúbicos de agua por metro cúbico de tierras arrancadas.

En las partes bajas del yacimiento, habrá que elevar los productos arrancados por medio de elevadores hidráulicos, uno para cada monitor, que consumirá 10 metros cúbicos de agua por metro cúbico de tierras arrancadas.

Siendo el caudal de agua del río Alagón de un mínimo de 3,5 metros cúbicos por segundo, es decir, de 12.600 metros cúbicos por hora, y siendo el consumo total de agua de 25 metros cúbicos por metro cúbico de tierra, resulta que con este caudal se pueden arrancar 504 metros cúbicos de tierras por hora, que, dado el espesor a arrancar de cuatro metros, significan 126 metros cuadrados de terreno por hora, cantidad muy superior a la que de momento proyectamos.

IMPORTE APROXIMADO DE UNA INSTALACIÓN TIPO PARA EXPLOTACIÓN POR MONITORES, CAPAZ DE ARRANCAR Y TRATAR UNA EXTENSIÓN SUPERFICIAL DE UN KILÓMETRO CUADRADO, Y CÁLCULO DE PRECIO DE COSTE POR METRO CUADRADO.

La instalación que prevemos y que puede tomarse como tipo en un tajo de ataque para la explotación de los aluviones, constará de dos bombas con sus correspondientes motores, dos monitores en servicio y uno más de repuesto, dos elevadores y los sluices correspondientes, línea eléctrica, transformador y los demás anejos necesarios.

Las inmovilizaciones a prever las estimamos como sigue:

	Pesetas
Tomas de agua .....	20.000
Bombas y motores: 2 × 80.000.....	160.000
Línea de 25.000 voltios, 15 kms. a 5.000.....	75.000
Puesto transformación. } Edificación.....	10.000
} Transformador.....	30.000
} Accesorios.....	15.000
Tres monitores (uno de reserva).....	15.000
Tuberías.....	150.000
<i>Suma y sigue.....</i>	<u>475.000</u>

	Pesetas
<i>Suma anterior.....</i>	475.000
Dos elevadores hidráulicos.....	50.000
Sluices.....	20.000
Talleres, almacén y laboratorio.....	150.000
Oficinas y alojamiento.....	30.000
Medios de transporte (caballerías, camión, etc.).....	75.000
Gastos generales durante el periodo de instalación.....	100.000
Imprevistos diversos.....	100.000
<b>TOTAL.....</b>	<u><b>1.000.000</b></u>

#### PRECIO DE COSTE PROBABLE

Determinaremos el precio de coste por metro cuadrado de superficie tratada.

	Ptas. por m <sup>2</sup>
<i>Fuerza motriz.</i>	
Para el arranque de un espesor de 4 ms. de terreno, se necesitarán unos 100 m <sup>3</sup> de agua a una presión de 5,5 kilos, comprendidas las pérdidas de carga, lo cual significa una fuerza motriz teórica de $\frac{100.000 \times 55}{750 \times 3.600} = 20,3$ caballos hora, y un consumo práctico de 20 kilovatios hora, que a un precio de 0,10 pesetas....	2,00

#### *Mano de obra de explotación.*

El personal necesario comprenderá:

- 2 vigilantes.
- 2 electricistas.
- 2 hombres en las tomas de agua.
- 4 hombres en los dos monitores.
- 4 hombres en las dos elevadoras.
- 10 hombres en las tuberías.
- 10 hombres en los dos sluices.
- 2 herreros.

*Suma y sigue.....* 2,00



	Ptas. por m <sup>2</sup>
<i>Suma anterior...</i>	2,00
8 peones para el transporte del material, o sean 50 obreros por relevo, es decir, 100 obreros por día, que a un jornal medio de 10 pesetas, son 1.000 pesetas diarias, o sean, durante cinco años, que duraría la explotación de 1 km <sup>2</sup> , 1.500.000 pesetas, y, por lo tanto, por m <sup>2</sup> $\frac{1.500.000}{1.000.000} =$	1,50
<i>Suministros.</i>	
Desgaste de tuberías total en los cinco años, o sean $\frac{150.000 \text{ ptas.}}{1.000.000 \text{ m}^2}$	0,15
Desgaste de bombas total en los cinco años, o sean $\frac{160.000 \text{ ptas.}}{1.000.000 \text{ m}^2}$	0,16
<i>Madera para los sluices.</i>	
Reposición total dos veces en los cinco años $\frac{2 \times 20.000 \text{ ptas.}}{1.000.000 \text{ m}^2}$	0,04
<i>Gastos generales.</i>	
Total anual correspondiente a una zona parcial de explotación de 1 km <sup>2</sup> . 20.000 pesetas que en los cinco años significan $\frac{5 \times 20.000}{1.000.000 \text{ m}^2}$	0,10
<i>Gastos de traslación y transporte</i>	
Parte proporcional a 1 km <sup>2</sup> .....	0,04
Imprevistos.....	0,01
TOTAL DE GASTOS DE EXPLOTACIÓN POR M <sup>2</sup> . . .	<u>4,00</u>

Es decir, que si los resultados de la investigación confirmaran la riqueza acusada por el desmuestre de 10,87 pesetas por metro cuadrado de superficie, resultaría que después de deducir para indemnizaciones y amortizaciones las 0,87 pesetas, como ya hemos indicado anteriormente, quedaría un

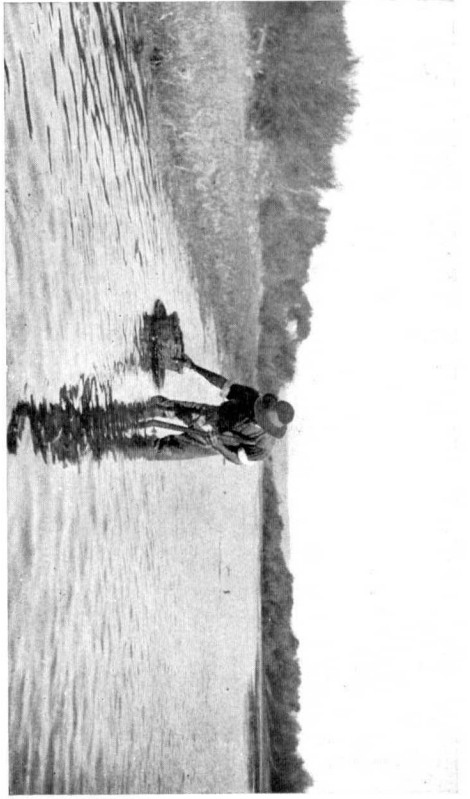


10-c-1  
→

3



2



beneficio por este procedimiento de seis pesetas por metro cuadrado, es decir, seis millones de pesetas de beneficio por kilómetro cuadrado de superficie explotada.

PLAN DE INVESTIGACIÓN.— Ya hemos indicado y volvemos a repetirlo, que el desmuestre verificado por nosotros no puede en modo alguno constituir la base para un proyecto de explotación y sólo constituye un aliciente lo suficientemente interesante para aconsejar una investigación metódica de la zona aluvionar que nos ocupa.

Esta investigación metódica es la única que se puede decidir sobre la conveniencia de una explotación y cabe emprenderla con arreglo a dos planes distintos:

1.º Investigación total que abarque a toda la zona aluvionar y que después de terminada decida sobre la conveniencia de una explotación.

2.º Investigación parcial que abarque tan sólo una reducida parte de la zona, aquella en que ya el desmuestre ha sido favorable, y extender esta investigación a una superficie tal, que si su resultado es favorable permita ya la instalación de un primer centro de explotación mientras la investigación continúa para ampliar los puntos de ataque.

La primera solución la encontramos larga y costosa, aunque sea la más científica, pues a su terminación permitiría resolver todas las incógnitas y acometer a un mismo tiempo diversos centros de explotación que, llevados conjuntamente, disminuirían bastante el capítulo de gastos generales por metro cuadrado. En cambio, la segunda solución permitiría una puesta en marcha rápida, cosa muy importante dada la cotización actual del oro, y permitiría, por una parte, una producción inmediata y, por otra, la amortización de los gastos de investigación, que se podrían ir cargando a la explotación.

Creemos, pues, aconsejable esta segunda solución, ya que la delimitación de una superficie, aunque sólo fuese de un

kilómetro cuadrado, en que la riqueza contenida fuese como la encontrada en los desmuestres de 10 pesetas de oro por metro cuadrado y cuatro pesetas el coste de arranque y tratamiento, significarían un ingreso bruto de 10 millones de pesetas en cinco años y un beneficio líquido de unos seis millones en cifras redondas, lo que permitiría ampliamente costear la investigación y amortizar las instalaciones necesarias para dicha explotación.

Los procedimientos para la investigación pueden ser, a nuestro juicio, también dos, por sondeos o por pocillos, o quizá también un procedimiento mixto de pocillos espaciados en una red de amplia cuadrícula y sondeos en red de cuadrícula menor.

En nuestro informe sólo se trataba de investigación por pocillos, pero téngase en cuenta que el fin primordial de este informe era mitigar el paro obrero en la región, al mismo tiempo que el trabajo efectuado podía resolver una cuestión minera de interés. Y no cabe duda que la mano de obra empleada es mayor en una investigación por pocillos que en una por sondeos, ya que en aquélla el empleo de personal queda sólo limitado por la cantidad concedida como presupuesto y en ésta depende del material empleado, que es más restringido.

Así, pues, insistimos en que el procedimiento deberá ser el que las circunstancias aconsejen, limitándonos nosotros tan sólo a exponer con detalle cómo deben llevarse a cabo, a nuestro juicio, los dos procedimientos.

1.º *Investigación por sondeos.*—Esquemáticamente este procedimiento debe consistir en una serie de sondeos en hileras perpendiculares al lecho del río, lavado de las arenas producidas en dichos sondeos por medio de un sluice de desbaste, un rocker de concentrado y una batea de refinado hasta reducir la muestra a unos 10 gramos para luego su análisis, bien químico, bien microscópico.



Examen al microscopio de los residuos de lavado, en que se observan pepitas de oro, trozos de ilmenita, magnetita, casiterita, wolfram y algo de cuarzo y feldespato.

Pasamos a detallar estas operaciones.

*Sondeos.* — Los sondeos, a nuestro juicio, deben llevarse a cabo con sondas construídas ex profeso para el reconocimiento de aluviones fluviales. Las sondas sistema Keystone número 4 automotoras nos dieron excelente resultado en la investigación de aluviones platiníferos en la provincia de Málaga, y con ellas ejecutamos más de 500 sondeos de una profundidad comprendida entre 5 y 15 metros a entera satisfacción.

Estas sondas automotoras tienen la ventaja de su fácil y rápido transporte y su fuerza motriz puede ser producida, o bien por motor de gas oil, o bien, como fué en nuestro caso, por caldera de leña, lo cual permite utilizar los elementos del país, ya que en esta zona la leña de encina es muy abundante.

El diámetro del sondeo debe ser el de seis pulgadas (160 milímetros aproximadamente) y la tubería, de acero forjado y de la mejor calidad posible, ya que el trabajo a que ha de estar sometida es sumamente duro.

Una vez nivelada la sonda y centrada la pluma de la misma sobre el punto en que ha de efectuarse el sondeo, se debe hacer un antedepósito de una sección de un metro cuadrado y medio metro de profundidad y colocar bien vertical un tubo guía, terminando de perforar con el trépano el primer metro de sondeo, cuyas arenas pueden ser desechadas como estériles ya que corresponden al recubrimiento en tierra de labor existente sobre manto de aluvión.

A partir de este momento la perforación deberá continuar avanzando el sondeo con la percusión del trépano seguido de la introducción de la tubería a unos 15 centímetros como máximo, de manera que quede poca distancia entre el fondo del sondeo y la zapata de la tubería.

Las tierras que quedan dentro del tubo se irán extrayendo con una cuchara de pistón con sumo cuidado y reuniéndolas

en una artesa forrada con chapa de cinc de capacidad suficiente para contener holgadamente todas las tierras correspondientes a un metro.

Una vez reunidas éstas, deberán ser transportadas al lavadero para su tratamiento, donde se lavarán y anotarán la serie, el número del taladro a que pertenecen y su profundidad.

Así se continuará el sondeo, desmostrando metro por metro hasta llegar al bedrock, dentro del cual deberá penetrarse aún unos 50 centímetros. Una vez esté terminado se procederá a la extracción de la tubería y transporte de la máquina al taladro próximo en la serie.

En el caso que nos ocupa, con sondeos que oscilarán alrededor de unos cuatro metros de profundidad, se puede obtener fácilmente una velocidad media de un sondeo por jornada de ocho horas, comprendido el tiempo necesario para nivelar la sonda, efectuar el sondeo, arrancar la tubería y trasladar la máquina al sondeo inmediato, sobre todo si se tiene la precaución de tener ya hecho el antepozo en cada taladro antes de la llegada de la sonda.

*Lavadero.* — A primera vista parece que sería más conveniente tener montado el lavadero al lado de la máquina sondeadora, pero la continua movilidad de esta máquina, la cantidad de agua necesaria para el lavado, que implicaría un transporte más intenso para el líquido que el que se quiere evitar para las arenas, y, por último, la minuciosidad y vigilancia que la operación de lavado requiere, aconsejan instalar el lavadero en un sitio a propósito, con agua abundante, próximo al laboratorio y bajo un ligero techado que le preserve de las inclemencias del tiempo, y, una vez instalado, no moverlo de allí a ser posible durante toda la campaña.

*Medida de las arenas.* — A la llegada de las arenas de cada metro de sondeo al lavadero éstas deben ser minuciosamente medidas, para lo cual se dispondrá en éste de medidas

de diez, cinco, dos, uno y medio litros, anotando su volumen en el parte correspondiente. Esta medida se hace imprescindible, pues aunque es cierto que se conoce el diámetro de la tubería, 16 centímetros, por ejemplo, y la altura del testigo, un metro, todo lo cual corresponde a 20 litros de aluvión *in situ*, la realidad es que al extraerse las arenas con la bomba, producen un vacío en la parte interior de la tubería que hace que las arenas afluyan al mismo, sobre todo cuando son finas, rellenando el hueco de la tubería de nuevo y haciendo que el volumen de las arenas extraídas sea muy superior al que teóricamente corresponde a cada metro.

*Desbaste.* — La primera operación de lavado puede hacerse en un sluice transportable sistema Stuer, modificado por

## SLUICE

Escala 1 : 40

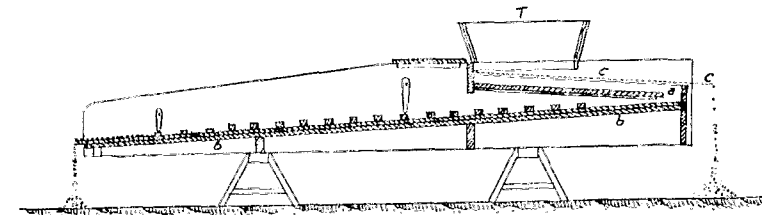


Fig. 6.

nosotros de acuerdo con lo que en su día publicamos en la *Revista Minera*, número 2.622 de 1 de enero de 1918.

En este sluice se pueden tratar unos 1.000 litros de arena por día, reduciendo su volumen en esta primera operación a una décima parte.

En la figura 6 indicamos un corte de dicho aparato.

Las arenas del sondeo se vierten en la tolva *T* y pasan a la criba *C*. En la tolva se puede colocar una criba con barras cortantes para deshacer los aglomerados arcillosos, si los hu-

biere. La criba *C* es de chapa con aberturas de cinco milímetros. Las arenas que pasan a través de la criba caen sobre un tablero inclinado que las conduce a la cabeza de la mesa de lavado *b*, viéndose obligadas a recorrer su superficie entera. Sobre esta mesa de lavado se encuentran 18 obstáculos de sección trapezoidal con la cara anterior ligeramente inclinada sobre la mesa, pero esta inclinación no debe de ser excesiva, pues en ese caso se forman remolinos que son perjudiciales.

Al final de la mesa de lavado los obstáculos son sustituidos por un trozo de manta de lana ajustado a la mesa por otra criba de chapa con agujeros cuadrados de seis milímetros de lado, cada uno de los cuales, con su fondo recubierto por el pelo de la manta, forma un nido de partículas que retiene a las pequeñas pajuelas que intentasen escapar del sluice.

La inclinación de la mesa depende de la densidad de las arenas, y es cosa que habrá que determinar por tanteo mediante el empleo de pequeños testigos de oro. Claro está que cuanto más se incline más de prisa se lava y más se apura el lavado, pero también el riesgo de perder el oro es mayor.

Una inclinación de cinco grados es frecuente y a propósito para comenzar los ensayos.

*Concentrado.* — El concentrado deberá hacerse en un rocker o cuna oscilante de pequeñas dimensiones, ya que con que pueda tratar unos 200 kilos de arenas por día es suficiente para dar abasto a dos o tres máquinas sondeadoras como las indicadas.

Con un rocker de 1,20 metros de longitud y 0,40 de anchura de tabla lavadora y manta inclinada de 0,50 por 0,40 metros de superficie, se podrá efectuar esta operación y el volumen de las arenas quedará reducido a la vigésima parte de las introducidas en él, resultando, por lo tanto, que entre las dos operaciones, el volumen se reduce al medio por ciento del primitivo y éste es el que pasa a la operación de refinó.

*Refino.* — Esta operación debe hacerse en batea. Una batea cónica de madera de encina o caoba de 40 centímetros de diámetro y seis de profundidad, permite perfectamente el refinó de las arenas producidas por el rocker, reduciendo el volumen de arenas a examinar a unos 10 gramos, siempre, naturalmente, que esté manejada por un operario hábil.

En la zona que nos ocupa, los expertos aureanos de Montehermoso, usan unas bateas de madera de encina considerablemente mayores, unos 80 centímetros de diámetro, con la cual tratan unos 10 litros de arenas de cada vez, previo un tamizado que efectúan con simple cesto de mimbre de entrelazado claro, y últimamente usan una pequeña bateita muy plana de unos 15 centímetros de diámetro, mediante la cual, con una extraña habilidad consiguen dejar las pajuelas de oro completamente limpias de arena, y sin más que dejarla durante un momento a secar al sol, guardan el oro en una bolsita donde van almacenando éste para su venta.

Es de temer, sin embargo, que parte del oro en partículas finas pueda escaparse en esta última operación, con el afán de dejarlo completamente limpio, y estimamos preferible dejar los fondos de batea con unos 10 gramos de arenas que contengan todo el oro del lavado para proceder a su análisis y deducir la ley por metro cúbico de las mismas.

*Análisis.* — Una vez obtenido el residuo de la batea en el que están concentradas todas las pepitas de oro existentes en el metro de sonda a que corresponde, debe recogerse éste en una cápsula de porcelana de fondo casi plano y secarlo cuidadosamente con una lámpara de alcohol, evitando que haya decrepitaciones que puedan lanzar partículas de arena o metal fuera de la cápsula.

En este momento bastará con analizar químicamente este residuo de batea, para deducir la ley por metro cúbico. Sin embargo, dada la velocidad a que trabajan las sondas y que no



se debe dar por terminado un sondeo hasta tener la completa seguridad de que se ha llegado al bedrock y taladrado en el mismo la parte que aun pueda tener algo de oro, el tiempo necesario para el análisis químico es excesivo si la sonda tiene que esperar su resultado para saber si debe ser ya trasladada al taladro próximo.

Por otra parte, cuando, como sucede en nuestro caso, el bedrock también es sabuloso, es arriesgado determinar a simple vista si se ha llegado o no a él, por las confusiones a que se presta.

Por eso recomendamos que, sin prescindir del análisis químico por su exactitud, se proceda por el Ingeniero que esté al frente de los trabajos a examinar los residuos de lavado antes de pasarlos al laboratorio de análisis, por medio de un microscopio de visión biocular de imagen recta y con objetivos de gran distancia frontal, de manera que permita al observador manipular cómodamente con unas pinzas entre los objetivos y la muestra examinada.

Un aumento de 40 diámetros obtenido con un par de objetivos  $a_2$  de la designación empleada por Zeiss combinados con los oculares del número 4 permite esta observación de una manera cómoda, y empleando unas pinzas de cobre para impedir que se adhieran a ella las partículas de magnetita, se pueden aislar las pepitas de oro con facilidad y hasta pesarlas en una balanza para tener una idea ya muy aproximada de la riqueza del lavado efectuado.

Este examen con el microscopio biocular permite también hacerse cargo de la clase de arenas que se están atravesando, y gracias a él, y sin necesidad de esperar el resultado del análisis, pueden tomarse resoluciones fundamentadas sobre la continuación o suspensión de los taladros.

Todos estos datos, bien anotados metro por metro en el parte que es preciso llevar de cada sondeo unido al plano to-

pográfico que se debe hacer previamente de la zona a investigar, situando los distintos sondeos en sus alineaciones por series, permitirá después obtener unos perfiles transversales en que se pueda dibujar la zona estéril, la zona rica con sus leyes correspondientes y poder cubicar la cantidad de aluvión a remover y el oro que de este trabajo se pueda extraer, quedando así la zona investigada y en condiciones de poder tomar las decisiones necesarias sobre la conveniencia de una explotación.

La duración de la investigación por este procedimiento de un kilómetro cuadrado de superficie aluvionar, poniendo las series a una distancia de 200 metros unas de otras, con taladros distanciados entre sí 50 metros, supone la ejecución de  $5 \times 20 = 100$  sondeos, que con dos sondas se pueden verificar en un par de meses.

2.º *Investigación por pocillos.* Ya describíamos en nuestro informe la manera cómo esta investigación debía de llevarse a cabo, y recomendábamos un reticulado de pocillos en series perpendiculares al cauce del río distanciadas unas de otras en 300 metros y los pocillos a 250 metros unos de otros, resultando así que, dada la anchura media del depósito aluvionar de unos cinco kilómetros y su longitud de unos 30 kilómetros, habría que efectuar unos 2.000 pocillos para investigar toda la zona.

También indicábamos que estos pocillos deberán de ser todos de la misma sección de dos metros cuadrados, por ejemplo, y los aluviones extraídos se transportarían al lavadero para su tratamiento de un modo parecido al indicado para los sondeos.

Sin embargo, como estos pocillos se pueden multiplicar a voluntad para acelerar el término de la investigación y la cantidad de tierras producidas sería excesiva y obligaría a establecer varios lavaderos como el que hemos indicado, cuya ca-

pacidad es tan sólo de 1.000 litros de arena diarios, creemos que, caso de llevar a cabo esta investigación por pocillos, sería mucho más conveniente establecer una instalación para el beneficio semi-industrial y con una capacidad de un metro cúbico de arenas por hora.

Para obtener este rendimiento por medio de sluices se necesitan un espacio considerable y un material cuya mudanza de lugar a medida que avanza la investigación es dificultosa, y, caso contrario, requiere un transporte de arenas excesivamente largo, y es porque para este caso recomendaríamos una instalación que reúna en poco espacio los aparatos más conocidos para el beneficio del oro en aluviones, y muy especialmente provisto de sluice o reguera con movimiento vibratorio, a consecuencia del cual las partículas de oro, debido a su densidad, bajan pronto al fondo de la reguera, acortando enormemente la longitud necesaria.

Estas condiciones las reúne, por ejemplo, la instalación transportable ideada por la casa Krupp-Grusonwerk, de la cual damos una idea en la figura 7, que bien puede ser desmontada para su transporte en caballerías, o bien ser cambiada de lugar completamente montada sobre un autocamión.

La instalación se compone de las siguientes partes:

1.º Un tromel lavador-cribador dotado de listones elevadores para deshacer las bolas sabulosas o arcillosas, en su primera parte, y el tambor cribador con orificios de tres a cinco milímetros, según las necesidades, que elimina lateralmente la parte estéril que no merece ser tratada en el sluice.

2.º Un sluice con movimiento oscilatorio impulsado por medio de una excéntrica y cuya mesa de lavado está recubierta con tela de pana o terciopelo adosada a la mesa por medio de un enrejado de alambre y unos listones transversales.

Gracias al movimiento oscilatorio la mezcla de agua y arenas que provienen del tromel camina rápidamente a lo largo de

éste, pasando la parte ligera y estéril por encima de la rejilla, mientras que la parte pesada y especialmente las partículas auríferas son retenidas en ésta por los alvéolos formados por la rejilla con fondo de terciopelo o pana.

3.º Criba con hendiduras longitudinales de uno a dos milímetros de ancho colocada a la salida del sluice vibratorio

INSTALACIÓN TRANSPORTABLE PARA TRATAMIENTO DE ARENAS AURÍFERAS, SISTEMA KRUPP-GRUSONWERK

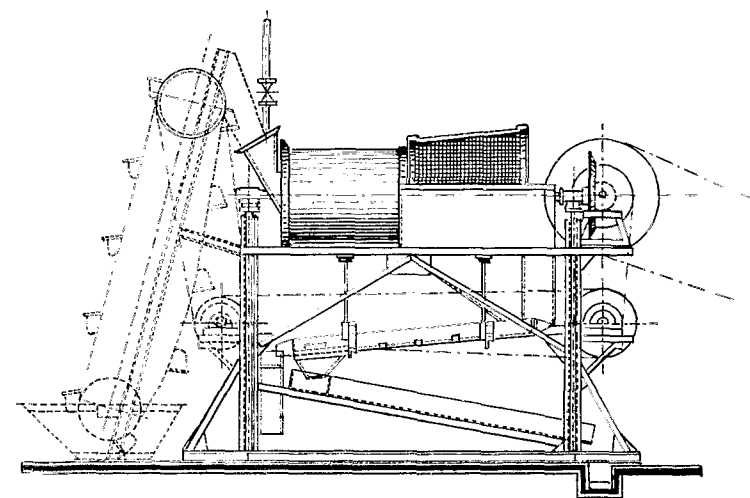


Fig. 7.

que elimina la arena gruesa y a través de la cual pasa la parte fina para caer sobre una reguera de inclinación contraria a la del sluice y cuyo fondo también está recubierto de tela de pana o terciopelo y en la cual queda retenido el oro fino que pudiera haber escapado del sluice vibratorio.

Una vez terminados los lavados, la instalación se para, se secan los productos auríferos concentrados sacando las parillas y lavando minuciosamente las telas, recogiendo todos estos productos en una cubeta adecuada.

Estos productos se trituran después en un molino de bolas con mercurio para obtener la amalgama que, lavada en batea para limpiarla de estériles, se prensa y filtra a través de un cuero para ser destilada en retorta y dejar libre el residuo aurífero para su fusión en crisol.

El peso total de semejante instalación es de unos 1.500 kilos y la fuerza motriz necesaria unos 3 HP.

Las dimensiones son de 3 metros de largo por 1,60 de ancho y 2,30 de altura, dimensiones, como se ve, que permiten su transporte armado sin dificultad.

## CONCLUSIÓN

Quedan expuestas las consideraciones técnicas que nos ha sugerido el estudio de los aluviones de los ríos Alagón y Jerte, las cuales son, a nuestro juicio, lo suficientemente interesantes para merecer la investigación metódica de que hemos hablado.

Por otra parte, la fuerte proporción de ilmenita (bióxido de titano), resultante en los residuos al lavado de las arenas constituye otro aliciente más, dadas las múltiples aplicaciones de este elemento en las industrias de tintorería y pintura.

Por todo lo cual estimamos que la investigación de la zona aluvial indicada es del máximo interés para la Economía Nacional, ya que de generalizarse los resultados locales obtenidos a una mayor extensión de terreno se pondría de manifiesto una gran fuente de ingresos para el Erario Público.

El oro ha quedado demostrado que en tiempo de guerra es la garantía de nuestra independencia, en tiempo de paz el primer promotor de nuestra regeneración y siempre el factor principal en la defensa de la moneda; todos los países modernos han efectuado los esfuerzos máximos para aumentar sus reservas del metal amarillo; España es necesario que también lo haga, y ninguna zona más interesante, de más fácil explotación que la que hemos reseñado en esta nota.

Septiembre de 1936.

LUIS BARRÓN DEL REAL

Ingeniero de Minas

NOTA SOBRE EL ESTUDIO MICRO-  
GRÁFICO DE LAS ROCAS DE LA GUINEA  
CONTINENTAL

En el verano de 1933, los Ingenieros de Minas Sres. Novo y Mendizábal fueron comisionados por la Dirección General de Marruecos y Colonias, para hacer un estudio minerogeológico de nuestras posesiones en el Africa Occidental. A su regreso, encargaron al Instituto Geológico y Minero, de realizar un examen micrográfico de las rocas recogidas.

Este trabajo se está llevando a cabo, y un avance del mismo es el que se refleja en esta nota y que solamente comprende las más destacadas. A su terminación, se procurarán extraer las consecuencias industriales, basadas en lo que los diversos ensayos ópticos nos dicten, con el fin de que la especulación científica nos lleve a conclusiones prácticas.

Muy en breve se publicará el trabajo completo.

**Muestra número 523 (M - 1)**

Procedencia: Guinea. Fuente de la Misión San José. Mabono.

Textura neísica.

*Fenocristales de hornblenda* con aspecto acanalado o fibro-

so, con sus cruceros bien marcados y orientación en bandas, con interpenetraciones de mica negra y polarizando en verde fuerte, con acentuado policroísmo.

*Fenocristales de albita* con sus maclas polisintéticas, muy finas y apretadas.

*Fenocristal de ortosa* maclado según la ley de Carlsbad y con *escamas* de mica. (Maltwood 551.)

*Cristales de feldespato oligoclasa* maclados por la ley de la albita y con numerosas estrías.

*Cristales y granos de cuarzo* con inclusiones. Algunos feldespatos, presentan la estructura zonar e inclusiones redondeadas de cuarzo.

Elementos secundarios: Cristales de *magnetita* como descomposición del anfíbol y mica.

Clasificación: *Neis básico francamente porfiroide*.

#### Muestra número 524 (M - 2)

Procedencia: Guinea. Al empezar a bajar la cuesta del último M'Tameleete.

Textura neísica con sus planos de foliación bien marcados.

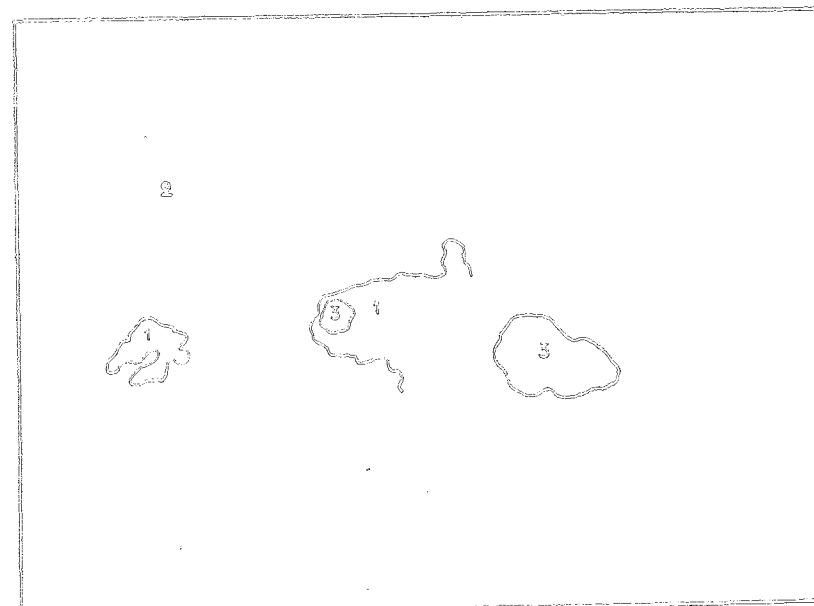
*Fenocristales de hornblenda*, en cantidad, cubriendo toda la roca. Se presenta en secciones transversales y verticales, con inclusiones granulares y microlíticas. Sus cruceros romboidales muy acentuados. Policroísmo enérgico y cristales maclados. Colores muy vivos y variados en luz polarizada.

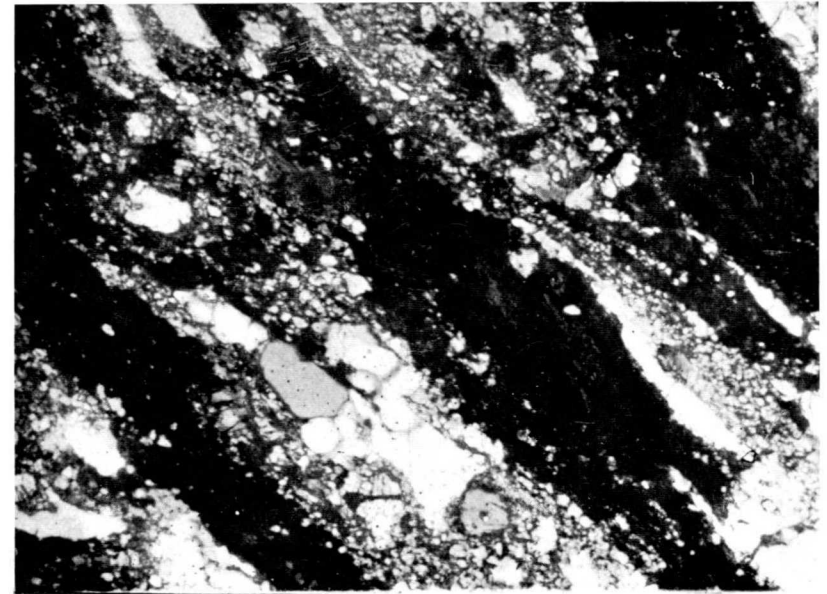
*Cristales de feldespato ortosa* maclados por la ley de Carlsbad y con *escamas* de mica blanca.

*Cristales de feldespato albita* maclados por la ley de la albita y Carlsbad.

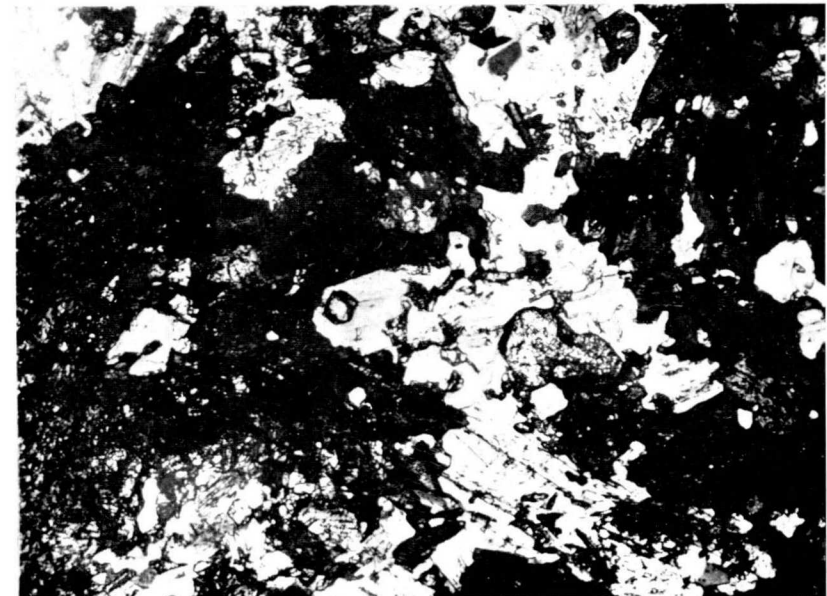
*Cristales de feldespato andesina* con las maclas de la albita y periclina reunidas.

*Granos de augita* en agregados de formas irregulares.





523. — *Neis*. — Hornblenda en textura neisica. Cuarzo y feldespato en gránulos.  
Luz natural,  $\times 50$ .



525. — *Diorita*. — Plagioclasa (1), hornblenda (2) y almandina (3), n. p.  $\times 50$ .

Secundarios: *Magnetita* y *pirita*.

En su origen esta roca debió ser una diabasa transformada por metamorfismo dinámico en *neis anfibólico*.

**Muestra número 525 (M - 3)**

Procedencia: Guinea. M'Buafang.

Textura microgranuda.

*Cristales* de forma irregular de *hornblenda*, extendidos por toda la roca, con tendencia a señalar su crucero romboidal, muy policroicos y tomando un color verde claro en luz polarizada.

*Cristales de andesina* adosados por la macla de Carlsbad, estando a su vez cada elemento maclado por la ley de la albita.

*Cristales* largos y cortos de feldespato *labrador*, con inclusiones microlíticas y maclas polisintéticas, con sus estrias irregulares, que los da un aspecto de trama imperfecta.

*Granos de cuarzo* en reducida cantidad.

Algunos feldespatos presentan la estructura zonar.

*Cristales de granates*, posiblemente de la especie almandina, con inclusiones y sin anomalías ópticas.

Elementos accesorios: *Piroxeno* y *magnetita*.

Clasificación: *Diorita*.

**Muestra número 526 (R - 6)**

Procedencia: Guinea. Utoche.

Textura granítica.

*Fenocristales y cristales de cuarzo* con inclusiones microlíticas.

Existen granos incluidos en los feldespatos.

*Fenocristales de oligoclasa* maclados según la ley de la albita y de la periclina independientemente.

*Fenocristales de feldespato ortosa* muy descompuestos, lo que ha dado origen a profusión de caolín finamente dividido y concentrado, y a moscas y microlitos de mica blanca. La segregación de este mineral ha sido tal, que dentro del feldespato hay un cristal de *muscovita* con su crucero finamente marcado que señala un ligero policroísmo.

*Fenocristal de albita* maclado por la ley de la periclina y albita reunidas.

*Cristales alargados y agregaciones de nódulos reticulados de mica biotita* de color pardo-verdoso, interpenetrados con los feldespatos. Algunos feldespatos presentan la estructura zonar.

*Granos de piroxeno augita* con mucho relieve y nada policroicos.

Secundarios: *Magnetita* y *pirita*, más abundante el óxido.

Clasificación: *Granito normal*.

#### Muestra número 527 (R-6)

Procedencia: Guinea. Manine, en el Utoche.

Textura granítica.

*Fenocristales de cuarzo* en cantidad, con inclusiones sólidas del mismo mineral y de piroxeno.

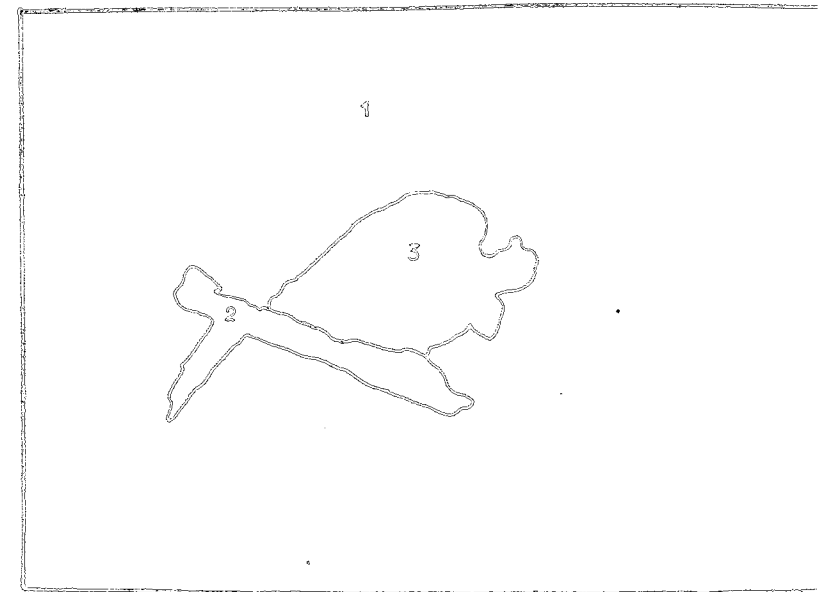
*Fenocristales y cristales de albita* maclados según su ley y con abundantes inclusiones feldespáticas.

*Fenocristales de feldespato ortosa* con inclusiones de cristales de cuarzo.

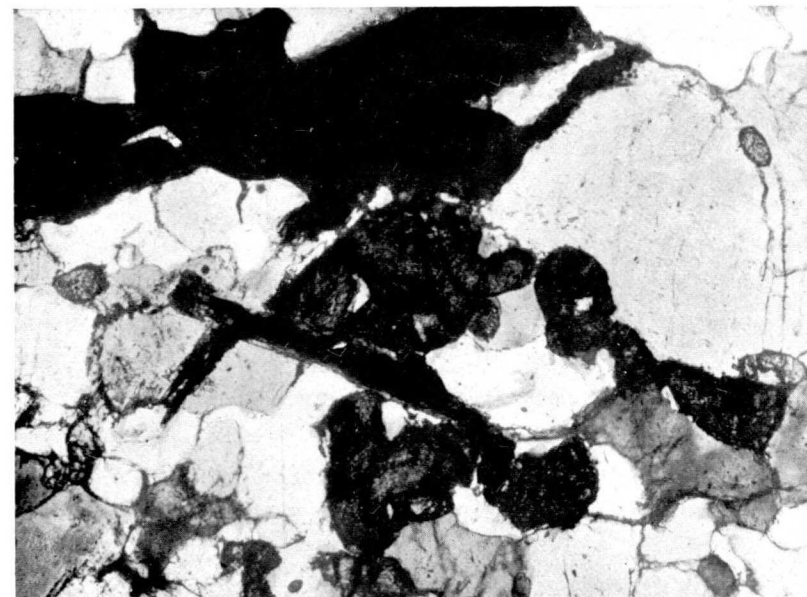
*Fenocristales de feldespato oligoclasa* maclados según la ley de la albita.

*Mica biotita* en cantidad, presentándose en cristales pardos algo cloritizados.

*Pequeños cristales y agregados granulares de augita*, formando interpenetraciones con la mica negra y con colores de







529. — *Granito*. — Magnetita (1), biotita (2) y augita (3), n. c.  $\times 50$ .



530. — *Sienita*. — Microclino rodeado de lepidomelana y magnetita, n. c.  $\times 50$ .

segundo orden. Abundantes *escamas* de muscovita y sericita en los feldespatos alcalinos.

Secundarios: *Pirita, magnetita y caolín.*

Clasificación: *Granito con augita.*

#### **Muestra número 528 (M-4)**

Procedencia: Guinea. Salida de M'Buafang.

Textura granítica.

*Fenocristales de cuarzo* que forman una serie de placas sinuosas y moldean a los otros elementos con inclusiones microlíticas de forma redondeada o irregular.

*Fenocristales de feldespato oligoclasa* maclados por la ley de la albita con gran número de inclusiones, tanto de microlitos como de cristales, sin estructura zonar. Destaca su descomposición inicial por el centro hacia los bordes, que le hace tomar un aspecto nuboso en el interior.

*Fenocristales sencillos de feldespato ortosa*, sin maclas, que revela que no está muy fresco. Inclusiones cristalinas; segregación de caolín y pequeñas escamas de mica blanca que forman alineaciones y ramificaciones dentro del feldespato.

*Microlitos de biotita parda* en escasa proporción, muy enmascarados por los óxidos de hierro y con marcado policroísmo, sin inclusiones ni segregación cloritoide.

Cristales de magnetita e ilmenita (Maltwood 468) de primera formación.

Mineral secundario: *Caolín.*

Clasificación: *Granito.*

#### **Muestra número 529 (M-5)**

Procedencia: Guinea. Río de M'Buafang del Centro.

Textura granulítica.

*Fenocristales de cuarzo* con extinción que forma mosaico, y presentando inclusiones microlíticas.

*Fenocristales de feldespato potásico ortosa* sin maclas ni cruceros, con un principio de alteración que da origen a caolín en alguna proporción, y sericita. Alguna inclusión microlítica micácea, y tintes de polarización grises, sin estructura zonar.

*Fenocristales de feldespato albita* (506. M.), maclados por su ley con pequeñas inclusiones. Feldespato *oligoclasa* (M. 252 y 493) maclado por la ley de la albita y periclina reunidas, con penetraciones de mica.

*Fenocristales de mica biotita* en su variedad lepidomelana, con hierro en abundancia, en secciones alargadas paralelas al eje vertical, que muestran ligeramente sus cruceros. Color pardo oscuro con fuerte policroísmo y sin presentar descomposición alguna.

*Fenocristales de piroxeno augita* divididos en sectores y elevada refracción, con contornos muy marcados y sin dicroísmo ni inclusiones. Anomalías ópticas que dan una doble refracción diferente en cada parte de los elementos, con tonos rojos y azules.

Minerales secundarios: *Magnetita* y *caolín*.

Clasificación: *Granito* con *augita*.

#### Muestra número 530 (M - 6)

Procedencia: Guinea. Entre M'Buafang del Centro y del Sur.

Textura granítica.

*Fenocristales de feldespato microclino*, con su macla de la albita y periclina, reunidas en líneas muy finas, perfectamente rectilíneas sin policroísmo. Presentan algunas inclusiones y un principio de alteración.

*Fenocristales de feldespato ortosa*, aspecto nuboso, con estructura zonar, y segregación caolínica y de mica blanca, posiblemente sericita, con algunas estrías e inclusiones microlíticas de forma alargada. Presentan reflejos cambiantes muy característicos, producidos por la reflexión de la luz sobre las partículas micáceas.

*Fenocristales de feldespato oligoclasa* con maclas polisintéticas y acentuada estructura zonar, que manifiesta la distinta orientación óptica de sus componentes. Inclusiones microlíticas y de cristales de mica negra. Tendencia a rodear los feldespatos alcalinos. Algún fenocristal se presenta maclado por la ley de Carlsbad, estando una de las caras maclada, a su vez, según la ley de la albita.

*Fenocristales de mica biotita* en secciones alargadas y redondeadas, muy cargadas de hierro, en su variedad lepidomelana, cubriendo los huecos entre los cristales feldespáticos y envolviendo los de piroxeno por ser posterior su cristalización. Inclusiones magnéticas.

*Cristales de piroxeno augita* de color verde y tintes violeta en luz polarizada, ofreciendo estas coloraciones variables ordenadas por zonas. Sin dicroísmo y con cruceros algo marcados en ángulos casi rectos, que permiten fijar los de extinción alrededor de 45 grados en algunas secciones verticales, existiendo también cristales de piroxeno *aegirita - augita*. Ciertos elementos redondeados, se presentan agrupados, constituyendo una red.

*Fenocristales de magnetita*, extendidos por toda la preparación, concentrándose en la zona biotítica, lo que hace suponer que ha sido también producida por segregación, constituyendo, en parte, un mineral secundario.

Clasificación: *Sienita augítica*.

**Muestra número 531 (M - 8)**

Procedencia: Guinea. Al salir de M'Tameleete (el más al Sur).

Textura marcadamente pizarreña.

*Cristales de anfíbol hornblenda* que cubren la roca, con tendencia a orientarse en direcciones determinadas, con crueros marcados, que permiten fijar su pequeño ángulo de extinción. Color verde fuerte, con dicroísmo acentuado. No se observa estructura zonar alguna. Existen algunas inclusiones de mineral de hierro.

*Cristales de feldespato plagioclasa*, representado tal vez por su variedad *labrador*, aunque por la carencia de secciones apropiadas no se puede fijar concretamente. Macla de la albita, de forma columnar.

*Granos y microlitos de feldespato plagioclasa* extendidos en la matriz, cubriendo los huecos e intersticios que se producen entre los elementos anfibólicos. Algunos microlitos de formas rectangulares se presentan maclados.

Minerales secundarios: *Magnetita, ilmenita y caolín*.

Clasificación: *Anfibolita*.

**Muestra número 532 (M - 10)**

Procedencia: Guinea. Río Milomo.

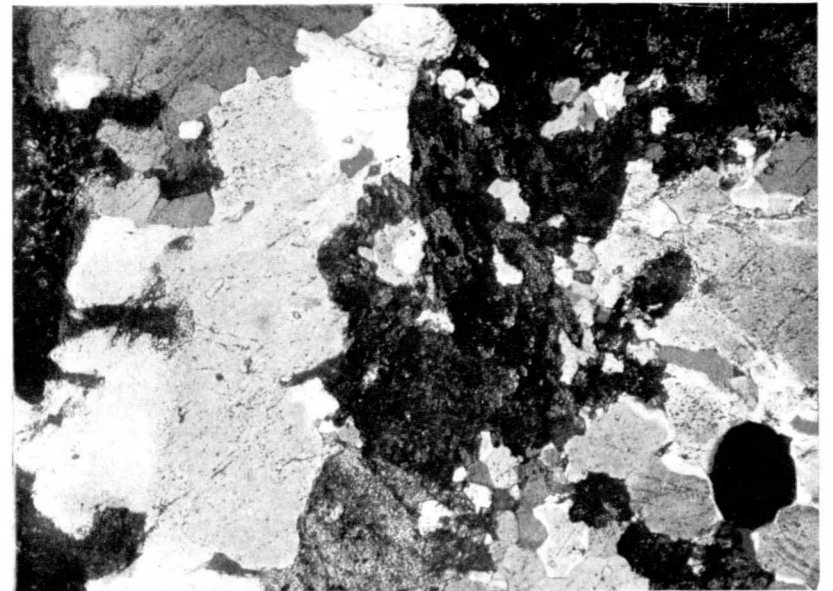
Textura granítica.

*Fenocristales de cuarzo* con inclusiones microlíticas de forma alargada, que en algún elemento lo atraviesan una vez orientadas.

*Fenocristales de feldespato ortosa*, que se presentan muy alterados, como manifestando un principio de descomposición, que impide que se destaque claramente la macla de



531. — *Anfibolita*. — Cristales de hornblenda y feldespato cubriendo el campo, n. p.  $\times 50$ .



532. — *Aplita*. — Cuarzo con mica meroxena, n. c.  $\times 50$ .

Carlsbad, por estar cubierto el cristal, de caolín muy dividido. Brillo característico y algo cambiante, originado por la acción de la luz sobre las partículas micáceas que fueron segregadas. Inclusiones de cuarzo posiblemente producidas por el mismo feldespato.

*Cristales de feldespato microclino* con su macla combinada, no muy acentuada, rodeados por el feldespato ortosa y con caolín, que enmascara las líneas de luz y sombra.

*Fenocristales de feldespato oligoclasa* maclado por la ley de la albita y de la periclina separadamente, repetidas gran número de veces. Afectan formas rectangulares alargadas y son bordeadas por algún filón feldespático. Se observan pequeñas inclusiones redondeadas, sin existir estructura zonar.

*Cristales de mica meroxena*, con tendencia a agruparse con los microlitos y granos del mismo mineral. Cruceros ondulados muy finos en alguna sección alargada. Pleocroísmo intenso de color verde en las secciones no basales, y pequeñas inclusiones de magnetita.

*Cristales cortos y estrechos de mica biotita* de color pardo oscuro, que constituyen una red de elementos entrecruzados con fuerte dicroísmo. Hay menor proporción que de meroxena.

*Fenocristal de cordierita* (?) (Maltwood 220). Por su índice de refracción, semejante al del bálsamo, bajo color de polarización, ya que lo hace en gris; aumento de pleocroísmo calentando el mineral unos minutos; inclusiones que más bien se pueden considerar como productos de transformación por epigénesis; y haberse determinado que se trata de un cristal biáxico, es lo que nos lleva a clasificarlo como cordierita.

Minerales secundarios: *Epidoto* y *caolín* como producto de alteración de los feldespatos. El último es extraordinariamente abundante y se extiende por toda la roca.

*Magnetita.*

Clasificación: *Granito* muy feldespático (por la abundancia de cuarzo y feldespato en relación con la mica tal vez se podría clasificar como *aplita*).

**Muestra número 533 (M-11)**

Procedencia: Guinea. En el río Fara, de Ayene.

Textura granítica.

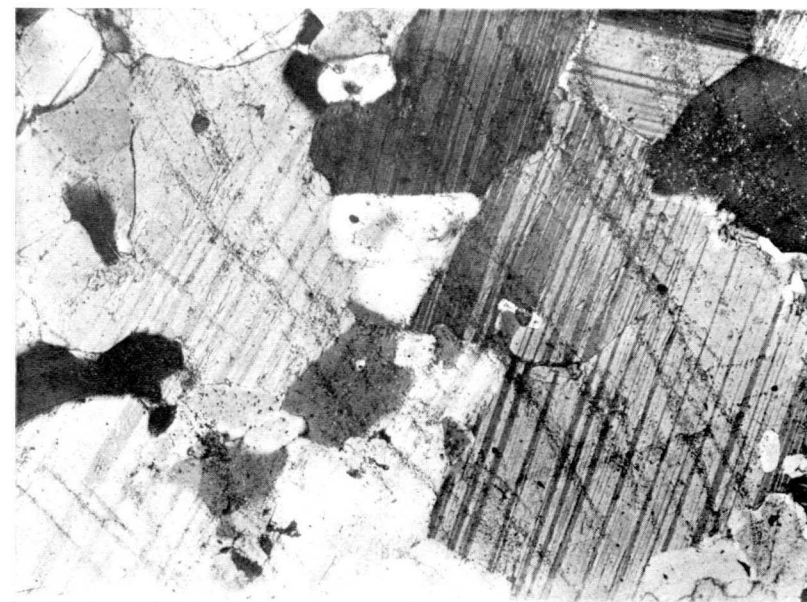
*Fenocristales de cuarzo* de forma irregular con inclusiones de diversas clases, ya que existen cavidades redondeadas llenas de líquido; microlitos alargados en forma de aguja muy fina, posiblemente serán de rutilo, y cristales feldespáticos.

*Fenocristales de feldespato ortosa* con reflejos característicos y segregación caolínica y micácea. Presentan inclusiones microlíticas de mica biotita y de piroxeno en cristales, estando bordeados generalmente por el feldespato calcosódico. No se observa ninguna clase de maclas ni estructura zonar, lo que confirma el principio de alteración del mineral.

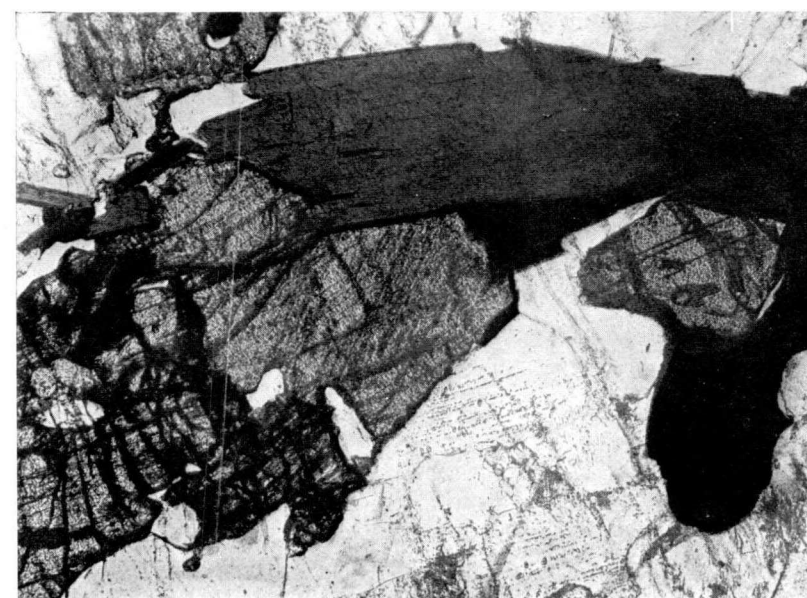
*Fenocristales de feldespato oligoclasa* de formas rectangulares y alargadas, mostrando la macla de la albita en dos direcciones dentro del mismo cristal, y también en una sola dirección en otros elementos. Existen también fenocristales maclados por la ley de Carlsbad, y cuyas caras están a su vez macladas polisintéticamente. Presentan, en pequeña proporción, inclusiones de los silicatos ferromagnesianos y aluminicos, con algún recubrimiento de caolín.

*Fenocristales de feldespato albita* con su macla característica repetida varias veces, lo que permite destacar las bandas de luz y sombra que no llegan a atravesar todo el cristal. Cruceros que forman hendiduras más o menos rectas. Aspecto algo nuboso en luz polarizada.

*Fenocristales de piroxeno augita*, con cruceros bien determinados que forman ángulos casi rectos y poseen un ángulo



533-1. — *Granitita*. — Albita y oligoclasa con maclas polisintéticas. Luz polarizada,  $\times 50$ .



533-2. — *Granitita*. — Transformación de biotita en augita, n. p.  $\times 50$ .



de extinción próximo a 50 grados. Tendencia a formar agrupación de elementos de formas irregulares e interpenetrados con cristales de mica, sin policroísmo aparente, y con tintes rojos y verdes en luz polarizada, constituyendo conjuntos reticulados con inclusiones de feldespato granulares.

*Fenocristales de mica biotita*, en su variedad rica en óxido de hierro. Grandes placas y secciones alargadas que muestran su crucero. Dicroísmo fuerte y color pardo oscuro con inclusiones magnéticas.

Elementos secundarios: *Caolín* muy escaso. *Magnetita* abundante.

Clasificación: *Granitita augítica*.

#### **Muestra número 534 (M-12)**

Procedencia: Guinea. Río M'Bong.

*Cuarcita descompuesta*.

#### **Muestra número 535 (M-13)**

Procedencia: Guinea. Al Norte de Engong.

Textura granulítica.

*Fenocristales de andalucita* de forma alargada, colores de polarización grises, sin que la extinción sea simultánea en todo el cristal, apareciendo éste dividido en zonas o individuos cristalinos, lo que demuestra una epigénesis incipiente. Se marcan bien las bandas en ciertas secciones y presentan inclusiones de biotita. *Escamas* de mica y de caolín como producto de segregación.

*Cristales de cuarzo* en formas irregulares y redondeadas, que forman mosaico en algunos sectores, con inclusiones microlíticas.

*Cristales de mica biotita*, de color verde oliva, con fuerte

dicroísmo, en secciones que señalan bien sus cruceros. Tendencia a la agrupación, con intensa producción de magnetita, que cubre por completo ciertos elementos.

*Cristales de feldespato alcalino* en sus variedades *ortosa* y *microclino*. Este último en caras paralelas a la base, con sus cruceros muy imperfectos, lo que no permite destacar, en forma limpia, la macla característica de este mineral, formada por la reunión de las del periclino y albita que se observan en luz polarizada. El feldespato ortosa, se presenta en secciones irregulares, con escamas micáceas.

*Fenocristales de feldespato plagioclasa* en su representación más ácida, maclados por la ley de la albita en bandas muy finas y apretadas. Inclusiones microlíticas de mica y principio de alteración, que ensombrece el cristal cuando se le observa en luz natural.

*Cristales de mica muscovita*, en secciones perpendiculares al crucero basal, mostrando líneas rectas paralelas que resaltan su ligero dicroísmo con tintes de polarización irisados rojos, verdes y amarillos. Se presenta unida a la mica ferromagnésiana, poniendo patente la epigénesis de su origen.

Secundarios y accesorios: *Magnetita*, *augita* y *caolín*.

Clasificación: *Neis granulítico* con *andalucita*.

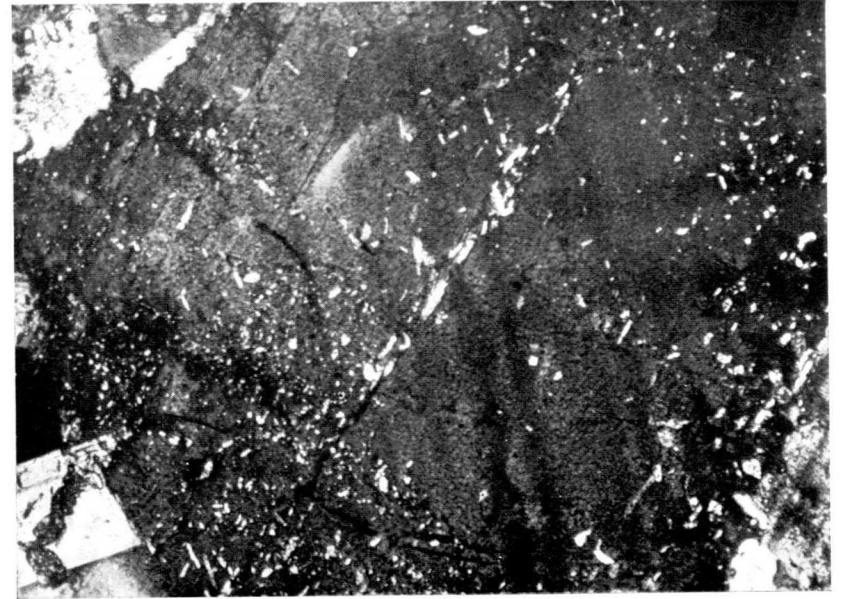
#### **Muestra número 536 (M-15)**

Procedencia: Guinea. Filón en la roca M-14.

Textura granítica hypidiomórfica.

*Fenocristales de feldespato ortosa* en elementos sencillos sin maclas ni cruceros, y en grandes placas con interpenetraciones feldespáticas.

Se observa disposición zonar, y se destaca el proceso de su descomposición en caolín y escamas de mica, probablemente sericita, que originan efectos sedosos sobre el mineral,



535. — *Neis.* — Andalucita con una penetración de muscovita, n. c.  $\times$  50.



536. — *Sienita.* — Plagioclasa maclado por la ley de Carlsbad, y albita, n. c.  $\times$  50.

y se encuentran en algún cristal dispuestas en líneas más o menos paralelas. Inclusiones de pequeños cristales redondeados, que forman estrías irregulares, con la misma orientación óptica.

*Fenocristales de mica lepidomelana*, en secciones alargadas, que muestran sus cruceros. Fuerte dichroísmo y color pardo oscuro en luz natural. Inclusiones granulares de feldespato y magnetita.

*Fenocristales de feldespato plagioclasa* en sus variedades *oligoclasa* y *albita*, con estructura zonar. Los elementos maclados por la ley de Carlsbad, tienen forma rectangular, y presentan maclas polisintéticas en las caras adosadas. Los grandes elementos, se presentan en secciones irregulares, con maclas de la albita muy apretadas, e inclusiones microlíticas y de cristales micáceos.

En esta preparación, existen unos cristales dichroicos de color verde con tendencia a agruparse y a formar interpenetraciones con la biotita. Es muy posible que la coloración sea debida a la alteración de la mica por segregación clorítica y, por consiguiente, el mineral será biotita. Sin embargo, en algunos cristales se observan cruceros que, aunque no marcadamente, se cortan en rombos y hasta algún elemento tiene extinción algo oblicua. Estas propiedades no se pueden fijar bien y por esta razón no nos inclinamos a clasificarlo como hornblenda, admitiendo que se trata de biotita cloritizada.

Mineral accesorio: *Cuarzo*.

Minerales secundarios: *Magnetita*, *clorita* y *caolín* en abundancia, ya que existen en cantidad mica y feldespatos.

Clasificación: *Sienita biotítica*.

**Muestra número 537 (M-16)**

Procedencia: Guinea. Entre Eyanayong y Nyamayong.

Textura granítica.

*Fenocristales de feldespato ortosa* con segregación micácea e inclusiones feldespáticas, y de cristales de biotita muy enmascarados por la alteración del mineral envolvente. Se presenta en grandes placas, con aspecto nuboso de contornos imperfectos que moldean a los otros elementos. Brillo sedoso característico. Algún elemento de forma rectangular definida presenta la macla de Carlsbad.

*Cristales de feldespato plagioclasa* ácidos de la serie albita-oligoclasa con maclas polisintéticas, tanto según la ley de la albita como del periclino, en bandas anchas y largas con líneas finas bien determinadas. Se observa también la macla de Carlsbad que presenta una de sus caras maclada por la ley de la albita, interpenetraciones con la mica biotita e inclusiones granulares. Segregación caolínica y estructura zonar.

*Cristales de mica biotita*, en su mayor parte en la variedad lepidomelana, de formas alargadas entrecruzadas en alguna agrupación de color pardo oscuro y verdoso. Cruceros bien definidos, con intenso dichroísmo. Inclusiones de apatita y de óxido de hierro en forma de gránulos.

*Cristales de magnetita* sin formas determinadas ni cruceros. Opacos, con brillo ligeramente metálico y mate. Pequeñas inclusiones redondeadas de apatita.

Minerales secundarios: *Caolín*, *magnetita* y algo de *clorita*.

Clasificación: *Sienita biotítica*.

**Muestra número 538 (M-18)**

Procedencia: Guinea, Salida de Nyamayong.

Textura granulítica.

*Fenocristales de feldespato ortosa* en formas bien definidas de grandes placas con brillo característico. No se marcan bien los cruceros, pero se observan líneas algo rectilíneas cruzadas por los productos de su descomposición. Color gris claro y amarillo, con aspecto ligeramente nuboso por su alteración en caolín y mica blanca. No existen maclas. Estructura zonar e inclusiones de cristallitos de biotita.

*Cristales de feldespato microclino* con numerosas estriás paralelas sin dichroísmo. En luz polarizada se presenta gris-amarillo, destacando su estructura formada por la unión de las maclas de la albita y periclina en forma casi rectangular.

*Cristales de feldespato plagioclasa* en su variedad *oligoclasa* y *labrador*, maclados por la ley de la albita. Los primeros tienen sus bandas y líneas estrechas y apretadas; en los segundos las bandas de la macla son más anchas. Inclusiones de cristales de mica biotita y de diversos microlitos. Caolín segregado y concentrado.

*Cristales de mica biotita* en forma alargada, agrupados y entrecruzados con los feldespatos. Cruceros bien marcados que destacan su dichroísmo. Color verde claro oliva. Inclusiones de gránulos magnéticos producidos por alteración del mineral primario.

*Cristales y granos de cuarzo* en formas irregulares, constituyendo mosaicos con pequeñas inclusiones.

*Cristales de apatita* escasos y de reducido tamaño, con formas sencillas de prismas dos o tres veces más largos que anchos, con el apuntamiento bipiramidal o bien en granos redondeados. Sin cruceros, con alta refracción, que los permite

destacarse de los silicatos ferromagnesianos, a los que vienen unidos. En luz polarizada toman coloración gris con ligero dicroísmo.

Minerales secundarios: *Caolín* y *magnetita*.

Clasificación: *Neís* con *apatita*.

#### **Muestra número 539 (M-20)**

Procedencia: Guinea. Salida de Affulan.

Textura granuda.

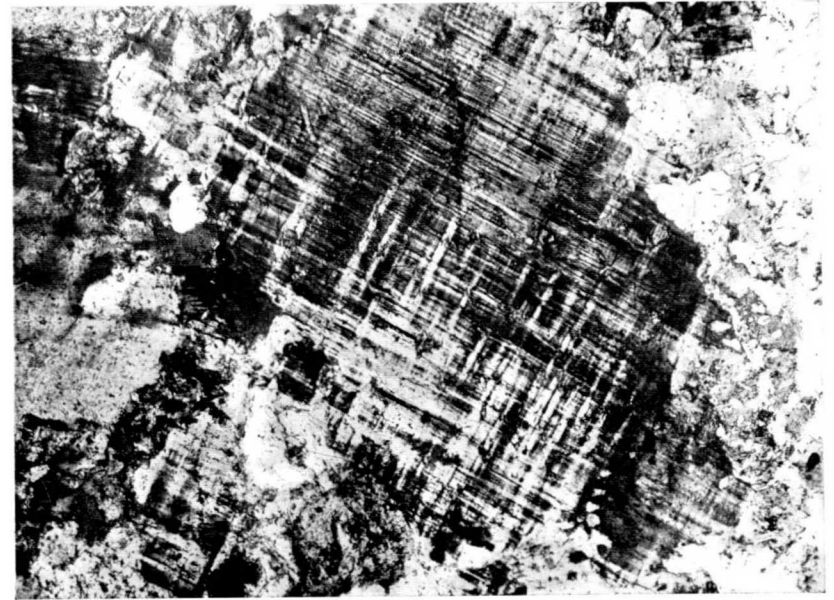
*Fenocristales* y *crisales de hornblenda* distribuidos por toda la roca y cubriéndola en su mayor parte en formas de prismas anchos y cortos de color verde fuerte, aunque en algunos cristales es más claro, lo que supone una alteración, con sus bordes sinuosos e irregulares, como suelen ser en las anfíbolitas. Hay también posibles señales de serpentización por la existencia de cristales gris-verdosos. Cruceros bien marcados que se cruzan en rombos formando ángulos de 120 grados característicos en este mineral. Dicroísmo acentuado y colores verde, amarillo y violeta en luz polarizada. Se observan variaciones zonares e inclusiones de pequeños granos de cuarzo y magnetita.

*Cristales de feldespato plagioclasa* con maclas de Calrsbad y polisintéticas, con sus rayas irregulares y líneas finas poco marcadas. Estructura zonar y aspecto nuboso. Numerosas inclusiones microlíticas. Agrupación de cristales en granos formando mosaico e interpenetrados con el mineral anfibólico.

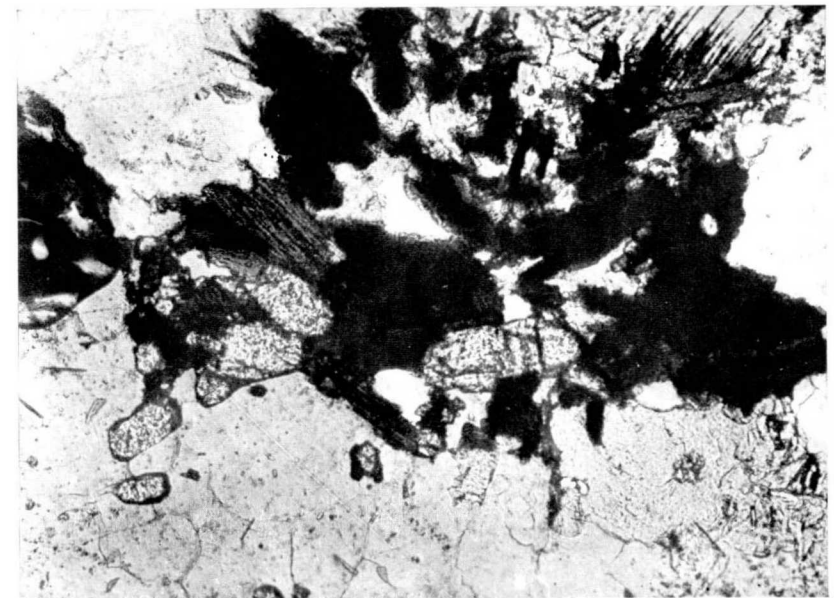
*Cristales de cuarzo* rodeados por más o menos gránulos del mismo mineral, siempre en pequeña proporción. Tono gris y naranja en luz polarizada. Inclusiones minúsculas de otros elementos.

Minerales secundarios: *Caolín* y *magnetita*.

Clasificación: *Anfibolita*.



538-1. — *Neis*. — Microclino. Luz polarizada,  $\times 45$ .



538-2. — *Neis*. — Apatita rodeada de silicatos ferromagnesianos, n. p.  $\times 45$ .

**Muestra número 540 (E - 13)**

Procedencia: Guinea. Rápidos del Benito a Sendye.

Textura porfírica.

*Fenocristales de feldespato ortosa* en grandes placas sin macla alguna. No muestran cruceros. Ligera disposición zonar y con acentuada descomposición, que produce caolín y escamas de mica muscovita o sericita, que dan coloración característica, de tonos amarillo y gris, con reflejos en luz polarizada. Los bordes de los elementos, son los que se presentan más recubiertos por los minerales segregados.

*Fenocristales de feldespato plagioclasa* con formas redondeadas y rectangulares y maclas polisintéticas, que en algunos elementos señálanse levemente. Estructura zonar muy pronunciada con los nicoles cruzados. Pequeñas inclusiones.

Granos de feldespato forman la matriz.

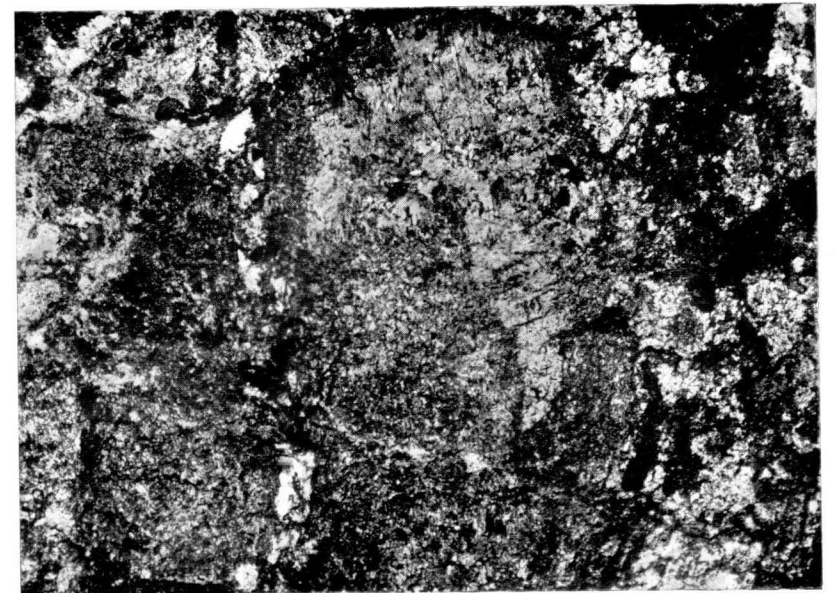
Se acusa la presencia de un mineral de colores vivos de polarización, granos minúsculos agregados y repartidos por la pasta muy intercalados con caolín, lo que hace presumir que la descomposición del mineral primario origine en su mayor parte silicato hidratado de alúmina, aparte del que proceda de los feldespatos. Por su escaso relieve, falta de dicroísmo y fuerte birrefringencia juzgamos que pueda ser *cancrinita* de segunda composición. La falta de cuarzo hace más verosímil esta suposición.

Clasificación: *Pórfiro feldespático muy alterado.*





537. — *Sienita*. — Biotita con sus cruceos. Luz natural,  $\times 50$ .



540. — *Pórfiro*. — Fenocrystal de ortosa. Luz polarizada,  $\times 50$ .

PIERRE COMPTE

## LA EDAD DE LAS PIZARRAS DE LA COLLADA DE LLAMA (LEÓN)

Hacia 1850 se señalaron por primera vez las pizarras negras de la Collada de Llama. *Casiano de Prado* (1), a quien se debe este descubrimiento, las atribuía entonces al Carbonífero. En efecto, dichas pizarras parecían guardar estrecha relación con las capas carboníferas explotadas en esa región, y los fósiles recogidos y sometidos a *E. de Verneuil* no invalidaban categóricamente esta manera de ver, recordando los unos formas carboníferas y los otros formas devonianas. Más tarde, en 1860, con motivo del descubrimiento de algunos nuevos fósiles, *Casiano de Prado* (2) desistió de su primera opinión y consideró estas pizarras como representantes del estrato superior de los terrenos devonianos.

*Ch. Barrois* (3) descubrió, hacia 1876, un yacimiento de pizarras con nódulos en el arroyo del Fueyo, al Norte de Puente de Alba, y admitió que se trataba de pizarras iguales a las de la Collada de Llama. Efectivamente, esta asimilación

(1) CASIANO DE PRADO: *Bull. Soc. Géol. Fr.* (2.<sup>a</sup> serie), t. VII, p. 137.

(2) CASIANO DE PRADO: *Bull. Soc. Géol. Fr.* (2.<sup>a</sup> serie), t. XVII, p. 520.

(3) CH. BARROIS: *Mém. Soc. Géol. Nord.*, t. II, mem. I, p. 506. (Después de comprobación, el nombre del arroyo es Fueyo y no Fuego, como aquí se designa.)

no era fundada y he podido darme cuenta de que las pizarras del Fueyo formaban parte integrante de la zona de *Spirifer Verneuili*, mientras que las pizarras de la Collada de Llama se hallan localizadas, como vamos a demostrar, estratigráficamente debajo de dicha zona.

Durante mis investigaciones sobre el Devoniano de León, he recorrido la región de Sabero y he vuelto a ver las pizarras de la Collada de Llama. Al Sur de la Llama y de Veneros, en pizarras oscuras que recuerdan efectivamente el hullero explotado en la proximidad, he encontrado en nódulos silico-arcillosos y ferruginosos:

*Posidonomya Pargai*, de Vern.

*Buchiola sexcostata*, Roem.

*Cardiola subconcentrica*, Beush.

*Phacops* sp. (de entreceno liso).

*Orthoceras* sp.

*Tentaculites*.

La dirección de las capas es sensiblemente Este-Oeste y es fácil seguir esta faja durante varios kilómetros. A pesar de la extensión del afloramiento, se encuentran pocos fósiles y las especies no son características de un nivel determinado; bastan, sin embargo, para relacionar con certeza las pizarras de la Collada de Llama con las pizarras de Huergas, de la cuenca de Bernesga. En estas pizarras de Huergas, conjunto de pizarras oscuras con nódulos y pizarras gredosas pardas, he encontrado una fauna rica que contiene numerosas especies características. La parte inferior y media de estas pizarras de Huergas, cuya fauna es análoga a la de las pizarras de Porsguen, en Bretaña, y de las pizarras de Wissenbach, en Alemania, es eifeliense; en cambio, en los últimos estribos se encuentran *Anarcestes Rouvillei* v. Koenen, que caracteriza la base del Givetiense; algunas calizas coralígenas de *Strin-gocephalus Burtini*, Defr., coronan además estas pizarras. En la

región de la Llama se encuentran también sobre las pizarras calizas coralígenas, de fauna givetiense, al Sur de los cuales forman una escarpadura; estas calizas están a su vez coronadas de gredas calcáreas de *Spirifer Verneuili*, Murch. Las pizarras forman, por otra parte, en la Collada de Llama, una serie mucho menos espesa que en la región de Huergas; la parte inferior de las pizarras representadas en Huergas debe faltar aquí, y, en efecto, al Norte, las pizarras en cuestión se hallan separadas por una falla de los terrenos hulleros productivos de la edad estefaniense (1).

En conclusión, se puede, pues, afirmar que las pizarras de la Collada de Llama representan, sin duda alguna, la parte superior de las pizarras de Huergas: *pertenecen, por consiguiente, a la cumbre del Eifeliense y a la base del Givetiense.*

(1) En las capas superiores, cerca de la falla, he encontrado en efecto los siguientes vegetales: *Alethopteris* sp., *Pecopteris* cf. *Cyathea*, *Callipteridium pteridium*.

JOSÉ PÉREZ DE BARRADAS Y MANUEL MAURA Y SALAS

---

## NUEVOS DESCUBRIMIENTOS EN LA CUEVA DE LA PILETA (BENAOJÁN, MÁLAGA)

---

El día 14 de mayo de 1933, José Jiménez del Pozo y Joaquín del Pino Guerra, acompañados del guía Tomás Bullón, descendieron a la galería lateral de la Cueva de la Pileta, y explorando ésta, tuvieron la suerte de descubrir nuevas salas, en las que había cuatro esqueletos.

De este hallazgo dió noticia la prensa de Málaga y Madrid, y al mismo tiempo el guía Tomás Bullón lo puso en conocimiento del profesor H. Obermaier, por si creía oportuno su estudio, como también lo hizo D. Juan Temboury, de Málaga.

Las gestiones realizadas por nosotros cerca de D. Fernando de los Ríos, entonces Ministro de Instrucción Pública, tuvieron éxito, y el 19 de mayo, el Alcalde de Ronda reclamó al guía la entrega de la llave de la cueva, en virtud de órdenes recibidas de la Dirección General de Bellas Artes por el Gobernador civil de la provincia, por las cuales se determinaba la clausura de la cueva, hasta que fuera estudiada debidamente.

Por acuerdo de 14 de junio, la Junta Superior de Excavaciones acordó encomendar a José Pérez de Barradas el que realizara una visita de inspección a la Cueva de la Pileta y

emitiera el oportuno informe, lo cual fué realizado en compañía de Manuel Maura y Salas en los días 1 y 6 de septiembre.

La primera visita a las galerías nuevas fué hecha en compañía de sus descubridores, pero después nos valimos de los servicios del guía de la cueva, Tomás Bullón, de quien es de alabar el interés extraordinario con que siguió nuestras investigaciones y la pericia que demostró en salvar y ayudarnos en los pasos difíciles. Reciban todos, pero especialmente él, el testimonio de nuestra gratitud.

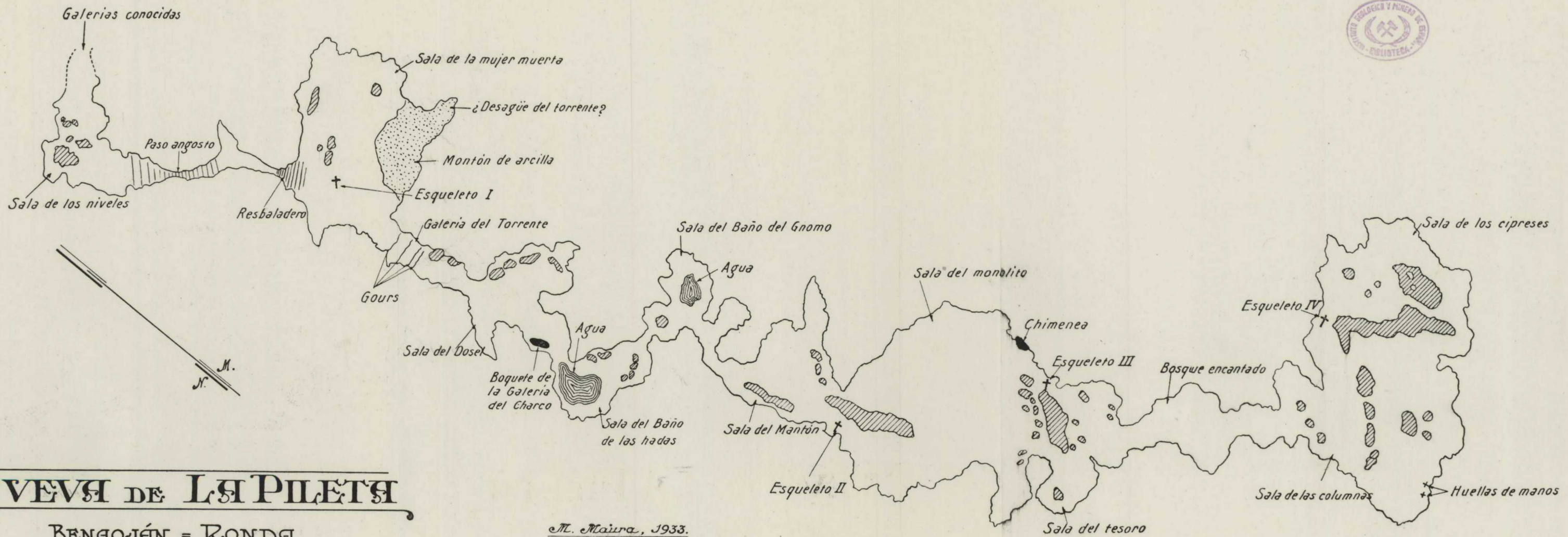
### **Breve descripción de la Cueva de la Pileta**

Para localizar nuestros hallazgos, así como para dar una idea de dónde se encuentran las nuevas galerías, creemos oportuno — si bien resulte innecesario para quienes conocen la hermosa obra de H. Breuil, H. Obermaier y W. Verner (1) — el hacer una breve descripción de la Cueva de la Pileta.

Está situada casi en la terminación de la Sierra de Líbar, entre los pueblos de Benaoján y Jimera. Dista, en línea recta, unos 60 kilómetros de Algeciras y unos 12 de Ronda. El río Guadiaro, después de pasar por el célebre Tajo, corre por un valle estrecho muy fértil al pie de las montañas y a su lado serpentea la línea férrea de Algeciras.

Desde la estación de Benaoján a la cueva hay un camino de herradura, que puede recorrerse a pie o en caballería, que es fácil encontrar en la estación citada, por la cual pasa también la carretera de Ronda al pantano de Montejaque.

La cueva tiene la entrada cerrada por una verja que hizo colocar en 1926 su dueño, D. Joaquín Ortega. La visita debe hacerse acompañado del guía, que vive en el cortijillo del Harillo, situado en una depresión semicircular o dolina, que



**CUEVA DE LA PILETA**

**BENAJOÁN = RONDA**

**CROQUIS DE LAS NIEVAS GALERIAS**

*M. Maura, 1933.*

*Escala aproximada 1:200*

está cerrada hacia el Este por la meseta del Sintón, cuyas vertientes rápidas forman el valle estrecho del Guadiaro.

La gruta se abre en la ladera del cerro de la Pileta, a unos 40 metros de altura sobre la dolina. El terreno es de caliza jurásica, muy agrietado, por lo cual absorbe las lluvias, pero en su interior la gota de agua ha construído recintos que son mágicos palacios de hadas.

El descubrimiento de esta cueva se hizo alrededor del 1905 por algunos vecinos de Benaoján, que penetraron en ella buscando el guano de los murciélagos para utilizarlo como abono. Se vieron pronto sorprendidos por el hallazgo de esqueletos, vasos enteros de cerámica y pinturas esquemáticas que interpretaron como letreros. Pensaron que allí se encerraban los legendarios tesoros, pero pronto se vieron defraudados y entonces rompieron lo que encontraron a mano.

Años después, el coronel inglés Willoughby Verner, de la guarnición de Gibraltar, en el curso de una excursión ornitológica por los montes de Benaoján, oyó contar a su guía la existencia de una cueva con letreros. Consiguió encontrarla y la reseña de sus exploraciones sirvió de base a las dos campañas que dedicaron a su estudio los profesores Henri Breuil y H. Obermaier, comisionados por el Instituto de Paleontología Humana de París, fundado por el príncipe Alberto I de Mónaco. Les ayudaron en sus estudios el coronel Verner, M. Paul Wernert y D. Juan Cabre. El fruto de sus estudios fué una espléndida monografía editada por el referido centro científico.

En líneas generales, la Cueva de la Pileta está formada por una galería superior, de suelo casi horizontal, que se prolonga desde la entrada hasta el abismo; una galería inferior a la que se desciende por escala o cuerda desde la primera o desde el exterior, y una galería lateral, que comunica con la principal y que está formada por una serie de rampas muy

pendientes. En la base de la misma se inician las galerías últimamente descubiertas.

La galería superior comienza por una sala pequeña circular, en la que el suelo está formado por lo menos de tres metros de tierra negra, cenizas, huesos calcinados y trozos muy abundantes de cerámica.

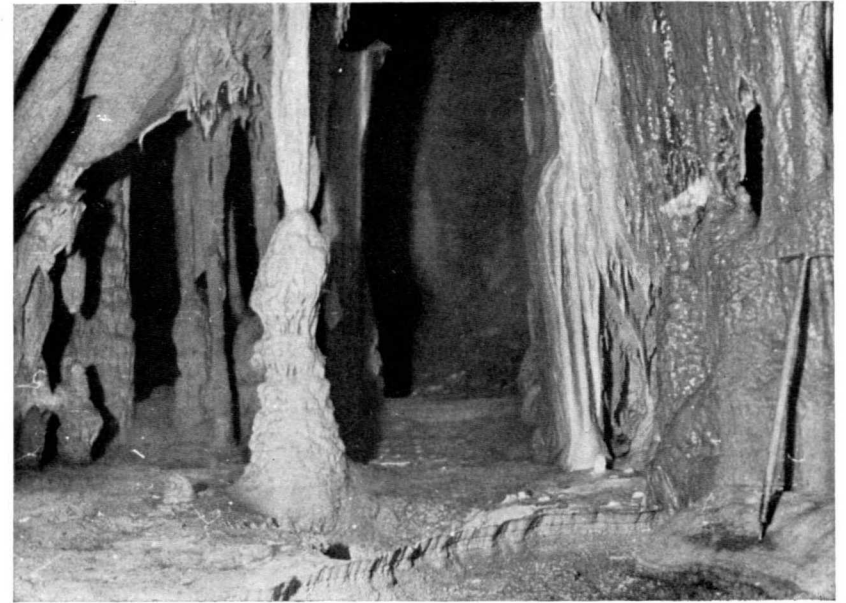
Después de una ligera subida, el piso queda horizontal en la primera parte, conocida con el nombre de Gran Galería, y ofrece vistosos grupos de estalactitas y hermosas columnas. Una sala accesoria, llamada el Salón, ofrece un buen grupo de pinturas rupestres, entre las que se destacan las figuras de un toro y de un pez. Son de estilo naturalista y de edad cuaternaria.

Un estrecho paso, llamado las Termópilas, pone en relación con la Galería del Lago, llamada así por un gran charco de agua cristalina que en ella existe. A la derecha se encuentra un estrecho recinto cuyas paredes están cubiertas con las más bellas pinturas, y al cual se le llama el Santuario. Otras se ven también en distintos lugares de la misma sala.

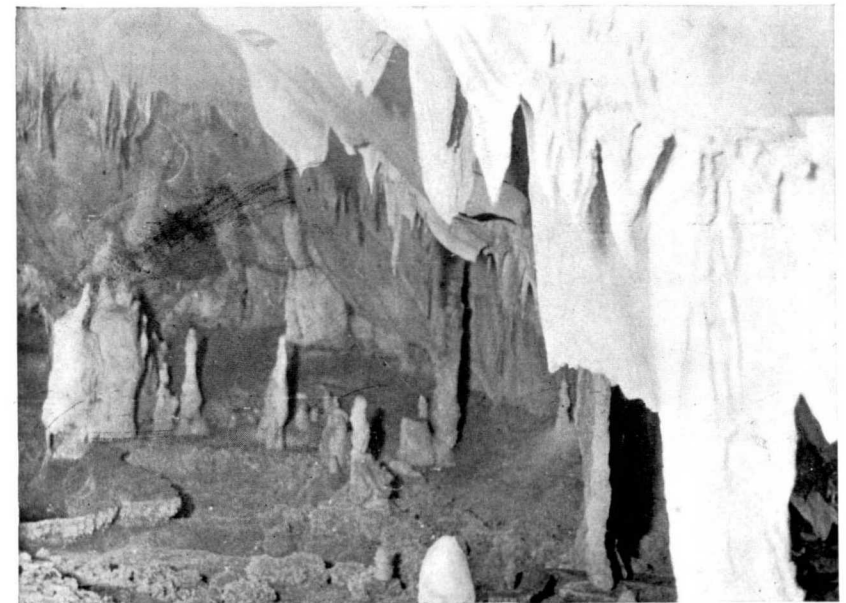
Continuando hacia el fondo, se pasa por corredores estrechos a la Galería de la Reina Mora, donde las estalactitas han confeccionado, en un rincón, las más fantásticas combinaciones de paños, de colgantes y de columnas, que producen el aspecto de un fantástico y legendario lecho real. La última sala es la del Pez, notable por las huellas del oso de las cavernas y por la figura de un pez marino, perfectamente conservada. Está finamente trazada en negro y mide un metro y medio de longitud. Los numerosos animales de esta clase, representados en la Cueva de la Pileta, le dan gran interés en ésta, pues sus representaciones escasean en las cuevas de la región franco-cantábrica.

Después de admirar la figura del pez, se pasa por un estrecho corredor a la boca del abismo, de unos 60 metros de profundidad, que aun está inexplorado.





Cámaras de la Cueva de la Pileta.



La visita a la galería inferior ofrece algunas dificultades. Como hemos dicho, comunica directamente al exterior por dos ventanas, por donde la luz solar produce fantasmagóricos efectos en este mundo subterráneo, y con la galería superior. Para llegar a ella hay que descolgarse, por cuerda o por escala, unos veinte metros. Hacia un lado se halla la Galería de los Grajas, con salas que requieren trepar por cascadas estalagmíticas, lisas y resbaladizas, y en donde se encontraron los primeros esqueletos.

En dirección opuesta se desciende rápidamente sobre montones de piedras sueltas, para llegar a una galería cuya pared ofrece buenas señales de patas del oso de las cavernas. Una serie de pequeños pasillos justifican el nombre del Laberinto, y después de pasar el cual se llega a una galería que comunica, por una parte, con una salita ocupada con un lago de arcilla y con una galería donde se halló cerámica neolítica decorada con incisiones, y, por otro lado, con una sala de vistosos adornos estalactíticos, que contiene restos humanos muy mineralizados, cerámica y pinturas rupestres, negras, muy esquemáticas. Estos signos, formados por rayas caprichosas y al parecer sin relación, son muy abundantes en toda la cueva, y corresponden a épocas más recientes que los de estilo realista, esto es, al Neolítico y Eneolítico.

Se inicia la bajada a la galería lateral cerca del Salón con un descenso vertical de cuatro metros, para llegar a una meseta de la cual parte una galería llamada de las Cabras Monteses, de unos 20 metros de longitud, y con hermosas pinturas negras que representan estos animales, de estilo paleolítico.

Al continuar por rampas inclinadas, se pueden visitar la Galería de las Tortugas, con signos pintados en amarillo o en rojo, y la Sala de las Serpientes, llamada así por las pinturas que contiene, formadas por líneas onduladas y caprichosas.

Después se pasa entre estalactitas a la cabecera de una

grieta de pendiente violentísima y de unos 20 metros de desnivel. A unos dos tercios del descenso, hay que pasar a una pequeña meseta que, por pasos muy angostos, se abre sobre dos rampas, una de 12 metros de larga y otra de cuatro, para llegar al final de la parte conocida de la galería lateral, que tiene, según los profesores Breuil y Obermaier, un desnivel de 43 metros, a contar desde la galería superior. Después de bordear pequeños lagos se llega a una cámara de regulares dimensiones que ofrece señales de niveles de agua y algunas estalactitas, de la que volveremos a ocuparnos más adelante.

### **El yacimiento arqueológico**

Si la Cueva de la Pileta estuvo habitada durante el Paleolítico o si por su carácter de santuario tralabal, el hombre sólo penetró en ella para entregarse a sus prácticas de magia y expresar gráficamente sus deseos, es cosa que no se sabe, puesto que hasta la fecha no se ha encontrado ningún objeto de la Edad de la Piedra Tallada (2).

En cambio, es indudable su habitación durante épocas posteriores, puesto que ya en la primera visita a la cueva hecha por los buscadores de guano de Benaoján se encontraron vasijas enteras. El coronel W. Verner, en su primera exploración recogió también restos de diversos animales (*Bos, Capra, Ibex*, etc.) y restos humanos, unos muy mineralizados pertenecientes «à individus de fort petite taille», y otros de aspecto más moderno, sin caracteres particulares (3).

Los trabajos realizados después por los profesores H. Breuil y H. Obermaier fueron más detenidos sobre esta cuestión, e incluso se llegaron a practicar algunas excavaciones exploratorias.

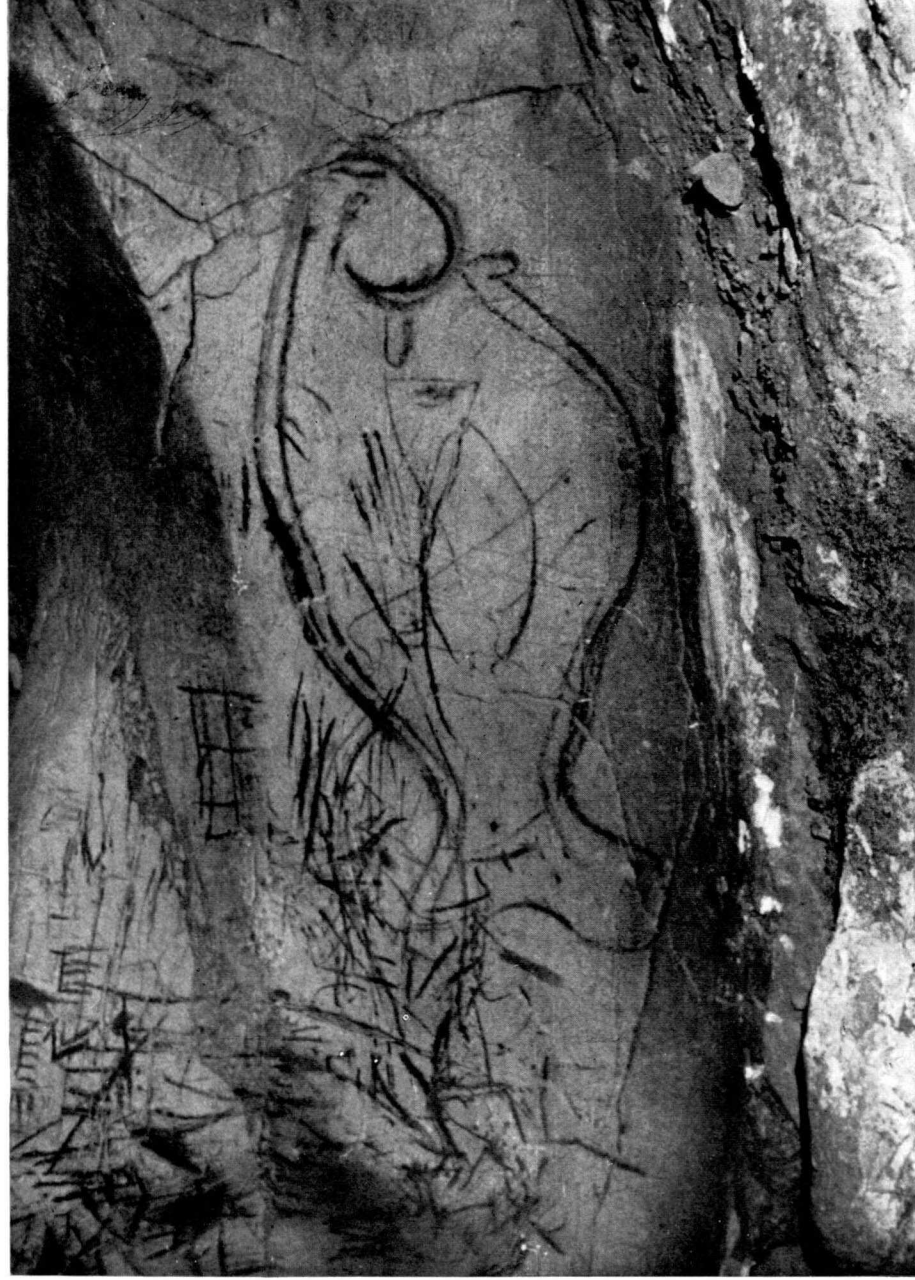


Figura de pez marino en la Sala del Pez.



En la Galería de las Grajas, mencionan el hallazgo de cerámica fragmentada y suponen que haya sido el lugar donde estaban los esqueletos a que antes hemos hecho referencia. En la dirección opuesta de la galería inferior, hallaron en un lugar restos humanos sumamente fragmentados y muy mineralizados, y en la Gran Sala inferior, más restos humanos muy mineralizados y cerámica en relación con pinturas esquemáticas. En la dirección contraria, y en una galería que se abre antes de llegar al lago de arcilla, aparecieron algunos sílex e innumerables trozos de una cerámica muy frágil, pero muy decorada, que habían pertenecido a vasos pequeños (4).

En la sala actual de la entrada, el profesor H. Obermaier hizo abrir una zanja de exploración de cuatro metros de larga y tres de ancha, que atravesó las siguientes capas:

a) Dos metros de hogares muy negros, ricos en cerámica grosera no decorada. Algunos punzones de hueso, pero ningún sílex ni objeto metálico. Fauna actual y animales domésticos.

b) Un metro de tierra negra estéril.

c) Un metro con grandes bloques, que detuvieron el sondeo por falta de espacio para verter el relleno.

Entre los vasos hallados, los autores citados mencionan dos «en forme de calotte crânienne», que son netamente argáricos (5).

Refieren, por último, el que existen restos de cerámica lisa en casi todos los puntos de la Gran Galería, al comienzo de la galería lateral, cerca del Santuario y en la Sala del Pez (6).

Por nuestra parte comenzamos a encontrar trozos de cerámica prehistórica, especialmente en un recodo del camino pasada la cerca, en el cual crece un acebuche. Allí vimos trozos de molinos de arenisca roja.

También de las cercanías de la cueva, el guía nos dió un hacha pulimentada de roca negra (diorita?) y fragmentos de

otras dos. Son de forma cónica y están poco trabajadas, excepto, en la más completa, la parte del filo.

En la sala primera de la entrada actual, que fué el lugar donde el profesor Obermaier hizo el sondeo, así como en la galería que se dirige hacia la Cueva de las Vacas, el suelo aparece sembrado de cerámica lisa, a veces en grandes trozos que pudieran proceder de las excavaciones. Sin embargo, es fácil ver asomar cerca de las paredes grandes trozos de vasos cubiertos casi por completo por las concreciones estalactíticas. Hallamos también piedras de molino.

Este yacimiento, que se reconoce también por la tierra negra de los hogares, se prolonga por la galería que une la principal con la galería baja, es decir, con el sitio donde se colocaba antes la segunda escala, y especialmente en una serie de divertículos situados a la derecha y que no están bien representados en el plano de W. Verner. Anotaremos sólo el haber recogido mandíbulas de cabra y de cerdo y cerámica negra lisa. Los fragmentos corresponden a vasos de forma de casquete esférico y a otros aplanados con bordes vueltos hacia dentro. El espesor del yacimiento es de 1 a 2 metros.

Al seguir por la galería principal, el guía nos señaló el lugar del hallazgo de un hacha plana de bronce; era una grieta situada no lejos de la cascada estalagmítica que hay a continuación de la pequeña galería precitada. Es de filo curvo arqueado y sobresale de los otros bordes. El filo fué trabajado a martillo después de la fusión (hecha quizá con dos valvas), así como los bordes. Mide 136 milímetros de larga, 65 de anchura máxima del borde y 16 de grosor máximo. Se trata de un tipo argárico avanzado. El guía en sus visitas ha recogido varios objetos que nos entregó, tales como un diente de hoz de sílex, una concha de *Cardium* perforada, un trozo de cráneo de cabra pequeña con parte de la órbita y un cuerno, un trozo metálico de cobre o bronce, una lasca de cuarcita y varios dientes



Dibujos esquemáticos. Cueva de la Pileta.



de animales. Nos indicó también haber visto placas de hueso pequeñas y de forma rectangular con dos orificios (*Armschutzplatten*).

En las proximidades de la grieta, donde no se ha excavado, encontramos debajo de la capa estalagmítica, cenizas, piedras quemadas y cerámica correspondiente a hogares. En uno de ellos hallamos restos de un vaso plano con bordes vueltos y otro globuloso. También vimos piedras que pudieron servir de molinos.

Los hallazgos se suceden por toda la galería, al pie de la escalera de las Termópilas, y en un rincón sacamos un trozo de un vaso con tetones medio enterrado en el fango y cubierto por las estalagmitas. En el Salón del Lago también es muy abundante la cerámica, especialmente debajo del «panneau» de pinturas, pero, en cambio, en el del Pez es menos frecuente y los hallazgos están localizados.

La exploración de la galería inferior, hecha por Maura, fué también muy provechosa, pues encontró en un refugio alto de la Galería de las Grajas, fragmentos cerámicos entre los que se destaca un trozo de superficie alisada de un vaso plano con el borde algo vuelto hacia dentro. En la misma galería, pero cerca de la bajada de las galerías superiores, o de la entrada vieja, recogió algunos huesos de animales indeterminables, cerámica rojiza del mismo tipo que la anterior, un trozo de barro negro con un tetón grueso y alargado y otro trozo con un pequeño saliente decorado con rayitas verticales gruesas y cortas.

De las galerías profundas, donde aparecieron sepulturas, Maura recogió varios huesos muy mineralizados, tales como dos vértebras lumbares, fragmentos de pelvis, un trozo de diáfisis de tibia, un escafoides del carpo izquierdo, un metacarpo, una falangina y un molar.

Además recogió huesos pequeños de animales de aspecto más fresco.



No encontró cerámica decorada y sólo un trozo negro fino. La cerámica hallada es lisa y del mismo aspecto que la de la galería superior.

Por lo que acabamos de ver, la Cueva de la Pileta estuvo habitada en los tiempos postcuaternarios en dos épocas distintas.

A la más antigua corresponde la cerámica decorada de la galería inferior, que uno de nosotros (M. M.) ha tenido ocasión de estudiar en el British Museum; corresponde a vasos pequeños, sin que se pueda saber nada de sus formas; la decoración consiste en líneas de puntos, líneas continuas rectas o curvas y líneas paralelas rellenas de puntos o rayas. En dos fragmentos se ha seguido la técnica de punto en raya o de Boquique. Esta cerámica incisa de la Cueva de la Pileta se relaciona con las de otras cuevas andaluzas, tales como las de Gibraltar, Hoyo de la Mina (Málaga), de la Mujer (Alhama de Granada) y de los Murciélagos (Albuñol), si bien ésta es más antigua. Son representantes de la Cultura de las Cuevas y corresponden al Eneolítico inicial (7), que Bosch Gimpera fecha del 3500-3000 años a. de J.-C.

Respecto a la segunda ocupación de la cueva, y sobre la cual no hay en la bibliografía la menor referencia, no cabe duda que corresponde a un Argar avanzado, como se deduce de las formas de cerámica y del hacha de bronce. Los tipos de cerámica, de barro negro bien trabajado, según se puede deducir de los fragmentos, son en primer lugar grandes tinajas, de paredes gruesas con tetones, en muchos casos, alrededor de la boca, del mismo tipo de las que forman las sepulturas descubiertas en el El Argar por Siret (8).

De menor tamaño son otros vasos globulosos con bordes vueltos hacia fuera, semiesféricos, y escudillas con bordes vueltos hacia dentro, que aparecen también con mucha frecuencia en las estaciones argáricas de Almería.



Dibujos de caballos. Cueva de la Pileta.



Esta estación argárica corresponde a la reacción almeriense, después de la invasión de pueblos portugueses que determina el florecimiento de los Millares y Almizaraque, que se propagó pronto por Granada (Montefrío, Monachil y Guadix), Jaén (Quesada), Ciudad Real (espada de Puerto Llano) (9), Córdoba, Sevilla y Cádiz («dólmenes» de la Laguna de la Janda») (10). La pobreza de los hallazgos de la Pileta es explicable por la poca fertilidad de la región y lo agreste del terreno, que incomunicaría a sus pobladores.

La Cueva de la Pileta muestra señales de haber existido en la región desde el Paleolítico superior, al cual hay que referir las figuras grandes, naturalistas, de tipo cantábrico, hasta la actualidad, climas distintos.

El examen de las paredes con arte rupestre, nos lleva a admitir que entonces la cueva ofrecía un aspecto parecido al actual y que el clima era seco, lo que concuerda con lo ya indicado por A. Penck y H. Obermaier, de que los períodos glaciares fueron épocas frías y de análoga pluviosidad a la de los tiempos actuales; es decir, que se produjeron por un solo descenso de la temperatura media anual.

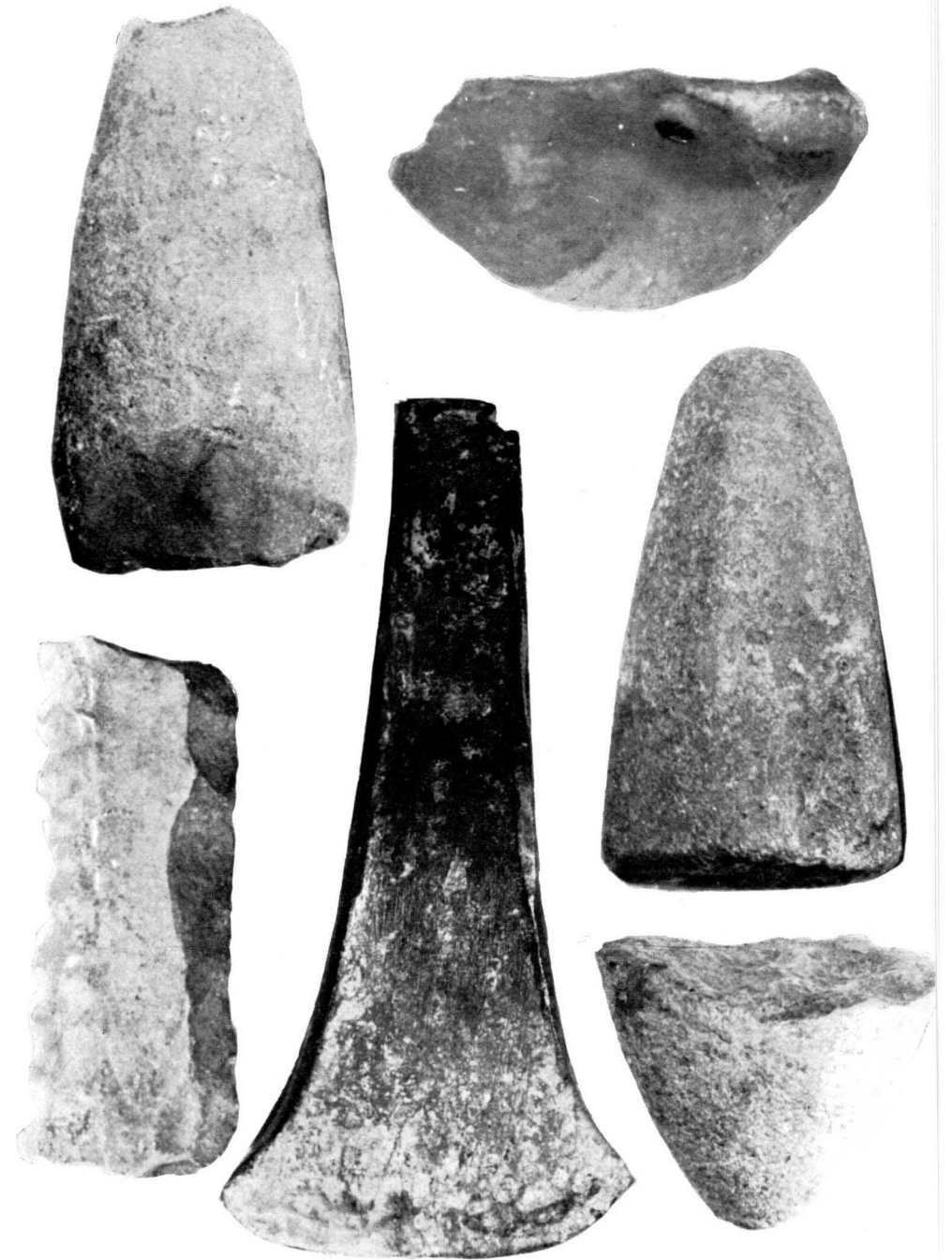
Después hubo un tiempo de mayor humedad, como hicieron notar H. Breuil y H. Obermaier, al explicar la formación del lago del Salón, que llegó a alcanzar una profundidad de dos metros y cuyas concreciones cubren las pinturas paleolíticas. Por nuestra parte, atribuimos a esta época húmeda los depósitos de la Sala del Lago de la galería superior, los de la Sala de los Niveles de la galería lateral y el último período de actividad máxima del Torrente de las Nuevas Galerías. Creemos que a este tiempo corresponde la cerámica decorada de la Cultura de las Cuevas y los signos negros esquemáticos, aunque no quita el que éstos puedan ser también, en parte, más recientes. Según la moderna cronología, la Cultura de las Cuevas andaluzas es fechada por P. Bosch

Gimpera, del 3500 al 3000 a. de J.-C., como hemos visto anteriormente.

Con este clima húmedo pueden relacionarse las famosas «tierras negras» del extremo Sur de España y Norte de Marruecos (11), que yacen en Cádiz, según el profesor H. Breuil (12), encima de gravas del Paleolítico antiguo, mientras que sus capas superficiales están en relación con el Neolítico. Según este autor, serían postmusterienses y preneolíticas, mientras que para E. Hernández-Pacheco habrán correspondido a las épocas glaciares del Cuaternario medio o inferior. Hoy, esta afirmación no puede sostenerse por el hecho de que las gravas inferiores a las tierras negras son las que contienen especialmente cuarcitas, muy rodadas, del Paleolítico inferior.

Contra la opinión general de los geólogos y prehistoriadores, para los cuales estas tierras suponen, como dice el conde de la Vega del Sella, «una vegetación hidrófila que con la climatología actual no ha podido formarse» (13), sostiene el edafólogo D. Emilio H. del Villar (14) que se trata de una formación actual de rendzinas.

No nos parece desacertado este punto de vista, puesto que, efectivamente, en términos geológicos, las tierras negras son depósitos actuales, como formados después de la última glaciación. Ahora bien: dentro de la actualidad geológica, ha habido también oscilaciones climáticas, y debe atribuirse precisamente a la época de mayor humedad la formación de tales tierras negras, que serían del tiempo que en la Pileta se producirían los lagos, depósitos de agua y parte del sistema de estalactitas, cascadas estalagmíticas, etc. Tal fenómeno, que hay que atribuir aquí entre el Magdaleniense y la Cultura de las Cuevas, corresponde cronológicamente, con las fechas del clima óptimo postglaciar del Norte de Europa. Aunque no sepamos con seguridad nada sobre los restos neolíticos recogidos por H. Breuil, en la superficie de las tierras negras gadi-



Hachas de piedra y bronce.

tanás, hay otro hecho curioso de paralelismo con la Pileta, y es que los «dólmenes» y las señales de ocupación de la zona de la Laguna de la Janda corresponden al principio de la Edad del Bronce y no a épocas anteriores.

En la última ocupación prehistórica de la cueva parecen haber cambiado las condiciones climáticas, puesto que los vasos argáricos encontrados estaban situados de tal modo como si hubieran sido colocados para recoger el agua procedente de las filtraciones. En favor de esto habla el que aparezcan incrustados de caliza y en relación con estalagmitas y estalactitas aun vivas. A nadie se le ocurre este procedimiento de obtener agua si hubiera habido, como hay hoy, laguitos y charcos de agua limpia. Por tanto, es lícito pensar que la época argárica corresponde a un clima más seco que la actual y que la cueva fué habitada, dada la sequedad de la región — donde hoy día no hay más manantial que el situado cerca de la estación de Benaoján —, por poderse obtener en ella un elemento tan necesario para la vida, como el agua.

Esta hipótesis tan seductora encuentra un inesperado apoyo en estudios realizados en Europa Central, puesto que en el Sur de Alemania, Suiza, el punto culminante del clima seco (*Trockenzeit*), corresponde al tiempo comprendido entre el 2200 y el 1200 a. de J.-C., según H. Reinerth (15). Recordaremos que, según este autor, los palafitos no han sido construcciones acuáticas.

Si aceptamos, como parece deducirse de los últimos estudios de conjunto sobre la Edad del Bronce, del profesor Bosch Gimpera (16), el que El Argar se desarrolló entre 2000 y 1200 a. de J. C., tendremos una coincidencia cronológica entre nuestros resultados de la Pileta y la *Trockenzeit* suizo, que a su vez está ligado con cambios climáticos semejantes del Norte de Europa.

### **Las nuevas salas**

En la obra de H. Breuil, H. Obermaier y W. Verner, se señala una galería lateral que parte de la galería superior a corta distancia del Salón. Se la describe como formada por tres deslizaderos, que comunican entre sí por escalones menos pendientes, en los que se abren galerías laterales con pinturas rupestres. Al final de la última se abre un estrecho boquete que comunica con un deslizadero de unos 30 metros de largo y de unos 45 grados de inclinación, que tiene un pequeño descanso hacia los 20 metros y que comunica por unas salas estrechas y bajas, con un deslizadero de 12 metros que termina en lo que nosotros llamamos Sala de los Niveles.

Esta es una cámara de forma irregular, con grandes grupos de estalactitas. En sus paredes se ven las huellas de haber sido un depósito subterráneo de agua durante muchísimo tiempo, consistentes en la coloración rojiza de la zona cubierta por el agua, que contrasta con la blancura de las partes que no lo estuvieron, y por los rebordes salientes de concreciones de las paredes y estalactitas, que siguen líneas rigurosamente horizontales. Niveles apreciables hay tres, dos superiores, separados unos cuatro centímetros, y un tercero, a un metro escaso de éstos. La última agua formó también un reborde concrecionado en los bordes, que forman una especie de repisa por donde se puede marchar, especialmente en la entrada. Hemos de anotar la existencia de un gran bloque caído donde se aprecian también las huellas referidas de niveles de agua. Su caída fué posterior, por tanto, a la desecación.

A la derecha de la entrada, hay un pequeño entrante con una cortina de estalactitas de escasa profundidad y al fondo



Huesos diversos.



una cascada estalactítica, que se extiende hacia las paredes de la izquierda, donde forma un entrante a modo de grieta. Subiendo por ésta se encuentra a cuatro metros sobre el nivel de la cámara un boquete, que era de difícil paso en nuestra primera visita a estas galerías, pero que fué ensanchado después, y que comunica con un pasadizo más ancho formado por una grieta cuyo techo coincide con la altura de la Sala de los Niveles y de la Sala de la Mujer Muerta. Se inician con este paso las nuevas galerías descubiertas por el guía Tomás Bullón, José Jiménez del Pozo y Joaquín Pino, con ayuda de la cuerda.

Después hay que bajar unos cinco metros casi verticales por un resbaladero formado por concreciones resbaladizas, hasta llegar a un trozo horizontal muy estrecho donde se efectúan los preparativos para bajar a la Sala de la Mujer Muerta, la que se distingue por la estrecha abertura de la grieta, que apenas permite el paso de una persona. El descenso a aquélla se hace con ayuda de cuerdas, después de salir de la grieta por una cascada estalactítica, casi vertical y muy resbaladiza, de unos 12 metros de altura y que corresponde al ángulo Este de la sala.

Antes de proseguir la descripción hemos de hacer dos observaciones. Una es que en nuestra segunda visita nos fué preciso el fotografiar los esqueletos antes de extraerlos, lo que aprovechamos también para hacer otras fotos de las salas. El humo del magnesio produjo una densa niebla que dificultó la visión de conjunto y el estudio de las salas. Otra es que el plano que ofrecemos es sólo un croquis y que no podemos indicar los desniveles por habérsenos roto en una caída el altímetro. Para mayor claridad procederemos a la descripción de las nuevas salas según han sido recorridas en nuestra visita.

*Sala de la Mujer Muerta.*—Está constituida por una vasta cámara de forma de paralelogramo irregular, cuyos lados más

largos miden 15 y 9 metros. El techo aparece desprovisto de estalactitas y ofrece huellas de desprendimientos y de huecos circulares de roca que han caído por su menor resistencia.

El suelo ofrece el aspecto de haber contenido agua durante largas épocas de tiempo, como indican la tenue capa de arcilla roja y unas concreciones globulares de gran dureza. El pavimento está formado además por depresiones o pequeños pozos con rebordes (*gours*), debidos a la acción del agua.

En la pared Este y al pie del resbaladero, se abre una galería descendente de escasa profundidad y sin interés.

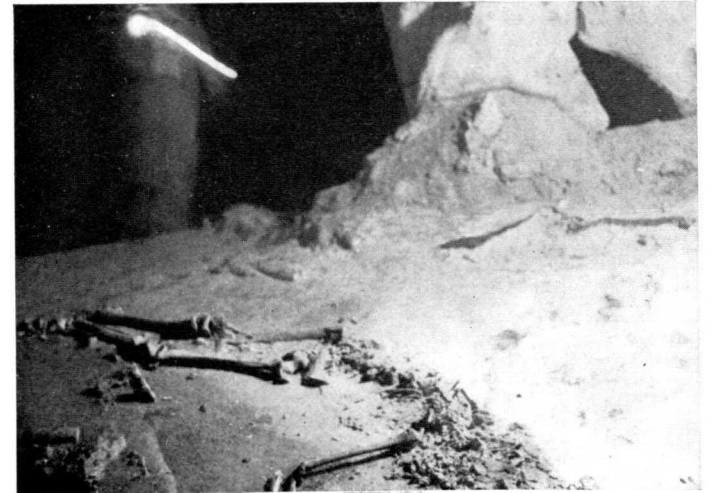
Si se sigue la citada pared se llega a la entrada de una gran galería, que llamaremos el Torrente de las Cascadas, por donde tuvo acceso el agua que llenó esta sala.

La pared Norte es lisa y en el ángulo Noroeste hay un gran montón de arcilla que parece haber sido acumulada por la corriente y que casi obstruye una galería ancha y baja con pequeñas estalactitas, que no permite el paso de una persona, pero que, examinada con los reflectores, no parece continuar. De ser así, sería la salida, o una de las salidas que tendrían las aguas del cauce subterráneo, y que aun hoy se ha podido comprobar que da salida a las mismas.

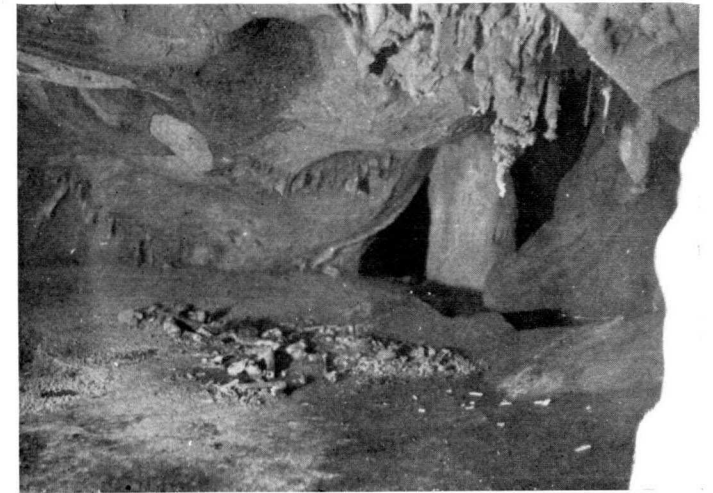
La pared Oeste ofrece un pequeño entrante y algunas estalactitas a no escasa distancia de la pared. En el Sur hay otro pequeño entrante con otra cortina estalactítica.

El interés de esta sala no reside ni en sus dimensiones ni en su decoración, sino en el hallazgo de un esqueleto femenino (núm. 1) en una depresión formada por el agua, donde se mineralizó de tal modo que parte de los huesos quedaron fijos al suelo por la concreción calcárea.

*Torrente de las Cascadas.*—Se inicia en el ángulo Norte de la sala anterior. Es un pasillo de grandes dimensiones que ofrece la particularidad de que su suelo constituyó de manera indudable el cauce de un torrente, pues está formado por una



Posición de los esqueletos. Cueva de la Pileta.



serie de barreras o *gours* perfectamente simétricos, que más parecen obra humana que producto natural, por la perfección de su línea horizontal y por lo liso de sus paredes, que en algunos casos alcanzan la altura de un metro.

Todos estos *gours* son de bordes finísimos y algunos festoneados forman como gigantescas conchas con la parte cóncava en dirección al sentido de la corriente.

Las paredes ofrecen muy buenos ejemplares de columnas y cortinajes estalactíticos cuya belleza se acrecienta por su blancura inmaculada.

El torrente continúa con escasas variaciones de altura y anchura de la bóveda. Hay algunos estrechamientos producidos por los grupos de estalactitas. Su longitud total será de unos 20 metros. Al final, entre grandes columnas y masas estalactíticas, se abre la entrada a la sala siguiente.

*Sala del Dosel.*— Es de gran riqueza de concreciones. El suelo está formado de *gours* en forma de conchas. Hay una pequeña galería ciega a la derecha de la entrada, y en dirección Norte esta sala comunica con un pasillo, en el cual se abren a unos dos metros del suelo dos boquetes que corresponden a una galería. A continuación y con alguna dificultad, por tenerse que rodear un charco de agua muy cristalina, se entra en la salita del Baño de las Hadas.

Se exploró por el guía Tomás Bullón la citada galería, que es una grieta ascendente, hasta llegar a un charco de agua profunda que impidió continuar.

Una nueva exploración efectuada después de nuestra visita por el mismo guía, ha comprobado que este lago mide ocho metros de largo, y que a continuación de él hay unos deslizaderos que no pudo explorar por falta de material adecuado, por cuya razón, hasta que sea explorada por completo esta galería, no puede saberse con exactitud si es un nuevo desagüe del torrente, cuando éste funcionaba completamente

lleno, o si, como creíamos cuando nuestra visita, era el cauce por donde venía el agua de los niveles superiores al torrente, hipótesis en favor de la cual abona el hecho de que a partir de la boca de la galería sufre dos desviaciones: una hacia las salas vecinas del Baño de las Hadas, del Baño del Gnomo, de las Columnas y de la Tribuna, y otra hacia la Sala de la Mujer Muerta, lo cual es apreciable por la dirección de los *gours* y por el descenso del terreno.

*Salitas del Baño de las Hadas y del Baño del Gnomo.*— Tiene el primero de estos departamentos muy buenas estalactitas, cuya descripción sería interminable por la variedad de sus formas. Hemos dado este nombre a la sala por lo hermoso de su decoración, y por tener un charco central de agua cristalina.

En dirección Oeste se pasa a un pequeño recinto de forma circular, en cuyo centro hay una gran estalactita con vistosos sistemas de doseles y columnas, por las cuales y en igual dirección se pasa a otro recinto también con un pequeño charco, que hemos llamado el Baño del Gnomo, que es tal vez, por su decoración, lo más perfecto que existe en la cueva. Sirve de vestíbulo a la sala siguiente.

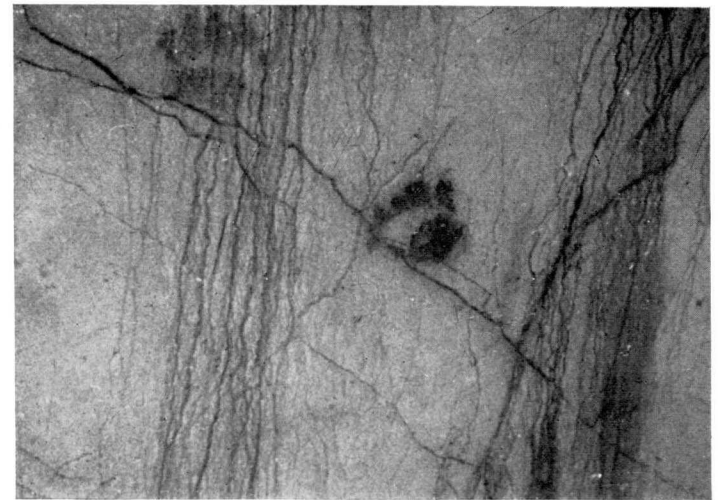
*Sala del Mantón.* — De mayores dimensiones que las anteriores. En su pared Oeste tiene un conjunto estalactítico a modo de escenario, y un espléndido dosel de flecos como un gigantesco mantón, que justifica el nombre que hemos dado a la sala. La salida de la misma está en dirección Norte.

*Sala del Monolito.* — Llamada así por estar dividida su entrada en dos partes casi iguales por un gran bloque desprendido del techo, como otros muchos que dan al salón un aspecto caótico. En la galería de la derecha del citado bloque, apareció el *segundo esqueleto*.

Esta sala es de mayores dimensiones que las anteriores. La bóveda aparece descarnada a causa de los desprendi-



Uno de los esqueletos.



Huellas de manos en la Sala de la Columna.

mientos de bloques, y sólo en las paredes y en las grietas aparecen estalactitas.

En la pared Oeste se abre una chimenea que asciende casi verticalmente. El guía subió por ella unos quince metros, pero no se pudo explorar la totalidad por la angostura, falta de medios y premura de tiempo.

En dirección Noroeste se abre una galería que da paso a la sala siguiente.

*Sala del Bosque encantado.* — Parece por sus juegos de estalactitas y estalagmitas un bosque petrificado. Cerca de la entrada y en una pequeña oquedad de suelo muy bajo estaba el *tercer esqueleto*.

*Sala del Tesoro.* — En la parte Sureste de la sala anterior se abre la comunicación con otra de regulares dimensiones, pero de una decoración muy rica y de una blancura extraordinaria. Las concreciones calizas, al reflejar la luz de las lámparas, tienen destellos de pedrería, que justifican el nombre de la sala, la cual comunica también por un pasadizo, situado detrás de una cortina de estalactitas, con la Sala del Monolito.

*Sala de la Columna.* — Si se atraviesa nuevamente el Bosque encantado, en dirección Noroeste, a través de un laberinto de columnas y de estalactitas muy bajas, se llega por un paso entre dos columnas, y con un pequeño desnivel, a una gran sala que hemos bautizado con el nombre de Sala de la Columna, por semejar un tronco de palmera una gran estalactita que ocupa el centro de la sala. En un entrante de ella y a la izquierda de su entrada apareció el *cuarto esqueleto*.

Al seguir la pared de la derecha según se entra, se llega a una serie de columnas y estalactitas que casi dividen la sala en dos partes. Detrás aparece la columna citada. En la pared Noreste, en que la roca es lisa, se advierten, a la altura de un metro y medio aproximadamente, las huellas de dos manos

rojas. Una de ellas está cubierta de una capa estalactítica, que garantiza su remota antigüedad.

Cómo se produjeron estas huellas plantea un problema de interés y de difícil solución. Sólo podemos aducir una hipótesis, pues salvo los restos esqueléticos encontrados, son los últimos vestigios humanos. No se han hallado ni cerámica, ni sílex, ni el menor indicio de habitación, ni sepulcros intencionados.

Lo que nos parece más probable, es que alguno de los habitantes de las galerías superiores descendiera por alguna chimenea o salida, hoy desconocida, y perdido en aquel laberinto y arrastrado por el torrente apoyase dos veces la misma mano, pero cerrada, pues sólo se ve parte de la palma y una falange, manchadas de fango, en la pared donde también dejó otras huellas, consistentes en chafarrinones del mismo fango. No sería extraño que alguno de los esqueletos, posiblemente el cuarto, haya pertenecido al protagonista de esta tragedia milenaria.

Esta hipótesis es aplicable también a los restantes esqueletos, que deben pertenecer a individuos caídos casualmente de las galerías superiores o de una boca desconocida y que deben corresponder probablemente a la época de ocupación de aquéllas, o sea al Eneolítico inicial o al principio de la Edad del Bronce (Cultura de Almería o de El Argar). También pueden haber sido sorprendidos por una brusca inundación.

Como otras hipótesis pueden indicarse la posibilidad de que fuesen sacrificios de gente joven al espíritu del torrente para obtener agua, o condenados, pues se dan casos en pueblos primitivos de que ciertos delitos se castigan con la pena de muerte ahogando a los reos en el agua. El que los cuatro esqueletos sean de jóvenes y el hallazgo del de la joven al pie de la comunicación con las otras galerías hablan en favor de estas hipótesis.

## NOTAS

1. BREUIL (H.), OBERMAIER (H.) ET VERNER (W.): *La Pileta a Benaolán (Málaga)*. Institut de Paléontologie Humaine. Mónaco, 1915. Gran tomo con XXII láminas.
2. Breuil y Obermaier atribuyen a ella, con duda, los restos de animales, rotos por el hombre, entre los que parece dominar la cabra montés de la Galería de las Tortugas, entre los cuales no han aparecido ni cerámica ni sílex. La duda nos parece justificada. — *Loc. cit.*, pág. 12.
3. *Loc. cit.*, nota 1, pág. 3.
4. *Loc. cit.*, nota 1, págs. 6-7, fig. 1.
5. *Loc. cit.*, nota 1, págs. 8-9, fig. 2.
6. *Loc. cit.*, nota 1, págs. 10-14.
7. CASTILLO (A. DEL): *La cerámica incisa de la Cultura de las Cuevas de la Península Ibérica y el problema del origen de la especie del vaso campaniforme*. Anales de la Universidad. Barcelona, 1922 (pág. 5 de la tirada aparte). — IDEM: *La cultura del vaso campaniforme (Su origen y extensión en Europa)*. Barcelona, 1928, págs. 29-35, y láms. I-III). — BOSCH GIMPERA (P.): *Pyrenäenhalbinsel*. B. § 8. Reallexicon der Vorgeschichte. Tomo X, páginas 354-355. Berlín, 1927-28. — IDEM: *Etnología de la Península Ibérica*. Barcelona, 1932, pág. 75.
8. Cabré (J.) menciona, además de los hallazgos de muchísimos fragmentos de cerámica de las galerías superiores, el de un vaso intacto en el Salón del Pez, escondido debajo de unas estalagmitas. Comete el error de relacionar la cerámica incisa de las galerías inferiores con la encontrada por Siret en Los Millares. — CABRÉ (J.): *El arte rupestre en España*. Memoria primera de la Comisión de Investigaciones paleontológicas y prehistóricas. Madrid, 1915, págs. 224-225. Los trozos recogidos por Cabré han sido estudiados posteriormente por GÓMEZ MORENO (M.) en *La Cerámica primitiva ibérica*. Homenaje a Martins Sarmiento. Guimarães (Portugal), 1933, página 132, fig. 4. Son fragmentos con puntos o bandas curvas incisas con incrustación de pasta roja.
9. El hecho de que esta espada sea del mismo tipo de la encontrada últimamente en La Perla (Villaverde, provincia de Madrid), pudiera ser un argumento para pensar en que la propagación de la cultura argárica al valle



del Tajo se hizo a través de la Mancha y no por la costa y el valle del Jalón, como sucedió con la cultura almeriense. J. Martínez Santa Olalla piensa, en vista del túmulo de Torralba (Ciudad Real), que el camino de expansión de la cultura almeriense para llegar al valle del Manzanares pudo ser también la llanura manchega. La cuestión está oscura, por falta de datos de las regiones intermedias.

10. BOSCH GIMPERA (P.): *Loc. cit.*, nota 7, pág. 175.

11. HERNÁNDEZ-PACHECO (E.): *Las tierras negras del extremo Sur de España y sus yacimientos paleolíticos*. Trabajos del Museo Nacional de Historia Natural. Serie Geológica, núm. 13. Madrid, 1915. — DANTÍN (J.): *Las tierras negras de Marruecos*. (En el mismo volumen.)

12. BREUIL (H.): *Observations sur les terres noires de la Laguna de la Janda*. «L'Anthropologie», t. XXVIII, págs. 235-240. París, 1917.

13. CONDE DE LA VEGA DEL SELLA: *Teoría del Glaciarismo cuaternario por desplazamientos polares*. Memoria número 35 de la Comisión de Investigaciones paleontológicas y prehistóricas, págs. 61-62. Madrid, 1927.

14. VILLAR (E. H. DEL): *Suelos de España*. Primera serie de estudios. 1928-1929. *Revista del Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias*. Madrid, 1929, págs. 131-133 de la tirada aparte.

15. REINERTH (H.): *Die Chronologie der jüngeren Steinzeit in Süddeutschland*. «Beno Filser», Ausbourg, 19... — IDEM: *Die jüngeren Steinzeit der Schweiz*. «Beno Filser», Ausbourg, 1926. — Véanse resenciones de J. Martínez Santa Olalla en el *Anuario de Prehistoria Madrileña*, volumen I, páginas 147-150, Madrid, 1930.

16. Este período se descompone de la siguiente forma: Cultura pre-argárica (Lugárico Viejo), 2000-1700; El Argar, 1700-1400; Final de la cultura argárica, 1400-1200 años a. de J.-C.

JUAN DE LIZAU

Ingeniero de Minas

## NOTA SOBRE UNOS FORAMINÍFEROS DE GUINEA

Del abundante material recogido en dos expediciones a la Guinea Continental Española, la primera de los Sres. Novo y Mendizábal, de junio a septiembre de 1933, y la segunda del Sr. Miralles de Imperial, de diciembre del 34 a febrero del 35, recibí 21 muestras de rocas sedimentarias, donde se creía pudieran existir fósiles microscópicos que sirvieran para fijar el nivel estratigráfico de aquéllas.

Solamente he encontrado tales organismos en una roca procedente de la faja más moderna, que sigue la costa de Norte a Sur, y situada en Punta Cuche, extremo Noroeste de la Colonia.

Es arenisca margosa muy caliza, con biotita y muscovita y cuarzo en cemento calizo; dura, con estratificación que le da aspecto de mazo comprimido de hojas de papel. El fajeado tiene variedad de grises que en conjunto dan un matiz oscuro.

Sólo se encontraron organismos microscópicos pertenecientes al Orden II (Foraminíferos) de la clasificación de Zittel.

### *Familia Lituolidae.*

CRIBROSTOMOIDES? — Este ejemplar está muy mal conservado y no se ha podido hacer por eso una determinación clara del género.

*Familia Textulariidae.*

TEXTULARIELLA CRETOSA. (Figura 1, *a*, vista de lado; *b*, abertura.)—Concha cónica; las últimas cámaras son biseriales, las primeras no se ven bien; muro finamente arenáceo; abertura alargada en el borde interno entre las dos últimas cámaras. Se ven 14 cámaras bien claras, las primeras no se distinguen bien.

Tamaño: un milímetro.

De esta especie se han encontrado varios ejemplares.

*Familia Lagenidae.*

CRISTELLARIA. (Figura 2, *a*, vista de canto; *b*, vista de lado.)—Concha planispiral, simétrica bilateralmente; muro vidrioso algo transparente, lo que impide que se marquen las suturas; seis cámaras a la vista; la abertura no está clara, pero se ve algo del estriado de los radios.

Diámetro: 0,5 milímetros.

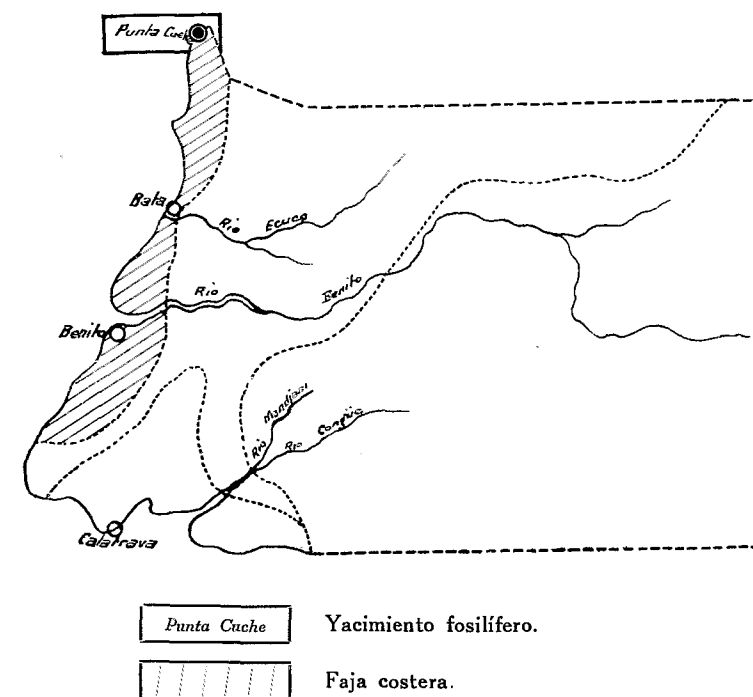
Sólo se encontró un ejemplar.

DENTALINA COMMUNIS. (Figura 3, *a*, vista de lado; *b*, abertura.)—Forma uniserial, un poco curvada, redonda en sección transversal; cinco cámaras, las cuatro primeras vienen a tener el mismo tamaño, la última es algo mayor; suturas oblicuas, pero muy poco marcadas, lo que hace que las cámaras no estén muy individualizadas; superficie lisa y con tonos nacarados. Abertura terminal, redonda, descentrada hacia el lado de la concavidad de la concha; los radios que tiene la abertura están tan marcados que producen un almenado en el borde.

Tamaño: un milímetro.

Se han encontrado tres ejemplares; hemos hecho la des-

## CROQUIS DE LA GUINEA CONTINENTAL ESPAÑOLA



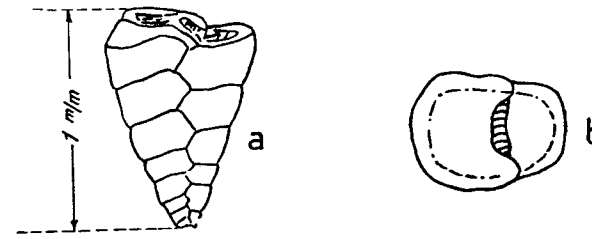


Fig. 1.

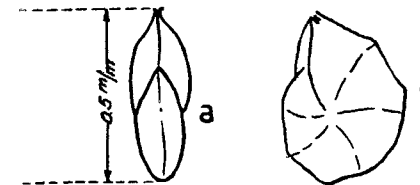


Fig. 2.

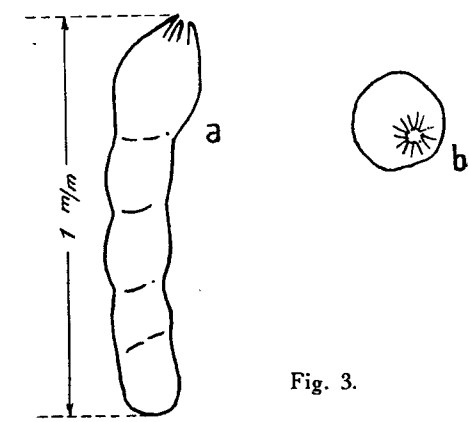


Fig. 3.

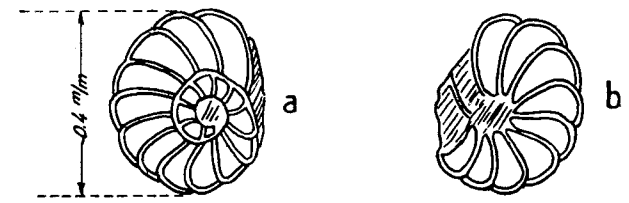


Fig. 4.

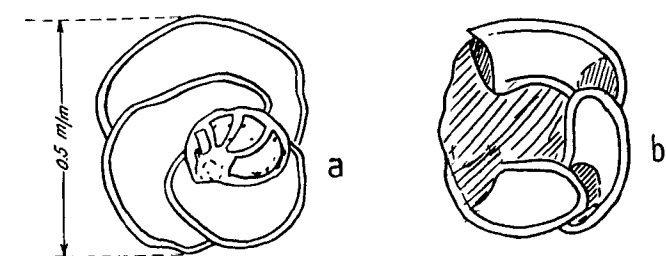


Fig. 5.

cripción del de mayor tamaño, que es el que está mejor conservado.

*Familia Rotaliidae.*

ROTALIA. (Figura 4, *a*, lado dorsal; *b*, lado ventral.)— Concha trocoide, biconvexa; área umbilical cerrada por un tapón transparente; suturas abultadas en los dos lados. Está destrozada la parte del lado ventral donde debía estar la abertura; 22 cámaras en el lado dorsal, 10 en el ventral.

Diámetro: 0,3 milímetros.

*Familia Globorotaliidae.*

ROSALINA LINNEI. (Figura 5, *a*, lado dorsal; *b*, lado ventral.)— Concha trocoide, en el lado dorsal tiene ocho cámaras, las primeras no están bien individualizadas, las dos últimas son de gran tamaño que cubren casi la mitad de la concha. En el lado ventral no se ven más que las tres últimas cámaras, el ombligo está relleno y mal conservado, por lo que no se ven las aberturas de las cámaras. Borde carenal doble que es lo que define a la especie.

Diámetro: 0,5 milímetros.

Un ejemplar ha sido únicamente encontrado.

La *Rosalina linnei* últimamente descrita es una especie que es característica del Cretáceo superior (Senonense) y en algunas ocasiones llega al principio del Eoceno; basándonos en esto se puede clasificar la muestra como perteneciente al Senonense o al Eoceno muy inferior.

JUAN MANUEL LÓPEZ DE AZCONA

---

VALORACIÓN ESPECTRAL  
DE LOS DISTINTOS ELEMENTOS  
QUE CONSTITUYEN UN CUERPO  
FOTOMETRÍAS POR ELONGACIONES  
Y ÁREAS

---

Si un cuerpo lo sometemos a una temperatura suficientemente elevada, sus elementos emiten radiaciones que transportan, del cuerpo que las emite al que las recibe, una energía; se pretende realizar la valoración espectral de cada elemento, por una medición rápida de la energía recibida, que corresponda a una longitud de onda determinada del espectro de emisión de este elemento, la cual es interpolada con relación a las correspondientes a dos cantidades conocidas del mismo que utilizaremos como referencia.

La cantidad del cuerpo a estudiar, que puede ser 0,05 gramos o superior en el caso que operemos por concentración en arco eléctrico (1), y que para unificación de medidas recomendamos sea siempre la misma, se excita por medio de un arco a presión normal, obtenido entre dos electrodos limpios de unos 7 milímetros de diámetro en posición vertical, de los cuales el positivo es el inferior, que tiene practicada una cavidad de 3 ó 4 milímetros de profundidad para colocar la sustancia. Al someter ambos electrodos a una diferencia de ten-

sión de unos 50 voltios, haciendo pasar una corriente de 4 amperios, la que se mantendrá hasta la total volatilización del cuerpo, se pone de manifiesto el espectro del vapor metálico por la descomposición de la llama del arco. Parte de la imagen de esta llama debe caer en la rendija del espectroscopio y para ello se da al arco una altura de 13 a 15 milímetros, procurando que sólo la parte central de la llama caiga en la rendija, que tiene una altura de 3 a 4 milímetros, ya que si lo hiciese la imagen del polo positivo, produciría una veladura, y si fuesen las proximidades de la del negativo, se originaría el «efecto de polo», que produce errores en las fotometrías.

Al igual que en las determinaciones cualitativas, es conveniente obtener a uno de los lados del espectro del problema, un espectro de los carbones o grafitos que empleemos como electrodos, en las condiciones antes indicadas, dando a la exposición una duración de treinta segundos, y tal que la corriente tenga una intensidad de 15 a 20 amperios. Dicho espectro nos pondrá de manifiesto las impurezas de los electrodos, y si están o no en mayor cantidad que en el problema. En el otro lado obtendremos un espectro del hierro haciendo pasar por los electrodos (que en este caso serán dos barras de dicho metal) una corriente de 4 amperios; se produce este espectro con el fin de utilizarlo como referencia para la atribución de las distintas rayas del problema.

Los diversos resultados que damos en este trabajo se refieren únicamente a espectros de arco, aunque igualmente podríamos haber hecho las valoraciones con espectros de chispa, refiriéndonos solamente a los primeros por ser en la mayoría de los casos más uniformes, más exactos y más sencillos, según reconoce el propio Triché en la descripción de sus métodos de chispa (2).

La energía radiante se propaga en línea recta y es des-

compuesta para cada elemento, por los prismas del espectroscopio, en una suma de radiaciones monocromáticas más o menos numerosas, que forman el espectro de dicho elemento, las cuales se pueden suponer existen en la total, repartidas sin regularidad aparente, y se comportan como si estuviese sola, gracias al principio de independencia de las radiaciones monotromáticas. Cada una de ellas corresponde a un fenómeno periódico, de período  $T$ , bien determinado, frecuencia  $\nu = 1/T$  y longitud  $\lambda = cT = c/\nu$ , produciéndose los espectros de rayas por los átomos de los distintos elementos, a diferencia de los de bandas, que se deben a las moléculas. Lockyer ha observado que dentro de los espectros de rayas y para un mismo elemento se producen dos espectros distintos, que corresponden a dos estados diferentes del átomo: uno debido a la excitación por chispa y otro a la de arco. Los dos espectros se presentan con ambos medios de excitación, pero con predominio del que corresponde a cada medio; pueden distinguirse las rayas de chispas en los espectros de arco por ser más cortas, como producidas en las regiones próximas a los electrodos, en los que el campo eléctrico es más intenso. Está confirmado que el espectro de arco se produce por el átomo neutro y el de chispa por el ionizado, originándose, al aumentar la temperatura del campo eléctrico, un aumento de ionización, como consecuencia del aumento de la energía de los choques de los átomos entre ellos o de los choques de los electrones sobre los átomos. El espectro no está formado solamente por rayas, pues aunque en la parte central de arco las moléculas se disocian, dando lugar al espectro de líneas, o sea al de átomos, en la parte externa se forman compuestos con los elementos disocados que produce el espectro de bandas; se recurre al empleo de electrodos de grafito para evitar las bandas de Swan, con lo que también se evitan las rayas de las impurezas de los carbones.

Una vez obtenido el espectro, lo que interesa es recogerlo para calcular su energía y además poder guardarlo para comprobar cualquier día el análisis que hemos realizado. Esto lo hacemos por medio de una película fotográfica ordinaria, que recoge el espectro entre 5.200 Å (\*) y 2.200 Å con un máximo en los 4.500 Å. Para longitudes de onda mayores, se puede sensibilizar la película con erythrosina, que da un máximo de sensibilidad para 5.650 Å, habiéndose alcanzado recientemente (3), con las placas tipo Z, los 12.000 Å con un máximo a los 10.900 Å, es decir, en la zona infrarroja, la que termina a los 8.000 Å. En la zona ultravioleta, que empieza a los 3.900 Å, nos encontramos con que el aumento de absorción por la gelatina, impide a las radiaciones de corta longitud de onda el penetrar en el interior de la emulsión para impresionar los gránulos de bromuro de plata, por lo cual hemos de utilizar como sensibilizador una sustancia fluorescente para los rayos ultravioleta, o sea un cuerpo que para dichas radiaciones se activan sus moléculas y después de una vida media del orden de una cienmillonésima de segundo se desactivan de acuerdo con la conocida ley de Stokes, es decir, que la longitud de onda de los rayos visibles o no emitidos por fluorescencia, sea más grande que la longitud de onda  $\lambda$  de los rayos que vienen del exterior y provocan la fluorescencia (4). Dicho aumento de longitud es enorme en algunos casos, pues determinados rayos ultravioleta e incluso rayos X pueden por fluorescencia producir rayos amarillos; estas radiaciones de mayor longitud de onda, es decir, de menor frecuencia, penetran ya en la gelatina, impresionándola y produciendo un ensanchamiento de las rayas, debido a que la luz de fluorescencia es emitida en todas direcciones. Con este fin hicieron experiencias Duclax y Geantete (5), cubriendo la emulsión con

(\*) Å Angström, unidad de longitud, equivale a  $10^{-8}$  cm.

una capa muy fina de aceite de motores, y para eliminar este aceite antes del revelado, empleamos acetona o benceno; se obtienen por este procedimiento de sensibilizar empleado corrientemente en espectroscopia desde el año 1921, espectrogramas hasta una longitud de onda de 1.850 Å. En la actualidad existen placas que aun con gelatina, al contrario de las Schumann, dan con un tratamiento adecuado magníficos resultados, como ocurre con las Superfulgur, con las cuales se trabaja en muy buenas condiciones hasta los 1.600 Å (6), y con las Lumière etiqueta azul, con las que también se obtienen resultados satisfactorios hasta los 700 Å (7).

A partir de los 2.150 Å disminuye la luminosidad del espectro debido a la absorción del cuarzo (el vidrio sólo se puede emplear hasta los 3.600 Å), por lo que es recomendable para esta longitud que la óptica sea de fluorina o sal común, encontrándonos con que a los 1.850 Å es considerable la absorción del aire, por lo cual, siguiendo a Schumann, nos veremos obligados a hacer el vacío en el aparato, con lo que se alcanzarán los 1.200 Å, límite impuesto por la absorción de la fluorina y del cloruro de sodio. Para longitudes menores, es decir, para la zona Lyman, debe recurrirse a las redes, con las que se alcanzan los 90 Å, y entonces se observa que el espectro óptico y el de rayos X tienen una zona común de los 200 a los 90 Å.

Si consideramos que los átomos de los elementos del cuerpo a analizar están en su nivel más bajo de energía, por ser el que corresponde a su estado normal, al excitarlo por medio del arco, según hemos dicho anteriormente, les hacemos pasar, gracias a la energía que les comunicamos, a un nivel más alto, o sea a un estado activo, y como ellos han de tender a volver a su nivel normal, tendrán que emitir cierta energía, tanto mayor cuanto más alto sea el nivel a que lo hemos elevado, cuya energía es transportada con la velocidad

de la luz (\*), bajo la forma de fotones, los que, como se ve, nos recuerdan a pequeñísimos proyectiles que tienen una energía  $\frac{hc}{\lambda}$  y una masa  $\frac{h}{\lambda c}$  (\*\*\*) conocida como se ve para cada longitud de onda e inversamente proporcional a ésta, y cuyo número es proporcional para cada elemento al de sus átomos; se recogen de dichos fotones por el espectroscopio solamente los que quedan aislados por la rendija  $A$  (fig. 1.<sup>a</sup>).

La energía transportada por estos fotones aislados viene dada por  $dW = e \frac{ds}{r^2} = ed\omega$ , en la que  $ds$  representa la abertura de la rendija,  $r$  la distancia del manantial de energía a la rendija y  $e$  la intensidad energética del arco en la dirección del espectroscopio, es decir, suponiendo la emisión uniforme, la energía emitida por segundo en esta dirección y por unidad de ángulo sólido.

Generalmente se coloca entre el arco y la rendija una lente  $C$  tal que sus focos coinciden con ambos, con lo que el valor de  $r$  será constante, apareciendo concentrada la energía en la rendija  $A$ ; la única variable  $s$  es un rectángulo cuya altura viene dada por la pantalla que cubre parte de la rendija, y cuyo ancho nos lo da el tornillo micrométrico que sirve para graduar esta última, ancho que debe mantenerse constante, al igual que la altura para cada serie, con el fin de que también sea constante  $ds$ .

Aunque en espectroscopia existe copiosa literatura sobre análisis cuantitativos, los autores de la mayoría de los trabajos emplean la chispa como medio de excitación, siendo escasos los que emplean el arco, y entre estos últimos destacan los rápidos métodos del profesor Piña de Rubíes (8), que utiliza

(\*) La velocidad  $c$  de la luz es  $3.10^{10}$  cm./seg.

(\*\*)  $h$  es la constante de Planck y vale  $6,55.10^{-27}$  ergs. seg.

las que podríamos llamar rayas últimas para cada proporción y elemento, es decir, que da por elemento y para distintas proporciones, que son: 1, 0,1, 0,01 por 100, etc., sus rayas e intensidades (\*), con estos estados de rayas de sensibilidad cuantitativa, podremos decir al obtener el espectro, siempre que lo haya sido en las mismas condiciones en que dicho autor determinó las tablas, si el elemento estudiado entra en la proporción de  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$  ó  $10^{-4}$  y para algunos como el Be hasta  $10^{-7}$ , en los 0,05 gramos colocados en el arco. A este método, propio para valorar elementos que entran en pequeñas proporciones, a no ser que operemos por dilución, su autor lo denomina cualicuantitativo, ya que tiene la ventaja de que al mismo tiempo que se hace la cualitativa se puede dar una cuantitativa aproximada, que es suficiente en la mayoría de los casos que se presentan en Geoquímica; claro que esta aproximación en algunos problemas es insuficiente y por ella hay que ampliar los métodos.

Para hacer las valoraciones por los métodos que vamos a describir, es decir, para medir la energía  $W$ , es necesario conocer las opacidades, y para ello debemos fotometrar las rayas, lo que hemos realizado con el fotómetro Moll del Instituto Nacional de Física y Química.

El mencionado fotómetro registrador (fig. 2.<sup>a</sup>) consta de una lámpara  $A$  alimentada por una batería  $B$  de voltaje graduable por medio de un reóstato  $V$ ; el filamento de la lámpara se proyecta por una lente convergente  $N$  sobre la rendija micrométrica  $R$ , con lo cual tenemos realizado un foco luminoso que se proyecta con un condensador  $C$  sobre la película  $G$  cuya opacidad queremos medir.

Esta imagen es proyectada con un condensador  $P'$  sobre un par termoelectrónico  $T$  que lleva delante una rendija micro-

(\*) Tiene, en colaboración con sus discípulos, terminadas estas escalas semicuantitativas para 68 elementos.



métrica  $R'$ , midiéndose la corriente del par por un galvanómetro  $G$ . Con este dispositivo el haz luminoso procedente de la lámpara atraviesa la película en forma de estrechísimo rectángulo, imagen de la rendija  $R$ , cuya altura se puede variar mediante un diafragma en forma de doble cuña, colocado delante de dicha rendija.

El registro se hace mediante un rayo luminoso que, después de reflejarse en el espejo del galvanómetro, cae sobre una cinta de papel sensible que forra un tambor provisto de movimiento solidario con el desplazamiento de la película, movimiento bastante más rápido que dicho desplazamiento en proporción graduable. El desplazamiento del spot se gradúa con el diafragma de cuña y las rendijas micrométricas de manera que la curva descrita caiga siempre sobre el papel sensible; debe tenerse la precaución de conservar para toda determinación las mismas posiciones de la doble cuña y de los tornillos micrométricos, siendo el error alcanzado por este fotómetro cuando se maneja con cuidado inferior al 2 por 100; no se han podido hacer las fometrías con el Koch (Zeiss) del Instituto Geológico y Minero, con el cual el error es inferior al 1 por 100, por estar efectuándose su traslado a la sala de Fotometría.

La curva que da las opacidades (\*) de una radiación determinada, por ser consecuencia de un fenómeno casuístico, ha de tener la forma representada en la figura 3.<sup>a</sup>, denominándose densidad o ennegrecimiento en el punto considerado  $I$  a  $D_1 = \lg \frac{E_0}{E_1}$ , en la que suponemos que la desviación del spot del galvanómetro es función de la luz incidente.

Expuestas estas generalidades, vamos a tratar de la manera

(\*) Muchos autores denominan opacidad al cociente  $\frac{E_0}{E_1} > 1$ ; nosotros denominamos opacidad a  $E_1$ , únicamente por comodidad en el lenguaje.

de hacer las valoraciones, presentándose dos caminos: el de elongaciones, es decir, el considerar solamente los valores de los ennegrecimientos máximos, o bien el de áreas, que consiste en considerar la suma de los valores correspondientes a la curva logarítmica, es decir, el operar con la integral definida o superficie de ésta transformada.

Si operamos por elongaciones, sabemos que la curva que nos da los ennegrecimientos en función de los logaritmos de la energía recibida tiene aproximadamente la forma representada por la figura 4.<sup>a</sup>, en la que se ve que una parte es sensiblemente una recta, es decir, que en este segmento los ennegrecimientos son proporcionales a los logaritmos de las energías recibidas aumentados en una constante, operando en la actualidad en este tramo únicamente; en él se verifica  $D = K \cdot \lg W + k$ , siendo 1,2 el valor máximo de ennegrecimientos que solemos utilizar y en la que  $K$  y  $k$  son constantes, funciones de la longitud de onda, clase de película y desarrollo de la misma; el revelado desde luego ha de ser a fondo; cuando existe una larga interrupción en la toma del espectro o cuando operamos por concentración recurriendo a varias exposiciones de bastante duración, es conveniente emplear un revelador de hidroquinona que puede estar en la proporción de 10 gramos por litro, con lo cual se evitará la influencia de las variaciones de la imagen latente (9), debiendo procurarse asimismo, que no existan variaciones en el proceso de secado de cada película.

La marcha consiste en determinar los ennegrecimientos para una longitud de onda dada y para dos cantidades conocidas que tomamos como referencia y a continuación interpolamos con relación a estos ennegrecimientos el correspondiente al problema que queremos valorar, lo que nos dará el tanto por ciento buscado, interpolación que se hace rápida y cómodamente empleando papel bilogarítmico (fig. 5.<sup>a</sup>), toman-

do según uno de los ejes coordenados las proporciones en que entran los elementos y según el otro los cocientes  $\frac{E_0}{E_1}$ .

Como ejemplo de las determinaciones realizadas damos en el cuadro 1 las valoraciones espectrales de unas muestras de litio en las que las proporciones en que entraba dicho elemento eran conocidas. La longitud de onda con que se hizo la valoración es  $2.741,30 \text{ \AA} - 10 \text{ R} - 2 \text{ R} (*)$  y los términos con relación a los que hemos interpolado 0,5 y 10 por 100.

Vemos que para estas valoraciones sólo hemos utilizado ennegrecimientos, que son función de los puntos de las curvas de campana, de mayor y menor opacidad; pero si queremos hacer que la valoración sea un reflejo lo más perfecto posible de la energía recibida por la emulsión, se tendrán que tener en cuenta todos los puntos de cada una de las curvas de campana, es decir, operar como habíamos dicho antes, por áreas; la curva que nos da la superficie de la transformada logarítmica de la campana de ennegrecimiento en función de la energía, o sea de los tantos por ciento (no de su logaritmo), tiene una forma parecida a la de la figura 4.<sup>a</sup>

Vamos a considerar, al igual que hicimos con el caso de elongaciones, un problema de valoración del litio, elemento en el que más se aprecia la rapidez de las aplicaciones de los métodos espectrales a la geoquímica y para el que la sensibilidad con nuestros métodos y aparatos alcanza  $10^{-4}$ ; en este problema tomamos como términos de referencia el 2 y el 8 por 100 y como desconocido unos preparados de antemano que tenían 3, 4, 5 y 6 por 100 de dicho elemento. La figura 6.<sup>a</sup> representa una fotometría de la raya del Li  $2.741,30 \text{ \AA} - 10 \text{ R} - 2 \text{ R}$ ; una vez obtenida esta fotometría hay que de-

(\*) H. KAYSER: *Tabla de las principales rayas de los distintos elementos*. Berlín, 1926. (El primer número que figura a continuación de la longitud de onda es la intensidad de la raya en arco y el segundo en chispa.)

Primer cuadro.

## VALORACIÓN POR ELONGACIONES

POR CIENTO DE Li	$E_0$	$E_1$	$\frac{E_0}{E_1}$	POR CIENTO DE Li CALCULADO	DIFERENCIA EN Li CON EL REAL	DIFERENCIA EN 100 UNIDADES DE Li
0,5	63,9	47,2	1,35	0,5	referencia	—
1	76,7	35,7	2,15	1,05	+ 0,05	5,0
2	82,8	27,5	3,01	1,85	— 0,15	7,5
4	86,8	19,1	4,57	3,7	— 0,3	7,5
5	91,9	16,3	5,63	5,3	+ 0,3	6,0
6	69,1	11,5	6,03	6,0	0,0	0,0
8	75,0	10,1	7,44	8,3	+ 0,3	3,7
10	72,3	8,6	8,40	10	referencia	—

ducir las transformadas logarítmicas de las curvas que vienen dadas en la figura 7.<sup>a</sup>; para logaritmar la curva rápidamente, empleamos papel logarítmico, haciendo la transformación de milímetro en milímetro de desplazamiento del papel fotográfico, leemos para cada una de estas posiciones la distancia  $E_1$  del punto correspondiente de la campana dada por el fotómetro, a la opacidad máxima, y esta lectura se toma en el papel logarítmico, dándonos el lugar de estos puntos la curva de campana logarítmica, la que planimetraremos; para el caso que estamos estudiando podemos establecer el cuadro número 2, en el que hemos utilizado para las interpolaciones papel milimetrado (fig. 8.<sup>a</sup>), de acuerdo con lo dicho en el párrafo anterior. Por elongaciones y para la misma fotometría hubiéramos obtenido la tabla de valores número 3, resultados que comparamos en el cuadro número 4 para que resalte la diferencia entre ambos métodos.

Por este último cuadro vemos que los errores que se cometen empleando el método de áreas, son menores que los debidos al de elongaciones, por lo que somos partidarios de dicho método; claro que éste presenta el inconveniente del considerable tiempo que exige para obtener las transformadas de las curvas de opacidades así como para planimetrarlas; esta última operación debe efectuarse varias veces a fin de que el error sea lo menor posible; nosotros acostumbramos a hacerla diez veces por comodidad en los cálculos, lo que nos da un error menor del 1 por 100.

En el cuadro número 4 podemos observar que para valores correspondientes al 3 por 100 de Li, hemos obtenido para 100 unidades un error por el método de superficie de - 9 y por elongaciones + 6,6, lo que de primera intención puede sorprender; pero examinada detenidamente la película, podríamos comprobar que en este término había una pequeña tara que ocasionó un aumento en el ennegrecimiento máximo,

Segundo cuadro.

### VALORACIÓN POR ÁREAS

(CORRESPONDE A LA FOTOMETRÍA FIG. 6.<sup>a</sup>)

POR CIENTO DE Li	ÁREA LOGARÍTMICA	POR CIENTO DE Li CALCULADO	DIFERENCIA EN Li CON EL REAL	DIFERENCIA EN 100 UNIDADES DE Li
2	93,3	2	referencia	—
3	109,7	2,73	— 0,27	9,0
4	138,0	3,93	— 0,07	1,7
5	149,3	4,45	— 0,55	11,0
6	184,9	5,95	— 0,05	0,8
8	231,3	8	referencia	—

## Tercer cuadro.

## VALORACIÓN POR ELONGACIONES

(CORRESPONDE A LA FOTOMETRÍA FIG. 6.<sup>a</sup>)

POR CIENTO DE Li	$E_0$	$E_1$	$\frac{E_0}{E_1}$	POR CIENTO DE Li CALCULADO	DIFERENCIA EN Li CON EL REAL	DIFERENCIA EN 100 UNIDADES DE Li
2	79,25	26,00	3,05	2	referencia	—
3	64,40	15,75	4,09	3,20	+ 0,20	6,6
4	63,00	13,50	4,67	3,85	— 0,15	3,7
5	66,25	14,00	4,74	4,20	— 0,80	16,0
6	71,75	12,00	5,98	5,70	— 0,30	5,0
8	58,50	7,75	7,55	8	referencia	—

## Cuarto cuadro.

## COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS DE ÁREAS Y ELONGACIONES

POR CIENTO DE Li	MÉTODO DE ÁREAS		MÉTODO DE ELONGACIONES	
	VALORES CALCULADOS	DIFERENCIA EN 100 UNIDADES DE Li	VALORES CALCULADOS	DIFERENCIA EN 100 UNIDADES DE Li
2	2	—	2	—
3	2,73	9,0	3,20	6,6
4	3,93	1,7	3,85	3,7
5	4,45	11,0	4,20	16,0
6	5,95	0,8	5,70	5,0
8	8	—	8	—

y, por consecuencia, al operar por elongaciones, un valor superior al real, lo que ocasiona al parecer una compensación de parte del error que nos hubiera dado la película perfecta; puede ser esto una verdadera excepción, por haber visto en varios casos que se nos han presentado, al hacer valoraciones de Li, Sn, Hg, que los defectos de las películas dan mayores errores por el método de elongaciones que por el de áreas.

Por el método que hemos descrito, que podríamos llamar absoluto, hemos tenido errores máximo de hasta 16 por 100 por elongaciones y 11 por 100 por áreas; como tales errores resultan algo excesivos, hemos recurrido a hacer valoraciones relativas empleando un procedimiento fundado en una idea clásica en los análisis espectrográficos cuantitativos: el que consiste en añadir en todos los términos, es decir, en los que tomamos como referencia y en los desconocidos, o sea en los que vamos a valorar, una cantidad constante de un elemento que no forme parte del cuerpo que vamos a estudiar, y en lugar de operar por elongaciones o áreas correspondientes a las radiaciones del elemento que queremos estudiar, operamos con los cocientes de dividir dichas elongaciones o áreas por las correspondientes del término testigo; de esta manera se eliminan varios errores, como son: variación de la corriente de excitación, desenfoque del arco sobre la rendija del espectroscopio, calidad de la película, duración del revelado, pérdida de sustancias, etc.

Con el fin de que se vea más claramente la diferencia entre el método denominado absoluto y el relativo, damos a continuación un ejemplo sacado de entre los varios que tenemos, en el que queda bien palpable dicha diferencia.

Se trata, como en los ejemplos anteriores, de valorar el litio, tomando como término testigo el sodio, siendo la cantidad de Li de los términos que tomamos como referencia 0,02 por 100 y 0,1 por 100, y los conocidos y que vamos

Quinto cuadro.

## VALORACIÓN POR ÁREAS, MÉTODO ABSOLUTO

POR CIENTO DE Li	ÁREA LOGARÍTMICA	POR CIENTO DE Li CALCULADO	DIFERENCIA EN Li CON EL REAL	DIFERENCIA EN 100 UNIDADES DE Li
0,02	848	0,02	referencia	—
0,05	1,298	0,0680	+ 0,0180	36,0
0,06	1,256	0,0638	+ 0,0038	6,3
0,08	1,564	0,0963	+ 0,0163	20,4
0,1	1,600	0,08	referencia	—

a determinar 0,05, 0,06 y 0,08 por 100. Operamos desde luego por áreas, estableciendo para el Li la tabla de valores número 5, en la que vemos que por el método absoluto tenemos errores considerables, por lo cual lo hemos dado previamente; establezcamos el cuadro correspondiente al término testigo, que se añade intencionadamente en todas las muestras por igual y en cantidad apropiada para poder hacer la comparación con la doble raya del sodio  $\lambda = 3302,34 - 9R - 9R$  y  $\lambda 3302,94 - 8R - 8R$ , siendo los valores de la superficie logarítmica correspondientes a dichas longitudes, y para los distintos términos, los siguientes:

POR CIENTO DE Li	ÁREA LOGARÍTMICA DE Na
0,02	668
0,05	682
0,06	622
0,08	628
0,1	588

por el que vemos que las áreas no son constantemente iguales a pesar de que la cantidad de sodio fué la misma para los cinco términos de la serie. Esta diferencia es debida a que la toma del espectro fué deficiente o a que se perdió algo de sustancia.

Comparamos las dos series de valores en el cuadro sexto con el fin de deducir la proporción verdadera en que entraba el litio en cada uno de los términos de la serie, estableciendo en dicha comparación los cocientes de las áreas logarítmicas del Li y del Na. La figura 9.<sup>a</sup> representa los valores absolutos que miden dichas superficies, en la que se ve que las variaciones de inclinación de los segmentos de cada una de las líneas quebradas correspondientes a una misma longitud de onda, que une los puntos correspondientes al mismo tanto por ciento, tienen cierta concordancia.

Sexto cuadro.

### VALORACIÓN POR ÁREAS, MÉTODO RELATIVO

(CORRESPONDE AL CUADRO 5.º)

POR CIENTO DE Li	ÁREA LOGARÍTMICA Li $\lambda = 3292,67$	ÁREA LOGARÍTMICA Na $\lambda = 3302,34$	ÁREA Li ÁREA Na	Li CALCULADO	DIFERENCIA EN Li CON EL REAL	DIFERENCIA EN 100 UNIDADES DE Li
0,02	848	668	1,40	0,02	referencia	—
0,05	1298	682	1,88	0,0485	— 0,0015	3
0,06	1256	622	2,04	0,0580	— 0,0020	3,3
0,08	1564	628	2,48	0,0845	+ 0,0045	5,6
0,1	1600	588	2,74	0,1	referencia	—

Para el término 0,05 obtenemos por el método relativo un error de 3 por 100, y por el absoluto 33 por 100; para el término 0,06 obtenemos como errores 3,3 y 6,3 por 100 respectivamente, y para el 0,08 se tiene 5,6 y 20,4 por 100; de donde podemos sacar la conclusión de que siempre es preferible el método relativo, y que incluso en caso como el presente, en que parece que la toma del espectro debía desecharse por defectuosa, obtenemos resultados admisibles, o al menos así lo consideramos nosotros el 3 por 100 en un elemento que entra en la proporción 0,05 por 100, no siendo fácil en las condiciones en que operamos actualmente tener resultados mejores, pues hemos dicho que el error del fotometrado era 2 por 100, y el del planimetrado 1 por 100, teniendo que tener, además, en cuenta, los defectos de colocación y adaptación de la película al portapelículas y las imperfecciones propias de aquéllas.

Estas marchas que hemos señalado, tanto por elongaciones como por áreas, por el método relativo como por el absoluto, tienen un inconveniente: el de que su empleo está limitado al segmento recto de las curvas de ennegrecimiento y de superficies logarítmicas, por lo que, cuando el elemento a determinar entra en grandes proporciones, no resulta aplicable, a no ser que operemos por dilución, encontrándonos también con otra limitación que se presenta en el caso de grandes ennegrecimientos, que es el debido a la medida de las opacidades; claro que puede quedar el recurso de acudir a otras rayas del mismo elemento menos intensas en arco, pero esto no es siempre posible, bien porque estas últimas estén muy próximas a los de otro elemento que forme parte del problema, que no sean de la misma naturaleza que los elementos testigos, que caigan en una banda, etc., siendo ésta la razón por la que estamos ensayando otro método.

El año 1934, el profesor Piña (10) lanzó la idea de que

para hacer la valoración de elementos que entran en grandes cantidades se debía poner un paquete de películas y sumar los ennegrecimientos de todas aquellas que han sido impresionadas para la longitud de onda con que estamos operando, con el fin de tender a obtener el ennegrecimiento total, es decir, un método que podríamos denominar estratigráfico; esta idea, que fué recogida por el profesor Palacios, y gracias a una acertada modificación de éste, ha dado resultados satisfactorios, en su aplicación a los rayos X (\*), siendo el método que emplea análogo al que a continuación damos:

El método está fundado en que el ennegrecimiento de la primera película no es el que en realidad debía ser, ya que después de haber alcanzado la solarización, la energía recibida no aumenta el ennegrecimiento, lo que se ve en la figura 4.<sup>a</sup>, en la que las abscisas son las cantidades de sustancia y las ordenadas los logaritmos de los ennegrecimientos, por lo que aunque midamos éstos en la segunda, tercera, etc., y lo sumemos a la primera, el total, como es natural, no da el debido ennegrecimiento, sino uno menor a causa de la solarización y del valor umbral, por lo que se tiene que recurrir a otro procedimiento que nos dé el ennegrecimiento teórico que alcanzaría la primera película, el que aparece representado en la figura 10.<sup>a</sup>

Supongamos un paquete de películas (fig. 11.<sup>a</sup>) de las que sus emulsiones las representamos  $S_1, S_2, \dots, S_n, \dots$ , y si consideramos que la energía incidente para una longitud  $\lambda$  es  $I_\lambda$ , denominándose el coeficiente  $a_\lambda$  «coeficiente propagación para la longitud  $\lambda$ », es éste:  $a_\lambda = e^{-\mu x}$ , en la que  $x$  representa el valor del espesor de la emulsión atravesada y  $\mu$  una constante; tomando este coeficiente para 2, 3, ..., y en general para  $n - 1$  películas atravesadas se tendrá que el espesor de

(\*) Los interesantes trabajos sobre este particular del profesor Palacios y sus discípulos están en prensa.

la emulsión es  $(n - 1) x$ , o sea que  $a_{(n-1)\lambda} = e^{-(e-1)nx} = a_{\lambda}^{n-1}$ . De la energía propagada  $a_{\lambda} I_{\lambda}$ , la segunda película habrá recogido  $a_{\lambda} E_{1\lambda}$ , y se propagará  $a_{\lambda}^2 I_{\lambda}$ , recogiendo la tercera  $a_{\lambda}^2 E_{1\lambda}$ , ..., y la  $n$ ,  $a_{\lambda}^{n-1} E_{1\lambda}$ ; nos interesa, por lo tanto, determinar este coeficiente.

Si consideramos las películas que ocupan los lugares  $r$  y  $n$  tendremos:  $E_{r\lambda} = E_{1\lambda} \cdot a_{\lambda}^{r-1}$ ,  $E_{n\lambda} = E_{1\lambda} \cdot a_{\lambda}^{n-1}$ . De donde  $\frac{E_{n\lambda}}{E_{r\lambda}} = \frac{a_{\lambda}^{n-1}}{a_{\lambda}^{r-1}} = a_{\lambda}^{n-r}$ . Si éstas son consecutivas, es decir,  $n = r + 1$ , se tendrá  $\frac{E_{(r+1)\lambda}}{E_r} = a_{\lambda}$ , luego esto nos dará la manera de determinar dicho coeficiente, que conocido nos permite valorar el ennegrecimiento teórico de la primera película  $E_{1\lambda} = \frac{E_n}{a_{\lambda}^{n-1}}$ , así como la energía recogida en el paquete de películas, que es  $I_{\lambda} = \sum_{n=0}^{\infty} a_{\lambda}^n E_{1\lambda} = \frac{E_{1\lambda}}{1-a_{\lambda}} = \frac{E_{n\lambda}}{a_{\lambda}^{n-1}} \cdot \frac{1}{1-a_{\lambda}}$ . Por estas fórmulas se ve cómo en función del ennegrecimiento de la emulsión que ocupa el lugar  $n$  y el de una inmediata, podemos valorar el ennegrecimiento teórico de cualquiera de ellas y la energía incidente.

En el caso particular de rayos X la curva de la figura 10.<sup>a</sup> se puede considerar como una recta que pasa por el origen, pues no existe valor umbral. Si el término de referencia tiene un ennegrecimiento  $e_{r\lambda}$ , su energía es  $i_{\lambda} = \frac{e_{r\lambda}}{a_{\lambda}^{r-1}} \cdot \frac{1}{1-a_{\lambda}}$ , y por ser dicha curva una recta se tendrá que la energía total correspondiente a esta radiación y para el término que queremos determinar es  $I_{\lambda} = \frac{E_{n\lambda}}{e_{r\lambda}} \cdot a_{\lambda}^{n-1} \cdot i_{\lambda}$ , y como las energías son proporcionales a las cantidades de sustancia, para determinar el tanto por ciento que nos interesa, es suficiente establecer el cociente entre el ennegrecimiento de la película

objeto del problema que ocupa el lugar conveniente y la del término de referencia que ocupa el lugar apropiado y multiplicar este cociente por el coeficiente de absorción elevado a una potencia igual a la diferencia de los números que representan los lugares de las películas cuyos ennegrecimientos hemos medido, y multiplicar dicho producto por el tanto por ciento del elemento de referencia.

En espectroscopia óptica, a la que estamos estudiando la aplicación de dicho método, no podemos hacer esto, debido al valor umbral, así es que necesitamos además del término correspondiente al problema dos términos de referencia. Si suponemos que las películas, en las que los términos de referencia que tienen ennegrecimiento apropiado para la longitud de onda  $\lambda$ , ocupan los lugares  $p$  y  $q$ , siendo  $q$  mayor que  $p$ , y que los ennegrecimientos respectivos son  $e'_{p\lambda}$  y  $e''_{q\lambda}$ , se tendrá que las energías son  $i' = \frac{e'_{p\lambda}}{a_{\lambda}^{p-1}} \cdot \frac{1}{1-a_{\lambda}}$ ,  $i'' = \frac{e''_{q\lambda}}{a_{\lambda}^{q-1}} \cdot \frac{1}{1-a_{\lambda}}$  y si la del problema ocupa el lugar  $n$ , se tiene  $I_{\lambda} = \frac{E_{n\lambda}}{a_{\lambda}^{n-1}} \cdot \frac{1}{1-a_{\lambda}}$ , estos tres valores podemos considerarlos como si correspondiesen a una línea recta, y si denominamos  $P$ ,  $Q$  y  $N$  a los tanto por ciento respectivos, se tendrá:

$$N = P + (P - Q) \cdot \frac{\frac{e_{n\lambda}}{a_{\lambda}^{n-1}} - \frac{e'_{p\lambda}}{a_{\lambda}^{p-1}}}{\frac{e'_{p\lambda}}{a_{\lambda}^{p-1}} - \frac{e''_{q\lambda}}{a_{\lambda}^{q-1}}} = P + (Q - P) \frac{e_{n\lambda} a_{\lambda}^{q-n} - e'_{p\lambda} a_{\lambda}^{q-p}}{e''_{q\lambda} - e'_{p\lambda} a_{\lambda}^{q-p}}$$

Claro que en la práctica no hay que hacer estos cálculos por resolverse rápidamente y con bastante exactitud en papel bilogarítmico.

En este método estratigráfico, efectuamos los ensayos pri-



meramente por elongaciones, aunque también hemos hecho algunos por áreas; en los que hemos observado que las rayas se van desenfocando conforme profundizamos en el paquete de películas, lo que complica en estos primeros ensayos la valoración de las elongaciones y las superficies.

Vemos, pues, que teóricamente el método estratigráfico es posible, pero vamos a ver lo que ocurre en la práctica; si superponemos dos películas corrientes y obtenemos, por ejemplo, un espectro del hierro, al que le damos un minuto de exposición, en las condiciones en que nosotros trabajamos nos encontramos con que la segunda película sólo se impresiona hasta  $2.600 \text{ \AA}$ , habiendo determinado los coeficientes de absorción para algunas de estas longitudes de onda con la película empleada corrientemente por nosotros «Eatsman Pancromática» (cine Kodak), no dando sus valores hasta hacer una revisión de los mismos; si sensibilizamos la primera película, vemos que el espectro de la segunda alcanza hasta  $2.300 \text{ \AA}$ , es decir, tenemos más longitud del espectro que podemos utilizar y conseguimos que sean más penetrantes para las películas las radiaciones que más interesan al analista.

El problema se reduce al estudio de los sensibilizadores; hemos hecho estudios empleando como sensibilizador aceite de motores, clorofila disuelta en alcohol y clorofila disuelta en aceite de ricino, los que hasta la fecha no nos han dado resultados plenamente satisfactorios; debido a esto, últimamente hemos cambiado de sensibilizador, empleando salicilato de sodio disuelto en alcohol al 10 por 100, siendo de gran importancia esta proporción, pues la sensibilidad disminuye rápidamente al pasar de la concentración óptima, y dejamos la primera película del paquete, que es la que sensibilizamos durante un minuto en dicha solución, lo que ocasiona además de un aumento de sensibilidad para las radiaciones ultravioleta, un aumento de contraste; nos han servido de orientación

para el empleo como sensibilizador del salicilato de sodio los trabajos de Chevalier y Dubouloz (11) sobre sensibilización de las células fotoeléctricas; dichos autores determinaron la curva que representa la intensidad de la luz de fluorescencia en función de la longitud de onda de la luz excitatriz, la que es sensiblemente una recta entre  $3.100$  y  $2.300 \text{ \AA}$ ; como dicha intensidad de la luz de fluorescencia aumenta cuando disminuye la longitud de onda de la radiación excitatriz, la referida curva nos permite por su segmento recto, en primer término, el comparar radiaciones de distinta longitud de onda dentro de dicho tramo, y en segundo, conseguir una compensación de la pérdida de sensibilidad conforme avanzamos en la zona ultravioleta; para dicho sensibilizador está comprobado que la distribución de la energía, entre las diferentes longitudes de onda del espectro de fluorescencia, es independiente de la intensidad y la longitud de onda de la radiación incidente.

Para ultimar la determinación de los coeficientes de absorción y revisión de los ya valorados, con este y otros sensibilizadores, que es el punto más interesante de este método, tenemos gran cantidad de material preparado, pendiente de fotometrar, por lo que dejamos sus resultados para otra nota.

No queremos terminar este trabajo sin consignar nuestro agradecimiento al Dr. Piña por el valioso consejo y ayuda que nos ha prestado en todo momento.

*Laboratorios de Espectroscopia del Instituto Geológico y Minero y del Instituto Nacional de Física y Química.*

## RELACIÓN DE LAS FIGURAS

- Lámina I. — Figura 1.<sup>a</sup> Croquis de un espectroscopio de prisma.  
Lámina I. — Figura 2.<sup>a</sup> Croquis de un fotómetro Moll.  
Lámina II. — Figura 3.<sup>a</sup> Curva de opacidades.  
Lámina II. — Figura 4.<sup>a</sup> Curva representativa de los ennegrecimientos en función de los logaritmos de las cantidades de elemento.  
Lámina III. — Figura 5.<sup>a</sup> Interpolación por elongaciones.  
Lámina IV. — Figura 6.<sup>a</sup> Fotometría.  
Lámina V. — Figura 7.<sup>a</sup> Transformadas logarítmicas de las curvas de la fotometría de la figura 6.<sup>a</sup>  
Lámina VI. — Figura 8.<sup>a</sup> Interpolación por áreas.  
Lámina VII. — Figura 9.<sup>a</sup> Curvas comparativas del método relativo.  
Lámina VIII. — Figura 10.<sup>a</sup> Curva representativa de un ennegrecimiento teórico.  
Lámina VIII. — Figura 11.<sup>a</sup> Disposición estratigráfica de las películas.

ERRATA. — En la lámina VI, fig. 7.<sup>a</sup>, donde dice Li 1741,30-10 R-2 R, debe decir Li 2741,30-10 R-2 R.

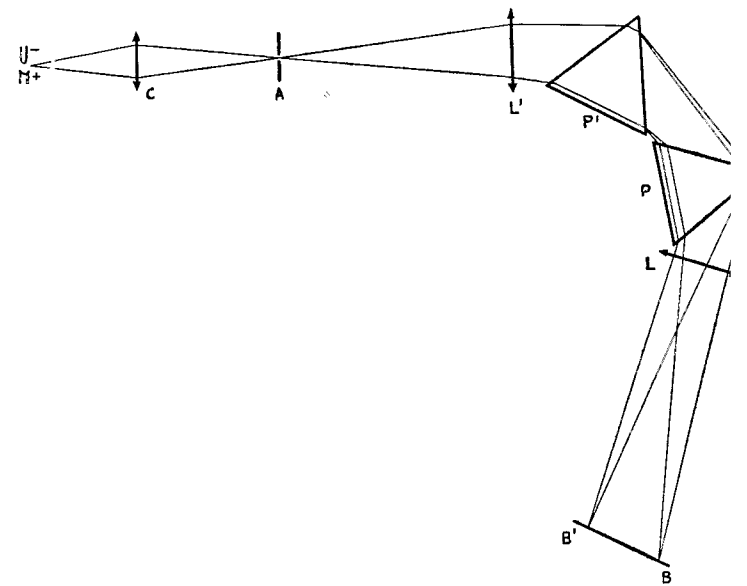


Fig. 1.<sup>a</sup>

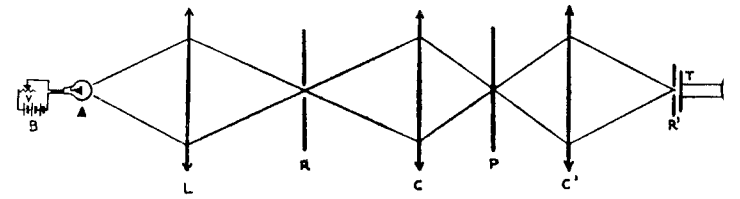


Fig. 2.<sup>a</sup>

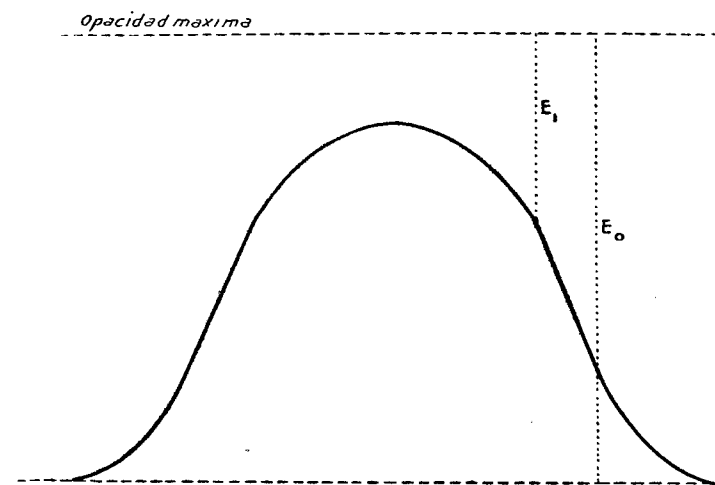


Fig. 3.<sup>a</sup>

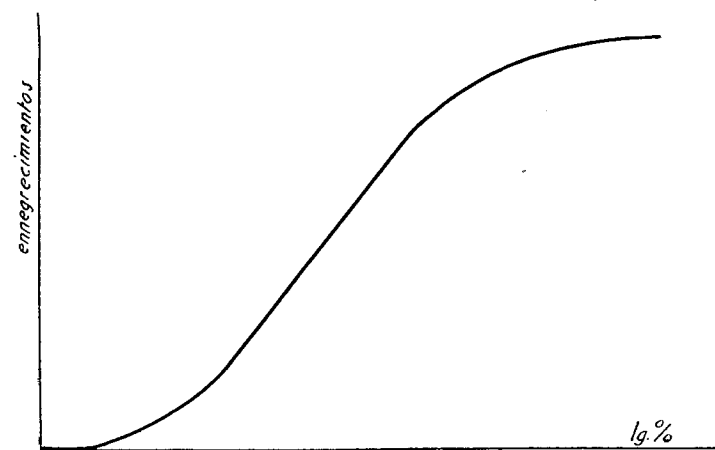
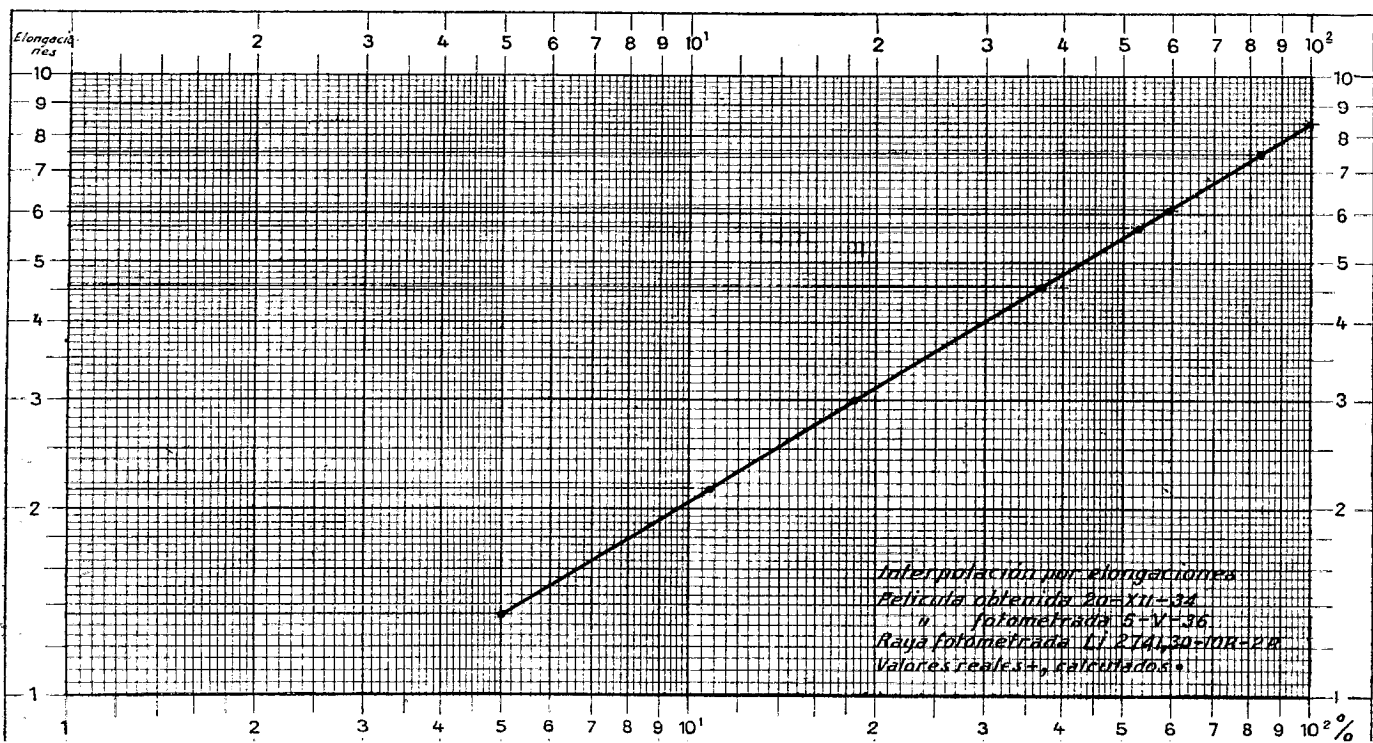


Fig. 4.<sup>a</sup>





*Película obtenida 22-1-35*  
*" fotometrada 16-IV-36*  
*Raya fotometrada LI 2741,30-10R-2R.*

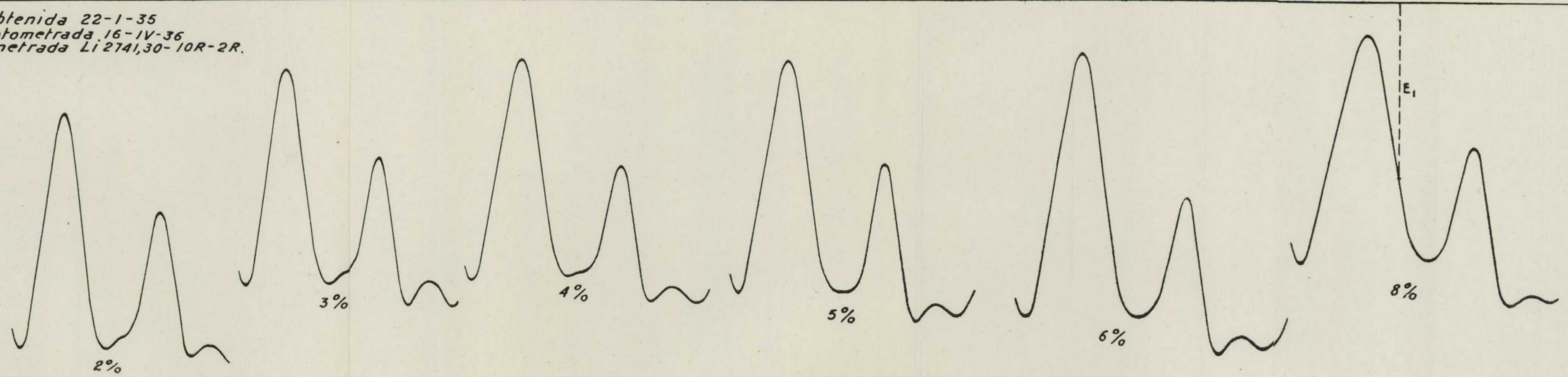


Fig. 6.<sup>a</sup>

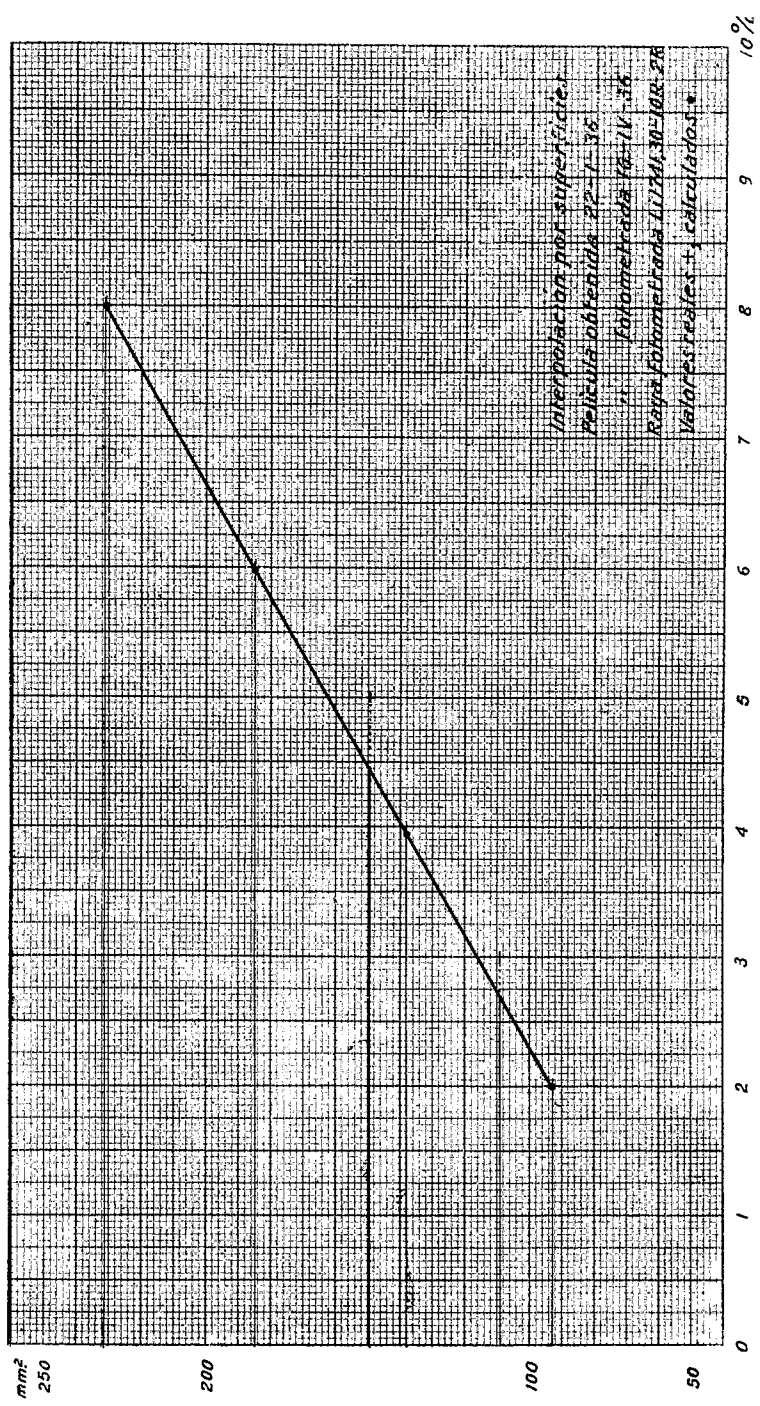
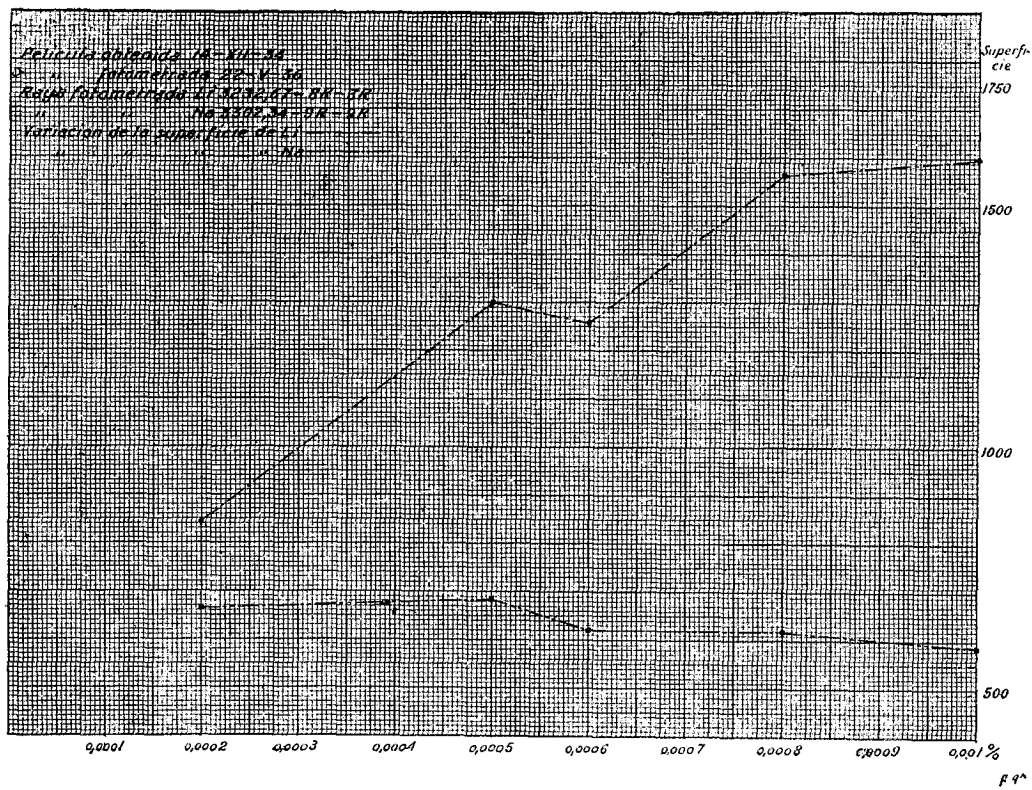


Fig. 8.<sup>a</sup>



f<sup>4</sup>



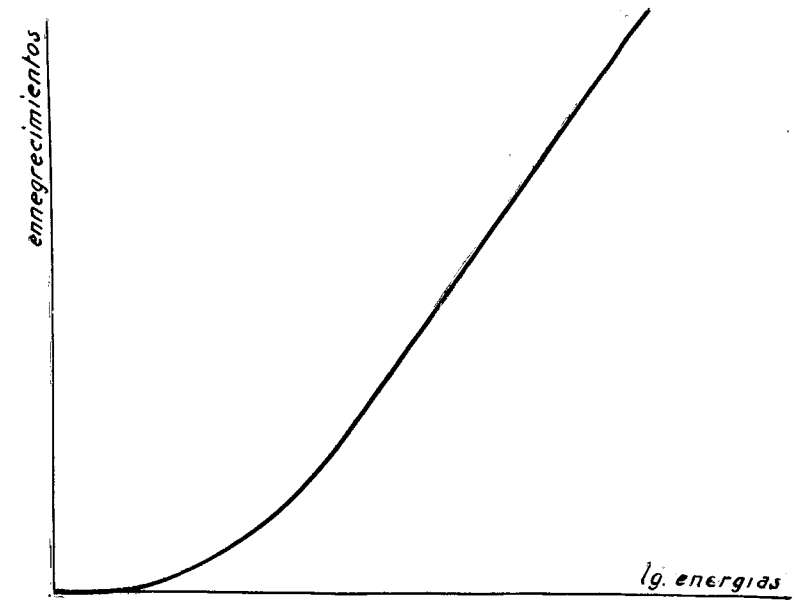


Fig. 10.<sup>a</sup>

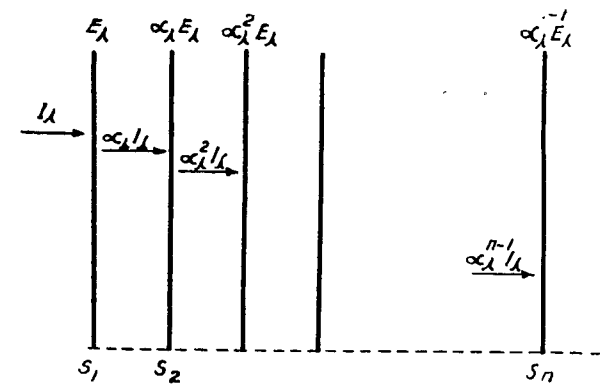


Fig. 11.<sup>a</sup>

## BIBLIOGRAFÍA

1. — S. PIÑA DE RUBÍES y J. DOETSCH: «Concentración piroeléctrica para la investigación espectral de Y, La y otras tierras raras en los minerales de plomo». *Z. f. anorg. u. all. Chem.* **220**, 199, 1934.  
S. PIÑA DE RUBÍES y J. M. LÓPEZ DE AZCONA: «Análisis espectral de la blenda por concentración piroeléctrica». *Ana. S. E. de F. y Q.* **34**, 307, 1936.
2. — H. TRICHET: «Análisis espectrográfico cuantitativo, aplicación al silicio». *C. R.* **199**, 419, 1934.
3. — C. E. K. MESS. KODAK RESEARCH LAB.: «Placas fotográficas para usos espectroscópicos y astronómicos». *J. O. S. A.*, pág. 80 y 188, 1935.
4. — O. D. CHWOLSON: *La física de 1914 a 1926*. Leningrado, 1926, capítulo **XII**.  
J. PERRIN. — *Granos de materia y de luz*. París, 1935. **11**, 47.
5. — G. BRUHAT: *Curso de óptica*. París, 1935, pág. 582.
6. — G. DEJARDIN y L. HERMAN: «Observaciones sobre la fluorescencia del salicilato de sodio». *C. R.* **202**, 651, 1936.
7. — R. HERMAN-MONTAGNE, L. HERMAN y R. RICARD: «Fotometría fotográfica en el ultravioleta extremo». *C. R.* **202**, 1668, 1936.
8. — S. PIÑA DE RUBÍES: «Rayas analíticas del Renio». *Ana. S. E. de F. y Q.* **30**, 918, 1932.  
S. PIÑA DE RUBÍES y J. G. AGUADO: «Rayas analíticas y cuantitativas del Hafnio en el espectro de arco». *Ana. S. E. de F. y Q.* **33**, 549, 1935.
9. — C. JAUSSERAN: «Acción del revelador sobre imágenes latentes de épocas diferentes». *C. R.* **195**, 1260, 1932.

10. — S. PIÑA DE RUBÍES: «Nuevo método fotométrico para el análisis espectral óptico». *Zeits f. Phy.*, pág. 228, 1934.
11. — A. CHEVALIER y P. DULVULOZ: «Medidas de intensidades en el espectro U. V. por medio de células fotoeléctricas sensibilizadas con salicilato de sodio». *C. R.* **194**, 452. 1932.

## ERRATA

En la nota «Estudio espectral de algunos cobres nativos», por S. Piña y J. Doetsch, publicada en el volumen V, número 5, año 1933, de NOTAS y COMUNICACIONES del Instituto Geológico y Minero de España, páginas 48 y 49, se deslizó una errata importante al dar la lista de las rayas últimas de algunos elementos. (Debido a una equivocación lamentable, al mandar a la imprenta el cuadro de rayas no corregidas en lugar de la lista seleccionada.) Dicho cuadro queda anulado y debe sustituirse por el siguiente:

Elementos	$\lambda$	CONCENTRACIONES					Observaciones
		1 %	0,1 %	0,01 %	0,001 %	0,0001 %	
Si	2987.7	1	—	—	—	—	—
	2881.7	3+	2	1	—	—	—
	2631.3	1	—	—	—	—	c. Fe
	2528.6	3	2	1	—	—	—
	24.2	3	2	1	—	—	—
	19.3	3	2	1	—	—	—
	16.2	3	2	1	—	—	—
	14.4	3	2	1	—	—	—
	07.0	3	2	1	—	—	—
	2452.2	1	—	—	—	—	—
	43.4	1	—	—	—	—	—
	33.8	1	—	—	—	—	—
35.2	2	—	—	—	—	—	
Zn	3345.0	doble	2	1	—	—	—
	03.0	1+	—	—	—	—	c. Na
	3232.5	1	—	—	—	—	—
	3076.0	1	—	—	—	—	c. Fe
	72.2	1	—	—	—	—	—
	2801.0	1	—	—	—	—	c. Fe
2771.0	1	—	—	—	—	—	
Sr	3380.9	1	—	—	—	—	—
	07.6	1	—	—	—	—	—
	2932.0	2—	—	—	—	—	—
	2569.5	1	—	—	—	—	—
	2423.2	2	1	—	—	—	—
2351.4	1—	—	—	—	—	—	

Elementos λ	CONCENTRACIONES					Observaciones
	1 %	0,1 %	0,01 %	0,001 %	0,0001 %	
3258,6	3	2	1	—	—	—
56,2	5	4	3	2	1	—
3051,2	1	—	—	—	—	c. Ni
39,4	4+	3	2	1	—	c. Ge
2957,1	1	—	—	—	—	—
32,7	3	2	1	—	—	—
22858,3 doble	1	—	—	—	—	—
37,0	2	—	—	—	—	—
2753,9	3	2	1	—	—	—
In 14,0	2	1	—	—	—	—
10,3	3	2	1	—	—	c. Tl
2666,3	1	—	—	—	—	—
01,9	1+	—	—	—	—	c. Cd
2560,2	3	2	1	—	—	—
21,4 doble	1	—	—	—	—	—
2168,2	1	—	—	—	—	—
60,2	2	—	—	—	—	—
2389,6	1—	—	—	—	—	—
40,3	1	—	—	—	—	—
3122,9	2	1	—	—	—	—
3029,2	1	—	—	—	—	—
2748,3	1+	—	—	—	—	—
Au 00,9	1	—	—	—	—	—
2675,9	3	2	1	—	—	—
41,6	1	—	—	—	—	—
2428,0	3	2	1	—	—	—
2352,6	1	—	—	—	—	—

c. Fe = próxima o coincide con Fe, etc.