

BOLETÍN  
DEL  
INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

BOLETÍN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO

DE

ESPAÑA

TOMO XXXIX

TOMO XIX

SEGUNDA SERIE

(1918)

MADRID

ESTABLECIMIENTO TIPOLITOGRAFICO «SUCESOES DE RIVADENEYRA»  
IMPRESORES DE LA REAL CASA  
Paseo de San Vicente, número 20.

1918

*El Instituto Geológico de España hace presente que las opiniones y hechos consignados en sus MEMORIAS y BOLETÍN, son de la exclusiva responsabilidad de los autores de los trabajos.*

**Artículo 1.º** La Comisión del Mapa Geológico, nombrada por el decreto de 26 de Marzo de 1873, que en lo sucesivo se denominará Instituto Geológico de España, seguirá encargada de la formación del Mapa Geológico de España, así como el trazado de las cartas geológico-industriales de las diversas provincias o regiones, por el orden y con los detalles que su respectiva importancia requieran, hasta reunir el caudal de estudios sobre estatigrafía, petrografía, tectónica, aguas minerales, manantiales artesianos, rocas y minerales aplicables a la agricultura y a la industria y cuanto se especifica en el citado Decreto, indispensable al conocimiento físico, geológico y minero del territorio nacional.

**Artículo 12.** Para el desempeño de todas las funciones y servicios reseñados en los artículos anteriores habrá una Comisión permanente de Ingenieros del Cuerpo Nacional de Minas.

Estos Ingenieros y los Auxiliares facultativos que sirven a sus órdenes formarán la plantilla técnica del Instituto.

Fuera de la plantilla estarán los Ingenieros agregados y demás personal facultativo que preste servicios temporales al Instituto.

**Artículo 25.** La Dirección del Instituto, teniendo en cuenta los recursos disponibles y los trabajos ultimados por los Ingenieros a sus órdenes, podrá publicar las Memorias, Mapas, descripciones y noticias geológicas que juzgue oportuno, en análoga forma a la de los Boletines y Memorias de las Instituciones similares extranjeras, y podrá establecer la venta y suscripción de estas producciones, a fin de que los recursos que así se obtengan contribuyan a sufragar los gastos de publicación, si bien con la obligación de remitir gratuitamente un ejemplar de cada obra a las Jefaturas de los Distritos mineros, a las Direcciones generales de los Ministerios de Fomento y Hacienda, a las Academias de Ciencias y a los Centros oficiales del Cuerpo de Minas.

(Decreto de 28 de Junio de 1910.)

# PERSONAL

DE LA

## COMISIÓN PERMANENTE DEL INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

---

Excmo. Sr. D. Rafael Sánchez Lozano (*Director*).

Ilmo. Sr. D. César Rubio y Muñoz (*Subdirector*).

Sr. D. Ramón de Aguirre y Zorrilla.

Sr. D. José M.<sup>a</sup> Rubio y Muñoz.

Sr. D. Domingo de Orueta.

Excmo. Sr. D. Enrique Villate.

Sr. D. Vicente Kindelán.

Sr. D. Luis Santa María.

Sr. D. Alfonso Fernández y Menéndez Valdés.

Sr. D. Manuel Ruiz Falcó.

Sr. D. Agustín Marín y Bertrán de Lis.

Sr. D. Primitivo Hernández Sampelayo.

Sr. D. José de Gorostizaga.

Sr. D. Enrique Dupuy de Lôme.

---

BOLETÍN  
DEL  
INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

---

PRÓLOGO

En el mes de Diciembre del corriente año de 1918 se termina la estampación del presente tomo XIX de la segunda serie de nuestro BOLETÍN, habiéndose repartido en Mayo último el correspondiente a las Memorias, que trata de los criaderos de hierro de Guadalajara y Teruel, y si se atiende a que el tomo del BOLETÍN consta de 570 páginas y de 230 el volumen de los hierros, y a que van los dos tomos acompañados de gran número de mapas, láminas y vistas fotográficas, se verá que hemos cumplido con exceso los ofrecimientos hechos a nuestros suscritores desde que en el año de 1874 se dió principio a las publicaciones de la Comisión del Mapa Geológico de España.

Se abre este tomo con un detenido estudio del ingeniero D. Juan Gavala, que se titula *Descripción geográfica y geológica de la serranía de Grazales*, el cual comienza por una descripción orográfica del

macizo montañoso, en la que se intercalan datos de la flora local y otros referentes a las condiciones climatológicas de la zona estudiada. Merecen especial mención los que atañen a la lluvia, señalándose alturas de agua registradas en la estación pluviométrica de Grazalema hasta de 3.398 milímetros en un año. El autor explica estas excepcionales precipitaciones atmosféricas por la disposición especial del relieve montañoso y por la orientación de las líneas de altura con relación a las corrientes aéreas cargadas de humedad.

Entra después en la descripción detallada de las distintas formaciones geológicas que constituyen la serranía, estudiando en cada una los caracteres generales, la distribución de los sedimentos, la edad de las capas, fundándose en datos paleontológicos, y la composición y disposición estratigráficas de los distintos tramos de que constan.

Al tratar del terreno liásico, hace notar el señor Gavala que la verdadera sucesión de sus diversos tramos es a la inversa de la señalada hasta ahora por otros geólogos que al estudiar la comarca hicieron precisamente sus investigaciones en un paraje donde los estratos se hallan invertidos a consecuencia de una cobijadura.

A continuación entra el autor en la descripción detenida de la estructura de cada sierra o conjunto de alturas y de sus principales caracteres tectónicos, que figuran representados además en varios cortes y vistas fotográficas intercalados en el texto; sigue luego un capítulo que titula «La serranía de Grazalema a

través de las edades geológicas», y termina con unas notas de hidrología subterránea. Acompañan al trabajo varias láminas de vistas fotográficas de los principales macizos montañosos, un mapa orográfico con curvas de nivel de 20 en 20 metros y otro geológico, en el que se representan las diversas formaciones, las líneas principales de fractura y se señala el espesor relativo de los terrenos. En lámina aparte van seis cortes geológicos al través de la serranía, según las direcciones más interesantes.

Después de la Memoria relativa a la sierra de Grazalema, se inserta la primera parte de un trabajo titulado *Datos para el estudio de la región hulla de la provincia de Burgos*, al que acompaña un mapa geológico en bosquejo, y sigue a continuación una nota descriptiva de los *Yacimientos de Molibdeno en las provincias de Granada y Almería*, por D. J. M. Rubio y D. J. Gavala, de interés manifiesto en vista del creciente desarrollo de la fabricación de aceros especiales, cuya industria solicita en la actualidad con mucho empeño la wulfenita, mineral compuesto de molibdeno y plomo, y que en otro tiempo se desechaba en Granada y Almería por su escasa ley en este último metal.

*El Turbal de Roquetas*, en la provincia de Almería, por D. J. M. Rubio, es la descripción de un yacimiento de turba descubierto hace unos dos años, y que en opinión del autor, si bien no reviste caracteres de interés general, representa, sin embargo, algo que puede influir de una manera beneficiosa en la agricultura y en la industria del país.

En una nota titulada *Yacimiento aurífero de Rodalquilar*, los Sres. Marín y Miláns del Bosch dan una idea general de la forma en que se manifiesta el oro de la sierra del cabo de Gata, especialmente en la zona comprendida dentro del término de este nombre; ponen de manifiesto la relación evidente entre los yacimientos auríferos y las rocas andesíticas, de manera análoga a lo que ocurre en los Andes, Japón, Hungría, etc., y como resultado del examen al microscopio de estas rocas, deducen que los cuarzos auríferos se presentan siempre en las masas eruptivas ácidas a semejanza de otros del extranjero, circunstancia que puede servir de guía en nuevas investigaciones de la sierra del Cabo de Gata.

Sigue a continuación un *Estudio de los criaderos de azufre de Benamaurel* (Granada), por los señores O'Shea y Dupuy de Lôme, en que se consignan algunos antecedentes históricos referentes a aquella zona minera, que pertenece al Estado como dependencia de las antiguas fábricas de pólvoras granadinas; se hace después la descripción detallada de los criaderos de azufre, se trata de su origen probable y se formulan acertadas apreciaciones acerca de las condiciones de explotación de los criaderos. Trátase también de la edad geológica de las capas en que éstos se hallan comprendidos, deduciéndose que pertenecen al plioceno, y dándose así por resuelta esta cuestión, que ha sido discutida anteriormente, no sólo para el yacimiento de Benamaurel, sino también para otros análogos del terciario del Sur de la Península.

*Los yacimientos de carbonato de magnesia en*

*España*, por D. E. Dupuy de Lôme y D. C. F. Maquieira de Borbón, se titula el trabajo que después se inserta. Es un estudio de verdadera actualidad y de interés industrial bien manifiesto, ya que los criaderos magnesianos españoles han sido objeto de especial atención durante el período de la guerra europea, consiguiéndose con el incremento de la producción nacional suplir la falta de la importación de minerales griegos y austriacos.

En la monografía que nos ocupa se hace una breve reseña de los principales yacimientos de carbonato de magnesio extranjeros, se exponen las aplicaciones, cada vez mayores, de los compuestos de magnesio, y se consignan algunos datos sobre la producción y consumo en los distintos países del globo.

Se entra luego en el estudio detallado de los yacimientos magnesianos de las provincias de Almería y Santander, únicos en explotación en España, dividiéndolo en dos partes, cada una de las cuales comprende la exposición de los principales rasgos geológicos de las regiones respectivas, la descripción de sus criaderos más importantes y la explicación del origen probable de los mismos. Acompañan a este trabajo diferentes cortes y un esquema de los diversos tipos de criaderos.

De indiscutible interés es la *Nota acerca de un yacimiento de mamíferos fósiles en el Rincón de Ademuz* (Valencia), por D. E. Dupuy de Lôme y don C. Fernández de Caleyá, Ingeniero Director de la mina de lignito *San José*, del término de Mas del Olmo (Valencia), donde se ha descubierto una estación fo-

silífera curiosísima con varias especies de mamíferos terciarios. Va la nota acompañada de profusión de fotografías de piezas esqueléticas que han de facilitar el trabajo de comparación de estos restos con los encontrados en otros puntos de España y del extranjero.

Caracterizan con precisión los fósiles de Mas del Olmo el terreno mioceno en que arman las capas ligníferas, y con esto quedan de manifiesto nuevos datos para la determinación de la edad geológica de las mesetas terciarias ibéricas, tan interesantes para la geología española.

• El trabajo referente a las *Sales potásicas de Cataluña*, de los Sres. D. C. Rubio y D. A. Marín es un estudio realizado por orden expresa de la Superioridad, donde, además de poner de relieve la importancia de las investigaciones realizadas por determinadas Sociedades propietarias de concesiones mineras y proyectar un plan de sondeos para emprender el reconocimiento de la zona que en aquella región se ha reservado el Estado, se hacen interesantes consideraciones geológicas acerca de la edad de los criaderos potásicos catalanes, que los autores refieren al oligoceno, y se estudia la marcha de los pliegues anticlinales, de interés industrial indiscutible, no sólo porque en las inmediaciones de los ejes es donde los yacimientos potásicos se aproximan más a la superficie del terreno, sino también porque en ellos es donde se supone que ha de ofrecerse concentrada la mayor riqueza. Terminan su estudio los autores deduciendo una fórmula que puede servir de norma para estable-

cer el importe pecuniario de la cooperación que deberán prestar las Sociedades y particulares a la realización de los sondeos por cuenta del Estado.

En este volumen figura también la reseña de las operaciones verificadas en Palencia, Barruelo, San Sebastián y Palma de Mallorca, por la *Comisión de Meridianas y Triangulaciones* para el trazado de líneas meridianas. El procedimiento de cálculo seguido para la determinación de los azimutes en estas líneas meridianas ha sido el denominado «Azimut por el ángulo horario». Para obtener la hora local se ha utilizado el método de observaciones cenitales del Sol, y para el cálculo de la colatitud el de medición de distancias cenitales del Sol en las proximidades del meridiano y también el de observaciones cenitales de la estrella Polar.

Se cierra el tomo con una nota relativa a *Los terrenos secundarios del Estrecho de Gibraltar*, por D. Enrique Dupuy de Lôme y D. Javier Miláns del Bosch, en la que se da cuenta de interesantes hallazgos de fósiles en el Yebel Musa en la costa africana y en el puente del Guijo, cerca de Algeciras, fósiles que han servido a los autores de la nota para fijar la edad de la sierra Bullones, hasta ahora indeterminada, y demostrar con ello la continuación de la cordillera jurásica, eje de la península del Norte marroquí, hasta la región opuesta de Europa por el Estrecho de Gibraltar.

Del interés e importancia de los estudios contenidos en el tomo del BOLETÍN, habrán podido juzgar nuestros lectores, después de lo que acaba de consig-



narse, y habrán podido comprobar también que ahora, como desde hace más de cuarenta años, se sigue sin vacilación en el curso de nuestras publicaciones el camino trazado por su esclarecido fundador, el excellentísimo Sr. D. Manuel Fernández de Castro, y que se procura dar a nuestros estudios carácter industrial al mismo tiempo que científico, de acuerdo con lo ofrecido tiempo ha en nuestros prólogos, al decir que no se trata de abstracciones completamente especulativas y con sólo valor para los sabios, sino que, haciéndose los trabajos por cuenta del Estado, se buscan resultados de inmediato empleo para el adelanto de la industria general de la Nación, especialmente de la minería, la agricultura y las obras públicas.

Diciembre de 1918.

DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA  
DE LA  
SERRANÍA DE GRAZALEMA  
EN LA  
PROVINCIA DE CÁDIZ  
POR  
D. JUAN GAVALA Y LABORDE  
Ingeniero del Cuerpo de Minas.

narse, y habrán podido comprobar también que ahora, como desde hace más de cuarenta años, se sigue sin vacilación en el curso de nuestras publicaciones el camino trazado por su esclarecido fundador, el excellentísimo Sr. D. Manuel Fernández de Castro, y que se procura dar a nuestros estudios carácter industrial al mismo tiempo que científico, de acuerdo con lo ofrecido tiempo ha en nuestros prólogos, al decir que no se trata de abstracciones completamente especulativas y con sólo valor para los sabios, sino que, haciéndose los trabajos por cuenta del Estado, se buscan resultados de inmediato empleo para el adelanto de la industria general de la Nación, especialmente de la minería, la agricultura y las obras públicas.

Diciembre de 1918.

---

DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA  
DE LA  
SERRANÍA DE GRAZALEMA

EN LA  
PROVINCIA DE CÁDIZ

POR  
D. JUAN GADALA Y LABORDE  
Ingeniero del Cuerpo de Minas.

## DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

de la

# SERRANÍA DE GRAZALEMA

EN LA PROVINCIA DE CÁDIZ

En la llanura gaditana cierra el horizonte por la parte de Levante una cadena de montañas que corren de Norte a Sur, y cuyo perfil se mantiene en un recorrido de 20 kilómetros a más de 1.000 metros sobre el mar. Los puntos culminantes de ese perfil son: la Sierra Margarita, la del Pinar y el monte Simancón, en la Sierra del Endrinar, alturas independientes al parecer, pero que, en realidad, pertenecen a un solo macizo montañoso, la Serranía de Grazalema, enclavado en su totalidad en la provincia de Cádiz y que abarca los términos municipales de Grazalema, El Bosque, Ubrique, Benaocaz y Villaluenga, con una superficie de 400 kilómetros cuadrados.

En la historia geológica de la provincia de Cádiz desempeña ese macizo un papel importantísimo, porque no sólo constituye el núcleo montañoso más antiguo de la provincia, sino que es también la zona donde adquieren completo desarrollo los terrenos jurásicos, que en forma de pequeños isleos, restos de varias fajas que en otros tiempos cruzaron el territorio gaditano, aparecen más al Oeste entre formaciones muy diversas, siendo imposible en la mayoría de los casos deducir sus mutuas relaciones del estudio comparativo de los escasos fósiles que contienen. Además, en sus desnudas crestas, en sus profundos desfiladeros, en los tajos que

interrumpen repentinamente sus laderas, han quedado impresos con caracteres indelebles, merced a la dureza de las rocas, los pliegues, las grandes fallas, los hundimientos, todos los accidentes tectónicos, en una palabra, que fueron poco a poco labrando el actual relieve topográfico de esta provincia, y cuyas huellas sería inútil buscar fuera de las montañas, a través de las zonas de colinas y de planicies, donde por la plasticidad de los sedimentos se han borrado los efectos de las dislocaciones y donde con frecuencia los terrenos a que éstas alcanzaron fueron después cubiertos por depósitos más modernos.

Como veremos más adelante, las grandes líneas de fractura de la Serranía de Grazalema presentan dos orientaciones distintas: unas, las más importantes, se arrumban de Este-Nordeste a Oeste-Sudoeste, dirección que siguen el valle del Tavizna, la Manga de Villaluenga y la Garganta de Barrida; otras van de Norte a Sur, o más exactamente, de Norte-Nordeste a Sur-Sudoeste, que es la dirección marcada por el valle superior del Majaceite y por el borde oriental de la Serranía. La dirección primeramente indicada es la que podríamos llamar típica de esta región, por ser la de las principales líneas de plegamiento, cuya acción se propaga, cuando es dable reconocerla, hasta los últimos límites de la provincia.

La dirección Norte-Nordeste a Sur-Sudoeste, que, como acabamos de decir, es la del valle superior del Majaceite y la del borde oriental del macizo montañoso, se encuentra también reproducida en otros lugares de la región gaditana.

De la unión de los dos sistemas de roturas resulta el rasgo topográfico más característico de toda la provincia, ya descrito por nosotros en otro lugar (1) con el nombre de *depresión principal Majacelte-Barbate*, que separa constantemente la región montañosa de las colinas y las planicies.

Pero no es esto sólo. La Serranía de Grazalema es el punto de partida de otra cordillera no menos interesante para el geólogo, la

(1) «Regiones petrolíferas de Andalucía», *Boletín del Instituto Geológico de España*, t. XXXVII.—Madrid, 1916.

Sierra del Aljibe, cuyas estribaciones meridionales terminan en el estrecho de Gibraltar, y de cuyo estudio detenido se han de deducir consecuencias de suma importancia, tanto por lo que se refiere a la formación de ese estrecho como para poder establecer de manera indubitable el enlace geológico del Sur de España con el Norte africano. Estas sierras están casi totalmente formadas por sedimentos paleogenos, en los que no es fácil apreciar la huella de los plegamientos anteriores a la edad terciaria; pero el estudio de los asomos jurásicos, que no faltan por completo, aunque escaseen, puede arrojar mucha luz en el asunto, siempre que su presencia entre los depósitos más modernos sea debidamente interpretada.

Dedúcense de lo expuesto dos conclusiones interesantes: es la primera, que el macizo montañoso de Grazalema puede considerarse como un muestrario de los depósitos jurásicos de la región gaditana, y la otra, la más importante, que los datos que vamos a consignar han de tener indiscutible interés para la interpretación de la tectónica del Sur de la provincia.

Tanto por lo que respecta a la orografía, como desde el punto de vista geológico, el interesante grupo de montañas de que vamos a tratar en las páginas que siguen, constituye un conjunto bien definido. Como macizo montañoso aparece independiente merced a los amplios valles del Guadalete, del Majaceite y del Campobuche, que lo limitan a los cuatro vientos, y en los que el terreno, salvo en la divisoria de los dos últimos, se mantiene a una altitud media de 300 a 400 metros. Por lo que se refiere a la geología, conserva también su unidad, pues se trata de un núcleo jurásico rodeado por sedimentos paleogenos.

## DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA

La parte culminante de la Serranía de Grazalema es la Sierra del Pinar (lám. XIII), inmensa mole de calizas liásicas, de unos siete kilómetros de extensión, situada entre Benamahoma y Grazalema. Presenta en conjunto esta sierra la forma de un lomo alargado de Este a Oeste, cuya cresta describe una doble curva con el punto de inflexión en las inmediaciones de la cumbre; desde este punto hacia Levante presenta esa curva su concavidad hacia el Norte, ocurriendo lo contrario en la mitad occidental de la sierra. Esta doble curvatura se debe a una inflexión de las calizas liásicas, que buzan fuertemente hacia el Sur entre Benamahoma y un punto situado como a 700 metros a Levante de la cumbre y en sentido contrario en el resto de la montaña. Más adelante explicaremos la causa de esta anomalía.

Desde las cercanías de la cúspide, a 1.653,8 metros sobre el mar, hasta su extremo occidental, la aldea de Benamahoma, baja la sierra con vertiente rapidísima, en tanto que por la parte de Grazalema se mantiene largo trecho por encima de los 1.500 metros. Sin embargo, debido a las variaciones de régimen de las capas de la caliza liásica que forman la montaña, a medida que se avanza hacia Levante la sierra se estrecha y al mismo tiempo pierde altura, quedando reducida durante más de un kilómetro a una afilada cresta, que se prolonga hasta el puerto de las Cumbres. El punto culminante de esta cresta es el célebre picacho de San Cristóbal, de 1.555 metros de altitud (lám. XIII), lugar muy frecuentado por los turistas que recorren estos parajes. Y realmente merece la pena escalar su cumbre, porque el panorama que allí se ofrece a la vista es de lo más grandioso que se puede imaginar. Por el Norte se domina todo el valle inferior del Guadalquivir, con la Sierra Morena en el fondo; a Poniente se distingue la cinta azul del río al atravesar las llanuras marismeñas, y al Sudoeste la bahía de Cádiz y el Océano Atlántico. Por el Sur limitan algo el horizonte las alturas de la Sierra del Aljibe; pero enrasando las cum-

bres de la Sierra del Endrinar se extiende la vista por la hondonada del Hozgarganta hasta la bahía de Algeciras, destacándose, entre los terrenos bajos que rodean el estrecho, el Peñón de Gibraltar. Al otro lado del mar se divisan en los días claros las nevadas cumbres del Atlas. Hacia Levante no encuentra la vista obstáculos hasta tropezar con los relieves de la cordillera Bética y, más al Sudeste, con los de la Serranía de Ronda.

Sevilla, Utrera, Montellano, El Coronil, Las Cabezas, Lebrija, Cádiz, Olvera, Algodonales, Zahara, Ronda y otra serie interminable de pueblos pueden contemplarse desde lo alto del San Cristóbal; pero la grandiosidad del paisaje no cede ciertamente en belleza al contraste que ofrecen los montes que se extienden a los mismos pies del Picacho, de cumbres blanquecinas y descarnadas y de laderas abruptas, con la exuberante vegetación que rellena el fondo de los valles; y no pueden menos de llamar la atención del que contempla estos lugares por vez primera los cambios bruscos que se ofrecen sucesivamente a la vista en el corto trayecto que separa la cúspide del Pinar de las vegas de Zahara, pues en menos de ocho kilómetros se presentan reunidos cumbres nevadas, bosques de pinsapos y frondosos naranjales, paisajes que la Naturaleza ha repartido entre los climas y las latitudes más diversas, y que parece haber reunido aquí para que el cielo y el sol de Andalucía hagan resaltar sus contrastes con más vigor.

De Norte a Sur la Sierra del Pinar ostenta un perfil muy curioso. Por el lado de la umbría está cortada a pico en un tajo de 600 metros producido en los bancos de la caliza liásica, que por la mitad occidental de la sierra buzan 45° al Sur-Sudoeste. La estratificación puede apreciarse desde gran distancia, porque, salvo algunas matas de monte bajo que arraigan en las juntas de separación de los estratos, la roca está al descubierto en toda la altura del acantilado. Al pie de las calizas asoman con análogo buzamiento las margas, también del Liásico; y a partir de la línea de contacto la pendiente de la ladera se hace algo más suave, aunque siempre con talud rapidísimo. En esta parte ya no se marcan las líneas de estratificación con tanta claridad; la roca es mucho más



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

GRAZALEMA

Umbría de la Sierra del Pinar. Un pinsapo

blanda, más fácilmente atacable por los agentes meteóricos, y un manto de tierra vegetal cubre casi siempre el terreno virgen.

La vegetación que se desarrolla en la vertiente norte de la sierra corresponde a dos tipos muy distintos: en la zona más alta crecen los curiosos pinsapos (lám. I), muy parecidos a los abetos de los Alpes, y que en España únicamente se conservan en esta sierra y en contados parajes de la provincia de Málaga (1). Necesitan indudablemente estos árboles para su desarrollo, además de un suelo calizo y de un clima cálido, estar defendidos hasta cierto punto de los rayos solares, y expuestos, en cambio, a los vientos fríos y secos del Norte. Sólo así se explica que en la umbría de esta sierra se desarrollen con tanta feracidad (la Sierra del Pinar debe este nombre, indudablemente, a sus bosques de pinsapos), y en cambio, en otros sitios de la Serranía, donde reinan análogas condiciones de suelo, de clima y de altitud, pero más expuestos a los vientos del mar o a los rayos del sol, no se encuentre un solo árbol de esta especie.

Los pinsapos se desarrollan en esta sierra entre los 1.100 y 1.300 metros de altitud; pero entre la cúspide y el cerro de San Cristóbal se extienden por las grietas de las calizas y las juntas de estratificación hasta la cresta de la montaña, que en esta parte tiene una altitud superior a 1.500 metros.

La madera de los pinsapos no sirve, como la de otros árboles análogos, para traviesas, postes telegráficos, etc., porque al secarse se hiende y se alabea. Sin duda por ello este curioso árbol, que tanto contraste ofrece con los de la flora del Mediodía de España, no ha corrido la misma suerte que los bosques de pinos que en otros tiempos cubrían la mayoría de nuestros montes, y que, por desgracia, han sido extirpados de raíz. No obstante, tam-

(1) Pinsapo es el nombre vulgar de la especie *Abies Pinsapo*, establecida por el botánico Boisier. Pérez Lara, en su notabilísimo trabajo «Flórula gaditana», publicado en los *Anales de Historia Natural*, tomos XV, XVI, XVII y XVIII, cita esta especie, de Grazales, y le asigna como área de distribución geográfica el Sur de España y el Norte de África.

También hemos visto 14 ó 15 pinsapos en la Sierra del Libar, por encima de la vereda designada en nuestro mapa con el nombre de «Camino de los Contrabandistas».



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

#### GRAZALEMA

Umbría de la Sierra del Pinar. Un pinsapo

bién aquí se ha intentado algo en ese sentido, y a los ojos del viajero ofrecen triste espectáculo los miles y miles de pinsapos cortados hace años por un explotador de montes a la antigua usanza, que hasta después de hecha esa tala impremeditada no se enteró de que las dificultades del transporte imposibilitaban en absoluto la salida de la madera; y así fueron destruidos más de 15.000 árboles, que en su mayoría han sido posteriormente pasto de las llamas.

En las altitudes inferiores a 1.000 metros suceden a los pinsapos los quejigos (1), muy frecuentes en toda la zona oriental de esta provincia.

Dada la inclinación de 45° al Sur-Sudoeste con que asoman las calizas y las margas liásicas en la falda norte de la sierra, y el enorme espesor que estas rocas alcanzan, parecía lo natural que en la vertiente opuesta la pendiente del terreno no excediese o excediese poco a la de las capas, como ocurre siempre en los montes que presentan esta estructura geológica; no obstante, la Sierra del Pinar está igualmente cortada a pico por sus dos caras; un tajo de 700 metros la limita también por el Sur. La causa de este perfil especial radica en el cambio brusco de la pendiente de los estratos en el interior de la montaña a consecuencia de una falla acompañada de hundimiento que se extiende entre Benamahoma y Grazalema. Al tratar de la tectónica hemos de volver sobre este punto.

Por la parte de Levante, la Sierra del Pinar, propiamente dicha, termina en el puerto de las Cumbres, pequeño collado a 1.280 metros de altitud, por donde salva la sierra un camino de arriería que va de Grazalema a Zahara.

Desde el puerto de las Cumbres continúa la sierra con direc-

---

(1) En la Memoria del Sr. Pérez Lara se cita también este árbol, que corresponde a la especie *Quercus lusitanica* Webb., existiendo en Grazalema las variedades *faginea* Lagun., y *baetica* Webb. Según un estado oficial del siglo XVIII, consultado por el autor de este competísimo trabajo, el número de quejigos que existían en la provincia de Cádiz por aquella época ascendía a unos seis millones, siendo los términos de Jerez, Jimena, Castellar y Alcalá de los Gazules los más ricos en árboles de esta especie.



ción Nordeste por los altos de las Lomas (1.356,7 m.) y Monte Prieto (1.352,5 m.), formados también por las calizas del Lías, y cuyas peladas y achatadas cumbres se mantienen durante cinco kilómetros entre 1.300 y 1.400 metros sobre el mar. Esta enorme montaña está cortada a pico por la parte de Levante, y, lo mismo que en su extremo norte, termina aquí la serranía bruscamente, bajando el terreno en dos kilómetros cerca de 900 metros hasta el valle del Guadalete. Por el Oeste, todos estos montes presentan vertiente muy rápida que, por regla general, coincide con los planos de estratificación de unas calizas tabulares blanquecinas que cubren a las calizas compactas del Lías en toda esta zona.

Lo mismo las Cumbres que las laderas occidentales de las Lomas y Monte Prieto están desprovistas de vegetación, hasta el punto de no verse un solo árbol ni aun matas de monte bajo sino muy cerca del fondo de las vaguadas que limitan las alturas por ese lado y que son: la cañada de Higueroa y el arroyo de los Molinos.

Del lomo principal de la cordillera que estamos describiendo se destacan hacia el Oeste dos contrafuertes. El primero arranca de la misma cumbre de las Lomas, y con pendiente uniforme y muy pronunciada termina, con el cerro llamado el Montón, a orillas del arroyo del Pinar. Este espolón está cortado transversalmente por la Garganta de los Ballesteros, profundo desfiladero abierto en las calizas del Lías inferior, que conduce a la meseta de la Viña del Moro, elevada llanura que termina por el Sur en la cañada de los Azores. El segundo se destaca un poco más al Norte, y arrumbándose al Noroeste se extiende con el nombre de Monte Quemado hasta el puerto de los Acebuches. Este espolón divide las aguas de los arroyos Bocaleones y de los Molinos. El puerto de los Acebuches es el collado por donde se enlazan estas alturas con el monte Cambronera, que forma ya parte de otro macizo montañoso que describiremos más adelante.

En la cañada de Higueroa, cerca del punto donde se vierte en el arroyo de los Molinos, nace un hermoso manantial cuyas aguas constituyen el caudal principal de este arroyo, que, como su

nombre pone de manifiesto, alimenta una porción de molinos harineros, y además riega por sus dos márgenes una faja de terreno larga y estrecha, muy fértil, dedicada toda ella al cultivo de árboles frutales. ¡Y es curioso ver en el rigor del verano esta ribera de huertas con espesos y frondosos bosques de naranjos, limoneros, cerezos y granados, entre los que descuellan altas hileras de chopos que marcan el curso del arroyo, encajado en un valle de laderas peladas y abruptas y recortadas por tortuosos barrancos por los que no corre una sola gota de agua!

Volvamos a la extremidad occidental de la Sierra del Pinar. Frente a Benamahoma, aldea a 425 metros sobre el mar, se levanta el terreno a considerable altura en la Sierra del Labradillo (1.095,7 m.) y Loma Becerra, que, en unión de Sierra Margarita (1.164,6 m.) y el Peñón de los Toros, forman otra de las cordilleras más importantes de la Serranía. Todas estas alturas están formadas por las mismas capas de caliza liásica que los montes anteriormente descritos, y presentan en su estructura geológica una monotonía que repercute en su aspecto topográfico, también muy monótono, reduciéndose a una cresta más o menos afilada y orientada de Norte-Nordeste a Sur-Sudoeste, con vertiente muy rápida por el lado de Levante, y muy pronunciada también, aunque no tanto, por la de Poniente.

Debido a que los estratos buzan constantemente al Oeste Noroeste, las distintas sierras que integran la cordillera (1) presentan acantilados rocosos en la vertiente Este, mientras que por

(1) Llamamos la atención del lector acerca de la costumbre establecida en este país de llamar «sierras» y designarlas con nombres distintos a las principales alturas que se destacan en un macizo montañoso, si esas alturas tienen perfil agudo; pues de lo contrario, el nombre genérico que aplican los habitantes del país es el de «lomas». En este mismo macizo que estamos describiendo tenemos el ejemplo: los dos montes que ostentan cumbres escarpadas llevan el nombre de sierras (Sierra Margarita, 1.165 metros, y Sierra del Labradillo, con su cúspide, la Atalaya del Pajarraco, a 1.095), mientras que los de forma redondeada reciben la denominación de lomas (Loma Becerra, 1.090 metros, y Loma del Peñón de los Toros, 1.022). Esta nomenclatura se presta a errores, puesto que, al hablar de la sierra tal o de la sierra cual, lo natural es suponer que se trata de núcleos montañosos que gozan de cierta independencia y no de los cerros o promontorios de una misma cordillera.

el Oeste los crestones de las calizas apenas sobresalen, y los bosques de encinas y quejigos se extienden sin interrupción desde la falda hasta la cumbre.

Hacia la mitad de su recorrido, entre Loma Becerra y Sierra Margarita, queda interrumpida la cresta de la cordillera por un collado, el puerto de la Alhucema, por donde cruza la divisoria una senda que enlaza el cortijo del Argamazón con el de los Albarranes y con los caminos que conducen a Zahara. Frente a este puerto se encuentra el llano de los Navazos, meseta bastante amplia y muy plana, hasta el punto de que las aguas llovedizas se estancan en la superficie, dando lugar a varias lagunas; de ahí su nombre. Por estos llanos se enlazan los montes que estamos describiendo con las estribaciones de las sierras de Zafalgar y del Blanquillo, de que luego nos ocuparemos.

La falda occidental de la cordillera de Sierra Margarita, desde la Sierra del Labradillo hasta el Peñón de los Toros, está cubierta en su base por calizas rojas del Titónico y unas margas blancas o cenicientas neocomienses que se prolongan hasta muy cerca del cauce de los dos arroyos que limitan por occidente la Serranía, y que son: el del Chorreadero, afluente del Guadalete, y el del Argamazón, tributario del Majaceite. Desde la divisoria (puerto del Argamazón, a 440 metros) hacia el Sur quedan al descubierto las rocas del Trías con multitud de asomos ofíticos; desde el puerto hacia el Norte son las capas del Eoceno las que substituyen a las del Cretáceo.

Entre las cumbres de la cordillera de Sierra Margarita, las del Pinar y las de Monte Prieto queda determinado un amplio anfiteatro en forma de herradura, cuyos bordes dominan un conjunto de montes y desfiladeros que entrecruzándose en todas direcciones dan origen a un país sumamente abrupto y escarpado, pero de lo más pintoresco que se puede concebir. Esos montes, que a primera vista aparecen repartidos sin orden ni concierto, y cuyas mutuas relaciones difícilmente podrían apreciarse si se prescindiera de su constitución geológica, se descomponen en tres series orientadas de Norte a Sur. La primera y más importante es la que

arranca del puerto del Pinar y forma las sierras del Hinojar (1.100 m.), del Blanquillo (1.295,4 m.) y Zafalgar (1.390 m.), prolongándose hasta las orillas del arroyo Bocaleones por una loma larga y estrecha, llamada de la Camada del puerco. La segunda se destaca de las inmediaciones del puerto de la Alhucema, entre Loma Becerra y Sierra Margarita, y con el nombre de Loma de los Albarranes separa las aguas del Bocaleones de las del arroyo Parralejo. La tercera arranca de la cumbre de las Lomas y continúa por el monte Cambronera (861,1 m.), hasta el pueblo de Zahara, donde termina. Este espolón marca la divisoria entre el Bocaleones y el arroyo de los Molinos, que recoge las torrenteras que bajan de la falda occidental de Monte Prieto. En la composición de todas estas alturas apenas entran más rocas que las calizas compactas del Lías inferior, que en esta zona están casi horizontales y en las que las aguas han labrado estrechos y profundos desfiladeros, algunos de ellos, como los denominados Garganta Seca y Garganta Verde, de todo punto impracticables.

El desfiladero de Garganta Verde es un ejemplo curioso de cómo las aguas ejercen su acción en los macizos de calizas, pues aunque esa grieta gigantesca, no se debe al trabajo de las aguas meteóricas, sino a una falla, tanto en el fondo del barranco como en sus paredes han dejado bien marcadas las huellas de su paso las corrientes superficiales y subterráneas, pudiéndose presentar como modelo de disolución de las calizas por las aguas la famosa gruta denominada Iglesia de la Garganta, situada en la margen izquierda del arroyo; tiene proporciones gigantescas y está toda ella llena de estalactitas, estalagmitas e incrustaciones calcáreas, de formas y colores variadísimos. Su visita es obligada, como uno de los lugares más curiosos de la Serranía, para los turistas que recorren estos parajes.

El fondo de la Garganta Verde es muy escarpado, sucediéndose las cascadas y los charcos profundos, especie de marmitas de gigantes que las aguas perforan al pie de los saltos con ayuda de los cantos rodados que arrastran y que, animados por los remolinos de un movimiento rápido de rotación, barrenan el suelo al

mismo tiempo que adquieren ellos mismos, por efecto del rozamiento, forma esférica.

En el fondo de ese barranco brotan infinidad de manantiales, que vuelven a ocultarse una y otra vez al encontrar grietas o cavidades de menor nivel piezométrico, pero que concluyen por aflorar formando un caudal de aguas bastante crecido aun en riguroso estiaje, que alimenta el arroyo Bocaleones, afluente del Guadalete. Las dos orillas de este arroyo, después de pasar la estrecha cortadura que se abre a Poniente de Zahara en las margas del Lías superior, están pobladas, como el valle de Arroyo Molinos, por árboles frutales, extendiéndose una amplia zona regable hasta la margen izquierda del Guadalete, limitada por colinas redondeadas, arenosas, cubiertas de viñedos.

El valle del Guadalete, frente a Zahara, es fertilísimo, pues aparte de la naturaleza arcillosa de los arrastres del río y de los derrubios de las colinas triásicas y terciarias de que está rellena toda la parte baja, cuenta con agua abundante para los cultivos de regadío y está a cubierto de los vientos fríos del Norte merced a la serie de alturas que se extienden entre la Sierra del Lijar o de Algodonales y el Tajo de Lagarín, y que separan el mencionado valle de la cuenca del Guadalporcún.

Desde las cumbres de la Sierra del Pinar hacia el Sur, el terreno desciende 700 u 800 metros por un tajo vertical, a cuyo pie pasa el camino que va de Benamahoma a Grazalema. A la derecha de este camino el terreno se levanta algún tanto para formar el Cerro de las Cuevas (920 m.), y la Loma de las Peñuelas; pero luego desciende con gran rapidez hasta la Garganta del Boyar, afluente del río Tavizna. Desde la Loma de las Peñuelas hacia el Oeste, continúa, en cambio, el suelo elevándose progresivamente hasta alcanzar en las cumbres de la Sierra de Albarracín, 972,3 metros sobre el mar. Esta sierra termina en el pueblo de El Bosque, a orillas del río de este nombre, y está formada, principalmente, como las alturas de Sierra Margarita, de que es prolongación, por sedimentos liásicos.

Al Sur del río Tavizna, entre ésta y el de Ubrique, se levanta

la Sierra de la Silla, lomo alargado de Norte a Sur que termina en una abrupta cresta donde se destacan el Cerracho de la Silla, el pico del Adrión (904,9 m.), el Palmarejo y el cerro del Torero, con altitudes comprendidas entre 700 y 900 metros.

Por la parte de Levante, la vertiente de la Sierra de la Silla es bastante rápida y termina en la vaguada que sigue la carretera de Ubrique; por el Oeste el terreno desciende también rápidamente en un principio, pero después la pendiente se hace mucho más suave, y a la sierra abrupta suceden unas colinas redondeadas, triásicas, que avanzan hasta el cauce del río Majaceite.

La profunda cañada que limita por el Sur la Sierra del Pinar, por donde circula el río Tavizna, arranca del puerto del Boyar, situado dos kilómetros a Poniente de Grazalema. Por el otro lado de ese puerto las aguas afluyen al río Guadalete, que en un principio corre por un valle muy cerrado, en prolongación de la vaguada del Tavizna, y que sigue la misma línea de rotura que éste, como más adelante veremos. Esta fractura, que en la superficie se acusa por una profunda y abrupta depresión, divide a la Serranía de Grazalema en dos partes que difieren bastante entre sí por su constitución geológica, pues mientras en la zona situada al Norte son las capas del Lías las que determinan las líneas principales del relieve, en la zona Sur, si se exceptúa la Sierra de la Silla, que forma un macizo totalmente aislado del resto de estas montañas, todas las demás están formadas por las calizas oolíticas o mármóreas del Jurásico superior.

Empezaremos la descripción de este grupo de sierras por su extremo norte.

En las paredes de Grazalema y formando un tajo vertical de más de 300 metros de altura, se levanta la Sierra del Endrinar (lámina XIV), que en unión de las de Benaocaz, que se extienden más al Sur, forman una árida meseta de 1.200 metros de altitud media, en la que sobresalen cerros escarpados de 200 a 300 metros, entre ellos el monte Simancón, segunda altura de la provincia, con su cúspide a 1.565,6 metros.

Estas sierras presentan caracteres que son comunes a todas

las sierras andaluzas, formadas por las calizas del Jurásico superior. Ante todo, la blancura de sus cumbres, que por sí sola basta para diferenciarlas de las sierras liásicas, que ostentan un tinte agrisado bastante más oscuro. Después, el estado especial de corrosión y de fracturamiento de las calizas, sobre todo en los parajes donde las capas están horizontales, que induce a veces a creer que estos montes están formados por el apilamiento de grandes bloques angulosos de dichas rocas. Por último, la cantidad de simas y sumidores que a cada paso se encuentran dondequiera que el terreno presenta una ligera concavidad, y que están evidentemente relacionadas con el estado de agrietamiento de las capas.

La Sierra del Endrinar se termina bruscamente por el Noroeste en un acantilado, que desde el puerto del Boyar se prolonga sin interrupción hasta el Cerro de la Llave, en el kilómetro 66 de la carretera de Ubrique, y que alcanza en algunos puntos proporciones gigantescas. Este acantilado bordea la zona de hundimiento por donde corre el río Tavizna, y las huellas de tan colosal fractura se manifiestan en determinados sitios, como en el punto llamado el Salto del Cabrero (lám. II B) por una disposición en gradas, resultado del desigual hundimiento del terreno en fajas paralelas a las líneas de falla (láminas XV y XVII).

Por el Este termina la Sierra del Endrinar en otro tajo vertical de 200 a 300 metros totalmente inaccesible, y, por el Sur, una cañada muy profunda la separa de la Sierra del Caillo (láminas XV y XVI). Por esta cañada pasa también un eje de fractura cuyos efectos están más marcados aún por el lado de Ubrique, entre este pueblo y Benaocaz, en el barranco por donde pasa el camino que los une.

Benaocaz está edificado en el borde de un circo de hundimiento bastante localizado (lám. XVI), pero cuyos límites se marcan muy bien en la superficie, tanto más cuanto que esa depresión aparece hoy rellena por sedimentos terciarios.

En la Sierra del Endrinar hay algunas parcelas dedicadas al cultivo de cereales, cuya recolección no se hace hasta el mes de agosto, es decir, dos meses más tarde que en el resto de la provin-

cia, debido al clima riguroso que reina en las cumbres de estas montañas.

Al Sur de la Sierra del Caillo (1.396,7 metros), el terreno desciende rápidamente hasta la Manga de Villaluenga (láminas XV y XVI), estrecho valle cuyo fondo se encuentra a 800 metros sobre el mar y que separa las sierras que estamos describiendo de las que se alzan en las cercanías de Ubrique, análogas en un todo a las anteriores, tanto por su constitución geológica como por su aspecto topográfico.

Por el lado de Ubrique (lám. XV) quedan esas alturas cortadas a pico en un asperísimo tajo de cerca de 400 metros de altura, en tanto que por el Sur descienden mucho más suavemente hasta la Garganta de Barrida, que las separa de la Sierra de Libar y donde termina el grupo de montañas cuyo estudio nos ocupa. Sin embargo, y para incluir en este trabajo todo el terreno que por esta parte corresponde a la provincia de Cádiz, hemos extendido nuestro mapa a la mitad occidental de la Sierra de Libar, es decir, hasta los linderos de la provincia de Málaga (1).

La Sierra de Libar (1.394 m.) en su extremidad meridional sirve de divisoria a los ríos Majaceite y Guadiaro, en tanto que las alturas que se extienden entre las mesas de Libar (1.217,6 m.), y el extremo septentrional de la sierra sólo separan las aguas del Guadiaro de las de varios arroyos que se sumen por la sima del cabo de Ronda, que hay quien supone en comunicación subterránea con el valle del dicho río.

Entre el Puntal de la Raya (1.257,1 m.) y el cerro de las Mesas, la parte de sierra perteneciente a la provincia de Cádiz se reduce a un lomo de 1.200 metros de altitud media y cinco kilóme-

(1) Para el cálculo del área de esta serranía y de la distribución de la altitud, datos que se consignan en el mapa topográfico de la lámina XVIII, hemos considerado también a la Sierra de Libar como parte integrante de la misma. Por el Noroeste hemos limitado la Serranía en los arroyos del Argamazón y del Chorradero, y por el Nordeste, en el río Guadalete. A esos datos agregaremos, por estimarlo de interés, que la Serranía de Grazalema, así delimitada, cubica sobre el nivel del mar 283 kilómetros cúbicos, y si se rellenaran sus depresiones con la parte alta de las sierras hasta nivelar el terreno, resultaría una meseta de 700 metros de altitud.

tros de longitud, formado todo él por las calizas marmóreas y oolíticas del Jura superior. Desde las Mesas del Libar hacia el Norte este lomo se divide en dos paralelos: el más occidental, que es e que pertenece por entero a la provincia de Cádiz, apenas excede de los 900 metros de altitud y termina en el cortijo de Patagalan con un recorrido de seis kilómetros.

Como prolongación occidental de la Sierra de Libar debe considerarse el Peñón del Berrueco (892 m.), formado igualmente por calizas jurásicas, y cuya mole se destaca entre las capas de la arenisca del Aljibe que rodean su base por los cuatro vientos.

Como indicamos anteriormente, el macizo montañoso de Grazalema vierte las aguas a tres ríos distintos: el Guadalete, su gran afluente el Majaceite y el Campobuche. El Guadalete nace en la Sierra de Endrinar, cerca del puerto de la Presilla y corre encauzado por la fractura que separa la Sierra del Endrinar de la del Pinar (que en lo sucesivo llamaremos falla del Tavizna), hasta cerca de Grazalema (lám. XIV). En este primer trayecto es de régimen torrencial. Poco antes de llegar a Grazalema tuerce el río su curso hacia Levante y desemboca en la hondonada que limitan los altos del Fresnillo, la Sierra del Endrinar y el lomo divisorio con el Campobuche; a partir de este punto sus aguas se abren paso por un valle de denudación trazado en el contacto de la arenisca oligocena con la caliza numulítica, cuyas capas corta poco después en ángulo recto para alcanzar de nuevo la falla del Tavizna a la altura del batán llamado de la Junta de los Ríos.

Esa desviación que sufre el curso del Guadalete se debe a que la garganta producida por la falla del Tavizna, que al principio sigue, queda obstruida frente a Grazalema por el mogote liásico del Fresnillo, macizo desgajado de la Sierra del Pinar como consecuencia de esa misma falla. Ésta sigue, no obstante, bien marcada en el terreno, y por el fondo de la depresión que determina corre el arroyo de los Molinos (1), cuyo cauce, aunque con pen-

(1) Hay en esta Serranía dos arroyos de los Molinos. Uno está a Levante de Zahara, entre este pueblo y Monte Prieto; el otro, al Norte de Grazalema, y es al que ahora nos referimos.

diente contraria, está en prolongación de la Garganta del Boyar,

A partir del citado batán de la Junta de los Ríos, sigue otra vez el Guadalete la dirección impuesta por la falla del Tavizna durante un par de kilómetros, orientándose después al Noroeste hasta su confluencia con el río Agua-Porcín.

Esta última dirección contrasta grandemente con la de Nordeste á Sudoeste que sigue después el río en más de 100 kilómetros hasta su desembocadura en la bahía de Cádiz; pero ese contraste no existiría si se considerara al valle superior del Guadalete, no como vaguada principal, sino como afluente del río Agua-Porcín, que es la categoría que le corresponde desde el punto de vista geológico. La misma observación debe hacerse respecto a los valles del Guadalporcún y del Guadamanil, de cuya reunión nace el Agua-Porcín, pues, a pesar de ser el primero más caudaloso que el segundo, debe considerarse como afluente suyo, subordinando el caudal a la dirección general de los grandes valles, en íntima relación siempre con la tectónica del país.

Y, en efecto, la dirección de Nordeste a Sudoeste que sigue el río Guadamanil desde su nacimiento en la Sierra de las Algámilas hasta su unión con el Guadalporcún, y más tarde el Agua-Porcín y el valle general del Guadalete, coincide con una de las líneas de plegamiento de la región, y debe considerarse como impuesta a las corrientes superficiales independientemente de su labor de denudación, en tanto que las direcciones que siguen el valle superior del Guadalete y el río Guadalporcún, normales a las líneas de plegamiento, sólo cabe atribuirles a la acción de las aguas de la superficie, que tienden a correr en dirección normal a las vaguadas preexistentes, o a dislocaciones geológicas de segundo orden.

La divisoria del Guadalete con el Majaceite en la zona que estamos estudiando, sigue, partiendo del puerto del Boyar, por las cumbres de la Sierra del Pinar, el puerto de este nombre, las sierras del Hinojar y del Blanquillo, el Cerro del Pilar, la Sierra Margarita y el puerto del Argamazón, continuando después por los montes de Prado del Rey y las sierras de Aznar, La Rábita y Va-

lleja hasta la Pedrosa, donde el segundo de aquellos ríos se vierte en el Guadalete.

El afluente más importante que durante su recorrido al pie de las montañas descritas recibe el Guadalete, es el arroyo Bocaleones, cuyas fuentes principales brotan, según se ha dicho, en las calizas del Lias, en la estrecha cortadura conocida con el nombre de Garganta Verde. La confluencia del Bocaleones con el Guadalete tiene lugar al pie de Zahara, en el pintoresco valle formado por las estribaciones de la Sierra del Pinar y las de la Sierra de Algodonales.

El Majaceite nace en el puerto del Pinar, pero su caudal principal procede de las fuentes de Benamahoma, que brotan también entre las calizas liásicas, a 500 metros de distancia de esta aldea. Antes de llegar a El Bosque, recoge las arroyadas que bajan del puerto del Argamazón y de las faldas occidentales de Sierra Margarita y Loma Becerra, resultando de su reunión el río llamado de El Bosque, nombre que cambia por el de Majaceite o Guadalcañín al unirse con el arroyo de Tavizna. Otro afluente de importancia del Majaceite es el río de Ubrique, que, aparte de tener una cuenca de alimentación considerable, ve aumentado su caudal por las magníficas fuentes que brotan de las calizas del Jura, en las inmediaciones de la localidad que le da nombre (láminas X B y XI A y B).

El río Majaceite, desde el puerto del Argamazón hasta su confluencia con el de Ubrique corre por un valle de subsuelo triásico, en el que las aguas, por efecto de la poca consistencia de las rocas, en su mayor parte arcillas yesíferas, han podido excavar fácilmente su cauce. No es extraño, pues, que el lecho del río presente en este trayecto tan exigua pendiente, que resulta imposible el aprovechamiento de sus aguas para la producción de fuerza motriz, y hasta dificultosa su utilización para los riegos. Como ya se ha dicho anteriormente, esta depresión por donde corre el Majaceite continúa hasta el puerto de las Palomas, entre la Sierra del Aljibe y la de las Cabras, y se corresponde con el valle del río Barbate, siendo un accidente tectónico de primer orden que separa

constantemente en la provincia de Cádiz la región de altas montañas de la región de colinas.

El río Campobuche nace en el valle que separa la Sierra del Endrinar de la del Caillo, en término de Villaluenga, y recoge las aguas de varios torrentes que bajan de la primera de dichas sierras por su falda Este. Corre primero en dirección Sudoeste a Nordeste, encauzado entre los acantilados de la Sierra del Endrinar y una línea de colinas terciarias que ocupan el centro del área de hundimiento limitada por las sierras del Endrinar, del Caillo y de Ubrique y la Sierra de Libar; continúa después por un valle de denudación abierto a través de las capas terciarias, y, por último, no encontrando salida directa al valle de Guadiaro, por interponerse en su camino el macizo de Montejaque, penetra, por la llamada cueva del Hundidero, en un túnel natural, abierto en las calizas jurásicas, y sale por el otro lado de la divisoria en la famosa cueva del Gato.

Algo análogo ocurre con las aguas que se recogen entre la Sierra de Libar y las colinas terciarias a que acabamos de hacer referencia, pues tampoco tienen salida al valle del Campobuche, sino que se sumen por una estrecha sima denominada del Cabo de Ronda y continúan su curso subterráneo hacia el valle del Guadiaro. Este fenómeno de las simas es muy frecuente en toda la zona cuyo subsuelo está formado por las calizas del Jurásico superior, especialmente en las proximidades de las fallas y de las áreas de hundimiento, accidentes todos que perturban en alto grado la circulación superficial y subterránea de las aguas, imprimiendo a la comarca un carácter hidrológico especial.

Para evitar repeticiones, trataremos de todos estos fenómenos con el detenimiento que merecen, después de hacer la descripción geológica de los parajes donde se manifiestan.

Ya hemos dicho que el clima en la parte alta de la Sierra del Endrinar, donde hay algunas tierras cultivables, es muy distinto del que reina en el resto de la provincia. Esto se explica satisfactoriamente por tratarse de un núcleo montañoso bastante elevado con relación al nivel general de la comarca. También es natural que

las lluvias adquieran en la Serranía de Grazalema mayor importancia que en la llanura, y nada diríamos acerca de este punto si la diferencia que es lógico suponer en la producción de los meteoros acuosos se mantuviera dentro de los límites corrientes. Pero no es así, ciertamente, pues merced a la orientación de las montañas de esta serranía y su proximidad al mar, las alturas de lluvia marcadas por el pluviómetro, especialmente cerca de la divisoria, están representadas por cifras que no dudamos en calificar de colosales. Los datos que amablemente nos ha facilitado D. Cándido Ruiz y Ruiz, a cuyo cargo está la Estación pluviométrica de Grazalema, y quien desempeña su misión con extremada escrupulosidad, demuestran, en efecto, que durante el año 1913 la altura de lluvia llegó en dicha localidad a la respetable cifra de 1<sup>m</sup>,700. En el año 1914 alcanzó 2<sup>m</sup>,744, 2<sup>m</sup>,864 en el 1915 y 2<sup>m</sup>,749 en 1916. Estos datos arrojan una media cuatro veces mayor que la comprobada a orillas del mar, en el Observatorio Meteorológico de San Fernando y que la indicada por el pluviómetro en el Puerto de Santa María, en Jerez y en otras poblaciones de la llanura.

A estas alturas totales de lluvia tan extraordinarias se une el carácter torrencial de las mismas, como lo demuestran los datos siguientes:

En el año 1913 la lluvia máxima en veinticuatro horas tuvo lugar en el mes de marzo, con una altura de 140,8 milímetros, habiéndose registrado varias superiores a 50 milímetros, durante veinticuatro horas, en los meses de enero, febrero, septiembre y diciembre. En el año 1914 la máxima fué en diciembre, con 178 milímetros, habiendo pasado algunos días de 100 milímetros en los meses de febrero, octubre y noviembre.

En 1915, la lluvia mayor se registró en febrero, con 197,4 milímetros en veinticuatro horas, pasando de 100 milímetros algunos días en enero, marzo y diciembre.

En 1916, la lluvia mayor tuvo lugar el 21 de noviembre, con 213,6 milímetros, pasando de 100 varios días en abril, noviembre y diciembre. Los días de lluvia fueron: ochenta y uno en 1913; sesenta y nueve, en 1914; setenta y uno, en 1915, y setenta y tres

en 1916, resultando, por tanto, el año más seco el de mayor número de días de lluvia. Como datos complementarios añadiremos que en 1913 sólo llovió un día en cada uno de los meses de junio, julio y agosto, y que el mes más lluvioso fué el de enero, en que llovió quince días. En el año 1914 no cayó una sola gota de agua durante los meses de agosto y septiembre, y llovió catorce días en diciembre. En el año 1915 no llovió nada durante los meses de junio, julio y agosto, y los meses en que más llovió fueron enero y noviembre, con doce días de lluvia cada uno. En 1916 llovió un día en cada uno de los meses de junio, julio y agosto, y el mes en que más llovió fué marzo, con diez y nueve días de lluvia.

Si agrupamos los datos anteriores por años contados desde septiembre a agosto para reunir así las lluvias correspondientes a cada estación invernal, tenemos los resultados siguientes:

Invierno de 1912 a 1913.....	1 <sup>m</sup> ,222
Idem 1913 a 1914.....	2 <sup>m</sup> ,109
Idem 1914 a 1915.....	3 <sup>m</sup> ,398
Idem 1915 a 1916.....	2 <sup>m</sup> ,221
Idem 1916 a 1917 (hasta 1.º de junio)..	2 <sup>m</sup> ,723

Resultando el invierno más lluvioso, y con gran diferencia, el del año 1914 al 15. En este invierno llovió tan sólo sesenta y nueve días, pero, en cambio, hubo diez en que la altura de lluvia excedió de 100 milímetros (138,6, 134,4, 178,7, 164, 102, 103, 97, 104,7, 105,8 y 100 milímetros), así es que en forma de grandes aguaceros cayó 1<sup>m</sup>,329 de agua.

Estas lluvias torrenciales originan, como es consiguiente, grandes crecidas en los ríos Majaceite y Guadalete, y si no revisten caracteres tan alarmantes como en otras regiones de España, es porque las vegas inmediatas a esos ríos están poco cultivadas y casi por completo despobladas; pero de la impetuosidad de la corriente del Guadalete en las arriadas pueden dar fe los puentes tendidos sobre él, que en más de una ocasión han sido arrollados. De varias crecidas extraordinarias ocurridas en el pasado siglo se conservan datos, sobre todo en lo referente a la altura alcanzada por las aguas junto a las obras de fábrica, que permiten formar

A



Cliché Hernández Rubio

B



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

## A.—JEREZ

Posición en que quedó el puente-sifón de la Florida, del acueducto de Tempul, después de la crecida del Guadalete el 7 de marzo de 1917.

## B.—BENAOCAZ

"Salto del Cabrero". Falla en las calizas jurásicas.



juicio bastante exacto de su importancia, y esos mismos datos demuestran que ninguna de ellas alcanzó las aterradoras proporciones de la que tuvo lugar el presente año de 1917, en la madrugada del 6 al 7 de marzo.

Fué tal la fuerza de la corriente, que arrastró los dos arcos que quedaban aún en pie del antiguo puente de Villamartín y parte del estribo de la margen izquierda; el puente de San Miguel, en Arcos de la Frontera; el llamado de la Junta de los ríos, situado unos metros aguas abajo de la confluencia del Majaceite con el Guadalete, y el puente metálico y los arcos de avenida por donde cruzaba el río, en la Florida, uno de los sifones del acueducto de Tempul (lám. II A).

Pero nada de esto es de extrañar si se tiene en cuenta que después de cuatro meses de lluvias continuadas, durante los cuales cayeron en Grazalema 1.948,7 milímetros de agua, se sucedieron, desde el 26 de febrero hasta el 5 de marzo, ocho días de lluvias bastante persistentes y algunas de carácter torrencial, como la que cayó el día 4 (95,1 mm.), acompañadas de nevadas copiosísimas en la parte alta de las montañas. Además, el día 5, a las cuatro de la tarde, empezó a llover torrencialmente en toda la Serranía con viento huracanado del Sudoeste y no cesó la lluvia ni disminuyó su intensidad hasta las cuatro de la mañana del día 7. En ese intervalo de tiempo (treinta y seis horas), recogió el pluviómetro de Grazalema 289,1 milímetros de agua, y aun cuando seguramente no cayó en toda la cuenca del Guadalete una lluvia tan colosal, basta que una gran parte de ella recogiese la enorme cantidad de 2.890 metros cúbicos por hectárea a que corresponde la lluvia antes citada, para que la crecida alcanzara tan desconocidas proporciones. Y todavía este fenómeno resulta más explicable cuando se considera que esa lluvia de 289,1 milímetros la recibió la tierra después que los terrenos más permeables habían dejado de serlo por estar saturados de agua, y cuando se tiene en cuenta además que los manantiales de la comarca habían alcanzado con varios días de antelación su máximo rendimiento.

La cantidad de agua que conducía el Guadalete en el último



Cliché Hernández Rubio.



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

A. JEREZ

Posición en que quedó el puente-sifón de la Florida, del acueducto de Tempul, después de la crecida del Guadalete el 7 de marzo de 1917.

B.—BENAOCAZ

"Salto del Cabrero". Falla en las calizas jurásicas.

tercio de su recorrido, se ha calculado en los momentos de apogeo de la avenida en 2.000 metros cúbicos por segundo, a pesar de que su principal afluente, el río Majaceite, está cortado en su casi totalidad por el pantano del Guadalcaçín, que aunque lleno con anterioridad a esta arriada, sólo dejó pasar por el aliviadero de superficie 500 metros cúbicos por segundo, con una lámina vertiente de tres metros de altura, en tanto que substraña a la crecida con este embalse suplementario la respetable cantidad de 25 millones de metros cúbicos (1). Ese caudal tan extraordinario explica que hasta los llanos de El Portal, entre el Puerto de Santa María y Jerez, que escasamente se encuentra a 12 kilómetros del mar, y cuya extensión es enorme, fueran cubiertos con una lámina de agua de más de un metro de altura, que en ciertos sitios montó sobre el terraplén del ferrocarril de Sevilla a Cádiz y sobre la carretera de Jerez al Puerto.

Según manifestaciones de los habitantes de varios pueblos de la Serranía, esas lluvias tan intensas no son generales en toda ella, señalándose el pueblo de Grazalema como uno de los puntos donde más importancia adquieren.

Y es natural que así ocurra, tanto por la distribución del relieve orográfico en estas regiones como por la dirección de los vientos que producen la mayoría de las lluvias en la provincia de Cádiz, que son los que soplan del tercer cuadrante, cálidos y húmedos a la vez. El aire cargado de humedad atraviesa primeramente, desde el mar hasta el pie de la Serranía, una meseta cuya altitud media apenas llega a 100 metros y donde las precipitaciones son relativamente escasas, toda vez que el aire no sufre más enfriamiento que el que se deriva de su contacto con la tierra; pero al llegar las corrientes de aire húmedo a la montaña y ser forzadas a traspasar la divisoria, tienen que elevarse en poca distancia más de 1.000 metros, y las masas de nubes cruzan de preferencia la Serranía por la vaguada del Tavizna, la Manga de Villaluenga y la Gar-

---

(1) Estos datos constan en un artículo publicado en la *Correspondencia de España* por el eminente ingeniero D. Pedro M. González Quijano, director del *Pantano del Guadalcaçín*.

ganta de Barrida, valles paralelos a la dirección del viento. Las lluvias en estas depresiones tienen que superar a las que se producen en el resto de la cordillera, puesto que por ellas circula la mayor parte del vapor de agua que arrastra el aire; pero en el caso particular del valle del Tavizna, la saturación de humedad tiene que producirse al alcanzar la divisoria con más rapidez y más intensamente, porque las nubes que llegan a la Serranía por el valle inferior de dicho río son desviadas hacia el Norte al chocar con las alturas de la Sierra del Endrinar y desembocan por el collado que separa a esta sierra de la del Pinar, paso de exiguas dimensiones si se le compara con el amplio valle que a él conduce. Y claro es que si el aire que cruza la divisoria por el puerto del Boyar, que es el paso a que acabamos de aludir, está más saturado de humedad que el que pasa al otro lado de la cordillera por encima de las cumbres y por las otras vaguadas, necesariamente ha de precipitar mayor cantidad de agua al penetrar en las capas superiores de la atmósfera más enrarecidas y más frías. Se explica, pues, que con vientos del Sur al Poniente las lluvias alcancen su máxima intensidad en las inmediaciones del puerto del Boyar, que es donde está edificado Grazaalema.

A corta distancia de este pueblo, en dirección al Este, la intensidad de las lluvias decrece considerablemente, hasta el punto de que a los cinco kilómetros el régimen de lluvias tiene más de común con el de la llanura gaditana que con el de la Serranía, siendo frecuente ver cómo las nubes, al pasar la divisoria, se desgarran transformándose en cúmulos aislados, análogos por su forma y dimensiones a los que invariablemente cruzan el cielo gaditano cuando sopla viento del Noroeste.

De los datos que tenemos a la vista resulta que, de los ochenta y un días de lluvia que hubo en Grazaalema en el año 1913, sesenta y ocho llovió con viento Sudoeste, Sur o Poniente; seis, con Noroeste, y cuatro con Levante.

En el año 1914, sesenta y dos con Suroeste, Sur o Poniente; tres, con Noroeste y cuatro con Levante. En 1915, respectivamente, sesenta y cinco, cuatro y dos, y en 1917, sesenta y uno,

seis y cuatro. Estos datos confirman lo que antes dijimos: que la mayoría de las lluvias las producen en la provincia de Cádiz los vientos del tercer cuadrante. Los días de lluvia con vientos del primero, segundo y cuarto cuadrante, son contados en la Serranía de Grazaalema, y casos excepcionales en el resto de la provincia.

Los datos que quedan anotados creemos que merecen la pena de consignarse, pues acaso en ninguna otra estación pluviométrica de España se registren lluvias tan importantes. Es de suponer, sin embargo, que no sea Grazaalema el único lugar donde las lluvias exceden considerablemente a la media de las comarcas limítrofes, pero estas irregularidades tan interesantes no se irán conociendo hasta que se generalicen las observaciones pluviométricas.

En el extranjero se citan también casos análogos, algunos realmente excepcionales. Las montañas de Westmoreland, por ejemplo, que se extienden transversalmente al embudo que forma el canal de Irlanda, reciben 3<sup>m</sup>,850 de lluvia, en tanto que en Liverpool, situado en las orillas de ese mismo mar, sólo caen 860 milímetros, ó sea cerca de cinco veces menos.

Pero mucho más notable es la diferencia observada en algunas localidades de la India, sobre todo en Cherra-Ponjee, que se encuentra en los montes Garrows, al pie del Himalaya, donde los días de lluvia se suceden a veces sin interrupción durante tres meses y medio, y donde los vientos cálidos de los trópicos, al chocar con los primeros contrafuertes de esa muralla gigantesca, producen una lluvia de 12 a 14 metros por año, mientras que en Calcuta sólo llueve la décima parte (1).

De los pueblos de la Serranía, Grazaalema, Villaluenga y Benaocaz son los únicos donde la nieve cae en abundancia; en Ubrique y Zahara se registran también nevadas ligeras, pero los copos rara vez llegan a cuajar. En cambio todas las cumbres de la Serranía se cubren de nieve repetidas veces durante el invierno aun cuando el deshielo se efectúa siempre con rapidez.

(1) Reclus: *La Terre*, t. II, páginas 381 y 382.

Para terminar la descripción geográfica de la Serranía de Grazalema, vamos a decir dos palabras acerca de los medios de comunicación con que cuentan los pueblos enclavados en ella y de los caminos que la cruzan.

En la actualidad sólo tres de esos pueblos están enlazados por carreteras a la red general: El Bosque, Ubrique y Grazalema.

La carretera que termina en Ubrique arranca de la estación de Las Cabezas y tiene un recorrido total de 71 kilómetros, contando dos que tiene de común con la de Jerez a Ronda. El Bosque se encuentra en el kilómetro 54 y Ubrique en el 69.

En El Bosque termina una carretera que arranca de Arcos, y en Grazalema termina otra que parte de la de Jerez a Ronda en el puerto de Montejaque.

En construcción se encuentran otras varias. La que arranca de la de Jerez a Ronda frente a Zahara, y que pasando por este pueblo seguirá hasta Grazalema, está casi terminada hasta el puerto de los Acebuches. Esta carretera pasará en su día por el puerto de las Cumbres y seguirá hacia el puerto del Boyar para enlazar con otra proyectada entre Grazalema y El Bosque, pasando por las huertas de Benamahoma.

También se está construyendo actualmente la de Grazalema a Ubrique, pasando por Villaluenga, que terminará en el kilómetro 68 de la de la estación de Las Cabezas a Ubrique, en la venta de las Cumbres.

Otra carretera que está en construcción es la que parte de Ubrique y empalmará en el puerto de la Vívora con la de Jerez a la estación de Cortes.

Está también proyectada una que arrancará de Ubrique y pasará por Algar, empalmando con la citada de Jerez a Cortes cerca de Tempul.

El día, lejano aún, en que todas estas carreteras estén terminadas se podrá cruzar la Serranía en cualquier dirección con entera comodidad. Entretanto, esa travesía únicamente puede hacerse en caballería, por senderos en su mayoría impracticables, y que con frecuencia quedan interrumpidos a raíz de las grandes

lluvias, sin que los Ayuntamientos ni los particulares se preocupen de su rehabilitación. Algunos de estos senderos son de tránsito peligroso, siendo uno de los peores, desde este punto de vista, el que conduce de Grazalema a Benamahoma por la falda norte de la Sierra del Pinar, llamado camino de los Pinsapos, pues raro es el año en que no se despeña por la ladera abajo alguna de las bestias de los carboneros que frecuentan estos parajes.

Y es que entre el Picacho de San Cristóbal y el cerro del Pinar pasa varias veces la vereda sobre planos inclinados muy pendientes trazados sobre la roca viva, y donde para facilitar el tránsito construyen las gentes del país pequeños terraplenes o muros de contención con piedra en seco, ramajes y tierra, que a duras penas se sostienen sobre el terreno firme y que con gran facilidad, sobre todo en épocas de lluvia, se deslizan por la ladera abajo arrastrando hasta el fondo del precipicio al animal que con su peso inició el movimiento.

Pero mucho más impracticables que los caminos de herradura que cruzan los macizos jurásicos son los trazados en la caliza numulítica y en la arenisca oligocena. Especialmente esta última roca, por efecto de la gran proporción de arcilla que contiene, da origen al disgregarse a unos barrizales intransitables, en los que aparecen, envueltas en el cieno, grandes bolas de arenisca no descompuesta que entorpecen doblemente la marcha de las caballerías. En este caso se encuentra el camino de Ubrique a Jimena, el de Grazalema a Montejaque y la vereda vieja de Grazalema a Ronda que pasa por el cortijo del Hierro, llamado camino de Cupí.

## DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

La mayor parte de la región objeto de nuestro estudio está formada por grandes masas de calizas secundarias, liásicas y jurásicas, que reposan sobre las areniscas, margas, carñiolas y yesos del Keuper. Esas calizas se doblan en una serie de pliegues orientados de Nordeste a Sudoeste, cuyos sinclinales están rellenos por estratos margosos; los de las calizas del Lías inferior por las margas del Toarciense; los de las calizas jurásicas por las margas del Cretáceo inferior. En algunos fondos sinclinales, el terreno, a consecuencia de fallas paralelas a la dirección de las capas, descendió considerablemente y por esos estrechos o canales penetraron más tarde las aguas del mar numulítico y las del mar oligoceno rellenando con sus sedimentos todas las depresiones. Al depósito de estos terrenos sucedió la emersión total de la Serranía de Grazalema, pues por ninguna parte se descubren sedimentos del Mioceno ni del Plioceno.

En consecuencia, los terrenos que toman parte en la constitución de esta Serranía y de cuya descripción nos hemos de ocupar en las páginas que siguen son: El Triásico superior o Keuper; el Lías con sus tres pisos; el Jurásico, especialmente en su parte superior: Malm y Titónico; y el Neocomiense, el Numulítico y el Oligoceno.

### Terreno triásico.

El terreno más antiguo que asoma en los bordes de la Serranía de Grazalema y que indudablemente forma el *substratum* de toda la comarca es el Triásico superior o Keuper. Este terreno, que ocupa grandes extensiones en la provincia de Cádiz, especialmente en su parte occidental, se observa por el Oeste, Norte y Este de la formación liásica, y merced a la diferencia de dureza que existe entre las rocas de ambos terrenos, sus límites pueden fijarse con toda exactitud, más aún si se tiene en cuenta que la línea de contacto no está nunca oculta por los depósitos cuaternarios. Desde

el arroyo de Tavizna hacia el Norte, la línea de separación del Liásico y el Trías sigue aproximadamente, como se ve en el mapa, el trazado de la carretera de El Bosque a Ubrique, precisamente porque esta carretera se ciñe en estos parajes al pie de la montaña, que es la verdadera línea de contacto.

Hemos de anotar, sin embargo, que a partir de la casa del Vihuelo, a mitad de distancia entre el arroyo Tavizna y El Bosque, el terreno que se halla en contacto directo con el Trías, no es el Liásico, sino el Neocomiense, que, con mayor o menor espesor, forma una faja que cubre el borde de la formación liásica por el Norte y por el Oeste.

Desde El Bosque, pueblo edificado sobre las rocas triásicas y en parte sobre un asomo ofítico, la línea de contacto entre el Neocomiense y el Trías tuerce un poco hacia el Nordeste, remontando el valle del río y describiendo un ángulo muy agudo cuyo vértice mira a Levante. Sigue después la línea de contacto á 500 ó 600 metros de la margen derecha del arroyo que baja del puerto del Argamazón, y al llegar a este punto que, según ya se ha indicado, forma parte de la divisoria del Majaciete con el Guadalete, la línea de contacto desaparece bajo una mancha numulítica de calizas y margas que viene a apoyarse sobre el Cretáceo. Poco debe apartarse, sin embargo, la línea de contacto del Numulítico con el Neocomiense de la que separa este último terreno del Trías, pues las margas yesíferas asoman de nuevo en la hondonada donde confluyen los arroyos del Chorreadero y de Comares, lugar que se encuentra en prolongación de la línea de contacto que veníamos describiendo.

Desde el arroyo de Comares hacia el Este, el contacto del Neocomiense con el Keuper sigue de Este a Oeste, igualmente al pie de las montañas, hasta el pueblo de Zahara, si bien suele estar oculto en esta zona por las capas de la caliza numulítica y de la arenisca del Aljibe, cuya presencia en estos parajes denota la existencia de una ensenada del mar oligoceno, que penetró un poco en el valle superior del Guadalete desde la inmediata provincia de Málaga.

Entre Zahara y el Cortijo de la Terroña, en los confines de Grazaleta y Ronda, el Guadalete abre su cauce en una ancha faja triásica que por el Sudoeste desaparece bajo las calizas liásicas de Monte Prieto, mientras que por el Sur queda bruscamente interrumpida por los depósitos paleogenos. El contacto del Triásico de esta mancha con las calizas y margas del Lías presenta muchas ramificaciones y profundas escotaduras en el valle del arroyo de los Molinos, debido a que los regajos que a él afluyen han puesto al descubierto las rocas del Trías en lo más profundo de los barrancos.

Por el valle del Tavizna, la mancha triásica penetra río arriba hasta la falda del cerro donde se asienta el castillo de ese nombre, separando las sierras liásicas de Albarracín y de la Silla, y desaparece por el Sur bajo las capas de arenisca oligocena de la cumbre de la Dehesa.

También penetra el Trías hasta las cercanías de Ubrique por la falda sur de la Sierra de la Silla, é igualmente desaparece por la parte de Levante bajo las calizas numulíticas y las areniscas oligocenas. A la derecha de la carretera de Ubrique a El Bosque, las capas del Trías buzan por debajo de las calizas del Jurásico superior.

En la aldea de Benamahoma asoma también el terreno triásico por debajo de las calizas del Lías y forma una manchita de reducida extensión, cuyo contacto con las rocas liásicas se mantiene en todo el perímetro muy próximo a los cauces de los arroyos.

Otras dos manchitas de muy reducida extensión, formadas por calizas y margas verdes y rojas, hemos de citar también, porque su presencia en los lugares que ahora indicaremos ponen de manifiesto la continuidad de la formación triásica por debajo de los sedimentos jurásicos, y sobre todo lo próximo a la superficie que debe hallarse ese terreno a lo largo de la falla del Tavizna. La primera se encuentra en el extremo oeste del pueblo de Grazaleta, en un regajo que cruza el camino del puerto del Boyar, donde asoman las calizas grises del Keuper con los planos de estratificación cubiertos por una costra bituminosa como de dos milímetros

de espesor. La segunda está situada a la izquierda del camino que va de Grazaleta a Zahara, poco antes de salvar el puerto que separa los altos del Fresnillo del cerro de los Espartales.

Esos dos asomos de rocas triásicas permiten suponer, como decimos, la existencia de otras manchas a lo largo de la línea de fractura del Tavizna, que probablemente habrán quedado ocultas por los derrubios o por las capas terciarias, pero que establecerán la relación de continuidad que indudablemente existe entre las dos grandes manchas triásicas que bordean a la Serranía de Grazaleta por el Este y por el Oeste.

Ninguna particularidad ofrece el terreno triásico de las manchas que acabamos de enumerar, y su gran semejanza con el de otras manchas de la provincia de Cádiz ya estudiadas por nosotros (1), nos excusa de hacer aquí una descripción detallada del mismo.

En general predominan las margas abigarradas yesíferas y salíferas, a través de las cuales asoman con relativa frecuencia las ofitas, principalmente a lo largo del valle del Majaceite, existiendo también algunos asomos en las Huertas de Benamahoma y en el kilómetro 67 de la carretera de Ubrique.

Las areniscas rojizas y amarillentas, que igualmente abundan en el Trías gaditano, adquieren bastante espesor entre los kilómetros 59 y 60 de la carretera de El Bosque á Ubrique, a orillas del río Tavizna, y en el llamado cerro de San Mateo buzan fuertemente á Noroeste por debajo de las calizas magnesianas. Éstas se prolongan hacia el Sudoeste, y, con buzamiento de 45° al Noroeste, forman el montículo que se dibuja en el mapa, inmediato al cortijo de la Parrilla.

En la orilla opuesta del Tavizna, las mismas capas buzan al Sudeste y forman, por lo tanto, con las anteriores un anticlinal cuyo eje sigue el río.

La sucesión de capas concordantes que se ofrece a la vista en los desmontes de la carretera de Ubrique, a uno y otro lado del

(1) *Regiones petrolíferas de Andalucía.*

arroyo de Tavizna, es muy interesante porque pone de manifiesto que las areniscas amarillentas micáferas pertenecen al Keuper y no al tramo inferior del Trías, pues descansan sobre una serie de margas y arcillas salíferas abigarradas, que sin duda alguna corresponden a la parte superior del Triásico. Las margas, en bancos de 30 centímetros de espesor y con coloración alternante amarillenta y morada, están separadas por capas de 30 a 40 centímetros de espesor de arcillas verdes. Además, las calizas magnesianas, al reposar directamente y en concordancia sobre las areniscas keuperianas, demuestran cómo el tramo de calizas que aparece en el Triásico de Cádiz no es equivalente del Muschelka.k, sino que forma un horizonte especial, muy típico en la mayor parte de las manchas triásicas de España, que pone de manifiesto que los últimos sedimentos de esta edad se depositaron bajo la influencia de un régimen francamente marino.

Merecen también especial mención unas calizas triásicas de color pardo oscuro, que alternan con otras negruzcas, y que contienen multitud de lamelibranchios del género *Lucina*. Asoman a unos 300 metros a Levante del cortijo de la Terroña, descansando sobre unas arcillas yesíferas, y hasta en algún punto directamente sobre la ofita, y se internan con dirección Norte-Nordeste y buzamiento al Este-Sudeste, en término de Ronda, donde tienen bastante desarrollo.

A ambos lados del arroyo de los Molinos, cerca de su confluencia con el de las Covatillas, en términos de Zahara y el Gastor, se ven algunas bancadas de yesos de color gris bien estratificados, comprendidas entre capas de margas grises tabulares y arcillas abigarradas con lechos de cañiolas. Todo este conjunto buza 25° al Norte. Entre Zahara y el Guadalete predominan unas margas de color rojo violáceo que difieren bastante por su aspecto de las margas rojizas que en muchos puntos de la provincia de Cádiz aparecen alternando con otras de color verdoso y amarillo. Esas margas rojas cubren también grandes extensiones del término del Gastor, al Norte del peñón denominado Tajo de Lagarín, fuera ya de la zona a que se refiere nuestro estudio.

## Sistema liásico.

**Caracteres generales de la formación.**—El Lías está representado en la Serranía de Grazalema por tres series concordantes de capas: calizas compactas, calizas tabulares y margas, y margas y arcillas, sin intercalaciones de areniscas, de conglomerados ni de otras rocas de formación litoral; se trata, pues, de sedimentos esencialmente pelágicos. Pero los horizontes sucesivos no tienen composición constante en toda la extensión de las manchas, sino que cambian bastante de aspecto lateralmente, siendo en algunas ocasiones esos cambios tan bruscos que inducirían a error al interpretar la tectónica si de antemano no se estudiasen con detenimiento. Las calizas del tramo inferior son por regla general muy compactas, algo arenosas, de coloración blanquecina, parduzca o rosácea, siendo frecuente que se intercalen a distintos niveles bancos de calizas marmóreas, también de tonos claros, y otros de calizas de grano sumamente fino y que ostentan el brillo céreo de ciertas rocas lacustres (láminas III, IV y XII A).

A las variaciones de coloración y de estructura que las calizas presentan como consecuencia de su composición íntima hay que añadir además las alteraciones introducidas posteriormente por la circulación de las aguas al través de sus elementos, así como los cambios de textura debidos a las presiones orogénicas, que forzosamente han tenido que ser muy distintas en cada caso, resultando por todo esto que rocas que acaso en un principio fueron idénticas desde el punto de vista de su composición y de su estructura, presentan hoy aspectos variadísimos.

Las calizas tabulares del tramo medio varían mucho de coloración y aun de composición de unos puntos a otros. A veces son muy oscuras, a veces casi blancas, de grano fino, algo arcillosas, y, por regla general, contienen multitud de concreciones de sílex. También se desarrollan en este nivel calizas de grano grueso, coralígenas, de color anteado o parduzco; los bancos de esta

caliza suelen tener más espesor que los bancos de las calizas o sílex, y se encuentran separados por lechos de arcilla parda de a 20 centímetros de grueso (lám. VI A).

Las margas y arcillas del tramo superior presentan coloraci gris azulada o gris amarillenta, alternan en capas de 15 a 20 centímetros de espesor, y en ocasiones llegan a faltar los lechos masivos, quedando reducido el conjunto a un complejo de arcillas más o menos pizarreñas. Esto suele ocurrir en la parte superior del tramo, donde las arcillas envuelven, además, multitud de crecimientos ferruginosos (lám. V).

**Extensión de las manchas.**—Los sedimentos liásicos agrupan dentro de los límites de nuestro mapa en dos manchas principales. La primera comprende la mitad septentrional de Serranía, desde las colinas que se elevan al Sur del Guadalete hasta la falla del Tavizna, y la segunda corresponde a la Sierra de la Silla, entre El Bosque y Ubrique. Ambas están limitadas por el Triásico y el Oligoceno, salvo en la cordillera de Sierra Margarita y en la Sierra de Albarracín, donde el Lías desaparece por el Norte y por el Oeste bajo las calizas rojas del Titónico y las margas blanquecinas del Neocomiense.

En realidad, las dos manchas liásicas están limitadas en todos sentidos por las rocas del Keuper, sobre que se asientan, pues los mantos terciarios que se representan en el mapa tienen poco espesor, y por su régimen general se ve que se apoyan constantemente sobre el Triás en los alrededores de la formación liásica. Este hecho demuestra que con anterioridad a la época numulítica la denudación había ya impreso a las manchas liásicas formas y dimensiones análogas a las que tienen en la actualidad, y que ya faltaban las rocas del Lías en los lugares invadidos por las aguas del mar terciario. El mismo valle del Guadalete, en la zona comprendida entre el extremo de Monte Prieto y el pueblo de Zahara, que parece producido recientemente por la denudación de las capas liásicas, de las que aún quedan restos en la orilla derecha, en los tajos de Lagarín y la Almarilla, existía sin duda antes del depósito de la arenisca del Aljibe, como lo atestiguan los restos de

estas areniscas que se conservan en la misma orilla del río, entre los kilómetros 87 y 88 de la carretera de Ronda, descansando sobre el Keuper.

**Distribución de los sedimentos.**—Las calizas del tramo inferior ocupan más de la mitad de la superficie de las manchas liásicas que estamos describiendo, y forman todas las cumbres importantes de la parte septentrional de la Serranía.

Desde la aldea de Benamahoma hasta el extremo norte de Monte Prieto constituyen las citadas calizas una faja no interrumpida, que pasa por las cumbres de la Sierra del Pinar, por el Cerro de San Cristóbal y Las Lomas. Esta misma faja continúa por el Oeste en la Sierra de Albarracín, que, salvo el manto jurásico que cubre su vertiente occidental, está formada por las capas del Lías.

Forman también las calizas del Lías inferior todo el conjunto de sierras que se elevan en el centro del anfiteatro del Pinar, es decir, las sierras del Hinojar, del Blanquillo, Zafalgar, Camilla Alta y Cambronera, así como también la cordillera de Loma Beccerra, Sierra Margarita y el Peñón de los Toros. En la parte alta de todos estos montes los sedimentos de los tramos superiores del Lías han desaparecido por denudación y aparecen constantemente al descubierto las calizas inferiores.

Aparte de estos manchones principales, forman también las calizas liásicas el Cerro de las Cuevas, Cerro Gordo y el del Castillo de Tavizna, al Sur de la Sierra del Pinar; los Altos del Fresnillo, al Norte de Grazalema; el cerro del Castillo de Zahara y los tajos de Lagarín y de la Almarilla, en el ángulo Nordeste de nuestro mapa.

En la Sierra de la Silla constituyen las calizas del Lías la base del Cerracho y toda la cresta de la sierra, es decir, los picos del Adrión, El Palmarejo y Cerro Torero, así como la vertiente occidental de la misma.

Las calizas tabulares y las margas del tramo medio cubren, por regla general, las vertientes occidentales de todas las sierras de la parte norte de la Serranía, debido, como luego veremos, a que las



capas buzan en toda esa región a Noroeste o a Poniente, lo que hace también que en las vertientes orientales de dichos montes formen acantilado las cabezas de las capas del tramo inferior. Así se ve en las Lomas y en el Monte Prieto a las calizas tabular con sílex cubrir toda la vertiente occidental hasta la Cañada los Ballesteros, donde desaparecen bajo las margas del tramo superior, que a su vez terminan bruscamente al pie del acantilado que forman los bancos de la caliza en la Sierra de Zafalgar y en la Camilla Alta, a consecuencia de una falla que cruza a la formación entre el puerto de los Acebuches y el puerto del Pinar.

Del mismo modo, adquieren gran desarrollo las margas y calizas tabulares del tramo medio en la Loma de los Albarranes, en las orillas del arroyo Bocaleones (lámina VI A), y en las vertientes occidentales de la cordillera de Sierra Margarita. En la Sierra de la Silla forman la cumbre y la vertiente sur del Cerracho, asoman a lo largo del valle que separa la Sierra de la Silla propiamente dicha del lomo que se destaca más a Levante, y por cuyo valle corre el apoyo de la Breña del Pilar. También forman las capas de que estamos tratando una faja importante al Sur de la Sierra del Pinar entre cerro Mateo, en el extremo meridional de la Sierra de Albarracín, y el puerto del Boyar.

Las margas y arcillas del tramo superior adquieren su mayor desarrollo en la hondonada del Pinar, donde rellenan un amplio sinclinal formado por las capas de la Sierra del Pinar, las de las Cumbres y las de las Lomas, y cuyo eje coincide aproximadamente con la cañada de los Azores. Estas capas se prolongan por el Oeste hasta chocar con las calizas inferiores de las sierras de Zafalgar y del Hinojar, y aparecen bien al descubierto en el puerto del Pinar, donde a primera vista parece que forman la base de la sierra de este nombre.

Otro punto en el que también están muy desarrolladas las capas del tramo superior y donde puede observarse un corte natural muy completo de la formación, es en la margen izquierda del arroyo Bocaleones antes de penetrar en la mancha triásica. En la Sierra de la Silla, por último, también aparecen de manifiesto

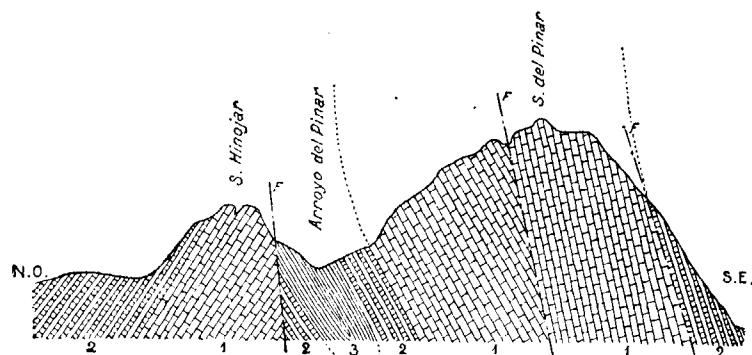
por la falda oriental de la misma a la altura del pico del Adrión.

Las capas del tercer tramo del Lías tienen un aspecto muy característico (lám. V); tanto las margas como las arcillas son de color gris, pero las primeras, cuando están sometidas a los agentes meteóricos ostentan coloración amarillenta, y resulta en conjunto una alternancia de fajas estrechas grises y amarillas que permite reconocer este nivel a gran distancia.

Antes de pasar adelante conviene insistir en el orden de sucesión de los estratos liásicos, que no es otro que el mencionado: calizas compactas en el tramo inferior, calizas tabulares más o menos margosas y generalmente con sílex en el tramo medio y margas y arcillas, a veces pizarreñas, en el superior. Y creemos necesario insistir sobre este punto, porque Macpherson, y con él todos los autores que posteriormente han publicado trabajos geológicos en que se menciona el Lías de la Sierra del Pinar (verdad es que, por regla general, se han limitado a transcribir lo dicho por aquel insigne geólogo), invierten los términos y consideran que las margas y arcillas del tercer tramo forman la base del sistema, y el horizonte de las calizas el tramo superior. Pero basta un ligero reconocimiento de las sierras que nos ocupan para darse cuenta de que el verdadero orden de sucesión de los estratos es el señalado por nosotros. Los contactos de los tres tramos están al descubierto en tantos puntos y con tal claridad puede apreciarse la estratificación, desde las capas del Triás hasta las arcillas margosas que coronan la formación liásica, que no vale la pena, a nuestro juicio, refutar punto por punto cuanto se ha escrito acerca de este particular.

¿A qué se debe la equivocación de Macpherson, copiada después por otros autores? Sin duda alguna, a la disposición de los estratos en el puerto del Pinar, que es el principal punto de acceso a Serranía, y donde estudió preferentemente la formación liásica el citado geólogo. Está formada la Sierra del Pinar a la altura del puerto de este nombre por un pliegue de la formación liásica orientado de Este a Oeste y volcado sobre la rama norte, tal como pone de manifiesto el corte de la figura 1.<sup>a</sup> Resulta

de esta disposición de los estratos, que en las inmediaciones del referido puerto las margas del tramo superior parecen buzar por debajo de las calizas con sílex, y éstas, a su vez, por debajo de las calizas compactas. Contribuye igualmente a esta interpretación errónea el que junto a la falla que pasa al pie de la Sierra del Hinojar, parece también que las margas superiores continúan por debajo de las calizas compactas por efecto del gran desnivel de los bordes de aquélla. En ningún otro punto de la Serranía vuelve a repetirse esta disposición anómala, por la que, dicho

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

CORTE DESDE LA SIERRA DEL HINOJAR A LA DEL PINAR

1. Calizas compactas del tramo inferior del Lías.—2. Calizas tabulares y margas del tramo medio.—3. Margas pizarreñas y arcillas del tramo superior.—F. F. Fallas.  
Escala: horizontales, 1:50.000; verticales, 1:25.000.

sea de paso, resulta duplicado el espesor de las calizas compactas. Por ello alcanza la sierra en estos parajes proporciones tan colosales; aquí es, en efecto, donde se eleva el cerro del Pinar de 1.653,8 metros de altitud, punto culminante de toda la Serranía.

Por lo demás, la constitución del Lías gaditano, tal y como lo hemos descrito en las páginas anteriores, concuerda exactamente con la de este mismo terreno en otras regiones andaluzas que guardan íntima relación con la nuestra. Así, en toda la *región subbética*, el Lías inferior está representado, según consignan los señores Bertrand y Kilian (1), por una serie potente de *calizas blancas*

(1) *Mision d'Andalousie*, pág. 418.

*muy compactas*. Además, tratando del Lías inferior y medio, se expresan los geólogos franceses (1) del siguiente modo: «La escasez de restos orgánicos en los macizos de *calizas compactas* coronadas por las margas y calizas con *Ammonites* del Toarciense no nos ha permitido separar el Sinemuriense del Liasense», y más adelante, refiriéndose a la constitución petrológica de los parajes donde los fósiles les han permitido hacer determinaciones precisas de la edad de las capas citan: en Sierra Elvira, en la base del Lías, calizas negruzcas *compactas* bastante potentes y bien estratificadas; calizas gris parduzcas *compactas* con *Pentacrinus* y, por último, calizas margosas pizarreñas, grises o rosáceas llenas de *Ammonites* del Lías medio. En Alhama, calizas compactas amarillentas con *Belemnites*. En Villanueva del Rosario, calizas blancas, oolíticas a veces, pero generalmente *compactas*, con artejos de *Pentacrinus*, políperos y equínidos. En Loja atribuyen al Lías inferior una serie de montes formados por calizas duras de color blanco con nódulos de sílex, y en la Sierra de Parapanda, unas calizas que alternan con dolomias.

Como se ve, en ninguno de estos parajes de Andalucía está constituido el Lías inferior por calizas hojosas, margas ni pizarras.

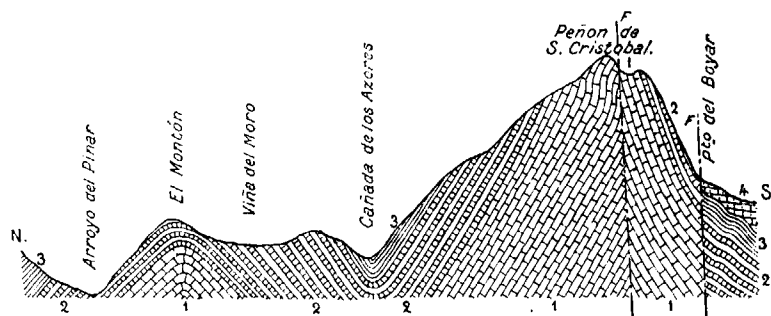
Y para terminar con este punto, vamos a presentar dos cortes del terreno liásico, trazados entre Grazalema y Zahara, que ponen bien de manifiesto la verdadera posición de los estratos.

Uno de ellos, el de la figura 2.<sup>a</sup>, va desde el Peñón de San Cristóbal hasta el cerro llamado el Montón; otro, el de la figura 3.<sup>a</sup>, representa el corte natural producido en la formación por la gran falla por donde corre la Garganta Verde y el arroyo Bocaleones.

En el primero de estos cortes se ve el sinclinal que forman las calizas inferiores del Peñón de San Cristóbal con las de la base de El Montón, que asoman en el fondo de la Garganta de los Ballesteros, y en él se aprecia muy bien cómo las calizas tabulares del tramo medio (lám. IV) y las arcillas y margas del superior son

(1) Op. cit., pág. 409.

capas geológicamente superiores a las calizas compactas. En el corte de la figura 3.<sup>a</sup>, trazado en una zona donde las capas se

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

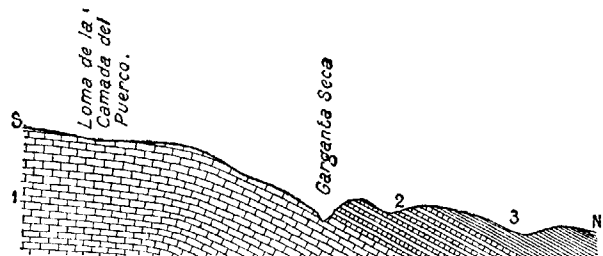
CORTE DESDE EL MONTÓN A LA SIERRA DEL PINAR

1. Calizas compactas del tramo inferior de Lías.—2. Calizas tabulares del tramo medio.  
3. Margas pizarreñas y arcillas del tramo superior.—4. Arenisca del Aljibe — F. F. Fallas.

Escala: horizontales, 1 : 50.000; verticales, 1 : 25.000.

han desviado poco de la horizontal, se pueden apreciar también con entera claridad las posiciones relativas de las mismas.

**Espesores de los distintos tramos.**—De los tres tramos en que hemos considerado dividido el Lías, el que mayor espesor alcanza es, sin duda alguna, el inferior, o sea el de las calizas com-

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

CORTE A LO LARGO DEL ARROYO BOCALEONES

1. Calizas compactas del tramo inferior del Lías.—2. Calizas tabulares y margas del tramo medio.—3. Margas y arcillas del tramo superior.

Escala: horizontales, 1 : 50.000; verticales, 1 : 25.000.

compactas. Basta echar una ojeada sobre nuestro mapa, observar la altura considerable que alcanzan las sierras formadas por estas rocas y los buzamientos de los estratos que se señalan en la lámina de

cortes geológicos para cerciorarse de lo que decimos. Estos espesores, como vamos a ver, pueden estimarse comprendidos entre 450 y 500 metros. El paraje más adecuado para medidas de esta índole es el monte Cambronera, a cuyo pie corre el arroyo llamado Garganta Verde, que circula en una estrechísima abertura producida por una falla en la masa de estratos calizos, que aquí se desvían poco de la horizontal.

Desde la cumbre del monte Cambronera (861 metros) al fondo del Garganta Verde, que al pie de este monte se encuentra a 410 metros sobre el mar, hay un desnivel de 451 metros, cifra que representa a la vez el espesor de las capas, dada la horizontalidad de éstas. Pero como la capa sobre que corre el arroyo no es la más inferior del Lías, toda vez que el terreno triásico no aflora en el lecho del mismo, y tampoco es de suponer que la de la cúspide del monte Cambronera sea la más moderna, pues algunos estratos tienen forzosamente que haber desaparecido por denudación, no nos apartaremos mucho de la realidad al calcular en 500 metros el espesor total del tramo de las calizas en este sitio.

En la Sierra de Zafalgar, las cabezas de los bancos de caliza forman un acantilado casi cortado a pico por el lado de Levante. Al pie de este acantilado se adosan las margas del tramo superior del Lías, como ya dijimos en otra ocasión, porque el salto que acompaña a la falla que originó ese acantilado no alcanzó la suficiente amplitud para hacer aflorar el Triás subyacente; en consecuencia, tampoco puede considerarse como la capa más inferior del Liásico, el primer banco de caliza que se destaca sobre las margas, pero aun así, y teniendo en cuenta el tendido medio de las capas, que es de unos 20°, el espesor que resulta para el tramo que nos ocupa de la formación liásica, no baja de 450 metros.

En las Lomas y en Monte Prieto el espesor del tramo de las calizas sobrepasa la cifra de 400 metros.

En la Sierra del Pinar, el espesor de la masa de calizas, medido normalmente a la inclinación de los estratos (las capas en esta sierra buzán 45° al Sur), es aproximadamente de 900 metros. Pero como aquí asoman dos veces las mismas capas, según se deduce

del corte de la figura 1.<sup>a</sup>, resulta, como en los casos anteriores, un espesor real de 450 metros aproximadamente.

El tramo de las calizas tabulares es el más variable de los tres, tanto en espesor como en composición y en aspecto general. En las vertientes occidentales de las Lomas y Monte Prieto, que es una de las zonas donde mayor desarrollo alcanza, suma esta serie de estratos 230 metros de espesor por término medio, y en algún punto llega a los 250 metros, que es el espesor que debe asignársele, aun cuando hoy rara vez alcance esa potencia, debido a los efectos de la denudación. Espesor análogo tienen las capas de ese tramo en la Loma de los Albarranes, y tanto aquí como en el paraje antes indicado es donde cabe apreciar ese dato con suficiente exactitud por encontrarse encajadas las capas entre los tramos inferior y superior, y en estas condiciones se comprende que su potencia no ha podido ser reducida por la acción de los derrubios.

El tramo superior presenta de ordinario espesores reducidos; al Sur de la Viña del Moro, donde puede apreciarse su contacto con las calizas tabulares del tramo medio, apenas tiene 50 metros, o bien es verdad que faltan las arcillas verdosas con nódulos ferruginosos que aparecen más al Oeste en la hondonada del Pinar, cuyo espesor pasa de 30 metros.

Por todo lo que llevamos dicho, puede calcularse el espesor total del Lías gaditano en 750 u 800 metros.

**Edad de las capas.**—La formación liásica de la Serranía de Graza lema es muy pobre en restos orgánicos. En el tramo inferior, o sea el de las calizas compactas, no hemos podido encontrar un solo fósil, ni sabemos que haya sido hallado por nadie; no es posible, por tanto, clasificar este tramo fundándose en documentos paleontológicos.

Macpherson, en su *Bosquejo geológico de la provincia de Cádiz*, página 69, dice haber recogido en el tramo de las calizas un ejemplar de la *Spiriferina rostrata* (Macpherson la cita con el nombre de *Spirifer Rostratus*), pero para nosotros no es fácil precisar en qué capas encontró el referido ejemplar fósil. Véase, en efecto, lo que dice a este propósito el insigne geólogo:

«Superpuestas a estos esquistos—el Sr. Macpherson se refiere a las margas pizarreñas del Lías superior, que, como ya dijimos, considera pertenecientes a la base de la formación—viene un gran espesor de calizas compactas color de humo, las que forman la cumbre del cerro del Pinar, a más de 1.700 metros de elevación sobre el mar.

»Es en extremo difícil encontrar resto orgánico alguno en todo el espesor de estas calizas, y cuando se encuentran sólo existen moldes extremadamente difíciles de determinar.

»Sin embargo, ha sido posible determinar en ellos el *Spirifer Rostratus*; y en el Peñón de Gibraltar, que forma un islote de esta idéntica caliza, han sido determinadas la *Eulyma Edingtonensis* y la *Terebratula Tetraedra*, fósiles que no dejan la más ligera duda acerca de ser esta caliza de la formación liásica superior.»

Nuestra duda estriba en que, como las calizas que forman la cumbre del cerro del Pinar, no son de color de humo, sino blanquecinas, o a lo sumo ligeramente parduzcas, tal vez el Sr. Macpherson se refiera en los párrafos anteriores a las capas de calizas azuladas y negruzcas que vienen debajo de las margas del tercer tramo y encima de las calizas compactas, en cuyo caso los fósiles que él cita corresponderían a nuestro tramo medio. La *Spiriferina rostrata* no puede tampoco resolver la cuestión, porque este braquiópodo se encuentra en dos pisos del Lías: en el Sinemuriense y en el Charmutiense, esto es, en el Lías inferior y en el Lías medio.

Por nuestra parte, nos inclinamos a creer que las calizas compactas pertenecen al Sinemuriense, y que las de color de humo, que forman parte del tramo de las calizas margosas con sílex, corresponden al Charmutiense, y esta opinión se encuentra robustecida por las mismas palabras de Macpherson, pues la *Rhynchonella tetraedra*, o *Terebratula tetraedra*, que es el nombre con que él la cita, tampoco pasa al tramo superior del Lías, o Toarciense.

Y si el Peñón de Gibraltar está formado por calizas de color de humo y contiene *Rhynchonella tetraedra* debe ser clasificado como Charmutiense, no como liásico superior, tanto por la presen-

cia de este fósil como por el aspecto que se atribuye a la roca que sería en ese caso análogo al de algunas de las calizas que forman parte del tramo medio del Lías en la Sierra del Pinar.

Atribuimos al *Sinemuriense* las calizas compactas de nuestro primer tramo, por dos motivos: 1.º, porque su posición estratigráfica obliga a considerarlas como un piso inferior al de las calizas tabulares, donde aparecen algunos Ammonites como *Cyclocera Valdani*, que pertenecen al Lías medio, y 2.º, porque formaciones análogas de la provincia de Granada han sido incluidas en el Sinemuriense por los Sres. Bertrand y Kilian. Estos geólogos encontraron algunos fósiles en las calizas compactas de la base de la formación liásica que les permitieron, no sólo clasificar las capas como sinemurienses, sino diferenciar en ellas tres horizontes caracterizados por los siguientes amonitidos y braquiópodos. Primer nivel, el más antiguo, por *Philoceras cylindricum*, *Arietites Ceras*, *A. cf. spiratissimus* y *A. cf. Kridion*; segundo nivel o nivel coralígeno, por *Arietites cf. multicostratus*, *Pygope Aspasia*, *Spiriferina rostrata*, *Rhynchonella Chalmasi* y *Rh. bidens*, y tercero, por *Harpoceras Algovianum* y *Pygope erbaensis*.

El tramo medio o de las calizas margosas con sílex es probable que, al menos en parte, corresponda al piso Charmutiense. En las calizas tabulares que vienen directamente encima de las compactas hemos recogido un ejemplar del *Harpoceras Normannianum* Sow, que se encuentra en los tramos medio y superior del Lías, y además dos ejemplares de un *Cycloceras* muy afine al *C. Valdani* d'Orb., que caracteriza al Lías medio. No obstante, en nuestro mapa hemos dibujado con el mismo color este tramo del Lías y el superior, porque el deslinde no siempre puede hacerse con exactitud basándose en el aspecto de las capas, y porque en la Sierra de la Silla, en los bancos que vienen directamente encima de las calizas sinemurienses, hemos recogido un ejemplar del *Harpoceras serpentinum* Rein., que es característico del Toarciense.

El tramo superior es, por sus fósiles, indiscutiblemente toarciense. Macpherson cita, como recogidos por M. de Verneuil en las margas pizarreñas del puerto del Pinar, el *Ammonites bifrons*,

el *A. complanata* y el *A. insignis*, y como recogido por él mismo el *A. radians*. Todos estos fósiles son típicos del Lías superior.

Nosotros hemos recogido los siguientes:

*Stephanoceras commune* Sow. Puerto del Pinar.

*Harpoceras radians* Schlt. Arroyo del Pinar.

*Harpoceras Thouarcense* d'Orbg. Fuente del Encinarejo (en el camino de Benamahoma a Grazalema).

*Harpoceras variabile* d'Orbg. Puerto del Pinar.

*Harpoceras serpentinum* Reinck. Sierra de la Silla (al Este del pico del Adrión).

*Harpoceras Normannianum* Sow. Arroyo de la Bodega (al Oeste de Zahara.)

*Harpoceras Levesquei* d'Orbg. Sierra de la Silla (al Este del pico del Adrión).

También hemos recogido una porción de Belemnites inclasificables (uno de ellos parece corresponder a la especie *B. laevis* Simpson), y algunos ejemplares muy bien conservados de la *Terebratula punctata* Sow; estos últimos en la Sierra de Albarracín, en calizas tabulares margosas de color gris oscuro, que deben pertenecer al Lías medio.

En resumen, en la Sierra del Pinar parecen estar representados los tres pisos del Lías propiamente dicho: el *Sinemuriense*, por calizas compactas, arenosas o marmóreas, de colores claros, y cuyos bancos suman aproximadamente 500 metros de espesor; el *Charmutiense*, por parte de las calizas tabulares coralígenas, marmóreas o margosas, con sílex, que forman un conjunto cuyos caracteres varían bastante de unos parajes a otros, y cuyo espesor se aproxima a 250 metros, y el *Toarciense*, con fósiles característicos, por una parte de las calizas tabulares del tramo medio y las margas del tramo superior. El espesor de estas margas es, como ya se ha dicho, de unos 80 metros.

**Caracteres generales y composición estratigráfica de los distintos tramos.**—Desde el punto de vista de la petrografía, las capas del Lías en la Sierra del Pinar ofrecen nueve niveles u horizontes distintos, cuya posición relativa es preciso fijar con

toda exactitud para poder descifrar la tectónica del conjunto; y como la mayoría de estos niveles carecen de fósiles, hay que determinar su verdadera posición en la serie estratigráfica por el estudio detenido de las rocas de la formación en diversos parajes, y de la relación de unos horizontes con otros deducir la verdadera posición de cada uno. Así hemos procedido nosotros, y como resultado de nuestras investigaciones hemos dividido la formación en tres tramos, *A*, *B* y *C*, y cada uno de ellos en los niveles que exponemos a continuación:

A) TRAMO DE LAS CALIZAS COMPACTAS.

*Nivel a.* En este tramo pueden distinguirse tres niveles, *a*, y *b* c. El primero, que es el más antiguo de la serie liásica, está formado por una caliza compacta, de grano fino, algo arenosa, de color blanquecino, algunas veces parduzco, que se presenta en bancos de 30 a 80 centímetros de espesor. Al golpearla con el martillo, la parte de roca que recibe directamente el golpe se desmorona, resolviéndose en una arena muy fina, que, a causa de su textura cristalina, podría tomarse a primera vista como producto de trituración de mármoles de terrenos antiguos. Los agentes atmosféricos ejercen su acción sobre esta caliza de distinto modo a como actúan sobre las demás de la misma formación, produciendo superficies de corrosión redondeadas, disgregando los trozos que se desprenden de los afloramientos y rellenando con la arena que resulta de su destrucción todos los huecos y grietas del terreno. El aspecto exterior de la roca es más bien de arenisca que de caliza, y ese aspecto lo conserva cualesquiera que sean las presiones a que haya estado sometida y por muy fracturada que se encuentre. No ocurre lo mismo con las calizas de otros niveles, que en cada caso ostentan textura y colocación distintas, y por ello este horizonte calizo es el que mejor permite reconocer el Lías por la roca y fijar el paralelismo de algunas hiladas cuya correspondencia haría poner en duda la naturaleza petrológica.

La coloración de las calizas arenosas varía, según hemos dicho, del blanco al pardo claro; pero en algunos bancos ostentan coloración roja o rojiza, análoga a la de algunas capas del Jurásico

superior. No es posible, sin embargo, confundir las rocas de estos dos terrenos, ni aún en muestras aisladas, a causa de su textura íntima, que es diferente en cada caso; las calizas rojas del Titónico son siempre marmóreas, mientras que las del Lías inferior que presentan esa coloración tienen textura arenosa.

Las calizas del nivel *a*, sobre todo las de coloración rojiza, se repiten por encima del nivel *b* que a continuación describiremos y que está constituido por calizas marmóreas.

Las capas que estamos considerando asoman en la falda oriental de las Cumbres, las Lomas y Monte Prieto, y las cabezas de los bancos, que buzan al Oeste-Noroeste, forman el tajo que por la parte de Levante limita todas estas montañas.

El camino que conduce desde Grazales al puerto de las Cumbres va casi todo sobre las capas de la caliza arenosa, blanca o anteadado-parduzca, algunas veces teñida por el óxido de hierro, y muy triturada, como ocurre siempre en las zonas inmediatas a las líneas de fractura. Desde el puerto de las Cumbres hasta el extremo septentrional de Monte Prieto, la falda de la sierra por donde pasa el camino de Grazales a Zahara está cubierta por un aglomerado de menudos elementos de caliza liásica arenosa, de color blanquecino; pero de vez en cuando asoman entre esta masa cuaternaria la roca *in situ*, que es la caliza arenosa blanca, muy fracturada.

En la Sierra del Pinar, las calizas del nivel *a* asoman a distintas alturas por la falda norte; las que forman la cumbre tienen color pardo claro y no son tan arenosas, ni están fracturadas como las que acabamos de describir; por el contrario, los bancos se muestran perfectamente determinados y no parecen haber sufrido presiones excesivas. Las mismas capas en su prolongación forman el pico situado al Sudeste de la cúspide conocido con el nombre de cerro de los Mostazares, y continúan después hacia Levante por una cresta que se extiende hacia el Peñón de San Cristóbal.

Sería interesante determinar si las capas que forman la cúspide de la Sierra del Pinar son precisamente las más inferiores del Lías, como la coloración y el aspecto de la roca hacen sospechar,

o si, por el contrario, las más antiguas se encuentran al Sur de la cumbre, como parece demostrarlo el hecho de que las calizas de nivel *b*, es decir, las calizas marmóreas, asomen en la falda norte unos 100 metros por debajo de los estratos que forman la cresta de la montaña. En todo caso, puede asegurarse que el doblez de los estratos pasa por las proximidades de la cumbre y que las capas que determinan ésta corresponden al horizonte más bajo del Lías.

Entre las calizas marmóreo-arenáceas de la cumbre del Pinar y las del nivel *b*, que asoman, como hemos dicho, unos 100 metros por debajo, se intercalan algunos bancos de calizas arenosas rosáceas que más abajo todavía vuelven a asomar, formando la mayor parte del acantilado que limita bruscamente la sierra por la parte de la umbría.

Al pie del Peñón de San Cristóbal, en el camino llamado de los pinsapos, también se encuentran las calizas arenosas rosáceas descansando sobre las marmóreas del nivel *b*, que forman la masa entera del peñón.

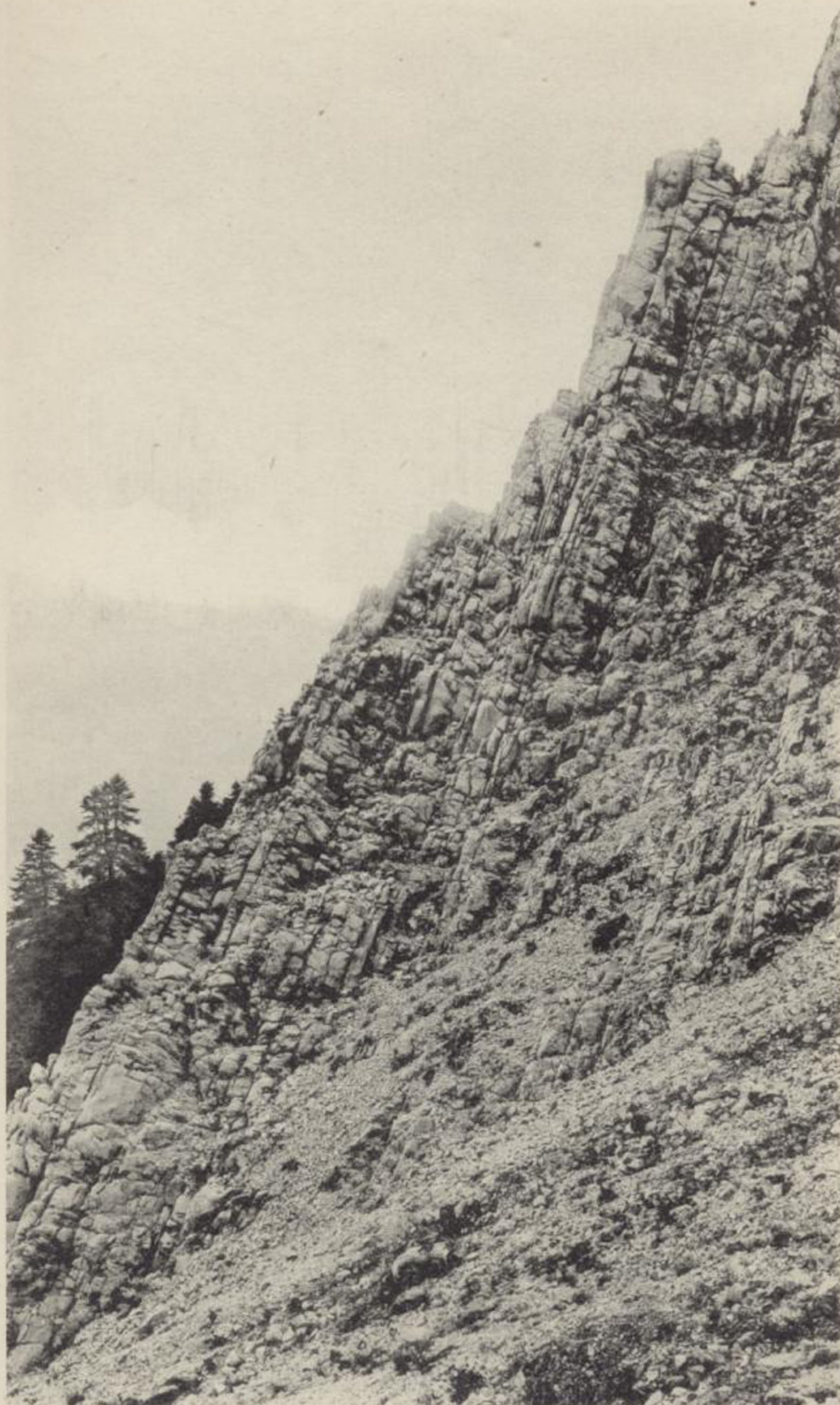
En la vertiente oriental de la Sierra de Zafalgar asoman las calizas arenosas del Lías, de color enteramente blanco, y forman una faja que corre hacia Levante por el puerto del Horno de la Miera y las vertientes meridionales de la Camilla alta, y hacia Poniente por las faldas de las sierras del Blanquillo y del Hinojar. Pasada esta última sierra, continúan hacia el Norte para formar los cerros del Pilar y del Pinillo, desapareciendo luego bajo las calizas marmóreas.

En la cordillera de Sierra Margarita también alcanzan gran desarrollo las capas de la cumbre del Pinar. Toda la cresta de esta cordillera puede considerarse formada por las calizas compactas, más o menos arenosas, del nivel *a*, si bien análogamente a lo que ocurre en las proximidades del puerto de las Cumbres, la roca suele presentar en este paraje textura brechoide. En la fractura fresca presentan estas brechas color parduzco, y las dimensiones de sus elementos varían entre dos centímetros y un milímetro de arista. Los trozos mayores son los que tienen coloración más oscura, y en la superficie se destacan sus relieves por

efecto de la descomposición meteórica. El cemento está formado también por partículas de la misma caliza, trabadas por un depósito reciente de carbonato de cal, y en la masa general de la roca se observan pequeñas geodas rellenas de calcita blanca o amarillento-rosácea, análogamente a lo que ocurre con las calizas del nivel *b*. Esto induce a suponer que parte de las brechas están formadas a expensas de los bancos de calizas marmóreas que después describiremos, pero no es posible asegurarlo categóricamente porque las mismas presiones que han reducido la roca a menudos fragmentos y los fenómenos de metamorfismo que han acompañado a su consolidación posterior han cambiado y a veces borrado enteramente sus caracteres distintivos.

En las brechas que nos ocupan el cemento se desgasta más fácilmente que los elementos constitutivos, hasta quedar éstos sueltos en las superficies meteorizadas, pero tan encajados unos con otros que no llegan a separarse ni aun en los trozos desgajados de los crestones y arrastrados por las aguas. Estas rocas parecen ser resultado de una trituración *in situ* de las capas sedimentarias sin movimientos de arrastre que hayan podido ocasionar desarreglos en las mismas, pues los elementos han conservado su posición primitiva y la orientación que tenían cuando la roca se trituró; por esto, no es frecuente que se destaquen en las superficies corroídas trozos angulosos diversamente orientados. Sin embargo, en algún caso, como ocurre con las brechas de Benamahoma, está bien de manifiesto que la presión que fragmentó a las capas fué acompañada de un movimiento de resbalamiento que arrastró y mezcló a las partículas de la caliza, como ocurre con las rocas que se trituran entre las muelas de un molino.

También aparecen las calizas arenosas en el camino de Benamahoma a Grazalema, en el punto donde se separa de él el que se dirige a Benaocaz, así como en el cerro de las Cuevas, y en los altos del Fresnillo, al Norte de Grazalema. Por último, pueden observarse asomos de estas rocas en el cerro que sirve de asiento al Castillo de Zahara, y entre los ranchos de Santa Lucía y la Silla, al Norte de Ubrique.



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

### GRAZALEMA

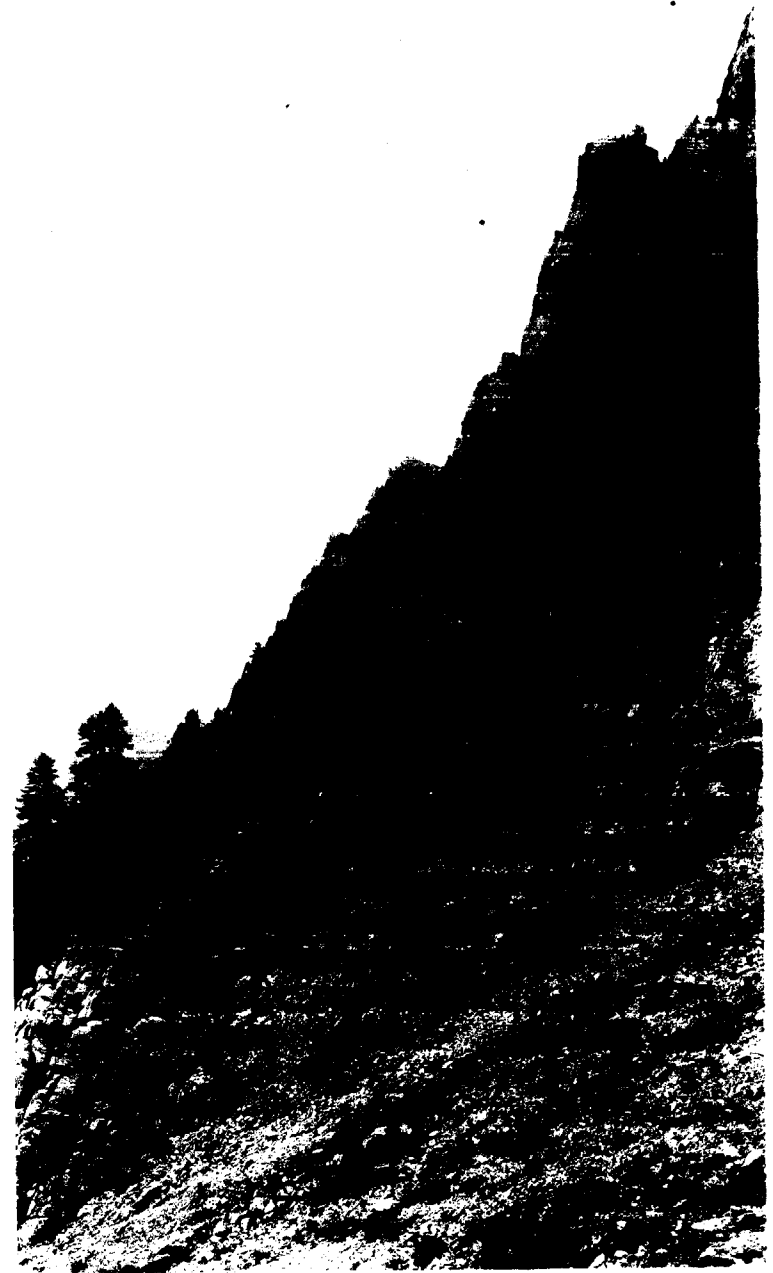
Vertiente norte de la Sierra del Pinar. Calizas marmóreas del tramo inferior del Liásico.



*Nivel b.* Incluimos en este grupo las calizas que forman el Peñón de San Cristóbal, extremidad oriental de la Sierra del Pinar. Se trata de un horizonte estratigráfico que se intercala en el de las calizas arenosas hacia su tercio superior y que en ocasiones constituye la parte más elevada de este tramo. Las calizas en cuestión presentan una constancia notable en sus caracteres, hasta el punto de no poderse distinguir apenas unas de otras las muestras recogidas en los parajes más distantes de la Serranía; son muy puras, marmóreas, de fractura concoidea rizada, color anteaño claro o ceniciento y de masa muy unida. En algunas zonas presenta la roca multitud de manchitas circulares de color más claro que el resto de la masa, como de dos o tres milímetros de diámetro, que parecen secciones de restos orgánicos de forma cilíndrica, pero no es posible determinar su verdadera naturaleza porque la substancia que queda dentro del perímetro de las manchas es completamente amorfa.

El carácter principal de las calizas de este nivel es la infinidad de pequeñas geodas y canalillos que cruzan a la roca en todas direcciones, y que están rellenos por cristales de calcita, unas veces blancos, otras hialinos, otras, y esto es lo más frecuente, de color amarillento rosáceo. Estos cristales de calcita deben haberse formado al mismo tiempo que la roca se consolidaba, pues no es posible admitir que las aguas hayan atravesado la masa compacta de la caliza para ir a depositar el carbonato de cal disuelto en el interior de oquedades preexistentes, ni cabe tampoco suponer que estas oquedades que hoy aparecen rellenas por la calcita sean debidas a la trituración de la roca, porque en este caso se marcaría más o menos intensamente la textura brechoide, que no ostentan nunca las calizas del San Cristóbal.

Las capas del nivel *b* adquieren gran desarrollo en la Sierra del Pinar, desde Benamahoma hasta el puerto de las Cumbres, por las dos vertientes de la montaña. El Cerro o Peñón de San Cristóbal está formado desde su base, en el llano llamado de El Pastizal, hasta la cumbre por las calizas marmóreas, en bancos de 50 a 60 centímetros de espesor que buzan unos 65° al Norte-



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

## GRAZALEMA

Vertiente norte de la Sierra del Pinar. Calizas marmóreas del tramo inferior del Liásico.

Noroeste. Más a Poniente, por encima del camino de los pinsapos, se manifiesta esta misma serie de capas (lám. III), buzando igualmente hacia la hondonada del Pinar y con la misma pendiente que las del Peñón.

La misma faja de calizas marmóreas se prolonga hasta las Cumbres, arqueándose en las proximidades del puerto de este nombre, para pasar después por la casa de los Ballesteros, con buzamiento al Suroeste, y dar origen al sinclinal por cuyo eje corre la Garganta de los Azores. Estas mismas capas se doblan en anticlinal en la Garganta de los Ballesteros, y la rama norte de este pliegue se desarrolla por las vertientes occidentales de las Lomas y Monte Prieto, terminando, después de sufrir una nueva inflexión, entre la Toscana y las Mesas, donde puede apreciarse cómo descansan sobre las calizas arenosas que, según ya indicamos, forman la masa principal de estas alturas.

También afloran las calizas del San Cristóbal en muchas de las cortaduras que en la meseta liásica que se extiende desde la Sierra del Hinojar hasta Zahara determinan el sinnúmero de arroyos que cruzan la formación, principalmente en los gigantescos e inaccesibles tajos de Garganta Verde, y así es fácil reconocerlo por los grandes peñones de dicha roca que han sido arrastrados hasta el fondo de los barrancos.

En la Sierra de Albarracín, en el cerro de las Cuevas, en el Castillo de Tavizna, en la Sierra de la Silla y en el cerro de la Llave, junto a la carretera de Ubrique, se encuentran igualmente las calizas marmóreas del nivel *b*, y siempre con los mismos caracteres.

*Nivel c.* Las calizas de este nivel sólo se desarrollan en el extremo septentrional de la gran mancha liásica. Son de grano muy fino, a veces ligeramente arcillosas, blancas o gris blanquecinas y en ocasiones con el brillo céreo frecuente en las calizas lacustres. También encierran en su masa inclusiones de calcita cristalina. Cubren la parte alta del monte Cambronera y de la Loma de la Camada del Puerco, y se extienden, aunque en manchas aisladas, hasta la Sierra de Zafalgar, en cuya cumbre se apoyan sobre las



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

### GRAZALEMA

"El Montón". Contacto entre las calizas compactas del tramo inferior del Lias y las tabulares del tramo medio.

calizas arenosas blancas del nivel *a*. En la Loma de los Albarra nes también adquieren bastante desarrollo las calizas blanca que podrían atribuirse al Jurásico superior si no se les viese buza por debajo de las capas del tramo medio del Lías.

Resumiendo lo que llevamos expuesto, resulta que el tramo inferior de la formación liásica puede considerarse formado de abaj a arriba por los siguientes niveles u horizontes:

- 1.º Calizas arenosas, blancas, parduzcas o rosáceas.
- 2.º Calizas marmóreas de color blanco anteado y fractura con coidea o astillosa con multitud de geodas y grietecillas rellenas d calcita.
- 3.º Calizas arenosas, idénticas a las del primer nivel.
- 4.º Calizas blancas ó gris blanquecinas, de grano muy fino aspecto lacustre.

El espesor de 500 metros que hemos calculado para el tram completo puede distribuirse entre estos diversos niveles del si guiente modo:

Primer nivel.....	200 a 300 metros.
Segundo nivel.....	50 a 100 idem.
Tercer nivel....	50 a 100 idem.
Cuarto nivel.....	0 a 50 idem.

En este tramo deben considerarse incluidas las calizas bre choides, formadas casi exclusivamente a expensas de los banco del primer nivel, aun cuando es posible que también algunos de segundo hayan contribuido a su formación.

En ninguno de estos niveles de calizas se han encontrado fó- siles hasta ahora.

*B)* TRAMO DE LAS CALIZAS TABULARES Y DE LAS CALIZAS CON SILEX.—Las capas de este tramo no presentan la uniformidad de caracteres que distingue al anterior; así es que no cabe esta- blecer el sincronismo de los distintos niveles basándose en el as- pecto petrográfico. Las variaciones de color y de textura de las capas se comprenden sin dificultad, atendiendo a que las rocas dominantes son calizas margosas, y bastan ligeras diferencias en



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

GRAZALEMA

El Montón". Contacto entre las calizas compactas del tramo inferior del Lías y las tabulares del tramo medio.

las proporciones de cal y de arcilla para que el aspecto exterior varíe considerablemente.

*Nivel d.* Ya dijimos en otra ocasión que las vertientes occidentales de las Lomas y Monte Prieto están cubiertas por las calizas tabulares del tramo medio del Lías, y que ésta es una de las zonas donde las capas de este tramo adquieren mayor desarrollo. Y así es, en efecto, pues en ellas las calizas tabulares alcanzan su máximo espesor, al mismo tiempo que presentan mucha constancia en sus caracteres. Las que se apoyan directamente sobre las calizas compactas del tramo inferior (lám. IV) son negruzcas; se presentan en bancos de 25 a 30 centímetros y contienen multitud de núcleos de sílex; los lechos están separados unos de otros por intercalaciones de arcillas de colores oscuros, y su espesor total es de 25 a 30 metros. Este nivel de las calizas tabulares negruzcas con sílex sólo lo hemos encontrado en el monte Quemado y en el Cerrado de la Silla, en la sierra de este nombre. En ninguno de estos tres puntos hemos logrado encontrar fósiles.

*Nivel e.* Sobre las calizas tabulares negruzcas del nivel *d* se desarrolla un espesor considerable (150 a 200 metros, según los puntos) de calizas igualmente tabulares, de color blanquecino y con sílex en abundancia. Las muestras aisladas de estas calizas se confunden con algunas de las del Jurásico superior. Son marmóreas, de fractura concoidea, color anteaado claro y con algunas vetillas espaciadas de calcita transparente. Cuando en la superficie se hallan descompuestas presentan coloración gris blanquecina; por eso el monte Quemado y el espolón que arranca de las Lomas en dirección al Montón, así como este último cerro, que están casi desprovistos de vegetación, contrastan por su color blanco con el fondo más oscuro de las cumbres calizas de las Lomas y Monte Prieto.

También se encuentra el nivel de las calizas tabulares blanquecinas con sílex en la loma que parte del pueblo de Zahara con rumbo al Sur y termina en el puerto de los Acebuches. Estas capas se apoyan en las inmediaciones de este puerto, ya sobre las calizas inferiores, ya directamente sobre el Triás; buzan ligera-

mente hacia el Noroeste y terminan en una falla que corre á 1 largo de la cresta de la loma, poniéndolas en contacto con las calizas compactas del monte Cambronera.

Pasado el puerto de los Acebuches, y continuando por el camino que remonta la cañada de los Ballesteros y el arroyo del Pinar, las calizas tabulares blanquecinas, entre las que se intercala lechos arcillosos de 10 á 15 centímetros de espesor, adquieren un tinte plomizo, sin dejar de empastar los riñones de sílex que vienen en cierto modo a caracterizar este tramo. La coloración obscura es muy frecuente en las calizas de este nivel del Lías, sobre todo cuando son algo margosas. En la Sierra de Albarracín, las calizas tabulares con sílex son también de color oscuro, y cerca de la cumbre hemos encontrado varios ejemplares bien conservados de la *Terebratula punctata*, dato que induce a clasificar el tramo que estamos estudiando en el Lías medio o Charmutiense.

Calizas tabulares muy semejantes a las del nivel *c* cubren la vertientes occidentales de la cordillera de Sierra Margarita; so indudablemente sincrónicas de ellas, pero no contienen tanto sílex.

También asoman las calizas tabulares con sílex en la falda Sur de la Sierra del Pinar, entre el puerto del Boyar y el Peñón de San Cristóbal, así como a orillas del arroyo de Tavizna, al Sur de la Loma de las Peñuelas.

En la falda sur de la Sierra del Pinar, y apoyándose sobre las calizas del San Cristóbal, adquieren bastante desarrollo unas calizas tabulares, pizarreñas, que también corresponden por su posición al horizonte que nos ocupa. La roca dominante es de color pardo claro en la fractura fresca, marmórea y de grano muy fino pero se divide al golpearla con el martillo en hojas alabeadas de cuatro a cinco milímetros de grueso, y las superficies de separación, que lo son al mismo tiempo de resbalamiento, están teñida de color gris verdoso oscuro, por un barniz arcilloso muy fino lustroso. La roca está atravesada normalmente a los planos de junta por fisuras rellenas de espato calizo que se entrecruzan en todas direcciones, y marcan en las secciones una ancha retícula

En la superficie presenta esta caliza coloración gris amarillenta, destacándose la retícula de calcita, en relieve, por su color amarillo de hueso.

Caso de no corresponder estas calizas pizarreñas al tramo de las calizas con sílex, pertenecerían al nivel *c* de las calizas compactas, y serían entonces una variedad de las mismas con textura pizarreña.

*Nivel f.* Incluimos en este grupo el haz de capas que se apoyan directamente sobre las calizas compactas en concordancia con ellas, desde el arroyo Bocaleones, al Oeste de Zahara, hasta el pago de los Navazos.

El espesor de sus bancos oscila entre 30 y 40 centímetros y éstos están separados por arcillas de color pardo oscuro (lám. VII); algunos contienen bastantes núcleos de sílex. La roca es marmórea, de color pardo más o menos claro, de grano algo grueso y con infinidad de partículas brillantes, espatizadas.

Sobre estas capas se apoyan otras, también de calizas tabulares, blanquecinas, o gris azuladas, margosas, equivalentes a las del nivel *e*; las que estamos describiendo corresponden, por lo tanto, a las del nivel *d*, esto es, a las calizas tabulares negruzcas con sílex que hemos descrito.

Se extienden las capas que nos ocupan, desde las orillas del arroyo Bocaleones hasta las alturas que limitan por el Este el llano de los Navazos, y adquieren bastante desarrollo en la vertiente sur de la Loma de los Albarranes; contienen *Harpoceras Normannianum*, y también se encuentran con frecuencia dentro de la masa de la caliza *belemnites*, *terebratulas* y *rhinchonellas*, pero únicamente pueden obtenerse secciones de estos fósiles insuficientes para su determinación específica. Sin embargo, en algunos ejemplares del arroyo de la Bodega, en Zahara, hemos creído reconocer la *Rhinchonella tetraedra*.

Las calizas coralígenas de este nivel se encuentran también al Sur de Benamahoma, en el Llano del Campo y en la Loma de las Peñuelas, con bastantes *belemnites* y *terebratulas* en mediano estado de conservación.



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

GRAZALEMA

Cañada de los Azores. Margas del Liásico superior.

*Nivel g.* Paralelamente a los niveles *d, e y f* se desarrolla en varios lugares de la Serranía una serie de calizas margosas, margas compactas y pizarras de color gris oscuro, plumizo, que llegan a substituir a las rocas hasta ahora descritas. Se presenta estas capas en tres zonas de la gran mancha liásica; en la vertiente norte de la Sierra del Pinar, cerca del puerto de este nombre, e la cañada de Higueroa, aguas arriba del Molino alto y las casa de las Cuevas, y en el arroyo Bocaleones. En la Sierra de la Sill también está este haz de capas muy bien caracterizado en la vertiente de Levante, al pie del pico del Adrión.

Donde asoman estas capas, evidentemente superiores a las calizas con sílex, no es tan marcado el tránsito del tramo medio al superior como cuando el primero de éstos está representado sólo por las calizas tabulares, así es que parte de las margas y arcillas pizarreñas de lo alto de este haz no deben referirse al tramo medio sino con duda y estimando que muy probablemente serán sincrónicas del primero de los niveles que después describiremos al tratar del tramo superior.

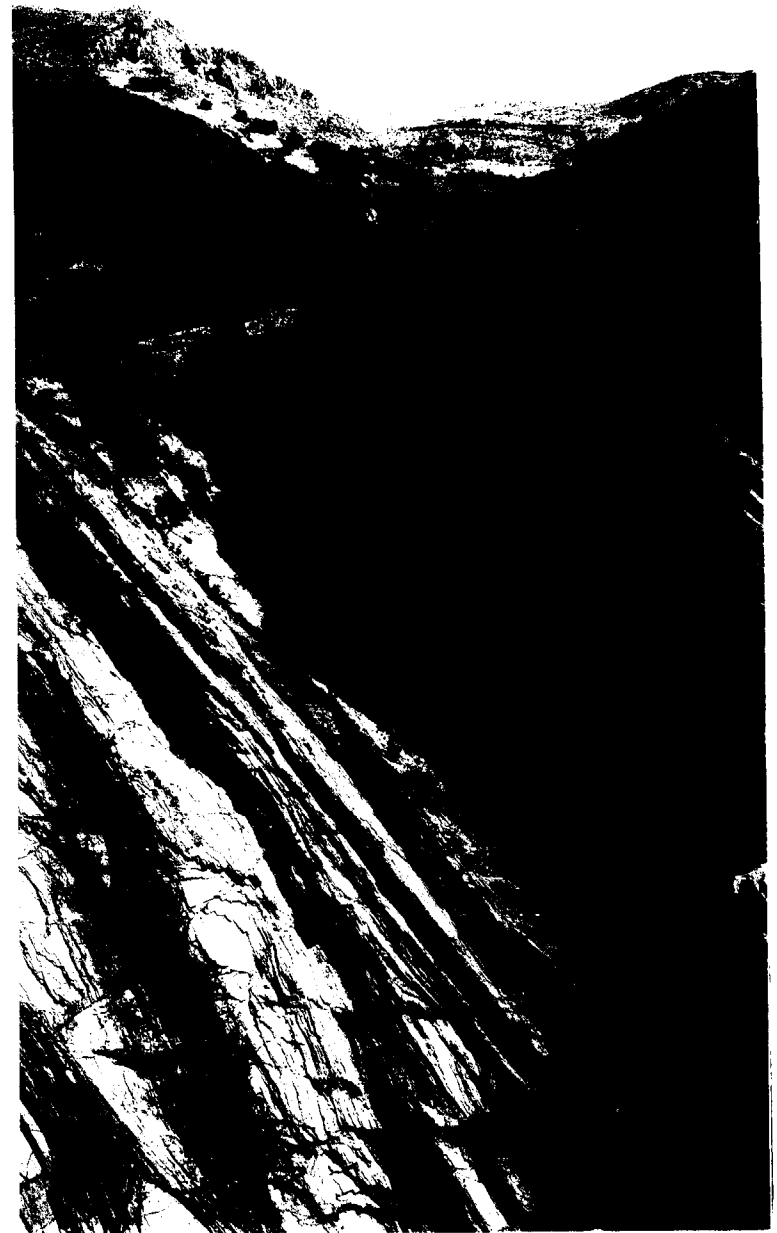
Sin duda el Sr. Macpherson aplicó el calificativo de calizas color de humo a los bancos inferiores del nivel *g*, que alcanzan hasta un metro de espesor, y por encontrarse cerca del puerto del Pinar formando la base de la sierra de este nombre, acaso creyera el insigne geólogo que formaban la montaña entera.

Las rocas de este nivel ofrecen en algunos puntos textura pizarreña, sobre todo allí donde los estratos han estado sometidos a grandes presiones.

No hemos encontrado en la parte baja de este nivel, esto es, en los bancos de calizas margosas compactas, ningún resto fósil; en la parte superior aparecen los Ammonites típicos del Toarciense, pero en un horizonte que ya no es posible determinar si corresponde al tramo medio o al superior.

#### C) TRAMO DE LAS MARGAS ARCILLOSAS.

*Nivel h.* En el tramo superior ya dijimos que cabía distinguir dos niveles distintos, en el más bajo de los cuales alternan las margas con lechos arcillosos de 15 a 20 centímetros de espesor



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

#### GRAZALEMA

Cañada de los Azores. Margas del Liásico superior.



(lám. V). Asoman estas capas en la margen derecha de la cañada de los Azores, frente a la casa de la viña del Moro; en la falda norte de la Loma de los Albarranes, a orillas del arroyo Boca-leones, y al pie de la Camilla Alta, en la margen izquierda de la cañada de los Ballesteros. Pero frecuentemente en todo el conjunto de estas margas y arcillas suele presentarse la estructura pizarreña como consecuencia de las fuertes presiones a que los movimientos orogénicos han impreso a estas capas relativamente plásticas, comprimiéndolas entre los pliegues de las calizas compactas.

Aparte de que en conjunto las capas adquieren con la textura pizarreña mayor compacidad, al golpearlas con el martillo no se dividen nunca en láminas planas, sino en hojas alabeadas que atestiguan la fuerte presión a que han sido sometidas en dirección paralela a los planos de junta; en las fracturas normales a los estratos hacen resalto aristas vivas que siguen las ondulaciones de las superficies de exfoliación y comunican a estas margas un aspecto astilloso muy característico.

Las superficies de algunas capas están cubiertas de manchas irregulares alargadas de color más oscuro que el de la roca y que sobresalen ligeramente del resto de la masa, a la manera de lo que ocurre con las algas fósiles contenidas en algunos bancos de margas del Keuper. También suelen contener las margas pizarreñas del nivel *h* gran cantidad de pequeñas hojuelas de mica en los planos de crucero.

Algunos lechos de calizas alternan con las margas de este nivel, pero son bastante arcillosas; rara vez presentan fractura concoldea, y cuando se humedecen despiden el olor típico de la arcilla.

El color de las rocas del tramo superior del Lias varía entre el gris claro, ligeramente verdoso y el gris oscuro. En el primer caso presentan en la superficie tinte amarillento por efecto de la sobreoxidación e hidratación del óxido de hierro; pero lo más corriente es que las margas, y sobre todo las calizas, conserven exteriormente el color gris plomizo oscuro que les comunica el car-



ZAHARA

Margen izquierda del Arroyo Bocaleones.  
Calizas coralígenas del Lias medio.



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

BENAOCAZ

Rancho de la Silla. Calizas del Dogger?

bón procedente de la materia orgánica de que en mayor o menor proporción estuvieron impregnadas.

Estas margas y arcillas pizarreñas, que son las que el Sr. Mapherson designa en su Memoria con el nombre de *esquistos*, asoman, entre otros puntos, en el puerto del Pinar y en las márgenes del arroyo de este nombre, así como en la cañada de los Azores en la Sierra de Silla.

Contienen frecuentemente *Ammonites* lo suficientemente completos para ser clasificados, y todas las especies recogidas corresponden al piso Toarciense.

*Nivel i.* Este nivel, el más moderno del Lías gaditano, está formado por margas muy arcillosas, tabulares, untuosas al tacto exfoliables en láminas de un centímetro o menos de espesor; su color es gris verdoso, y contienen concreciones ferruginosas. A veces se observan en las superficies paralelas a los planos de estratificación manchas amarillentas que parecen corresponder, por su forma, a hojas de vegetales fosilizados por el hidrato de hierro pero son tan vagas las líneas conservadas por la fosilización, que no creemos que por ellas se puedan hacer determinaciones específicas, ni aun siquiera genéricas. Las margas arcillosas de este nivel están coronadas por unas arcillas gris amarillentas con algún que otro lecho de marga muy delgado.

Este conjunto de capas asoma en la cañada de los Azores cerca ya de su confluencia con el arroyo del Pinar, así como en diversos puntos de la hondonada que se extiende entre la sierra de este nombre, la Sierra de Zafalgar, la Camilla Alta y el Montón.

Al tercer tramo de los tres en que hemos dividido el Lías de Cádiz, o sea al tramo de las margas arcillosas, corresponden también las pizarras bituminosas que afloran en la margen derecha del arroyo del Boyar; pero estas capas no parecen que constituyen un horizonte constante, sino más bien lentejones que arman en las margas del *nivel h.*

Las pizarras a que propiamente cabe aplicar el calificativo de bituminosas son las que se presentan en lechos delgados interca-



ZAHARA  
Margen izquierda del Arroyo Bocaleones.  
Calizas coralígenas del Lías medio.



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid  
BENAOCÁZ  
Rancho de la Silla. Calizas del Dogger?

lados entre margas tabulares de color gris y alternando con capitas de sílex. Tienen color negro en la fractura fresca, con manchas amarillas azufrosas, y en los planos de crucero, color tabaco con irisaciones de hierro; son muy poco densas, extremadamente exfoliables y arden al contacto de una llama, y aun algunos instantes después de retirar ésta, desprendiendo un humo denso con olor a betún mineral.

Las margas tienen color gris, son algo pizarreñas, están atravesadas normalmente a las caras de estratificación por láminas de calcita blanca, y en los planos de junta se advierten unas laminitas o cutículas ferruginosas que parecen ser restos de vegetales. Algunas capas son muy silíceas, y en la fractura fresca ostentan manchas verde gris o chocolate, pasando en ocasiones a verdaderos sílex. También hay algunos lechos de margas de color gris oscuro, casi negras, astillosas, con irisaciones de hidrato férrico y con láminas arcillosas endurecidas y muy cargadas de sustancias bituminosas adheridas a los planos de junta.

Por último, también deben incluirse en el nivel que estamos describiendo unas margas de textura arriñonada y coloración gris clara o rojiza que descansan sobre las calizas tabulares del monte Cambronera y forman las lomas, cubiertas de olivares, del Sur y Sudoeste de Zahara. Se parecen estas capas a las del terreno titónico, pero contienen Ammonites del Toarciense.

**Tectónica.**—Para estudiar la estructura íntima de los montes formados por las capas del Lias conviene considerar con independencia las distintas zonas que dentro de cada mancha están separadas por fallas, porque en éstas se pierde la continuidad de la formación; bajo tal concepto convendrá estudiar aisladamente dentro de la gran mancha liásica las cuatro zonas siguientes:

- 1.ª La comprendida entre Benamahoma, el puerto del Pinar, las vertientes orientales de la Sierra de Zafalgar y de la Camilla Alta, el puerto de los Acebuches, el extremo septentrional de Monte Prieto, la vertiente este de dicho monte, de las Lomas y las Cumbres, el puerto del Boyar y la falda sur de la Sierra del Pinar, hasta cerrar en Benamahoma.

2.<sup>o</sup> Desde Benamahoma al puerto del Pinar, de éste al de los Acebuches y a Zahara, borde septentrional de la mancha, arroyo del Álamo, los Albarranes y los Navazos y el arroyo de la Breña del Agua.

3.<sup>o</sup> La cordillera de Sierra Margarita, Sierra del Labradillo y Peñón de los Toros; y

4.<sup>o</sup> La Sierra de Albarracín con la Loma de las Peñuelas y el Cerro de las Cuevas.

Estas cuatro secciones quedan determinadas en la mancha liásica por las tres grandes fallas que la cruzan, a saber: la que va desde el puerto del Pinar, o más bien desde el puerto de la Follaga al de los Acebuches; otra que pasa al pie de la falda oriental de Sierra Margarita con rumbo Norte-Nordeste a Sur-Sudoeste, y la que limita por el Sur la Sierra del Pinar.

Empecemos el estudio de la primera sección por su mitad septentrional.

**Las Cumbres, las Lomas y Monte Prieto.**—Esta cordillera está formada por la rama norte de un pliegue anticlinal de las capas del Lías. El eje de este pliegue, cuya rama meridional ha desaparecido casi por completo por efecto de la denudación, coincide con la falla del Tavizna, que a partir del puerto del Boyar en dirección al Noroeste se arquea ligeramente, presentando la convexidad hacia el Sudeste. Esta curva la describen también las capas del Lías en la cordillera de Monte Prieto y se acentúa mucho más al llegar al puerto de las Cumbres, concluyendo por arrumbarse de Este a Oeste en el macizo de la Sierra del Pinar.

Si nos imaginamos que el anticlinal liásico tuviera su eje completamente recto y suponemos que por efecto de determinadas presiones llegara a arquearse en el sentido que acabamos de indicar, la rama sur tendría que hendirse a lo largo de varias líneas de máxima pendiente, que son en este caso las de mínima resistencia, a la vez que la rama norte se vería obligada a doblarse en varios pliegues secundarios, formando otros tantos anticlinales con sus ejes orientados también según líneas de máxima pendiente. Pues bien, el estudio del terreno demuestra que esto es lo ocurrido

en la zona que nos ocupa, al menos por lo que se refiere a la rama norte del anticlinal, que es la que se ha conservado. Dos anticlinales secundarios forman las capas en la vertiente occidental de estos montes; el eje de uno pasa por el punto culminante del Montón, la casa de los Ballesteros y la cumbre alta que se destaca al Sur del vértice Lomas; el del otro arranca un poco al Norte de este mismo vértice, y se dirige por el monte Quemado al puerto de los Acebuches.

Por consecuencia de estos dos pliegues anticlinales se han conservado las capas del tramo medio del Lías en la vertiente occidental de las Lomas y Monte Prieto hasta muy cerca de la cumbre de la montaña, capas que seguramente habrían sido barridas por la denudación de no encontrarse albergadas en los fondos de barco que separan los lomos anticlinales. A esto se debe el que las capas de calizas tabulares con sílex alcancen casi la cumbre de los montes frente al vértice Lomas y en las inmediaciones de la cima de Monte Prieto, en tanto que la línea de contacto de esas capas con las calizas compactas desciende bastante en los ejes de los anticlinales, como se pone de manifiesto en nuestro mapa y en el corte de la figura 4.<sup>a</sup>

El cambio de buzamiento en las capas correspondientes a es-

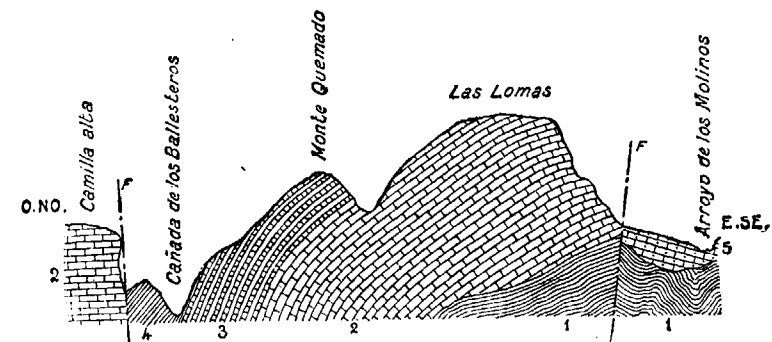


Fig. 4.<sup>a</sup>

CORTE DESDE CAMILLA ALTA AL ARROYO DE LOS MOLINOS

1. Lías.—2. Calizas del tramo inferior del Liásico.—3. Calizas tabulares del tramo medio.—4. Margas del tramo superior.—5. Arenisca del Aljibe.—F. F. Fallas.

Escala: horizontales, 1 : 50.000; verticales, 1 : 25.000.

tos pliegues secundarios se aprecia muy bien lo mismo en la cañada de Higueroba que en la Garganta de los Ballesteros; en esta última, en la subida desde su confluencia con el arroyo del Pina se corta primero las capas de calizas tabulares con sílex; después las calizas compactas del nivel del San Cristóbal; luego, las calizas arenosas de la base de la formación liásica; más tarde, las mismas capas del San Cristóbal, y, por último, cerca ya de la cascada de los Ballesteros, las calizas tabulares, que son las que afloran en el llano donde está situada la viña del Moro.

Además, como pone de manifiesto el corte de la figura cuarta al otro lado de la cañada de los Ballesteros asoman las margas del Lías superior en concordancia con las calizas tabulares y terminan bruscamente en la falla que pasa al pie de Camilla Alta; estas mismas capas, con buzamiento contrario, se apoyan también sobre las calizas tabulares de la viña del Moro, a orillas de la Garganta de los Azores. Desde este punto está tomada la fotografía de la lámina V.

Por cualquier punto que se trace un corte geológico en estas montañas, normalmente a la dirección de los estratos, se obtiene un resultado análogo al que se representa en el de la figura cuarta, sin más variación que la altura que alcanzan las calizas tabulares en la falda de la sierra, según se acerque la línea del corte a un eje anticlinal o a un eje sinclinal. En el primer caso, esas capas quedan a gran distancia de la cumbre, como ocurre en el corte citado; en el segundo, alcanzan casi la cima de la montaña.

Desde el vértice Lomas hasta el puerto de las Cumbres, los cortes transversales trazados de Noroeste a Sudeste encuentran ya la rama sur del anticlinal principal, constituida exclusivamente por las calizas arenosas inferiores. Forman estas capas una faja no interrumpida entre el puerto del Boyar y la Huerta de Aguafría, pero en contra de lo que pudiera creerse, la mancha terciaria no pasa precisamente por el eje del anticlinal, pues al Norte de la misma hay una línea de cerros, que apenas tienen representación en el mapa, donde las capas liásicas buzan ya al Sudeste. Esto parece indicar que el gran anticlinal liásico no se rompió exacta-

mente por la clave, sino por una de las ramas, aun cuando es muy posible que además de la falla que produjo el estrecho por donde penetró el mar numulítico exista otra más al Norte, coincidiendo con el eje del anticlinal; esto último es, sin embargo, difícil de comprobar, porque la gran cantidad de derrubios que cubre la hondonada correspondiente al eje del anticlinal no permite apreciar si las capas se corresponden a la misma altura en las dos vertientes opuestas.

De cualquier modo que sea, la rama sur del anticlinal principal ha sufrido en mayor escala que la rama norte los efectos de la denudación, y a ello habrán contribuido, probablemente, las roturas producidas por la curvatura del eje del pliegue. Desde la Huerta de Aguafría hasta la Huerta de la Terroña, a orillas del Guadalete, esa rama ha desaparecido por completo, y en los altos del Fresnillo faltan las calizas tabulares con sílex y las margas superiores. Sobre las calizas arenosas se apoyan las calizas titónicas y sobre éstas las margas neocomienses, dándose el caso curioso de que entre estos dos últimos terrenos asoma en varios puntos el Keuper, como se pone de manifiesto en el corte de la figura 5.<sup>a</sup>

Estos asomos del Triásico se explican por el colosal hundi-

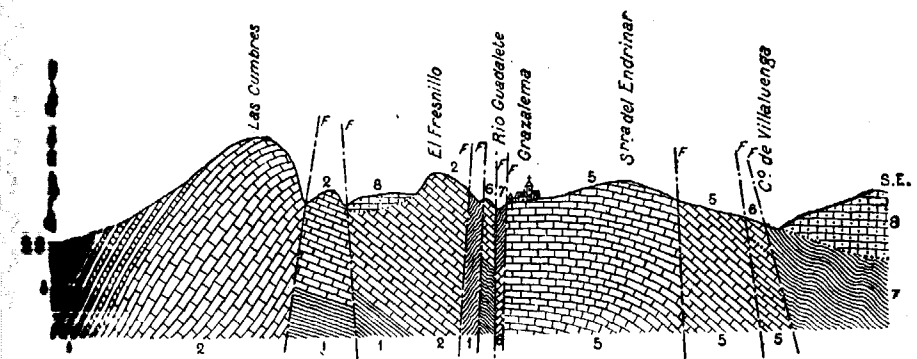


Fig. 5.<sup>a</sup>

CORTE DESDE EL ARROYO DE LOS AZORES A LA SIERRA DEL ENDRINAR

1. Triásico.—2. Calizas del tramo inferior del Lías.—3. Calizas tabulares del Lías medio.
4. Margas del Lías superior.—5. Jurásico superior.—6. Titónico.—7. Neocomiense.—
8. Arenisca del Aljibe.—F. F. Fallas.

Escala: horizontales, 1 : 50.000; verticales, 1 : 25.000.

miento de toda la zona que se extiende delante de Grazales, que en nuestro mapa está pintada de verde oscuro como perteneciendo al terreno neocomiense, aunque es posible que el sustrato, en parte de ella, esté formado por las rocas del Keup. No es fácil averiguarlo por ser grande el espesor de los derrubios de la caliza jurásica que cubren el terreno virgen; pero el hecho de que el Triás asome en el extremo oeste del pueblo y en el puerto que separa el Fresnillo de los Espartales, hace sospechar que las fallas que bordean la zona de hundimiento han dejado descubierta, al menos en el lindero norte de la región hundida, las capas triásicas.

Al tratar del terreno neocomiense hemos de insistir acerca de la complicada estructura del terreno en los alrededores de Grazales, donde se cortan entre sí una porción de fallas diversamente orientadas; por el momento basta con lo expuesto para hacer cargo de la tectónica del macizo liásico que estamos describiendo.

**Sierra del Pinar.** - El anticlinal, en parte derrubiado, que forma la cordillera de Monte Prieto se prolonga por el otro lado del puerto de las Cumbres, en dirección Este a Oeste, y forma la Sierra del Pinar. En esta parte se conservan las dos ramas del anticlinal, pero con la particularidad de que en su mitad occidental está todo el pliegue volcado sobre la rama norte, de manera que en la umbría de la sierra las capas aparecen invertidas a causa de la cobijadura.

En las inmediaciones del Peñón de San Cristóbal, la sierra presenta la estructura que se indica en el corte de la figura 6.<sup>a</sup>

En el Peñón, las capas de calizas marmóreas con vetillas geodas de calcita buzcan 60° al Norte-Noroeste y sobre ellas se apoyan en concordancia algunas bancadas de calizas arenosas, teñidas de rosa y de rojo por el hidróxido férrico. Estas capas asoman en el camino de los pinsapos, al pie del San Cristóbal, y desparecen más abajo, ocultas por las calizas tabulares y las margas de los tramos medio y superior. Todo este conjunto de estratos forma un sinclinal bastante abierto con la rama sur de

anticlinal del Montón, y por el eje de ese sinclinal corre la garganta o cañada de los Azores.

Al mismo tiempo que las capas sufren esa inflexión en sentido vertical, se arquean horizontalmente entre San Cristóbal y las Lomas, de manera que, en conjunto, forman una semiparaboloide cuyo vértice se encuentra frente al puerto de las Cumbres. Esta zona es una de las mejores para estudiar la formación liásica de

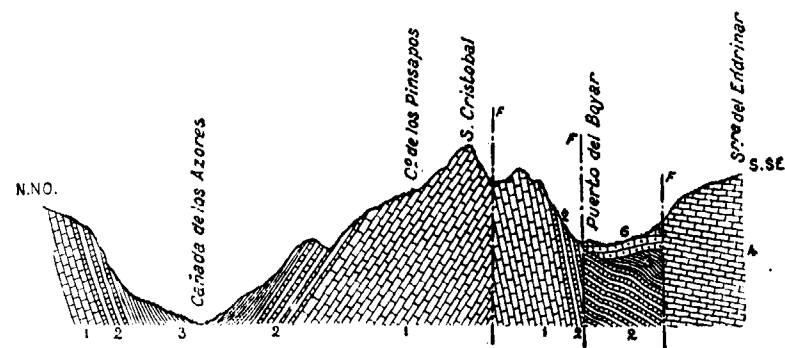


Fig. 6.<sup>a</sup>

CORTE DESDE LA CAÑADA DE LOS AZORES Á LA SIERRA DEL ENDRINAR, PASANDO POR EL PICACHO DE SAN CRISTÓBAL

1. Calizas del tramo inferior del Liás.—2. Calizas tabulares del tramo medio.—3. Margas del Liás superior.—4. Calizas del Jurásico superior.—5. Caliza numulítica.—6. Arenisca del Aljibe.—F. F. Fallas.

Escala: horizontales, 1 : 50.000; verticales, 1 : 25.000.

la Serranía, ya que todos los tramos se encuentran en ella ampliamente desarrollados; las capas no presentan inclinaciones exageradas y se hallan siempre al descubierto, pudiéndose apreciar claramente el orden de superposición. En la zona ocupada por este sinclinal resulta bien manifiesto que indiscutiblemente las margas y las pizarras no son la base de la formación liásica, sino, por el contrario, la parte superior.

Al Sur del Peñón de San Cristóbal, los bancos de caliza arenosa buzcan al Sur-Sudoeste, y sobre ellos vienen más calizas marmóreas y las tabulares con sílex del tramo medio; por último, cerca ya del puerto del Boyar, en el camino de Benamahoma, aparecen las margas superiores. La formación liásica está, pues

completa por este lado de la sierra, de modo que al sinclinal de la cañada de los Azores sucede el anticlinal del San Cristóbal.

La falla que corta al anticlinal de las Cumbres pasando por la clave se prolonga hasta el que nos ocupa y pasa entre el Peñón de San Cristóbal y el montículo que se destaca más al Sur, y con esto se explica el que las capas bucen con tanta inclinación en sentidos opuestos y en puntos tan próximos. Además, el regajo que baja desde la falda del San Cristóbal a la Fuente del Encinarejo señala una línea de fractura que debe ser la prolongación de la falla a que nos referimos.

Desde el Peñón de San Cristóbal hacia el Oeste, el espesor de las calizas disminuye considerablemente en un recorrido de más de un kilómetro, y debido a ello la sierra se estrecha bastante y al mismo tiempo pierde altura; en este trayecto las capas están casi verticales, pero buzan por las dos vertientes de la montaña en el sentido de las laderas, que, como es de suponer, presentan un talud rapidísimo. Las que se destacan en la cumbre buzan  $75^\circ$  al Norte.

Esa afilada cresta que se extiende al Oeste del Peñón de San Cristóbal se ensancha repentinamente a 700 metros de la cumbre del Pinar, al mismo tiempo que la constitución de la sierra cambia de modo radical. A partir de ese punto todas las capas buzan hacia el Sur, con pendiente de unos  $40^\circ$  las que asoman en la umbría, y casi de  $80^\circ$  las que cubren la ladera sur. Además, la sierra presenta por el lado de la umbría un acantilado de más de 600 metros de altura formado por las cabezas de los bancos calizos, y a este acantilado sucede una ladera de pendiente bastante rápida donde las capas de calizas tabulares y de margas continúan buzando hacia el interior de la montaña y sirviendo, por lo tanto, de base a las calizas de la cumbre.

En esta parte de la Serranía fué donde Macpherson estudió el terreno liásico y donde determinó el orden de sucesión de las capas, y no es extraño que concretándose a estos parajes supusiera el insigne geólogo que las margas pizarreñas, que él llama *esquistos*, constituyeran la base de la formación. A primera vista, el conjun-

to de la Sierra del Pinar, las sierras del Hinojar y del Blanquillo y el arroyo del Pinar parecen corresponder a un anticlinal denuddado, por cuyo eje corre el mencionado arroyo y cuyo núcleo está formado por las margas pizarreñas; pero la verdadera estructura de ese conjunto es muy distinta, pues la Sierra del Pinar está formada en esa parte, como indica el corte de la figura 7.<sup>a</sup>, por un

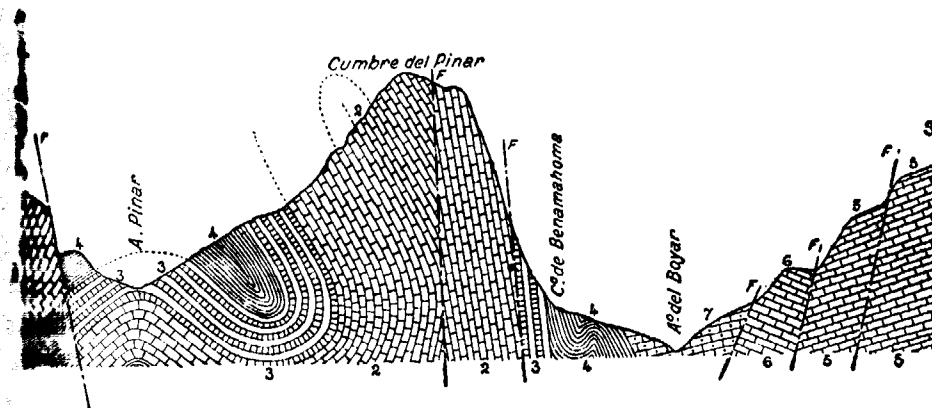


Fig. 7.<sup>a</sup>

CORTE DESDE LA SIERRA DEL BLANQUILLO AL ARROYO DEL BOYAR,  
PASANDO POR LA CUMBRE DE LA SIERRA DEL PINAR

1. Triásico.—2. Calizas del tramo inferior del Lias.—3. Calizas tabulares del tramo medio.—4. Margas del Lias superior.—5. Calizas del Jurásico superior.—6. Caliza numulítica.—7. Arenisca del Aljibe.—F. F. Fallas.

Escala: horizontales, 1:50.000; verticales, 1:25.000.

pliegue con cobijadura, que a la vez que ha invertido totalmente el orden de sucesión de los estratos ha doblado el espesor de las calizas inferiores formando un enorme promontorio cuya pelada cumbre domina toda la Serranía.

Consecuencia del empuje colosal que originó ese pliegue tan cerrado y lo recostó después sobre su rama norte, es también la forma que presenta la sierra en proyección horizontal, pues se ve, en efecto, en el mapa, que desde el puerto de las Cumbres hasta el punto donde se verifica el cambio de buzamiento de los estratos, la cresta sigue la misma curvatura que se inicia en las Lomas, cuya concavidad mira hacia Noroeste, mientras que desde ese punto hasta la aldea de Benamahoma, que es donde se en-



cuentra el pliegue con cobijadura, la curvatura cambia de sentido. Y así ha debido ser, toda vez que ese pliegue sólo puede haberse formado por un empuje procedente del Sur que tuvo forzosamente que desviar hacia el Norte la cumbre del anticlinal.

Como pone también de manifiesto el corte de la figura 7.<sup>a</sup>, las capas de los tramos medio y superior del Lías se apoyan sobre las calizas compactas en la falda sur de la sierra, a lo largo del camino de Benamahoma a Grazalema; pero todas esas capas parecen haber resbalado, a consecuencia de una falla, quedando muy plegadas y comprimidas en la hondonada que la separa del macizo jurásico.

En el extremo oriental de la Sierra del Pinar, cerca ya de Benamahoma, corta oblicuamente a las capas de la caliza una falla que coincide con un regajo señalado en el mapa y que desagua en el arroyo del Pinar frente al Molino harinero.

Desde ese arroyo hasta las Huertas, las capas se orientan de Noroeste a Sudeste y buzan al Sudoeste. La falla en cuestión no tiene interés como rasgo tectónico, pero es causa de que las aguas de infiltración de la Sierra del Pinar, que deben marchar subterráneamente de Este a Oeste, siguiendo las juntas de separación de los estratos, se reúnan en la grieta de la falla y broten en la magnífica fuente inmediata al Molino, cerca de un asomo de ofita.

Desde el punto de vista de la tectónica, la mancha de calizas que forma la Sierra del Pinar debe considerarse terminada en el arroyo por donde pasa el camino de Grazalema aun cuando esa mancha se enlace con la de la Sierra de Albarracín, pues por ese arroyo pasa otra falla que interrumpe la formación.

Para terminar la descripción de esta zona de la Serranía diremos dos palabras acerca de un yacimiento de pizarras bituminosas que se supone allí existente. Encuéntrase éste en el punto marcado en nuestro mapa con dos martillos cruzados, entre el arroyo del Boyar y el camino de Grazalema a Benamahoma, a Levante del cerro de las Cuevas. De su extensión no se puede juzgar porque toda esa parte de la ladera está cubierta por grandes bloques de caliza liásica y de caliza numulítica, roca, esta úl-

tima, que abunda mucho en toda la hondonada del Boyar por ser varios los manchones pequeños que aun se conservan allí de ese terreno, pero, a juzgar por el modo de presentarse en el único afloramiento reconocido, debe ser muy limitada. Este afloramiento se reduce a un cerrito de poco más de 100 metros cuadrados de superficie que sobresale entre los derrubios y en el que asoman unas capas de margas grises, síliceas, de 15 centímetros de espesor, alternando con vetas de arcilla. Los estratos están muy ondulados, pero en conjunto buzan unos 30° hacia el Oeste, y las capas realmente impregnadas de sustancias bituminosas se reducen a dos o tres lechos de ocho centímetros de espesor. El resto de las capas sólo tienen adheridas de vez en cuando, en los planos de junta, delgadas cutículas de materia carbonosa con manchas amarillentas de azufre.

Se comprenderá, pues, por lo que decimos, que este yacimiento carece en absoluto de interés industrial.

**Sierras del Hinojar, del Blanquillo, Zafalgar, Las Camillas y Monte Cambronera.**—Todas estas alturas están formadas por un mismo manto de calizas de 450 a 500 metros de espesor, que buza ligeramente al Noroeste, a excepción de su borde sudeste, donde se levanta hasta los 45° y 50°. Por este lado todas estas sierras terminan bruscamente en un tajo cortado a pico por consecuencia de la falla que pasa por los puertos de Follaga y de los Acebuches; en cambio, por el extremo opuesto las capas buzan suavemente por debajo de las calizas tabulares del tramo medio.

El levantamiento de las capas en los bordes de las fallas es rasgo general de todas las sierras liásicas de esta serranía, y ello parece demostrar que las fallas se produjeron siempre al ser solicitadas las capas a plegarse en anticlinales agudos.

La estructura de este conjunto de sierras es sencilla, y bastan los cortes geológicos de las figuras 8.<sup>a</sup> y 9.<sup>a</sup> para hacerse cargo de la disposición de las capas.

El corte de la figura 8.<sup>a</sup> está trazado desde la cumbre de la Sierra del Blanquillo hasta el cauce del arroyo del Parralejo, atra-

vesando toda la meseta caliza. En él se señalan las calizas inferiores apoyándose sobre el Keuper, porque atendiendo al espesor de las calizas (450 a 500 metros) y a la escala del corte (1:500 para las horizontales y 1:25000 para las verticales), a la profundidad

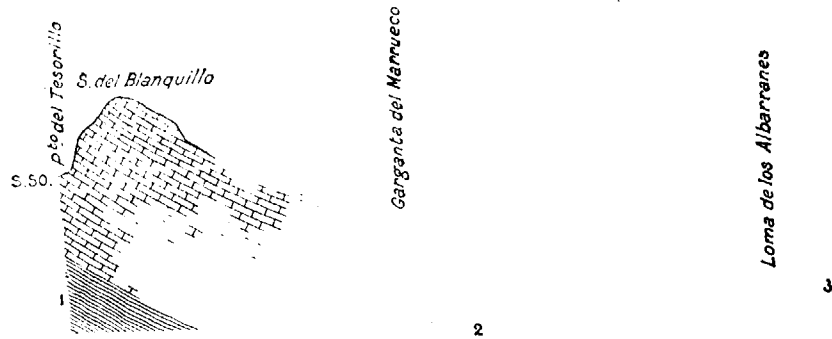


Fig. 8.ª

CORTE DESDE EL PUERTO DEL TESORILLO AL ARROYO DEL PARRALEJO

1. Triásico. — 2. Calizas del tramo inferior del Lías. — 3. Calizas tabulares del tramo medio.

Escala: horizontales, 1: 50.000; verticales, 1: 25.000.

que en él se marca tienen ya que encontrarse las rocas de ese terreno.

En el corte de la figura 9.ª se indica, no sólo la falla que limita por el Sudeste la Sierra de Zafalgar, sino también la que

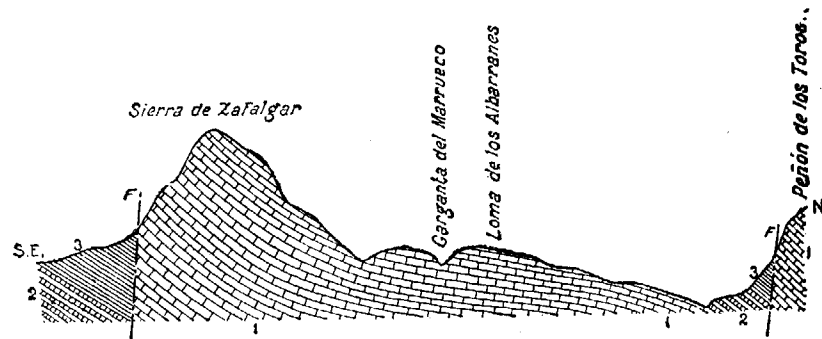


Fig. 9.ª

CORTE DESDE LA SIERRA DE ZAFALGAR AL PEÑÓN DE LOS TOROS

1. Caliza del tramo inferior del Lías. — 2. Calizas tabulares del tramo medio. — 3. Margas del tramo superior. — F. F. Fallas.

Escala: horizontales, 1: 50.000; verticales, 1: 25.000.

separa la meseta caliza, de la cordillera de Sierra Margarita, idéntica en sus manifestaciones a la que pasa entre los puertos de la Follaga y de los Acebuches.

Estas ligeras indicaciones creemos que son suficientes para hacerse cargo de la estructura de las sierras arriba indicadas, que es la misma en todas, como se demostraría trazando cortes paralelos a los números 8 y 9 por cualquier punto del macizo; así es que sólo vamos a añadir a lo dicho dos palabras acerca de las fallas secundarias, que con dirección aproximada de Norte a Sur cortan la meseta caliza hacia su extremo nordeste.

Una de ellas, la que más se acusa en el terreno, es una falla con salto que sigue por la Garganta Verde, y es la que menos ha dislocado los estratos, siendo el borde hundido el correspondiente a la Camilla alta. En los tajos de la garganta se puede apreciar la falta de correspondencia de los bancos en las dos escarpas, y se ve que el desnivel producido por la falla es de cerca de 100 metros; pero donde se observan mejor los efectos de esta falla, es en la confluencia de la Garganta Verde con la Garganta Seca, es decir, en el arroyo Bocaleones; como la falla ha cortado toda la formación, desde las capas más bajas a las más altas, y los estratos buzan hacia el Norte, las líneas de contacto de las calizas compactas con las tabulares no concuerdan en las dos orillas del arroyo, esto es, no se encuentran en prolongación la una de la otra, y por eso se comprueba en nuestro mapa que dicha línea, después de describir la misma curva pronunciada que marca el cauce, se dobla en ángulo recto al pasar a la margen opuesta. Y es que la Garganta Seca se ajusta en su recorrido a la repetida línea de contacto por la margen izquierda del arroyo, mientras que en la derecha es el arroyo de la Bodega el que marca la divisoria de los dos terrenos.

Pero no es una sola falla la que interrumpe la continuidad de los estratos en esta parte de la mancha liásica. Como pone de manifiesto el corte de la figura 10, trazado por el vértice Cambronera en dirección de Oeste-Noroeste a Este-Sudeste, corta a las calizas inferiores y a las tabulares del tramo medio otra falla con salto que hace que estas últimas capas vengan a chocar con

buzamiento al Noroeste contra las calizas marmóreas del mont Cambronera.

En este corte se representan también, en la vertiente orientada de la citada loma, las calizas compactas con espesor muy reducido, lo que demuestra que en determinados lugares estas capas se acuñan y aun llegan a faltar por completo, apoyándose entonces directamente sobre el Keuper las calizas tabulares del tramo

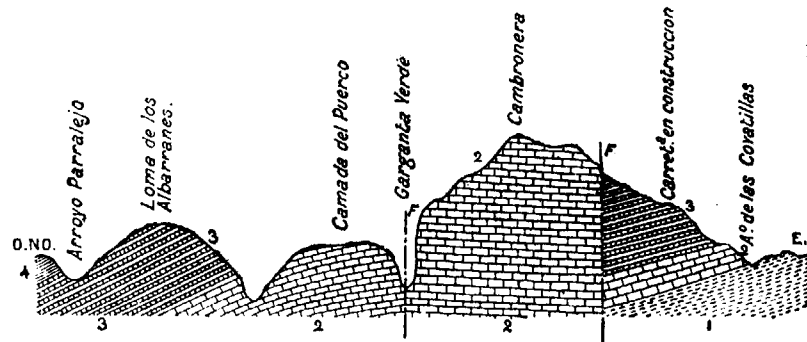


Fig. 10.

CORTE DESDE EL ARROYO DEL PARRALEJO AL DE LAS COVATILLAS, PASANDO POR LA CÚSPIDE DE LA CAMBRONERA

1. Triásico.—2. Calizas del tramo inferior del Lías.—3. Calizas tabulares del tramo medio.—4. Margas del Lías superior.—F. F. Fallas.

Escala: horizontales, 1: 50.000; verticales, 1: 25.000.

medio, y aun en algunos casos las margas superiores. Cuando tratemos de la historia geológica de la Serranía de Grazalema, hemos de volver sobre este interesante punto, que explica, a nuestro juicio, la producción de muchos fenómenos locales.

Por el Norte de las calizas inferiores se extienden unas lomas redondeadas (Loma de los Albarranes, etc.), de calizas tabulares, en gran parte cubiertas de tierra vegetal, que por su extremidad septentrional desaparecen bajo las margas del Lías superior, del mismo modo que éstas lo hacen bajo las margas neocomienses y las capas numulíticas y oligocenas.

En el pueblo de Zahara asoma por entre las calizas tabulares del Lías un escarpado mogote de calizas inferiores (Sinemuriense) arenosas, de color blanco o rosado, que sirve de asiento al cas-

tillo. Saliendo del pueblo por el camino del arroyo Bocaleones, se ven algunos restos de la formación neocomiense sobre las calizas tabulares y sobre las rocas triásicas, pero tan exiguos que no hemos creído necesario señalarlos en nuestro mapa.

**Cordillera de Sierra del Labradillo, Loma Becerra, Sierra Margarita y Peñón de los Toros.**—La tectónica de estos montes es muy sencilla, pues las capas ofrecen en todos ellos la misma dirección y el mismo buzamiento; la vertiente oriental de la cordillera es bastante escarpada, como resultado de una falla que pasa por el arroyo del Álamo y el de la Breña del Agua, prolongación el uno del otro, en tanto que la vertiente occidental es algo más suave, porque las capas buzando en el sentido de la ladera, aunque con mayor inclinación. Cerca ya de la falda se apoyan sobre las capas del Lías medio las calizas rojas titónicas y encima vienen las margas blanquecinas del Neocomiense y las arcillas numulíticas.

Las calizas inferiores, que presentan en muchos puntos textura brechiforme, se destacan en las cumbres con buzamientos muy fuertes, a veces levantadas hasta la vertical, como pone de manifiesto el corte de la figura 11.

El mismo buzamiento de 70 a 80° presentan las calizas tabulares del tramo medio y las calizas titónicas que vienen inmedia-

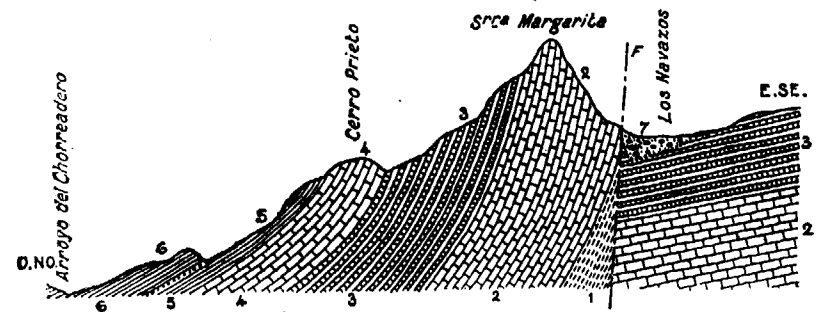


Fig. 11.

CORTE DESDE EL ARROYO DEL CHORREADERO AL LLANO DE LOS NAVAZOS

1. Trias.—2. Calizas inferiores del Lías.—3. Calizas tabulares del tramo medio.—4. Calizas rojas del Titónico.—5. Margas neocomienses.—6. Margas y arcillas eocenas.—7. Derribios.—F. F. Fallas.

Escala: horizontales, 1: 50.000; verticales, 1: 25.000.

tamente encima. Las margas blancas neocomienses y las arcillas numulíticas presentan ya menos inclinación, aunque siempre superior a 45°.

Al otro lado de la falla, las calizas tabulares del tramo medio, que ostentan aquí la *facies* de la caliza coralígena (nivel *f*), buzan tan sólo 15° al Noroeste y desaparecen en el llano de los Navazos bajo un conjunto grande de derrubios y algunos mantos de brechas cuaternarias.

Como por cualquier punto que se trace un perfil de Este a Oeste en estas alturas se obtienen cortes idénticos al representado más arriba, creemos inútil insistir acerca de la tectónica de la cordillera que nos ocupa.

**Sierra de Albarracín, Loma de las Peñuelas y Cerro de las Cuevas.** La Sierra de Albarracín tiene constitución análoga a la de la Sierra Margarita, si bien en detalle su tectónica es más complicada por hallarse las capas más plegadas y cortadas por varias fallas. El corte de la figura 12, trazado entre El Bosque y la cumbre de la sierra, da completa idea de esa tectónica.

Junto al cementerio del pueblo, y sobre las rocas triásicas,

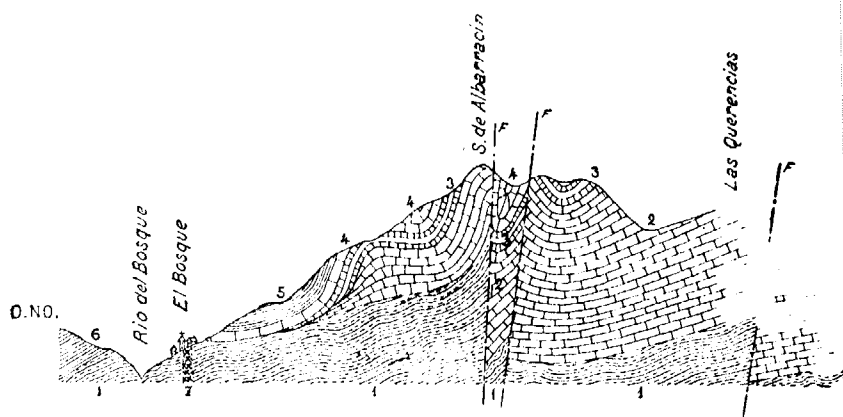


Fig. 12.

CORTE DESDE EL RÍO EL BOSQUE A LA SIERRA DEL ALBARRACÍN

1. Triásico.— 2. Calizas del tramo inferior del Lías.— 3. Calizas tabulares con sílex, del Lías medio.— 4. Calizas rojas del Titónico.— 5. Margas neocomienses.— 6. Eoceno.— 7. Ofita.— F, F. Fallas.

Escala: horizontales, 1:50.000; verticales, 1:25.000.

asoma un mogote de calizas titónicas, rojas con manchas de color de hueso, con Belemnites. Por encima de este mogote aparecen las margas blancas neocomienses que, muy plegadas, se extienden por la falda del monte, hasta que ya cerca de la cumbre vuelven a asomar las calizas rojas del Titónico descansando sobre las calizas margosas con sílex del Lías medio que, más al Sur, en las Lomas, forman la cresta de la sierra. Es ésta una de las zonas donde aparecen las calizas del Lías medio más cargadas de pedernal, y contienen al mismo tiempo braquiopodos, entre otros la *Terebratula punctata*. Más arriba, siguiendo la dirección del corte, se ocultan estas capas bajo un retazo sinclinal de calizas titónicas, extremo de una faja de este terreno que más al Sur se suelda con la mancha que cubre toda la vertiente occidental de la sierra, y pasadas de nuevo esas capas, asoman por segunda vez las calizas tabulares liásicas y a continuación las calizas sinemurienses, que se destacan en la cúspide de la montaña (971 metros). Estas calizas son blancas, marmóreas, algo arenosas y brechiformes.

Al otro lado de la cumbre, una falla corta las capas de caliza liásica, y entre ella y otra que pasa un centenar de metros más al Levante se encuentra encajado un sinclinal muy cerrado de calizas titónicas, que no se prolonga por la vertiente norte de la sierra, lo cual indica que el eje del pliegue se encuentra a poca profundidad. Por el otro lado de este sinclinal asoman otra vez las capas del Lías, primero las calizas tabulares y después las compactas del tramo inferior que, describiendo un pliegue muy abierto, como se indica en el corte, se prolongan hasta el monte de las Querencias, por cuyo pie pasa una tercera falla que establece contacto anormal entre esas capas y las del tramo medio, análogamente a lo que ocurre en otros parajes y hemos indicado ya repetidas veces.

También se indica en el corte número 12 que las calizas sinemurienses se acufian por la parte de Poniente hasta desaparecer por completo, y así lo demuestra el que al pie de la Sierra de Albarracín, el Titónico y aun el Neocomiense descansen directamente

sobre el Trías. Lo mismo debe ocurrir en la cordillera de Sier Margarita y en el borde septentrional de la gran mancha liásica donde también el Neocomiense descansa sobre el Trías.

Las capas de calizas tabulares que se representan en el extremo de la derecha del corte de la figura 12 son las que forman Loma de las Peñuelas, así como la faja de Lías medio que se prolonga por el Llano del Campo hasta el pie de la Sierra del Pina en tanto que las calizas compactas que se encuentran debajo son las que al prolongarse hacia Levante dan origen a Cerro Gordoy Cerro de las Cuevas. Las capas en estos lugares están poco desviadas de la horizontal, si se exceptúa el extremo sudoeste de Loma de las Peñuelas, donde las calizas tabulares buzanan fuertemente hacia el arroyo Tavizna. La gran falla de la Serranía marca aquí por la desigual inclinación de esas capas en las dos orillas del mencionado arroyo, pues mientras en la derecha su buzamiento pasa de 80° al Sudoeste, en la izquierda están horizontales.

Las calizas del Cerro de las Cuevas son blanquecinas o parduzcas, algo arenosas, mientras que las del Castillo de Tavizna son blancas, marmóreas, con inclusiones de calcita cristalina (nivel del San Cristóbal).

**Sierra de la Silla.**—En esta sierra cabe distinguir dos zonas que difieren entre sí por lo que respecta a la orientación general y al buzamiento de las capas; la de la parte norte, formada por el Cerracho de la Silla, y la del Sur, que comprende todo el resto de la sierra.

En el Cerracho de la Silla, las calizas compactas inferiores, marmóreas, se apoyan sobre las margas abigarradas del Keuper y se extienden hasta la cima del monte con pendiente de 45° al Sur. Sobre las calizas viene un espesor considerable de margas, que con fuerte inclinación, 60 a 70°, cubren la vertiente meridional del Cerracho, y se prolongan hasta más allá del puerto que separa este monte del pico del Adrión. Las margas en cuestión son de color gris oscuro, se parten al golpearlas con el martillo en fragmentos irregulares y contienen infinidad de nódulos de pedernal de color verdoso.

En la Sierra de la Silla propiamente dicha, las calizas de la cresta son blancas, marmóreas y con geodas y vetillas de calcita signo distintivo de las que pertenecen al nivel del San Cristóbal. En la vertiente oriental, las margas gris obscuras, pizarreñas, buzanan 70° hacia Levante y encima se apoyan las margas y arcillas del tramo superior, que aquí son bastantes fosilíferas. Estas capas se doblan en un sinclinal hacia la mitad de la ladera y en la Hacienda de las Monjas asoman de nuevo las calizas tabulares y las margas obscuras que se apoyan probablemente sobre el Trías, pues no se destaca por la falda de la sierra ningún crestón de caliza que permita suponer que la formación está completa por esta parte.

Por último, la línea de separación entre las calizas marmóreas inferiores y las margas del tramo medio, a lo largo de la cresta de la sierra, debe ser una línea de falla, ya que en ningún punto de esta línea se ven contactos normales de la caliza con las margas. Además, en la falda occidental de la Sierra, algunos bancos de caliza buzanan en el sentido de la ladera, que es precisamente la inclinación contraria a la que debían tener en el caso de existir perfecta concordancia entre los dos tramos.

Aparte de las manchas liásicas que llevamos descriptas, existen otras dos muy pequeñas: la del Cerro de la Llave, en el kilómetro 66 de la carretera de Ubrique, que se reduce a un mogote aislado de calizas blancas marmóreas, y una fajita de exiguas dimensiones que se extiende por las inmediaciones del rancho de la Silla, al Norte de la anterior, en la que asoman las calizas arenosas blanquecinas y parduzcas por debajo de las del Jurásico superior.

### **Sistema jurásico.**

**Caracteres generales de la formación.**—Las capas jurásicas de la Serranía de Grazalema presentan menos variedad de composición y aspecto que las del Lías, y dentro de un mismo horizonte conservan una uniformidad de caracteres que contrasta en alto grado con las variaciones que distinguen a las de aquel te-



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

### BENAOCAZ

Efectos de denudación, por las aguas de lluvia, en las calizas jurásicas

rreno. La roca dominante, por no decir exclusiva, es la caliza, color blanco o amarillo de hueso, marmórea, oolítica a veces, y las capas se extienden, sin soluciones de continuidad, desde la falda del Tavizna hasta la Sierra de Libar.

Las capas superiores están en algunos puntos teñidas de rojo por el hidróxido de hierro, pero esta coloración no afecta a las capas en todo su desarrollo, sino que se presenta a manchas viéndose pasar a la roca del color rojo o rosa al blanco de hueso a lo largo de líneas bien marcadas, sinuosas, normales a veces los planos de estratificación, sin que su textura ni su aspecto cambien por ello.

Otro rasgo propio de las calizas del Jurásico es la forma especial de fracturamiento y modo de descomponerse en la superficie sobre todo en los parajes donde las capas están horizontales viéndose la roca dividida en grandes trozos, limitados en todos sentidos por superficies curvas, sin que se ajusten, como es con siguiete, los unos con otros (lám. X A). Esto demuestra que las presiones y empujes que produjeron la rotura de las capas se ha sumado el trabajo de corrosión de un agente químico que fué poco a poco disolviendo la parte exterior de los fragmentos, y que no es otro, evidentemente, sino las aguas de infiltración cargadas de ácido carbónico.

Y se explica que en los parajes donde los estratos están horizontales adquieran mayores proporciones los fenómenos de disolución, toda vez que el agua encuentra entonces en cada capa un obstáculo para su movimiento de descenso, teniendo por ello que alargar su recorrido subterráneo y describir trayectorias en gran parte horizontales, con velocidad mucho menor que si se tratara de conductos inclinados y continuos.

Como ejemplo curioso de corrosión en las superficies de los trozos calizos damos la fotografía de la lámina VII.

Este curioso aspecto puede explicarse en la forma siguiente: Cuando llueve, cubre las rocas una lámina de agua que está animada de un movimiento de descenso. Éste pasa inadvertido a simple vista, pero bien se comprende que no puede ser uniforme en



Fotografía de Hauser y Menet-Madrid

BENAOCAZ  
Efectos de denudación, por las aguas de lluvia, en las calizas jurásicas

toda la lámina por las rugosidades que presentan las superficies flocosas, de modo que el agua se reúne en venillas muy diminutas, separadas entre sí por espacios donde el líquido apenas se mueve o se mueve con mucha lentitud; en las fajitas correspondientes a las venillas es donde más se corroe la caliza, puesto que por ellas pasa mayor cantidad de disolvente, y cuando por efecto de una corrosión quedan grabados los canalillos, las aguas llovedizas circulan de preferencia por ellos y concluyen por esculpirlos profundamente en la roca, dándole el aspecto que presentan las de nuestra fotografía.

Otro aspecto del ataque de las calizas del Jura por las aguas de lluvia son los callejones laberínticos que se forman en las montañas altas, cuando las capas están horizontales, y que en la provincia de Málaga se designan con el nombre de *torcales*. En lo alto de la Sierra del Endrinar, al pie del monte Simancón, es donde, en la Serranía de Grazalema, se encuentran más marcados estos fenómenos de denudación que semejan ciudades en ruinas, aunque sin alcanzar la importancia que tienen en las sierras de la provincia de Málaga, sobre todo en el famoso Torcal de Antequera, donde los callejones miden hasta 300 metros de recorrido y se entrecruzan en distintas direcciones, dando origen a un paisaje grandioso y pintoresco.

También son resultado de la acción disolvente de las aguas meteóricas, las simas, las cavernas y los túneles naturales que sirven de curso subterráneo a muchos arroyos, cuyas aguas recorren así grandes trayectos a profundidad considerable. Estos fenómenos únicamente se producen en los macizos de calizas muy puras, como son las que forman la mayor parte de las sierras jurásicas del mediodía de España, de cuya disolución por el ácido carbónico apenas queda residuo apreciable, y en donde, por tanto, no llegan nunca a obstruirse los canales que el agua abre para su circulación.

**Extensión de las manchas.** — Los sedimentos jurásicos aparecen repartidos dentro de los límites de nuestro mapa en cuatro manchas. La primera, procediendo de Norte a Sur, es una





Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

VILLALUENGA

La Sima, abierta en las calizas jurásicas

fajita larga y estrecha en la vertiente occidental de la cordillera de Sierra Margarita; la segunda se encuentra en la vertiente del mismo lado de la Sierra de Albarracín; la tercera, la más extensa de todas, está limitada por la falla que circunscribe a Serranía por el Este, por la falla del Tavizna, por la faja terciaria que se extiende entre el río de este nombre y la garganta de Berrida y por la mancha cretácea que rellena el sinclinal que forma la Sierra de Ubrique con la de Libar; la cuarta la constituye es la última sierra.

La mancha jurásica de Sierra Margarita está comprendida entre las capas del Liás medio y las del Neocomiense; en el mismo caso se encuentra parte de la fajita de la Sierra de Albarracín pues cerca de El Bosque, y en el extremo sur de la sierra, el Jurásico descansa sobre el Trías. La que se extiende entre Grazalema y el arroyo de la Higuera, que es la más interesante, tan por la superficie que ocupa como por el espesor que en ella adquieren las capas jurásicas, descansa, al parecer, sobre las capas del Keuper, pues aunque en algunos puntos de su borde noroeste asoman las calizas liásicas, es de suponer que no se prolongan mucho por debajo de los sedimentos jurásicos, dado el régimen general de las capas de este terreno y el poco espesor que presentan en esos puntos. Entre Ubrique y Villaluenga queda cortada esta mancha jurásica por un estrecho valle de origen tectónico en cuyo fondo asoman las margas neocomienses, pero la anchura de la faja cretácea es muy reducida, sobre todo en las cercanías de Ubrique, donde acuña por completo.

La mancha jurásica de la Sierra de Libar está limitada por el Cretáceo en todos sentidos, si bien en algunas zonas los depósitos terciarios alcanzan casi la línea de separación de esos dos terrenos.

**Distribución de los sedimentos.**—En las manchas jurásicas de la Serranía de Grazalema no cabe establecer muchas divisiones desde el punto de vista de la estratigrafía. A pesar del gran espesor que alcanzan las capas de esa edad, la constancia de caracteres en la roca y la falta casi absoluta de fósiles, al menos de



Fotografía de Hauser y Menet. Madrid

VILLALUENGA

La Sima, abierta en las calizas jurásicas

fósiles característicos, no permiten establecer horizontes distintos y menos referirlos a los establecidos en otras regiones donde los datos paleontológicos abundan.

Los 20 ó 25 metros de calizas que vienen inmediatamente debajo de las margas neocomienses son los únicos que contienen fósiles en abundancia, y precisamente estas capas son las que cabe reconocer mejor sin un estudio detenido, porque su coloración rosa o rojiza, y a veces su estructura brechoide, permite diferenciarlas a simple vista del resto de la formación. Las demás calizas presentan aspecto idéntico en toda su altura, y las únicas diferencias que cabe establecer, que son las que se basan en la textura de la roca, no sirven para fijar niveles geológicos, porque no se concretan a determinado número de capas ni abarcan dentro de éstas toda su extensión, sino que forman más bien lentejones que se superponen o yuxtaponen según los parajes. El nivel de las calizas rojas se encuentra siempre dondequiera que hay contactos normales del Jurásico con el Neocomiense, como sucede, por ejemplo, al Sudoeste de la Sierra de Ubrique, a lo largo del borde de la mancha, pero se encuentra también en muchas cumbres de las sierras del Endrinar y del Caillo, en la Manga de Villaluenga y en el Cancho de la Bejéruela, al Sur de Grazalema. Además, forman estas calizas, casi por completo, las manchas pequeñas de la Sierra Margarita y de la Sierra de Albarracín, y al Norte de Grazalema, bordeando los altos del Fresnillo, se extiende una fajita de calizas rojizas con textura brechoide.

Como las manchas de calizas rojas son en general pequeñas (no en balde son esas capas las más altas de la formación jurásica y las que han estado sometidas, por lo tanto, más directamente a la acción destructora de los agentes meteóricos), y, además, en los lugares donde tienen desarrollo sólo forman una fajita estrecha a lo largo de la línea de contacto del Jurásico con el Cretáceo, no hemos creído necesario señalar ese grupo de capas en nuestro mapa con un signo especial. Por otra parte, si lo hiciéramos basándonos exclusivamente en el color de la roca, dejaríamos de anotar muchas manchas formadas por capas sincrónicas de las ca-



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

VILLALUENGA  
Entrada de la Sima.

lizas rojas que por no tener este color y por carecer de fósile hay medio de distinguir de las de los tramos inferiores.

**Espesor de los tramos.**—El inferior, o sea el de las calizas blancas y de color de hueso, tiene espesor enorme. En la Sierra del Endrinar, que es la más alta que en la provincia de Cádiz está formada por las calizas del tramo inferior, miden las calizas más de 500 metros de espesor, pues en el monte Simancón los estratos están poco desviados de la horizontal y existen desde los de más de 500 metros entre la cumbre del monte y la cañada que lo separa del Alto del Reloj. En la Sierra del Caillo también es considerable el espesor de las calizas del tramo inferior, y probablemente pasa de los 400 metros, y otro tanto puede decirse de la Sierra de Ubrique, que está limitada por el Oeste por un tajón vertical de 400 metros de altura, producido en un macizo de calizas horizontales.

En el Puntal de la Raya (Sierra de Libar) las calizas blancas bien estratificadas, buzan 45° al Norte, y dada la altura de la cumbre del monte sobre el arroyo Alcornocalejo, que es de 400 metros aproximadamente, y la pendiente de la ladera donde afloran los bancos, que es también de unos 45°, resulta para el tramo en cuestión un espesor de 570 metros.

Entre Grazalema y Ubrique, a lo largo de la falla del Tavizna, las calizas a que nos venimos refiriendo tienen menos espesor del señalado hasta ahora; esa línea es el borde septentrional de la cuenca jurásica, y en puntos como el Salto del Cabrero, Sierra Alta, etc., sólo alcanzan de 200 a 300 metros. La gran mancha jurásica está, pues, formada por un conjunto de mantos calizos cuyo espesor aumenta desde su borde noroeste hacia las cumbres de la Sierra de Libar, aunque alcanzando ya potencia considerable a poca distancia del borde de la cuenca.

Las calizas rojas tienen espesores reducidos: en general, 10 ó 15 metros, a veces menos aún, y cuando adquieren mucho desarrollo como ocurre en la Sierra de Albarracín, escasamente llegan a 45 ó 50.

**Edad de las capas.**—Como en las calizas blancas del tramo



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

VILLALUENGA  
Entrada de la Sima.

inferior del Jurásico no hemos podido encontrar un solo fósil característico (sólo hemos recogido unos coralaris pequeños del grupo de los *Cyclolites* en la Sierra de Libar), únicamente podemos asegurar, fundándonos en su posición estratigráfica con respecto a las calizas rojas, que son más antiguas que éstas, y, por lo tanto, de edad anterior al Titónico. En cuanto a estas últimas, se deben clasificar indiscutiblemente en ese tramo superior del Jurásico mediterráneo, pues contiene infinidad de fósiles del *Ammonitico rosso superiore* de Italia, que puede considerarse como tipo del piso titónico.

En la Sierra de Albarracín hemos recogido abundantes ejemplares de *Phyloceras ptychoicum* Quenst., *Ph. silesiacum* Opp., *Perisphinctes colubrinus* Rein., *P. transitorius* Opp., que son, además, los fósiles que pululan en las placas de mármol rojo de las canteras de Villaluenga y Benaocáz, que tanto se han empleado en los pueblos de la Serranía para revestimiento de zócalos y escaleras y para losas de pavimento. Rara es la placa de este mármol que no contiene varias secciones de las especies indicadas, a más de considerable número de *Belemnites*.

En las calizas blancas, dado su gran espesor, es posible que estén representados varios de los pisos clásicos del Jura inferiores al Titónico, y esta suposición se basa en que los Sres. Bertrand y Kilián (1), que tropezaron para clasificar macizos análogos de calizas jurásicas con el mismo inconveniente que nosotros, dicen haber recogido en la Sierra del Torcal, de Antequera, varios *Ammonites*, entre ellos el *Rhacophyllites Loryi* Meun-Chal., el *Perisphinctes Navillei* Fabre y el *Simoceras agrigentinum* Gemm. Además, dicen haber visto en colecciones particulares ejemplares del *Aspidoceras perarmatum* Sow. y el *Peltoceras bimammatum* Quenstedt, de la misma localidad.

Estos datos demuestran la existencia en la Sierra del Torcal del nivel del *Aspidoceras achanthicum* y de la *Oppelia tenuilobata* a que corresponden los fósiles recogidos por los geólogos franceses,

(1) *Mission d'Andalousie*.



UBRIQUE

Camino de Benaocaz. Calizas fracturadas del Jurásico.



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

UBRIQUE

Fuente del Algarrobal.

es decir, la existencia del *Kimeridgiense* superior, y la del *Oxfordiense* superior y el *Calloviense*, a que corresponden, respectivamente, el *Pelloceras bimammatum* y el *Aspidoceras perarmatum* en una palabra, del Jurásico superior casi completo.

Los citados geólogos, en la página 429 de su Memoria, añaden: «La cordillera del Torcal es la única en que hemos podido comprobar intercalaciones amonitíferas en el malm. En las demás sierras, este terreno está representado por calizas blancas compactas, sin fósiles apenas, a veces oolíticas y con frecuencia difícil de distinguir de las del Lias medio (1). En la sierra de las Cabras al Sur de Loja, es donde mayor desarrollo adquieren; forman toda la cordillera, a excepción del eje de algunos pliegues anticlinal y sinclinales que dejan asomar las calizas bien estratificadas de dogger, o el titónico con el neocomiense. Su espesor no puede estimarse en menos de 200 ó 300 metros.

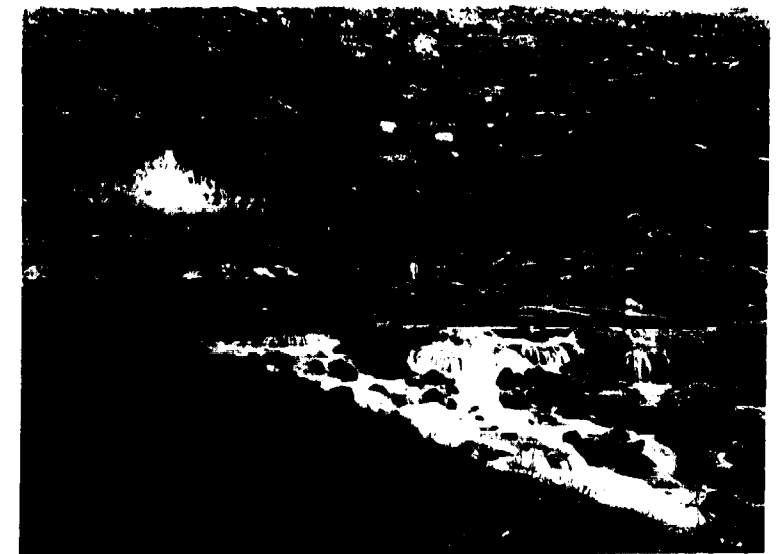
»Más al Sur, en la sierra de Zafarraya, su espesor es menor, o al menos se intercalan potentes bancadas de dolomías. Se encuentran allí algunas *Rhynchonellas* mal conservadas. Estas calizas blancas adquieren a veces carácter coralígeno bien marcado; por encima del cortijo de Guaro contienen políperos y nerineas en mal estado; en Zafarraya algunas secciones de gasterópodos; entre Villanueva del Rosario y Alfarnate hemos encontrado políperos y equinidos. Cerca de Montefrío, en el camino de Loja, son oolíticas. Su parte superior tan pronto está cubierta por el titónico como por el neocomiense. No creemos que esto sea efecto de una transgresión, sino más bien debido a tránsitos laterales o al deslizamiento de los asientos margosos. Cerca del cortijo de Carrión, al Sudoeste de Zafarraya, hemos recogido una radiola de *Hemicidaritis crenularis* en bancos compactos, cuya parte superior se ve pasar lateralmente al titónico. Añadiremos que en la colección de Verneuil hemos visto un ejemplar del *Ammonites bimammatus* procedente de los alrededores de Cabra. La ganga que le rodea

(1) Sin duda por errata se dice aquí Lias medio en vez de Lias inferior, que es el terreno que contiene calizas parecidas a las del Jurásico superior, como los mismos autores exponen en su obra.



UBRIQUE

Camino de Benaocaz. Calizas fracturadas del Jurásico.



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

UBRIQUE

Fuente del Algarrobal.



es roja, lo que constituye una indicación valiosa para futuras investigaciones.»

De lo que queda transcrito se deduce:

- 1.º Que no es posible en estos macizos de calizas del Jura superior establecer niveles estratigráficos.
- 2.º Que las calizas blancas compactas pasan a veces lateralmente al Titónico, es decir, que hay bancos de estas calizas blancas que corresponden al horizonte de las calizas rojas, y
- 3.º Que en el nivel correspondiente al *Ammonites bimammatus*, o sea en el Oxfordiense, existen también calizas rojas.

Las dos primeras conclusiones vienen a corroborar algo ya dicho por nosotros, a saber: que no se pueden marcar los límites del piso titónico ateniéndose exclusivamente al color de la roca, y por eso no hemos marcado en nuestro mapa las manchas titónicas, porque no nos ha parecido prudente circunscribirlas a las calizas rojas y no contamos con datos para una demarcación más exacta. Pero la tercera conclusión parece indicar la conveniencia de no clasificar por sistema como titónicas las calizas rojas, toda vez que rocas análogas se pueden encontrar en otros pisos de la serie jurásica superior.

A este propósito creemos oportuno consignar que en la Sierra del Endrinar, como a un kilómetro del puerto del Boyar, y a la izquierda del camino que va de Grazalema al puerto de las Presillas, asoman unas capas de calizas rojas con textura arriñonada que no corresponden a la parte superior de la formación jurásica, pues encima de ellas viene todavía un espesor grande de calizas color de hueso, y aunque no hemos podido encontrar en ellas ningún fósil, se puede afirmar por su posición que no corresponden al Titónico.

En cuanto a los cambios de color en las calizas titónicas, podemos citar unas capas que corresponden a este nivel, pues contienen fósiles característicos, que se encuentran en la falda del Cancho de la Bejeruela (Sierra del Endrinar), lindando con las margas neocomienses. Tienen unos 20 metros de espesor, y están encajadas entre otras de color de hueso, como indica el corte de

la figura número 13; pero en los mismos bancos de las rojas se ve que esta coloración no es general dentro de cada capa, sin

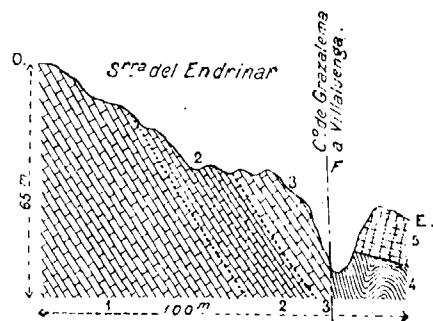


Fig. 13.

CORTE TRAZADO EN LA SIERRA DEL ENDRINAR, JUNTO AL CAMINO DE GRAZALEMA A VILLALUENGA

1. Calizas blancas del Jura superior.—2. Calizas rojas del Titónico. 3. Calizas blancas del Titónico.—4. Margas neocomienses. 5. Arenisca del Aljibe.—F. F. Fallas.

que se cambia repentinamente por el color blanco de hueso a lo largo de líneas normales a los planos de estratificación.

Por uno de los extremos de la faja que se representa en el corte, la coloración roja desaparece en todas las capas, y a partir de ese punto, ya no es posible distinguir los tres niveles entre sí. Se trata, pues, de un caso en que ni el Titónico es rojo constantemente, ni constituye donde es rojo la parte más alta de la formación jurásica.

En el asomo titónico del cementerio de El Bosque puede hacerse la misma observación, así como en la cumbre de la Sierra de Albarracín y en otros muchos puntos que sería prolijo enumerar.

**Varietades de las calizas del Jurásico superior.** En la Sierra del Endrinar presentan las calizas jurásicas pocas variantes. Las capas inferiores, las que asoman junto al puerto del Boyar, son marmóreas, de fractura concoidea muy rizada, color anteaado y su masa está cruzada por finisimas vetas de calcita muy distanciadas. Encima de éstas viene un gran espesor de calizas oolíticas, bien estratificadas, de color análogo a las anteriores; el tránsito

de unas a otras se hace insensiblemente, de modo que es frecuente ver en muestras aisladas que parte de la masa es oolítica y parte mármol compacto.

En las calizas oolíticas se aprecian muy bien con el microscopio los oolitos y el cemento que los enlaza. Los oolitos son opacos, sus dimensiones varían entre dos y ocho décimas de milímetro, aunque en general están comprendidos entre cuatro y cinco. Vista la preparación con luz natural, los oolitos presentan coloración gris y se puede apreciar que están poco deformados; con grandes aumentos se distinguen pequeñísimos granos en su constitución, pero toda la superficie de la sección tiene un tono pardo y confuso que ofrece escasa reacción a la luz polarizada y que debe atribuirse o a la disposición amorfa de la caliza o a que este mineral está impurificado con arcilla.

En la sección de los oolitos no se aprecia centro distinto. La zona media en la mayoría de los casos se presenta sin complicación de líneas concéntricas, y las envolventes corticales están representadas por líneas oscuras de la misma materia amorfa, acentuadas de vez en cuando por un poco de hidróxido de hierro. La cutícula o borde externo es una línea sencilla o doble, como las de la zona media, pero mejor marcada.

El cemento está formado por placas de calcita muy pura, transparentes en luz polarizada, sobre las que se destacan mucho los oolitos, pardos. Las placas de calcita están compuestas de varios cristales sin forma propia y acodados unos a otros, observándose también bastantes láminas macladas muy regulares. La calcita interoolítica es de formación más moderna que los oolitos, pues forma algunos filoncillos que los corta, y aun rellena algún que otro pequeño espacio en el interior de los mismos.

Las preparaciones de estas calizas oolíticas están generalmente cruzadas por fisuras paralelas bastante rectas, de las cuales muchas atraviesan los oolitos y el cemento indistintamente, mientras que otras están interrumpidas en la calcita del cemento, lo que parece demostrar que la formación del espato calizo es muy moderna, acaso actual. Las fisuras son indicio de las presiones

sufridas por la roca, que no parecen haber sido muy enérgicas.

Sobre las calizas oolíticas, en la Sierra del Endrinar, viene unas calizas análogas a las de la base, pero de color algo más claro y fractura muy rizada. En las superficies corroídas se observan algún que otro huequecillo como los que dejan los oolitos al desprenderse de la masa de la roca, pero en las superficies frescas no se observa el menor indicio de ellos. Estas calizas son las que forman el monte Simancón, segunda altura de la provincia, con su cumbre a 1.565,6 metros sobre el mar (10 más que el Peñón de San Cristóbal).

Algunas de las calizas oolíticas del Jura superior presentan en las superficies corroídas un aspecto que las asemeja a huesos desprovistos de todas las substancias blandas, esto es, una textura esponjosa que contrasta con la compactidad característica de las rocas de esta edad. Esta estructura especial es debida a la desaparición total de los oolitos por disolución, quedando sólo el cemento interoolítico. Este fenómeno se presenta con frecuencia en las capas de la parte central o media de la formación en la Sierra del Endrinar, pero sin afectar a una capa entera ni a grandes extensiones de roca, sino a zonas muy reducidas que se marcan como manchas oscuras sobre el fondo blanco de la caliza y se asemejan por su forma y aspecto a los núcleos de sílex que encierran las calizas tabulares del Lías medio en la Sierra del Pinar (Monte Quemado). El color pardo oscuro de la caliza esponjosa depende de la fijación de los limos arcillosos que arrastran las aguas de lluvia en las rugosidades de su superficie.

En la Sierra de Libar, por encima del camino de los Contrabandistas, además de las calizas compactas y las calizas oolíticas que tanto abundan en las sierras del Endrinar, del Caillo y de Ubrique se encuentran algunas capas de caliza magnésiana, sacarina enteramente blanca. Es posible que aludan a capas análogas los Sres. Bertrand y Killian, al decir que en la Sierra de Zafarraya el espesor de las calizas blancas compactas u oolíticas del Jura es menor por intercalarse potentes bancos de dolomías. También en

aquella sierra alcanzan los oolitos en algunas capas de calizas hasta dos milímetros de diámetro.

En las capas del Titónico existe mayor variedad por lo que respecta a la composición y al color de las rocas. La más corriente es la caliza marmórea de color rojo vivo y de textura compacta, como las que forman el monte Simancón, en la Sierra del Endrinar, cruzada como éstas por algunas vetillas de calcita blanca que se destacan más en las capas titónicas a causa de la coloración del fondo. Esta es la que podríamos llamar roca clásica del Titónico; en todos los asomos de este terreno se encuentra y es la más conocida por haberse explotado en muchos puntos como mármol ornamental.

También son frecuentes en el Titónico las calizas anteadas con vetas y manchas amarillentas, así como unas capas de estructura nodulosa y coloración roja o blanca, que contienen muchos fósiles. Por último, entre los bancos de las calizas rojas se intercalan algunos de calizas arcillosas de poco espesor y de color de heces de vino. No hay que olvidar, además, que muchas calizas de la parte superior de la formación jurásica, marmóreas y de color blanco anteadado, corresponden también a este tramo.

Merecen mención especial unas calizas bien estratificadas, en bancos de 40 a 50 centímetros de espesor, que asoman al Norte de Ubrique, junto al rancho de la Silla ( lám. VI B.) y en el extremo occidental de la Sierra del Caillo, a la entrada en la Manga de Villaluenga; tienen coloración más amarillenta que las demás del Jurásico superior, pero en la fractura fresca apenas se diferencian de ellas.

Capas análogas han sido clasificadas por los Sres. Bertrand y Killian como pertenecientes al Jurásico medio o Dogger, en algunas sierras de Málaga y Granada. Han podido determinar, en efecto, dos horizontes de esa edad: uno, con *Ludwigia Murchisonae* y *Posidonomya alpina* (Bajociense), y otro con *Rhynchonella* cf. *varians*, *Heligmus polytypus* y *Terebratula circumdata* (Batoniense). Nosotros no hemos podido recoger en las capas en cuestión ningún fósil, y tanto por esto como por la reducida extensión que

ocupan dentro de los límites de nuestro mapa, no hemos creído conveniente marcarlas con color distinto.

**Tectónica.**—La gran mancha jurásica de la Serranía de Graza lema está limitada por sus bordes norte, este y oeste por falla que marcan los límites de otras tantas áreas de hundimiento. La formación está también cruzada por varias líneas de fractura orientadas de Este-Nordeste a Oeste-Sudoeste, que coinciden en su mayoría, como el régimen de las capas pone de manifiesto, con ejes de pliegues que no han llegado a desarrollarse por la extrema rigidez de los estratos calizos. De estos pliegues, el más marcado y el más interesante es el que da origen a la Manga de Villaluenga, estrecha abertura que pone en comunicación el área de hundimiento de Ubrique con la comprendida entre la Sierra del Caillo y la extremidad septentrional de la Sierra de Libar.

Trazando un corte entre el lugar llamado Salto del Cabrero y la Ermita de Villaluenga se aprecian en la formación jurásica cuatro soluciones de continuidad. Prescindiendo de las fallas que limitan el perfil así trazado por sus extremos (véase la fig. 14) se encuentran, procediendo de izquierda a derecha, la falla de Salto del Cabrero (lám. II B.), con hundimiento del borde izquierdo o septentrional y separación de ambos por una grieta colosal rellena hoy

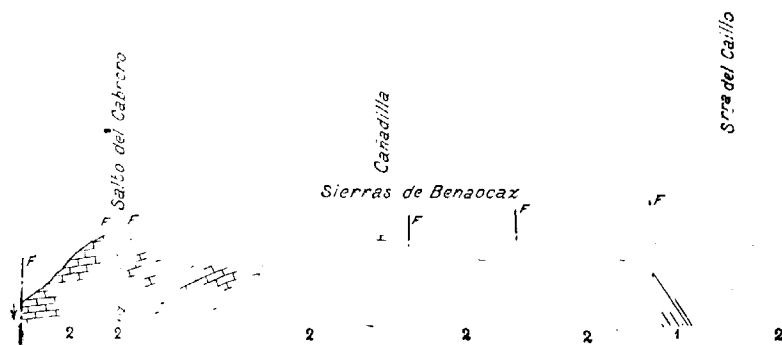


Fig. 14.

CORTE DESDE EL SALTO DEL CABRERO A LA SIERRA DEL CAILLO

1. Triásico. — 2. Calizas marmóreas y oolíticas del Jura superior. — F. F. Fallas. — Y Borde de la falla hundido en cada caso.

Escala: horizontales, 1 : 50.000; verticales, 1 : 25.000.

Orientación del corte: NO a SE.

por los derrubios; la que pasa al Sur de la Canadilla, que se prolonga por el camino del Quejigüillo, puerto de las Presillas y vertiente meridional de Peñón Grande; la que corre entre Sierra Alta (falda Sur) y la fuente de Fardela, y la que pasa por la cañada que separa el monte Simancón del alto del Reloj.

Todas estas fallas se marcan en el terreno por grandes tajos cortados a pico, en cuyas paredes apenas se distingue la estratificación, porque el rozamiento de los dos bordes de cada falla ha borrado las juntas de separación de las capas, pulimentando éstas en cierto modo. Así se ven en nuestras fotografías de Ubrique y Villaluenga (láminas XV y XVII) cómo las sierras jurásicas presentan interrumpidas sus laderas de vez en cuando por tajos verticales que se suceden formando desde lo alto de la montaña hasta el valle una serie de gigantescos escalones, curiosos ejemplos de la estructura en gradas a que ya aludimos al comienzo de este trabajo.

En ocasiones, esos escalones alcanzan las colosales proporciones de los que limitan la Sierra de Ubrique por el Sudoeste, que pasa de 400 metros, y la del Endrinar por el Sudeste, que excede de 300. En nuestra fotografía de Graza lema (lám. XIV) se distinguen muy bien los que interrumpen repentinamente la Sierra del Endrinar por el Norte, y también se pueden apreciar en ellos las fallas que cortan a la formación de Norte-Nordeste a Sur-Sudoeste, paralelamente al curso del Campobuche.

En la Sierra de Ubrique, las capas jurásicas describen varias ondulaciones no muy pronunciadas y buzcan en general al Sudeste, y al llegar al arroyo de la Higuera este buzamiento se acentúa, desapareciendo la formación por debajo de los estratos neocómiens que se le sobreponen en perfecta concordancia.

Entre el salto de la Mora, Sierra Alta, la Sierra del Caillo y la de Ubrique (lám. XVI), está comprendida un área de hundimiento cuyos bordes escarpados atestiguan las dislocaciones que en su contorno han sufrido las capas jurásicas. Desde el Salto de la Mora hasta Sierra Alta las calizas buzcan fuertemente al Oeste-Nor-oeste, y las cabezas de los bancos forman en la parte que mira a

la hoya una escarpa inaccesible. Por el borde Sur de la depresión en vez de una falla única se han producido varias paralelas, que han quebrantado tanto las calizas, que parece constituido el terreno en este punto por una masa informe de inmensos fragmento de roca amontonados al azar (lám. X A).

El área de hundimiento en cuestión, en cuyo borde está edificado el pueblo de Benaocaz, se estrecha considerablemente a Norte de Ubrique, hasta el punto de que casi se tocan las calizas jurásicas de los dos bordes. No obstante, una faja de arcillas areniscas oligocenas que sigue el cauce del arroyo señala la entrada del mar terciario en ese pequeño golfo que este mismo mar rellenó con sus sedimentos.

En la Sierra de Libar se presenta también la estructura en gradas en el monte llamado de los Pinos, por cuya falda pasa el camino de los Contrabandistas, y allí se marca su estructura con mayor claridad que en otros puntos, porque la parte alta de cada meseta o escalón está cubierta por algunas bancadas de margas rojas del Neocomiense. En la parte comprendida entre el Puntal de la Raya y las Mesas de Libar, las capas buzan bastante uniformemente hacia el Norte-Noroeste, ocultándose en el valle, bajo los sedimentos cretáceos. En cambio, en la mitad septentrional de la sierra, las dislocaciones del Jurásico han llegado al máximo; especialmente en la parte comprendida entre el arroyo de los Álamos y el situado más a Levante, que carece de nombre geográfico especial, las capas fueron cortadas por una serie de fallas que entrecruzándose en todas direcciones dibujaron en su superficie una ancha retícula, y después cada segmento se inclinó en un sentido distinto, dando origen a un sistema de montes pequeños y escarpados donde a cada paso cambia la dirección y el buzamiento de las capas, fenómeno que se hace tanto más visible cuanto que en esta sierra la estratificación del Jurásico se acusa siempre con claridad.

Del régimen de las capas titónicas en las otras dos manchas que se dibujan en nuestro mapa, la de la cordillera de Sierra Margarita y la de la Sierra de Albarracín, poco cabe decir, toda vez

que tanto en una como en otra, sus pliegues están supeditados a los del terreno liásico sobre que descansa, como ya hemos puesto de manifiesto en los cortes geológicos de las figuras 11 y 12.

Volveremos a tratar del régimen de los estratos jurásicos en la mancha principal, al hacer la descripción del terreno Neocomiense, cuyas capas guardan íntima relación con las del Jura.

### **Sistema cretáceo.**

**Caracteres generales de la formación.**—Sobre las calizas del Jurásico superior y rellenando los sinclinales de este terreno se encuentran unas margas tabulares pizarreñas, de color blanco, amarillento o rojo. Paralelamente a estos depósitos se extienden sobre las capas titónicas de la cordillera de Sierra Margarita y de la Sierra de Albarracín unas margas muy calíferas, blanquecinas, que en parte parecen ser sincrónicas de las pizarras rojas.

En las margas blanquecinas son bastante frecuentes los fósiles neocomienses, mientras que en las margas pizarreñas que rellenan los fondos sinclinales de las calizas jurásicas no se encuentran indicios de restos orgánicos; no es extraño, pues, que acerca de su edad se haya discutido bastante, sobre todo porque unas veces cubren las últimas hiladas de las calizas titónicas en concordancia con ellas, otras forman pliegues agudos y repetidos al pie de los acantilados jurásicos, y otras, por último, buzan en estratificación regular por debajo de las calizas compactas.

Macpherson en su *Bosquejo geológico de la provincia de Cádiz*, página 70, al describir estas capas dice lo siguiente:

«El segundo de los tres grupos en que los depósitos secundarios pueden dividirse no está tan bien caracterizado, al menos en su parte inferior, como el primero.

»En donde adquiere mayor desarrollo y en donde, por consiguiente, puede estudiarse mejor, es en la Sierra del Endrinar, especialmente en su parte meridional.

»Forma la base de estos depósitos un gran espesor de esquistos calizos y arcillosos. Estos esquistos, en general, son en extre-

mo fisibles y de un color de ladrillo más o menos intenso, alternando con otros blancos o de colores blanquecinos.

»Entre Ubrique y Grazaema, y especialmente en toda la tensión de la manga de Villaluenga, se pueden observar en mayor desarrollo. A semejanza de lo que sucede en la base Torcal de Antequera, *buzan por debajo* de una serie de mármol rojos y blancos que forman la parte más encumbrada de la sierra en las cercanías de Villaluenga.

»Especialmente en el puerto de las Palomas, entre este último pueblo y Grazaema, puede observarse el contacto de estos depósitos al descubierto. Aquí se ve a los esquistos pas gradualmente a los mármoles rojos por una gradación insensible.

»No he tenido la fortuna de encontrar en ellos un sólo fósil por lo tanto, no me es posible dilucidar si forman un solo piso con la serie de mármoles rojos *que los terminan*, o si pertenece a otro piso distinto de la formación jurásica.»

De que estas capas constituyen, no la base, sino la parte alta, mejor dicho, un terreno superior a la formación jurásica, no cabe la menor duda, y si en la Manga de Villaluenga, como también en otros puntos de la Serranía, las margas pizarreñas rojas blancas *buzan por debajo* de las calizas compactas del Jura, se debe a la existencia de pliegues volcados sobre una de sus ramas en los que las capas superiores han quedado cobijadas por la más antiguas; el mismo fenómeno, en una palabra, que hace que en la Sierra del Pinar bucen las margas toarcienses por debajo de las calizas sinemurienses, hecho que también ha sido causa de falsas clasificaciones.

Los cortes de las figuras 15 y 16, dan idea del régimen de las capas de margas pizarreñas en la Manga de Villaluenga y de su relación con las calizas del Jura.

En el corte de la figura 15, trazado normalmente a la Manga, en su entrada por el lado de Ubrique, se ve que la concordancia entre las margas y las calizas es perfecta en la falda Sur de la Sierra del Caillo, en tanto que esas mismas capas parecen *buzar por debajo* de las calizas de la Sierra de Ubrique. por efecto de la

falla que corta a los estratos *que debían formar* la rama opuesta del sinclinal.

Pero no es esa la única falla que interrumpe la continuidad de

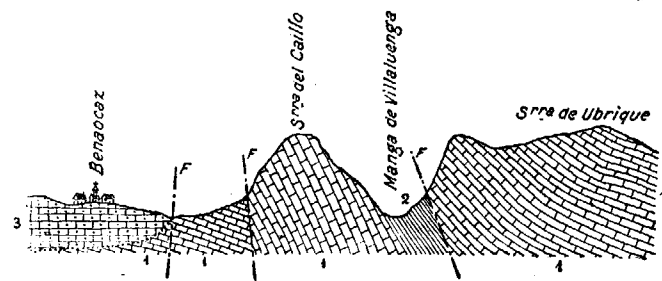


Fig. 15.

CORTE DESDE BENAOCÁZ A LA SIERRA DE UBRIQUE

1. Calizas del Jurásico superior.—2. Margas pizarreñas neocomienses.—3. Arenisca del Aijibe.—F. F. Fallas.

Escala: horizontales, 1: 50.000; verticales, 1: 25.000.

Orientación del corte: N. NO. a S. SE.

los estratos en el pliegue sinclinal de la Manga, pues, como se ve por el corte de la figura 16, son cuatro las fallas que cruzan la formación frente a Villaluenga, y en todas ellas se acusa marcada desnivelación de sus dos bordes o cambios muy pronunciados de pendiente en los estratos. Especialmente entre el pueblo de Villaluenga y la Sierra de Ubrique, las calizas del Jura están tan dislo-

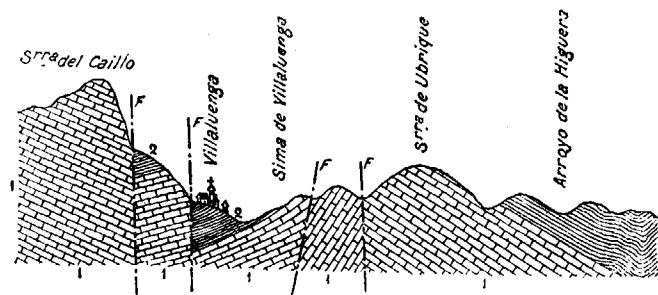


Fig. 16.

CORTE DESDE LA SIERRA DEL CAILLO AL ARROYO DE LA HIGUERA

1. Calizas compactas del Jurásico superior.—2. Margas pizarreñas neocomienses.—F. F. Fallas.

Escala: horizontales, 1: 50.000; verticales, 1: 25.000.

Orientación del corte: N. NO. a S. SE.

cadras como en el extremo septentrional de la Sierra de Libar, indudablemente con esas dislocaciones está relacionada la de Villaluenga (láminas VIII y IX), de la que más adelante ocuparemos.

También pone de manifiesto el corte de la figura 16, y esto lo más interesante para nuestro objeto, que la concordancia entre las margas pizarreñas y las calizas compactas es perfecta cualquiera que puede observarse la superposición de los dos terrenos.

Cuando la concordancia entre las margas pizarreñas y las calizas compactas del Jurásico no es perfecta es porque no se trata de verdaderas superposiciones, sino de *yuxtaposiciones*, como ocurre al pie de los acantilados que bordean a la gran mancha jurásica por el Este y por el Oeste. Además, dentro de los grandes pliegues sinclinales, como ocurre entre la Sierra de Ubrique y la de Libar, las capas de pizarras describen multitud de pequeños pliegues que seguramente no obedecen a otras tantas ondulaciones de la caliza jurásica, puesto que esta roca es demasiado rígida para poder formar pliegues de tan corto radio, pero tampoco debe verse en ello un fenómeno de discordancia, porque las capas margosas, al ser comprimidas entre dos macizos resistentes, pliegan siempre de análoga forma.

Las margas blanquecinas también se presentan muy rizadas en todos sus afloramientos, especialmente cuando se apoyan en Keuper, como en el borde occidental de la faja de Sierra Margarita; este terreno tiene muy poca solidez y los mantos de rocas blandas que lo cubren, sea cualquiera su edad, se presentan siempre muy dislocados.

**Extensión de las manchas.**—En realidad, sólo existen dos manchas de terreno neocomiense en la Serranía de Grazalema, una en la de la cordillera de Sierra Margarita y la de la Sierra de Albaracín pueden considerarse como una sola por no presentar más solución de continuidad que el asomo triásico del arroyo de Benahomá, y las margas pizarreñas rojas forman una faja continua alrededor de los macizos jurásicos. Existe otra manchita de dimen-

siones muy reducidas, pero independiente de las anteriores, que rodea al Peñón del Berrueco.

En la constitución geológica de nuestra región representan las margas pizarreñas un papel muy importante, no sólo por rellenar todos los sinclinales del Jurásico, sino porque su presencia indica siempre la existencia de una línea tectónica importante, pliegue o falla, que sería muy difícil descubrir a través de los macizos de calizas compactas si no fuera por el contraste de coloración que presentan los dos terrenos. Y si las manchas neocomienses tienen en nuestro mapa extensión reducida, se debe a que los sedimentos de esa edad fueron cubiertos en su mayor parte por los depósitos terciarios.

En todas las sierras que corresponden a la cordillera subbética, alcanzan mucho desarrollo las capas que nos ocupan y en todas partes presentan aspecto análogo al de nuestras manchas, según se deduce de las descripciones que hacen de ellas los señores Bertrand y Killian (1), quienes las mencionan en las sierras de Abdalajís, del Torcal, de la Chimenea, de las Cabras y de Parapanda, unas veces comprimidas entre las ramas de pliegues sinclinales, otras apoyadas verticalmente contra los flancos de los anticlinales, otras, en fin, como cerca de la fuente de Pinos, en el macizo de las Cabras, cobijadas por las calizas titónicas. En varios de estos parajes recogieron dichos geólogos ejemplares de *Aptychus Didayi*, *Apt. Seranonis* y *Apt. Mortilleti*, y en estos fósiles se fundan para clasificarlas de neocomienses.

Nosotros no hemos podido encontrar un solo fósil en todo el espesor de esta formación y nos atenemos para clasificarla a los citados por Bertrand y Killian y a su innegable semejanza con las capas que ellos describen, pero no dejamos de reconocer que el fundar una clasificación geológica en el aspecto de las rocas es método muy sujeto a errores y que no puede aceptarse sino con múltiples restricciones, pues así como ocurre con frecuencia que un mismo horizonte geológico presenta facies muy distintas en

(1) *Mission d'Andalousie*, pág. 444.

puntos relativamente próximos, del mismo modo rocas análogas se repiten en distintos niveles de la serie estratigráfica.

Y precisamente en la provincia de Cádiz había fundamentos para clasificar de terciarias las margas rojas, atendiendo a su aspecto exterior, pues en toda la parte occidental de la provincia forman la base del Numulítico unas margas blancas y de color rojo ladrillo que en la mayoría de los casos no contienen fósiles que se asemejan mucho a las que estamos describiendo. Verdaderamente que no presentan nunca, como ocurre con estas últimas, estructura pizarreña, pero esto podría achacarse a que no se encuentran comprimidas entre potentes macizos de calizas. Esa marga a que nos referimos la hemos podido clasificar como eocena por intercalarse algunas veces entre sus capas delgadas lecho de calizas cuajadas de *Nummulites*, pero, por regla general, sólo se les puede clasificar por sus facies. Es más, cuando descansan sobre margas neocomienses *fossilíferas*, como ocurre en término de Algar, en el monte llamado la Dehesilla, la concordancia entre las dos formaciones es completa, y este hecho es tan general que nos sirvió de fundamento para decir en nuestra Memoria acerca de las *Regiones petrolíferas de Andalucía*, página 43, lo que sigue:

«La primera invasión marina posterior a la emersión que se le ha indicado—la que tuvo lugar después del depósito de Neocomienso—ocurrió durante la época numulítica sin que sea posible precisar de un modo absoluto si los primeros depósitos de esta edad corresponden al Eoceno inferior o al Eoceno medio, dada la carencia de fósiles. Lo que sí puede asegurarse, y esto es muy importante desde el punto de vista de la tectónica general de la región, es que ambos movimientos, el de emersión primero y el de inmersión después, tuvieron lugar sin que el terreno se plegase, pues, por regla general, los *primeros estratos del Eoceno aparecen concordantes con el Neocomienso cuando éste les sirve de base.*»

Y en muchos puntos de la Serranía, donde se puede apreciar el contacto de las pizarras rojas con las calizas numulíticas, *que son las rocas que les siguen en orden ascendente*, se observa tam-

bién que esa concordancia existe, debido a que los hundimientos que provocaron la invasión del mar terciario no fueron acompañados de plegaduras. Así ocurre, entre otros parajes, en término de Ronda, junto a la Cueva del Hundidero, por donde se sume el río Campobuche. Sobre las capas de caliza jurásica que forman el peñón llamado Tajo de Tavizna, y que buzan al Norte, se apoyan las margas pizarreñas blancas del Neocomienso, después las rojas, encima la caliza numulítica y encima de ésta la arenisca del Aljibe; todas estas series de capas en perfecta concordancia.

En el ángulo Nordeste de nuestro mapa se destaca un cerro llamado Loma de Comares, formado por margas blancas y rojas *numulíticas*, que descansan sobre las margas blanquecinas neocomienses que cerca del cortijo del Chorreadero contienen abundantes ejemplares de *Hoplites neocomiensis* y de *Holcostephanus Astieri*, fósiles ambos que los Sres. Bertrand y Killian citan de unas capas, análogas por su composición y color a éstas, y que vienen generalmente debajo de las pizarras rojas.

Bien se ve por todo lo expuesto los inconvenientes que presentan las clasificaciones de terrenos fundadas en el aspecto de la roca. No obstante, creemos que las pizarras rojas que rellenan los fondos sinclinales de las calizas jurásicas se deben equiparar a las margas con *Aptichus* de Bertrand y Killian; pero advertimos que de no haber tenido conocimiento de la Memoria de estos reputados geólogos, no habiéramos vacilado en clasificar las capas en cuestión de numulíticas, y como tal anotamos en nuestro mapa, en la primera excursión que hicimos por esta serranía, el asomo que se encuentra en la margen derecha del Guadalete, delante de Graza-lema.

Con las salvedades anotadas, vamos a describir la formación cretácea tal como se presenta dentro de los límites de nuestro mapa.

**Distribución de los sedimentos.**—Si trazamos una línea que pase por el borde norte de la mancha jurásica, desde Graza-lema hasta el cerro de la Llave, y la prolongamos luego por el límite sur de la mancha liásica de la Sierra de la Silla, habremos



separado las dos regiones donde los sedimentos neocomienses presentan caracteres distintos entre sí. Los depósitos situados Norte de esa línea corresponden al nivel de las margas blancas con *Holcostephanus Astieri*, mientras que los situados Sur forman el grupo de las margas pizarreñas.

Y la distancia que separó en la época cretácea las dos cuencas donde esos sedimentos se depositaron fué menor aún de lo que se deduciría por nuestro mapa, pues en él se han dejado de señalar algunas manchitas pequeñas, o, mejor dicho, restos de manchitas pequeñas de margas blanquecinas, que se encuentran, entre otros puntos, cerca de la casa de Guadix, en el extremo Sudoeste de Sierra de la Silla: en la falda Sudeste de Monte-Prieto, en la línea de contacto del Lías con el Terciario; en el llano de los Navaz y junto a la aldea de Benamahoma. En ninguno de estos puntos se aprecian bancos de la roca en cuestión bien estratificados; pero se ven pequeños retazos de la formación y, sobre todo, muchos fragmentos sueltos.

En los alrededores de la gran mancha jurásica las capas neocomienses están constituidas exclusivamente por las margas pizarreñas, cuyos colores dominantes son el blanco y el rojo, y algunas veces el amarillo.

Las margas blanquecinas forman una faja no interrumpida desde las cercanías de Zahara hasta el arroyo de Benamahoma bordeando el macizo liásico; las capas cretáceas se apoyan unas veces en las margas y calizas tabulares del tramo medio del Lías, otras en las calizas rojas del Titónico. Por el borde exterior de la faja se apoyan sobre el Trías, y en parte están cubiertas por las arcillas y margas numulíticas. La faja en cuestión se prolonga por la vertiente occidental de la Sierra de Albarracín, descansan igualmente por uno de sus bordes sobre el Titónico y por el otro sobre el Keuper.

Las margas pizarreñas rojas y blancas presentan dos asomos en el límite norte de la mancha jurásica: uno, junto al salto del Cibrero, otro, como a dos kilómetros del puerto del Boyar. Después de partir de Grazelema, asoman dichas capas en el borde del ár-

de hundimiento que rodea a la Sierra del Endrinar por el Este, entran en forma de estrecha faja por la Manga de Villaluenga hasta Ubrique y continúan bordeando el macizo jurásico hasta unirse, al Sur de Villaluenga, con el sinclinal del arroyo de la Higuera, cuya rama meridional se prolonga luego al pie de la Sierra de Libar hasta el cortijo de Patagalana.

En la vertiente norte del monte de los Pinos, también en la Sierra de Libar, asoman de nuevo las margas rojas y blancas neocomienses, así como alrededor del Peñón del Berrueco.

**Espesor de los tramos.**—El de las margas blanquecinas fósilíferas tiene escasamente 50 ó 60 metros de espesor, como puede comprobarse en los alrededores del cortijo del Argamazón, donde se hallan menos plegadas que de costumbre.

El horizonte de las margas blancas y rojas pizarreñas tiene un espesor mucho más considerable, y donde mejor puede apreciarse es en las ramas del sinclinal que separa la Sierra de Ubrique de la de Libar, especialmente en los cerros que dividen las aguas de los arroyos designados en el mapa con los nombres de Vertiente del Chorreadero y Vertiente de Libar. Las capas buzan allí fuertemente al Noroeste con gran regularidad, y se pueden contar espesores hasta de 200 metros.

Más al Norte ya no es posible hacer medidas de esta índole, porque las capas forman una serie de pliegues agudos muy próximos.

**Edad de las capas.**—Las margas blanquecinas con *Holcostephanus Astieri* d'Orb. y *Hoplites neocomiensis* d'Orb. corresponden al tramo Valanginiense, y representan los sedimentos cretáceos más antiguos de la región, pues la fauna de Berrias no ha sido descubierta hasta ahora en la zona subbética.

Las margas pizarreñas con *Aptychus* representan aquí el primer término de la serie del Flysch, facies que se prolonga en la provincia de Cádiz durante la mayor parte de la edad terciaria, y esas mismas pizarras con *Aptychus* abundan en el Oriente de Europa, en Hungría y en los Cárpatos rumanos, donde alternan con calizas margosas y con areniscas que contienen fucoides y *Apty-*

*chus Didayi*, sedimentos todos que forman parte integrante de Flysch en aquellas regiones.

No sería extraño que la semejanza, por no decir identidad, que presentan estas capas del Neocomiense con las del Eoceno inferior en la parte occidental de la provincia de Cádiz dependiera de régimen uniforme que parece haber presidido aquí la sedimentación de las capas cretáceas y terciarias, análogamente a lo ocurrido en las regiones antes indicadas, donde la mayoría de los terrenos de estas edades presentan una constancia tal de caracteres que hace imposible aún la separación de los tramos principales.

Según los Sres. Bertrand y Killian, los dos grupos de capas neocomienses que afloran en nuestra región independientemente, se encuentran superpuestos en la cantera de Loja, al Este de la aldea de las Chozas, entre las estaciones de Gobantes y el Chorro, por encima de la vía férrea, y en el camino de Montefrío a Priego; pero añaden que también pueden hallarse aisladamente esos dos niveles y hasta reemplazarse mutuamente. También citan estos geólogos un tramo superior a estos dos, de calizas con sílex, que no hemos encontrado en la Serranía de Grazalema.

En la parte inferior del tramo de las margas pizarreñas alternan lechos de caliza marmórea de 15 a 20 centímetros de espesor con arcillas, unas y otras rojas, y las primeras presentan tanta semejanza con las del Titónico, que sería imposible diferenciar muestras aisladas de esos dos terrenos. Probablemente a estas capas se refiere el Sr. Macpherson cuando dice que las «margas pasan a los mármoles rojos por una gradación insensible».

Generalmente las calizas que alternan con las arcillas son bastante margosas, lo mismo las rojas que las blancas, y cuando las primeras están muy laminadas por efecto de los pliegues, las superficies de exfoliación presentan un tinte rojo mucho más subido que la masa de la roca.

En la Manga de Villaluenga, que es donde las margas neocomienses están más comprimidas por hallarse muy próximos los dos macizos de caliza entre que están albergadas, se ve a las capas doblarse en todos sentidos y describir, sin romperse, pliegues muy

violentos, que sólo se concibe que se hayan formado cuando la roca tenía una plasticidad de que hoy carece.

Lo corriente es que las margas rojas descansen sobre las calizas, también rojas, del Titónico; pero no faltan casos en que la parte más baja del Neocomiense está constituida por margas blancas *apoyadas sobre calizas blancas*, y como no es lógico suponer que en esos puntos falten la parte superior del Jurásico y la inferior del Neocomiense, hay que convenir en que la coloración roja es un accidente de segundo orden, que nada prejuzga en cuanto a la edad de las capas que la ostentan.

**Tectónica.** Las capas de margas grises con *Holcostephanus Astieri* d'Orb. desempeñan un papel muy secundario en la tectónica de la región, limitándose a cubrir las faldas de sierras que deben su principal relieve a las capas del Lías.

Las margas pizarreñas tapizan los fondos de las áreas de hundimiento que rodean a los macizos jurásicos y sirven de *substratum* a una parte importante de las manchas terciarias. Como hacen notar muy atinadamente los Sres. Bertrand y Killian, los macizos de calizas jurásicas de Andalucía pueden compararse a los *Klippen* (1) de la región subcarpática rumana, formados por macizos de terrenos más antiguos que las capas que los rodean y limitados por fallas en todo su perímetro. Allí los terrenos que forman los *Klippen* suelen ser el Eoceno y el Oligoceno, y las capas que los envuelven (lo que los rumanos llaman el *manto*) las del Mioceno salífero.

En la región que estamos estudiando existe uno de esos escollos típicos, el Peñón del Berrueco, envuelto por capas terciarias que se apoyan en discordancia sobre las del Jura y las del Neocomiense que lo forman; pero su presencia parece debida a que las aguas del mar terciario no llegaron a cubrir ese macizo, en tanto que los *Klippen* rumanos deben su existencia a un fenómeno de penetración mecánica de macizos rocosos a través de capas más modernas.

(1) *Klippe* es una palabra rumana tomada del alemán, que significa arrecife o escollo.

### Sistema eoceno.

**Caracteres generales de la formación.** Los depósitos eocenos que rodean a la Serranía de Grazalema pertenecen a dos cuencas de sedimentación distintas, separadas por una línea de alturas jurásicas que arrancan de la Sierra de Lijar o de Algodonales, continúan por la Sierra del Pinar, Dehesilla de Algar, Sierra de las Cabras y del Valle, monte Berrueco, y alcanza la costa atlántica frente a Chiclana de la Frontera. En la cuenca situada al Sur de esta línea sólo se depositó en esa época una caliza tabular, de textura compacta, cristalina, algo silicea y de color pardo claro; en la situada al Norte, la variedad en la composición de los sedimentos es mucho mayor; pero en los límites de la Serranía no afloran más que dos horizontes distintos, el de margas blancas y de color rojo ladrillo con intercalaciones de calizas marmóreas con *Nummulites*, a que ya hemos hecho referencia al tratar del terreno neocomiense, y otro de margas verdeamarillentas y arcillas grises que no puede considerarse como superior ni como inferior a él, sino más bien como equivalente lateral.

Los depósitos de esta edad, por su poca compacidad y dureza, no han dado origen a montes agrestes y elevados, sino a colinas redondeadas de escasa altitud, cubiertas en gran parte por un manto potente de tierra vegetal. En la cuenca meridional, por la mayor dureza de las calizas y por el efecto protector de la formación de areniscas que las cubre, el Eoceno presenta afloramientos más extensos y continuados.

**Extensión de las manchas.**— Los macizos jurásicos que se dibujan en nuestro mapa quedaron emergidas en su mayor parte durante la invasión del mar numulítico, pues nunca se encuentran restos de la formación eocena, ni en sus cumbres ni en las mesetas elevadas, sino exclusivamente rodeando sus faldas, atravesando las depresiones o rellenando los entrantes que en ellos determinaron los hundimientos.

Indudablemente los sedimentos terciarios ocuparon en un prin-

cipio bastante más superficie que tienen en la actualidad, pues dado el régimen de las capas de esta edad, todas las manchas triásicas que se dibujan en el mapa debieron estar cubiertas por los depósitos terciarios. Así es frecuente ver bloques sueltos de calizas numulíticas y areniscas oligocenas sobre las rocas del Keuper, entre Grazalema y Zahara, a orillas del Guadalete, en el extremo Sudeste de la Sierra de la Silla, y entre las sierras de Ubrique y de Libar. Algunos de esos mogotes tienen dimensiones suficientes para ser considerados como restos *in situ* de las formaciones terciarias, y han sido representados en nuestro mapa, exagerando un poco su tamaño.

Los depósitos numulíticos aparecen hoy en la Serranía de Grazalema distribuidos en una porción de manchas irregulares que pueden reducirse a tres, dado el enlace probable de muchas de ellas por debajo de las areniscas oligocenas. La primera se extiende, sin solución apenas de continuidad, entre Zahara y el río de El Bosque, y rodea el ángulo noroeste de la Serranía. La segunda se encuentra a Levante de Grazalema y presenta dos prolongaciones, una hacia el Sur, entre la Sierra del Endrinar y la Sierra de Libar, y otra hacia el Sudoeste, siguiendo la falla del Tavizna. La tercera, de dimensiones reducidas, se extiende por el Oeste y el Sudoeste de Ubrique.

Las primeras de esas tres manchas, exceptuando el asomo situado a Levante del cerro del Gamonal, corresponde a la cuenca septentrional, a la que podíamos llamar atlántica en atención a que los sedimentos en ella depositados presentan los caracteres que distinguen a los eocenos de todo el valle del Guadalquivir, que en esta época comunicaba ampliamente con el Océano Atlántico, y en oposición a la cuenca meridional, que aunque presenta puntos de contacto o enlace con la anterior, estaba más en relación con el Mediterráneo.

Donde más desarrollo alcanza la segunda es en los cerros de los Espartales, al Nordeste de Grazalema; las capas de la caliza tabular, muchos de cuyos lechos están cuajados de *Nummulites*, buzan al Sudeste, y en el punto donde el Guadalete los corta, entre

las Erillas y el Batán de la Junta de los ríos, se inclinan 80°. Las mismas capas asoman en el puerto del Boyar en forma de estrecha faja, que se prolonga sin solución de continuidad hasta la carretera de Ubrique, ensanchándose considerablemente en los cerros de la Dehesa, del término de Benaocaz.

También deben considerarse como prolongación de las capas de los Espartales las diversas manchitas que, por debajo de las areniscas oligocenas, asoman en los cerros de Casí, del Lavadero y del cortijo Blanco.

La tercera mancha eocena, la de Ubrique, forma la base de los cerros de las Bodegas y de Mulera, y desaparece por el Sur cubierta por las capas de la arenisca oligocena.

**Espesor y edad de las capas.**—Los sedimentos numulíticos en la cuenca septentrional de la provincia de Cádiz tienen espesor considerable: las margas blancas y rojas, que dentro de los límites de nuestro mapa asoman en las colinas de Prado del Rey, a la derecha de la carretera de El Bosque, suman cerca de 200 metros; en el Cerro de las Palmas, en el ángulo nordeste del mapa, el tramo de las calizas margosas, alternando con margas y arcillas, pasa de 200 metros, y, aunque la parte inferior de este complejo puede ser sincrónica de las margas blancas y rojas, la parte superior corresponde ya a un nivel superior que con frecuencia se ve en otros parajes superpuesto a ellas.

Es difícil establecer relaciones entre esta serie de depósitos y las divisiones clásicas del Eoceno; la falta de fósiles es absoluta, si se exceptúan los *Nummulites*, y la de esa variedad en las especies de este género no permiten fundamentar divisiones de primer orden. El *Nummulites Murchisoni* abunda en estas capas, y es fósil que se encuentra en el Eoceno medio o Luteciense, razón por la cual acaso se puedan considerar como pertenecientes a este piso las margas blancas y parte de las calizas tabulares margosas; pero, como ya dijimos en otra ocasión, la mayoría de los sedimentos eocenos de Cádiz afectan la *facies del Flysch*, dentro del cual no cabe establecer divisiones comparables a las de la cuenca de París.

Las capas de calizas tabulares silíceas o cristalinas de la cuenca meridional tienen espesor más reducido que el conjunto de sedimentos eocenos del Norte de la provincia de Cádiz, aun cuando también pasa en ciertos puntos de 200 metros, como puede comprobarse en el cerro de los Espartales y en el de las Horquillas, al Nordeste de Grazalema. En otros lugares, su espesor desciende hasta 20 ó 25 metros, como, por ejemplo, en la faja que se extiende desde el puerto del Boyar hasta la cumbre de la Dehesa.

En ocasiones, las calizas eocenas de la cuenca meridional, especialmente en los alrededores de Ubrique, se hacen muy margosas y alternan con arcillas, pasando a unas margas grises blanquecinas en el borde de la cuenca, cerca del contacto con el Trías de la Sierra de la Silla.

Las lumaquelas de *Nummulites* que se intercalan en las calizas tabulares de las manchas que nos ocupan corresponden, por las especies que contienen, al Eoceno medio; así es que en este piso del Eoceno debemos incluir a la formación entera.

**Tectónica.**—Todos los depósitos del Eoceno se encuentran en nuestra región profundamente dislocados, especialmente los que corresponden a la cuenca septentrional, que, por descansar sobre una base de tan escasa solidez como el Keuper, han experimentado en mayor escala los efectos de los últimos plegamientos.

Las calizas de las manchas comprendidas entre la Sierra del Endrinar y la de Libar también presentan fuertes buzamientos y violentos pliegues, por hallarse comprimidas entre los dos macizos jurásicos.

### **Sistema oligoceno.**

**Caracteres generales de la formación.**—Fundándonos en los razonamientos expuestos en nuestra Memoria *Regiones petrolíferas de Andalucía*, páginas 72 y siguientes, clasificamos en el sistema oligoceno la potentísima formación de areniscas silíceas que cubre siempre los últimos estratos de la caliza numulítica, que se halla discordante con el Flysch Bartoniense del Occidente de la provincia de Cádiz y que es transgresiva con relación a la

formación eocena propiamente dicha. Designamos a este terreno con el nombre de *arenisca del Aljibe*, por formar la cúspide de la sierra de ese nombre, que es, a su vez, la más alta de la Serranía de Cádiz donde aparecen las rocas en cuestión.

La *arenisca del Aljibe* está constituida por pequeños granos de cuarzo, a veces, sin el menor vestigio de cemento arcilloso o calizo, lo que hace a la roca tan deleznable, que, oprimiéndola entre los dedos, se reduce a arena. Otras veces consta de un cemento arcilloso abundante, que da origen, al descomponerse la roca, a tierras muy impermeables; estas tierras, aunque propias para los cultivos de cereales, tienen el inconveniente de retener durante la época lluviosa gran cantidad de agua cerca de la superficie y agrietarse demasiado rápidamente al llegar la estación seca. En los terrenos formados por la arenisca del Aljibe son frecuentes los corrimientos de grandes masas de derrubios, con producción de grietas en las laderas de los cerros, y esto es un grave inconveniente para la labor, y además dificulta extraordinariamente la construcción de carreteras, que no quedan consolidadas hasta que las trincheras se revisten con fuertes muros de contención.

El color predominante en la arenisca del Aljibe es el amarillo parduzco; pero existen variedades rojas y gris-verdosas que se asemejan bastante a las areniscas del Keuper.

En el Mediodía de la provincia de Cádiz tiene la arenisca del Aljibe un desarrollo enorme. En unión de las calizas numulíticas, forma todo el conjunto de montañas que se extienden entre el río de Ubrique, Jimena y Alcalá de los Gazules, cuya parte culminante es la Sierra del Aljibe, y, además, las sierras comprendidas entre la gran depresión de la laguna de la Janda y las costas del Estrecho de Gibraltar.

Por el Oeste, se extiende esa formación hasta el término de Puerto Real; por el Sudoeste, hasta Medina Sidonia y las cercanías de Conil, y por la parte de Levante, hasta el valle del Guadalhorce, en la vecina provincia de Málaga. Más hacia el Este, la arenisca del Aljibe debe extinguirse, pues los Sres. Bertrand y Killian no la citan ya en la región estudiada por ellos de la cordi-

llera bética. Citan, sí, en el terreno eoceno, areniscas *muy cuarzosas*, que alternan con margas endurecidas, encima de las cuales vienen areniscas calíferas, bastante potentes, de grano fino y de color gris parduzco, que se van transformando poco a poco en calizas, en las que los *Nummulites* llegan a constituir verdaderas lumachelas; pero la potente formación de areniscas silíceas, completamente exentas de cal, que se encuentra en las provincias de Cádiz y Málaga, encima siempre de las calizas con *Nummulites*, no debieron encontrarla los geólogos franceses en las regiones que estudiaron, pues seguramente le hubieran concedido la importancia que por su enorme espesor tiene.

La arenisca del Aljibe es transgresiva con relación a la caliza numulítica, y en nuestro mapa aparece este carácter bien de manifiesto por los muchos contactos que se observan entre esta roca y los terrenos triásico, jurásico y cretáceo, lo cual demuestra que las aguas del mar en que se depositó dicha arenisca desbordó considerablemente los límites del mar eoceno. Hay además parajes, como ocurre en el circo de hundimiento de Benaocaz, donde no llegó a penetrar el mar numulítico, y, en cambio, se depositaron después los sedimentos oligocenos.

Aparte de algunos lechos de arcillas que se intercalan entre los bancos de la arenisca del Aljibe, y que en ocasiones llegan a predominar en la parte inferior del sistema, la formación presenta una constancia de caracteres en extremo notable, y no puede por menos de llamar la atención que aun en cuencas tan limitadas como la que acabamos de citar de Benaocaz, se presente la arenisca con los mismos caracteres que ostenta en el centro de manchas extensas, pues parece natural que en áreas tan circunscriptas como esa los sedimentos se encuentren siempre modificados por la proximidad de la tierra firme.

**Extensión de las manchas.**—Las manchas de la arenisca oligocena que se dibujan en nuestro mapa puede decirse que forman una sola, pues si hoy se observan soluciones de continuidad en estos sedimentos, es debido a la denudación actual, que los ha barrido en los cauces de los arroyos, aunque dejando siempre tes-

tigos de su existencia. Así vemos que la mancha que se extiende por el Norte de Zahara comunicó con la de Grazaema por el vall del Guadalete y ésta con la de la Dehesa de Benaocaz, por la de presión de la falla del Tavizna, que a su vez estuvo enlazada con la de Ubrique por la hondonada del arroyo de Cidones, en cuya márgenes abundan los fragmentos sueltos de arenisca. Por último la gran mancha del Sudoeste de Ubrique debió comunicar con la del río Campobuche por dos estrechos: primero, por el arroyo de la Higuera, y segundo, por la Manga de Villaluenga, pues en ambos sitios abundan los restos de la formación que nos ocupa.

**Espesor.**—Éste varía mucho de unos puntos a otros; desde algunos metros, al Norte de Grazaema, hasta 150 en la divisoria del Guadalete con el Campobuche y cerca de 300 en el cerro del Escobar y en el Peñón de Merino, al Sudoeste de Ubrique. Y no podría ocurrir de otro modo, dada la diferencia de profundidad que en aquella época debían tener los mares en los alrededores de los macizos jurásicos.

Pero donde la arenisca en cuestión alcanza su máximo desarrollo es en el grupo de montes de que forma parte la Sierra del Aljibe, y cuyas últimas estribaciones, por el Norte, son los cerros que se destacan en nuestro mapa al Sudoeste de Ubrique. En ellos, libres los sedimentos del influjo de los macizos secundarios, y debido a la mayor profundidad de la cuenca presentan espesores extraordinarios. No insistimos más en este punto porque el estudio de ese grupo de sierras será objeto de otro trabajo análogo al presente, que tenemos ya comenzado.

**Tectónica.**—La arenisca del Aljibe, en unión algunas veces de la caliza numulítica, da origen a montes de escasa elevación, que se levantan en los valles limitados por las sierras jurásicas, y que casi siempre están formadas por varios pliegues del mismo haz de capas. La diferencia de consistencia entre las calizas del Jura y las rocas numulíticas y oligocenas hace que esos contactos estén siempre marcados por depresiones más o menos importantes, pero bien marcadas, de modo que quedan las capas terciarias aisladas de las sierras jurásicas. Además, el contraste que ofrecen entre sí

unas y otras alturas es muy grande, tanto por el tono pardo que caracteriza a las capas terciarias como por hallarse las colinas que ellas forman cubiertas de frondosos alcornoques, en tanto que las peladas cumbres de las sierras altas ostentan invariablemente un tinte blanquecino característico.

El estudio detallado de la tectónica en los montes que forman aquí las capas terciarias, tal como lo hemos hecho para los terrenos secundarios, no tiene objeto, desde el momento en que por estar los estratos muy plegados no existe relación marcada entre la estructura geológica y el relieve. Sólo hemos de insistir en lo profundamente dislocadas que se encuentran todas las capas de este terreno, lo que demuestra los empujes considerables que la región ha soportado posteriormente a su depósito, y que han producido un estrechamiento considerable de los valles preexistentes. Antes de concluir, hemos de mencionar unas areniscas de grano muy fino y color verde que se intercalan entre los bancos de la arenisca del Aljibe, cerca del puerto del Boyar; son bastante arcillosas, y Macpherson las cita en su Memoria, considerándolas como un producto de metamorfismo.

### **La Serranía de Grazalema a través de las edades geológicas.**

Después de haber descrito en las páginas que anteceden lo diversos terrenos que afloran en el perímetro de la Serranía de Grazalema y de haber consignado, tanto el régimen de cada uno sus relaciones con los demás como su distribución y el modo como contribuye a la formación del relieve orográfico, réstanos deducir determinadas consecuencias que nos permitirán reconstituir hasta cierto punto la serie de fenómenos en virtud de los cuales ha alcanzado ese macizo montañoso su relieve actual y fijar la época en que cada uno de ellos se ha desarrollado.

Con este fin debemos recordar, ante todo, que la Serranía de Grazalema forma parte integrante del conjunto de sierras que, en dirección general de Este-Nordeste a Oeste-Sudoeste, se levanta delante de las vertientes septentrionales de la cordillera Bética, divisoria de aguas entre el valle del Guadalquivir y el Mediterráneo, y que el eje de esta cordillera, que no siempre coincide con la divisoria, está formado por una serie no interrumpida de asomos eruptivos, estratocristalinos y paleozoicos (sierras del Real, Tejada y de Tolox), mientras que las sierras que se encuentran más al Norte están constituidas exclusivamente por terrenos secundarios.

Esa diferencia de constitución, al mismo tiempo que la posición relativa de las dos partes en que queda así dividido el sistema bético, indujo a los Sres. Bertrand y Killian a aplicar a la faja secundaria el nombre de *región subbética*, del mismo modo que se ha aplicado los de *región subalpina* y *región subcarpática* a las cordilleras que forman la envolvente exterior de los Alpes del Delphinado y de los Cárpatos, entendiéndose por borde exterior de una cordillera en estos casos el opuesto a aquel de donde parece haber procedido el empuje orogénico que le dió existencia. Admitiendo esta división de la cordillera Bética, la Serranía de Graza-

lema queda bien definida diciendo que es la zona de la región subbética comprendida entre los valles superiores del Guadalete y del Majaceite.

La región subbética, a su vez, forma parte de una faja de terrenos secundarios que cruza a la Península Ibérica entre las provincias de Cádiz y de Alicante, y que está limitada por dos macizos antiguos: la meseta central de España y la cordillera Bética. Estos dos macizos acaso formaran uno solo a raíz de los plegamientos hercínianos, pero al finalizar la época carbonífera quedaron ya separados por una ancha depresión, no muy profunda en un principio, puesto que los sedimentos del Trías que en ella se depositaron son de origen lacustre, pero que posteriormente estableció amplia comunicación entre el Mediterráneo mesozoico y el Atlántico, comunicación que quedó abierta hasta el final del período neocomiense.

Durante toda la Edad secundaria y el comienzo de la terciaria no cesaron de acumularse sedimentos en esa depresión, y, al mismo tiempo, los esfuerzos de compresión lateral y de plegamiento fueron acusando progresivamente los rasgos principales de la cordillera Bética.

En la época triásica, la cordillera Bética actual estaba cubierta por las aguas, como lo demuestran los múltiples retazos triásicos que aun se conservan cerca de sus cumbres; pero su dirección estaba ya marcada por el límite entre los depósitos de facies pelágica y de facies continental (1). Estos últimos, que son los que se formaron en la zona subbética, y, en general, en toda la zona ocupada hoy por la faja secundaria del Sudeste de España, presentan una constancia notable en su composición y aspecto; en los puntos más distantes entre sí se ven asomar las mismas margas abigarradas, los mismos bancos de yeso, las mismas calizas tabulares con fucoides e idénticas brechas de fricción, en las que se asocian a los restos de todas estas rocas grandes masas de yesos multicolores con abundantes cristales de cuarzo bipiramidal.

(1) Bertrand y Killian: *Mission d'Andalousie*, pág. 573.

Pero si es grande la semejanza de las rocas constitutivas del Trías, aun en los puntos más distantes de la faja secundaria, mayor es, si cabe, la uniformidad del régimen de sus capas, plegadas constantemente en una serie de anticlinales y sinclinales muy próximos entre sí, de radio muy pequeño, cuyos ejes describen curvas en extremo caprichosas, y que están interrumpidos a cada paso por fallas acompañadas de saltos y desplazamientos longitudinales. Además, a lo largo de todas estas líneas de fractura asoman con relativa frecuencia las rocas hipogénicas ofíticas.

Esas dislocaciones tan características del Trías andaluz no datan todas de la misma época; basta echar una ojeada sobre las formaciones más modernas que se le sobreponen para darse cuenta que desde el Liásico hasta nuestros días han sido varios los movimientos del suelo que dejaron sentir su influencia en esta región, y todos ellos, en mayor o menor escala, han producido alguna modificación en la estructura del Trías. En particular los que tuvieron lugar durante la Edad terciaria, cuando ya la faja en cuestión estaba cruzada en diversos sentidos por líneas de mayor resistencia, como son los macizos de calizas, liásicas, jurásicas y cretáceas, han dejado impresa su huella preferentemente allí donde faltaban esos nervios rígidos, esto es, donde la formación triásica se hallaba entonces al descubierto, y salvo diferencias poco interesantes de extensión y de forma en las manchas, éstas debían ser las mismas que hoy se ofrecen a nuestros ojos. No es extraño, según esto, que dondequiera que el Trías se halla al alcance de nuestras observaciones en superficies de alguna consideración, sea muy difícil seguir con detalle las variaciones de régimen de las capas.

Y contribuye a aumentar esa dificultad el que el Trías se ha plegado, según todas las apariencias, independientemente del terreno que le sirve de base, esto es, sin amoldarse a las ondulaciones de las capas más antiguas sobre que descansa. De estos plegamientos independientes de terrenos en contacto tenemos un ejemplo en nuestra región con las margas pizarreñas del Neocomiense que rellenan la zona de hundimiento limitada por la Sierra

del Endrinar, la de Ubrique y la de Libar, en donde dichas capas se encuentran muy rizadas, sin que en ninguno de los anticlinales que forman asome la caliza jurásica subyacente. Algo semejante, pero en proporciones gigantescas, es lo que ocurre con el *substratum* triásico de la faja secundaria del Mediodía de España.

Hacia el final de la época triásica terminaron los depósitos de yeso, de sal y de areniscas con restos de vegetales, es decir, las sedimentaciones lacustres, y se produjo una invasión marina que dió por resultado la formación de calizas magnesianas bastante potentes. Este tramo de las calizas, tan característico del Trías español, adquiere bastante desarrollo en la provincia de Cádiz, y ya citamos en su lugar algunos puntos de los bordes de la Serranía, donde está bien representado.

Ahora bien: este tramo, ¿cubrió en todas partes a la formación lacustre, o se depositó sólo en determinadas zonas? La respuesta no puede ser categórica; pero si partiéramos del hecho generalmente admitido de la concordancia del Trías con el Liásico, habría que contestar negativamente, porque en la Serranía de Grazalema las calizas del Liás descansan unas veces sobre las triásicas, como en la falda Sur de la Sierra de la Silla, y otras veces sobre las margas abigarradas, como en el extremo septentrional de Monte Prieto. Pero es el caso que la citada concordancia no parece ser un hecho en nuestra región, y hay, por lo tanto, motivos para sospechar que donde las calizas magnesianas del Trías no se encuentran inmediatamente debajo de las capas liásicas es porque desaparecieron por denudación antes del depósito de éstas.

Y todo parece demostrar que dentro del perímetro de la Serranía de Grazalema los estratos triásicos estaban ya, o plegados, o profundamente recortados por la denudación cuando ocurrió la invasión del mar liásico. En primer término, la falta comprobada de concordancia entre las rocas del Liás y las del Keuper; en segundo lugar, la limitación de los sedimentos liásicos en una estrecha faja orientada de Este-Nordeste a Oeste-Sudoeste, y por último, el acuñaamiento visible de la formación liásica hacia los dos bordes de la faja, acuñaamiento bastante pronunciado, como



si la cuenca de sedimentación hubiese presentado fuerte pendiente en sus orillas, hace suponer que al comenzar la época liásica un ancho canal o brazo de mar cruzaba la mitad septentrional de la Serranía, y que este canal estaba limitado, tanto por el Norte como por el Sur, por zonas no sumergidas de la mancha triásica.

Repetidas veces en las páginas que anteceden hemos hecho alusión al acuñaamiento de las capas de la caliza liásica en el sentido de Sudeste a Noroeste, y hemos de insistir aún más en este fenómeno, que explica, a nuestro juicio, la situación de las grandes fallas que cruzan a la formación y la de sus líneas principales de plegamientos, y demuestra también que la cuenca de sedimentación liásica de la Serranía de Grazalema presentaba grandes variaciones en su profundidad. Sólo así se explica satisfactoriamente la diferencia enorme de espesor que presentan las calizas compactas inferiores en puntos tan próximos como los tajos de Garganta Verde y la falda oriental del monte Cambronera (véase el corte número 4 de la lámina XX) y el fenómeno de transgresión que se acusa por el hecho indiscutible de estar las calizas tabulares del tramo medio descansando sobre las margas irisadas del Keuper en el valle de arroyo Molinos y cerca de Zahara.

La discordancia entre los asientos liásicos y triásicos está de manifiesto en muchos puntos de la parte Norte de la Serranía. En el extremo septentrional de Monte Prieto, las capas de calizas del Lías superior, que buzan fuertemente al Noroeste, se apoyan sobre el Keuper, de la manera como se indica en el corte número 2 de la lámina XX, donde las cabezas de los bancos descansan sobre las margas irisadas, y para esto es preciso que la sedimentación se llevara a cabo en un brazo de mar o canal cuyo fondo presentara taludes muy rápidos a partir de las orillas.

Las transgresiones se suceden después durante los períodos jurásico y cretáceo, y por esto vemos el Triás en contacto con las calizas blancas del Jura superior en las inmediaciones de Ubrique, con las del Titónico, cerca del El Bosque, y con las margas neocomienses en este mismo punto y en el valle del arroyo Argamazón.

Pero lo más extraño de cuanto se observa en estos parajes es la yuxtaposición de dos formaciones tan potentes como la liásica y la jurásica, sin que ninguna de ellas invada la cuenca de la otra. Setecientos cincuenta metros hemos calculado que tienen de espesor las capas del Lías, 500 las del Jurásico, y la distancia que separa las dos cuencas apenas llega en ciertos sitios a 200 ó 300 metros.

Cerca de Grazalema y al Norte de Ubrique se ve a los estratos del Lías buzar por debajo de las capas jurásicas, pero con espesores tan reducidos, que es de suponer que se extingan en corto trecho, sin prolongarse mucho por debajo de la formación jurásica; y aun en estos casos, no son las capas del Lías superior las que están en contacto con las del Jura, sino las calizas arenosas inferiores.

Durante el período Titónico, las aguas del mar cubrieron en parte la mancha liásica, y los depósitos de esa edad presentan idéntico aspecto en la gran mancha jurásica, en la Sierra de Albaracín y en la cordillera de Sierra Margarita; pero durante el Neocomiense, que fué cuando se acentuó la transgresión marina, se depositaron en los alrededores de la mancha liásica las margas blancuecinas con *Holcostephanus Astieri*, mientras que sobre la gran mancha jurásica se formaron las margas pizarreñas rojas sin fósiles.

Todo lo expuesto parece demostrar que el hundimiento de la zona comprendida entre la meseta central de España y la cordillera Bética propiamente dicha, que se inició al final de la época triásica, como lo ponen de manifiesto las calizas magnesianas que coronan la formación lacustre, se continuó en los comienzos del período liásico, dando origen a varios canales o brazos de mar que pusieron en comunicación el Mediterráneo con el Atlántico, y en los que se depositaron las calizas de esa edad, con espesores distintos, según la profundidad que en cada punto presentaban.

Posteriormente, y sin que cesase el movimiento de inmersión, se sedimentaron las calizas tabulares del tramo medio del Lías, y por último, las margas y arcillas del tramo superior; así quedó cada uno de esos niveles en transgresión sobre el anterior.

Al comenzar la época jurásica, la mitad meridional de la Serranía, que parece haber permanecido hasta entonces emergida quedó bajo las aguas del mar, en tanto que se desecaba la zona ocupada por los depósitos liásicos. El hundimiento que dió origen a la formación de la cuenca jurásica alcanzó al borde mismo de la mancha liásica, la falla del Tavizna, y debió ser de grandes proporciones, puesto que a poca distancia de la falla aparecen ya las calizas jurásicas con espesores superiores a 200 metros. El contacto del Lias con el Jurásico es frecuente que tenga lugar por falla en la faja de terrenos secundarios a que tantas veces hemos aludido; los Sres. Bertrand y Kilian, en la lámina III de su Memoria, dibujan casi siempre una línea de falla separando ambos terrenos, y en varios lugares visitados por nosotros de la región subbética hemos visto el Jurásico descansando directamente sobre el Triás, sin interposición del Liásico. La marcada independencia de esos dos terrenos sólo puede explicarse por un movimiento de la corteza, que originara un cambio en la distribución de tierras y mares entre el depósito de ambos, aunque sin llegar a plegarse las capas, pues cuando, al final del Jurásico, las aguas del mar titónico volvieron a cubrir los sedimentos liásicos se depositaron las calizas rojas en concordancia casi perfecta con ellos.

No creemos que ante la serie de hechos comprobados que llevamos expuestos puedan ponerse en duda los movimientos del suelo durante los períodos triásico, liásico y jurásico, pero aun podemos añadir, en apoyo de esa movilidad del suelo a lo largo de la faja secundaria, la falta absoluta de sedimentos cretáceos (cenomanenses y senonenses) en la región subbética, mientras que en el extremo nordeste de dicha faja, en la provincia de Alicante, alcanzan espesores enormes, precisamente donde el Liásico falta y donde el Jura sólo está representado por el tramo titónico. Y es más: estos dos últimos terrenos se encuentran en Alicante reposando sobre el Triás y con entera independencia el uno del otro.

La región subbética, y con ella la Serranía de Grazalema, quedó emergida, a partir del período Neocomiense, o al menos, si se formó algún depósito posterior fué con espesor tan exiguo que

quedó barrido por la denudación antes de la época numulítica.

La línea que en la Serranía de Grazalema separa a los depósitos liásicos de los jurásicos coincide con la falla del Tavizna, a que tantas veces hemos aludido en el transcurso de este trabajo. Esta falla, más que como una línea de fractura, debe considerarse como el eje de una zona de hundimiento, que divide a la Serranía en dos partes, y donde la denudación abrió una gran brecha durante los períodos meso y neocretáceos. La denudación durante estos períodos fué tan importante, que las manchas liásicas, jurásicas y neocomienses presentaban ya en los comienzos de la edad terciaria dimensiones y formas aproximadas a las que presentan hoy, toda vez que en la generalidad de los casos los depósitos terciarios que rodean esas manchas descansan sobre el *substratum* triásico.

La falla del Tavizna, que data, según todas las apariencias, del final de la época liásica, se acentuó al comienzo de la era terciaria con el hundimiento de la zona comprendida entre las cuencas jurásica y liásica, según se indica en los cortes números 1 y 2 de la lámina XX, pues parece natural que su producción coincidiese con la única manifestación que de ese movimiento se conserva, es decir, con la invasión del mar numulítico.

Y no fué esa sola la zona hundida por aquella época en la Serranía de Grazalema. Otras fallas tan importantes como la del Tavizna se produjeron por entonces, unas paralelas a ésta, otras normales o casi normales. Entre los hundimientos paralelos a la depresión del Tavizna figuran, procediendo de Norte a Sur, el del arroyo Parralejo, el del arroyo del Pinar, el de la Manga de Villaluenga y el de la Garganta de Barrida. Entre los normales a éstos podemos señalar el que sigue el valle del Guadalete, el que limita a la Sierra del Endrinar por el Nordeste, entre Grazalema y el río Campobuche, y los que limitan por el Sudoeste la Sierra de Ubrique y la Sierra de la Silla. Aun existe una tercera línea de fallas orientadas de Norte-Nordeste a Sur Sudoeste, como son: la que limita a la Serranía por Occidente, la que dió origen a la cordillera de Sierra Margarita, y las que interrumpen bruscamente las altu-

ras de la Sierra del Endrinar, entre el río Campobuche y Villaluenga y entre el cerro de las Cuevas y Ubrique. A este último sistema corresponde el hundimiento del circo de Benaocaz y del estrecho que lo pone en comunicación con la cuenca terciaria de Ubrique.

Por todas las depresiones que acabamos de indicar, si se exceptúan las que cruzan el macizo liásico, penetró el mar terciario como lo atestiguan los sedimentos numulíticos y oligocenos que en ellas se encuentran, unas veces en forma de capas extensas y otras, como ocurre en la Manga de Villaluenga, en forma de derrubios.

Las aguas del mar terciario no parece que llegaron a cubrir la parte alta de los macizos secundarios, pues ningún indicio de ello se observa en las cumbres de la Serranía, y además hay siempre gran diferencia de nivel entre la parte culminante de las capas terciarias y las alturas liásicas y jurásicas. Por todo ello es de suponer que, durante las épocas numulítica y oligocena, la Serranía de Grazalema formaba dos grandes islas; una correspondiente al macizo liásico y otra al macizo jurásico, separadas por el estrecho del Tavizna.

La entrada del mar eoceno por el valle del Campobuche, por la Manga de Villaluenga y por la garganta de Barrida, y el hecho de que en todos estos puntos estén descansando los sedimentos terciarios sobre el Neocomiense, es una comprobación de que los hundimientos descritos más arriba quedaron localizados en los bordes y en diversos parajes de la Serranía, y que a ellos, más que a su hundimiento *en masa* de toda la región subbética, se debió la invasión marina de la época terciaria. No quiere decir esto que no descendiera simultáneamente de nivel la región entera, pero esos estrechos que ocuparon las aguas terciarias no pueden en manera alguna considerarse como producto de la denudación causada en un conjunto de capas horizontales, pues entonces el Eoceno estaría siempre descansando sobre el Triás, o a lo sumo sobre las capas inferiores del Jura, no sobre los estratos que coronan a esta formación, ni sobre las capas del Neocomiense.

En la misma depresión del Tavizna, donde es innegable que la denudación anterior a la época terciaria contribuyó poderosamente a abrir una gran brecha, se marcan las huellas de los hundimientos en el asomo de margas rojas del Neocomiense que se encuentra a Levante de la cumbre de la Dehesa y en el que se halla a poco más de un kilómetro al Sudoeste del puerto del Boyar.

Al mismo tiempo que los hundimientos señalados dejaban paso a las aguas del mar terciario, se iniciaban los grandes plegamientos de las capas secundarias, orientados en su inmensa mayoría de Este-Nordeste a Oeste-Suroeste, que más tarde, al finalizar el depósito de la arenisca del Aljibe habían de adquirir su estructura definitiva. Esta coexistencia de hundimientos y plegamientos es la causa de que en unos puntos se encuentren las capas secundarias y las terciarias en discordancia y en otros en concordancia, pero estas variaciones de régimen no se ajustan a ninguna ley determinada, pues aun en sitios próximos, como en las vertientes orientales de la Sierra del Endrinar y en el extremo Norte de la de Libar, se observan los referidos cambios. En el centro de las áreas de hundimiento que no han sido comprimidas lateralmente por macizos resistentes de calizas suelen presentarse las capas secundarias y terciarias en concordancia; por eso en la parte occidental de la provincia de Cádiz, en la Sierra de Gíbalbín, y en otros muchos lugares donde el Neocomiense no está plegado, las capas cretáceas y numulíticas están concordantes.

La concordancia del Cretáceo con el Eoceno debe considerarse, sin embargo, como un fenómeno de limitada importancia para la interpretación de la tectónica, y en líneas generales, las manchas terciarias están siempre formadas por capas independientes en su régimen de las secundarias.

«La discordancia completa que separa las capas numulíticas de las secundarias—dicen los Sres. Bertrand y Killian en la página 574 de su Memoria ya citada—prueba hasta la evidencia que hay entre los dos, como ocurre en los Alpes occidentales, acentuación de los pliegues, formación de salientes emergidos, alrede-

dor de los cuales se pueden seguir actualmente las orillas del mioceno, y denudaciones importantes. Pero aun se puede ir más lejos y deducir de la naturaleza de las capas eocenas sobre los dos vertientes, que el eje de la cordillera Bética formaba ya entonces una cresta que separaba las dos cuencas marinas. En el vertiente Sur no se encuentran sedimentos análogos a las pizarras grises y rojas, a las margas endurecidas con *fucoïdes*, y a las pizarras litorales de la vertiente Norte. Las calizas con *Nummulit* y Alveolinas de la costa, de estructura compacta y oolítica, son también muy distintas de las calizas arenosas de la región subbética. Sin poder precisar la acción de las denudaciones posteriores, se puede afirmar que el mar eoceno penetró en golfos irregulares abiertos en una región ya levantada, donde las rocas cristalinas y aun las calizas jurásicas formaban islas y promontorios que jalonaban una línea continua de demarcación entre la Sierra Nevada y la Serranía de Ronda.» Y podemos añadir que la línea de alturas jurásicas se prolongaba sin interrupción hasta las orillas del Atlántico.

Después del depósito de la arenisca del Aljibe se iniciaron los últimos plegamientos de la región, que no debieron cesar durante la época terciaria, como lo demuestran las frecuentes discordancias entre las capas oligocenas y la caliza numulítica. Fueron resultado de una acción orogénica procedente del Sudoeste y originaron una serie característica de pliegues de empuje (*plis de refoulement*) análogos a los que han acompañado siempre a la formación de las grandes cordilleras del globo. En nuestra región los pliegues principales están volcados sobre la rama noroeste. Los fenómenos de cobijadura, tanto del Lías superior por el inferior, como del Neocomiense por el Jurásico, tienen lugar en ese sentido.

Los muy plegadas que se encuentran las margas liásicas y cretáceas y también los estratos terciarios dan la medida del empuje colosal que aproximó unas a otras las partes culminantes de los pliegues de las calizas, reduciendo enormemente la extensión ocupada en un principio por los sedimentos margosos. Un ejem-

plo curioso de esa aproximación de los macizos resistentes lo tenemos en la Manga de Villaluenga, donde las dos masas de calizas se van acercando progresivamente a medida que se avanza hacia Poniente, hasta que se ponen en contacto en las cercanías de Ubrique, sin dejar ver la traza de los depósitos neocomienses. Otro caso análogo se presenta en el estrecho terciario de Benaoz, donde las margas y areniscas oligocenas quedaron cobijadas por las calizas del Jura superior, según pone de manifiesto el corte número 6 de la lámina XX.

Los plegamientos de las capas terciarias no obedecen a la dirección general, porque el empuje que se ejerció en el sentido de Sudeste a Noroeste fué descompuesto por los macizos jurásicos en otros de direcciones variadas, que fueron los que directamente ejercieron su acción sobre los estratos paleógenos, así es que la discordancia existente en la superposición de las capas secundarias y terciarias se acusa también en las direcciones de los pliegues.

Resumiendo lo dicho hasta aquí, podemos formular como conclusiones generales: la invasión marina del final del Triásico; el plegamiento de este terreno o al menos su excavación a lo largo de determinadas fajas orientadas de Nordeste a Sudoeste, por las que llegó a comunicarse el Mediterráneo con el Atlántico y en las que se depositó el Lías; la extensión limitada de estas cuencas de sedimentación y las grandes variaciones en su profundidad; la producción de la falla del Tavizna al finalizar la época liásica, con el hundimiento del borde sudoeste y el establecimiento de la cuenca jurásica; el desbordamiento del mar titónico por encima de la mancha liásica y la transgresión continuada de todos los terrenos secundarios desde el Lías inferior hasta el Neocomiense.

Pasado el largo período de emersión que empezó en el Neocomiense, y durante el cual y a consecuencia de las denudaciones quedaron reducidas las manchas liásicas y jurásicas a dimensiones y formas aproximadas a las que hoy ostentan, se produjo una serie de hundimientos que cortaron bruscamente la Serranía en sus bordes actuales y originaron un conjunto de estrechos y en-

senadas por donde penetraron las aguas del mar terciario; mismo tiempo se iniciaron los principales plegamientos de la región, que se fueron acentuando más y más hasta alcanzar su estructura actual, con anterioridad a la época miocena.

Los movimientos del suelo que dejaron paso a las aguas del mar helvético no parecen haber ejercido la menor influencia en el macizo montañoso de Grazalema y las aguas de ese mar quedaron a bastante distancia de sus faldas. Por el Oeste, los depósitos miocenos más cercanos se encuentran en la Cabeza de Hortale tres kilómetros a Poniente del río Majaceite; por la parte de Levante los más próximos son los de la meseta de Ronda. Sin embargo, después del depósito del Helvético, la región occidental de la provincia de Cádiz sufrió un plegamiento bastante enérgico como lo demuestran las dislocaciones producidas en las capas de esa edad, que en el cortijo de la Norieta, del término de Villamartin, están levantadas hasta la vertical, pero los empujes que dieron por resultado esos plegamientos parece haberlos transmitido el macizo de la Serranía sin nuevas modificaciones en su estructura.

**Descripción de los cortes geológicos.** — Estudiados los fenómenos que han dado origen al actual relieve de la Serranía así como la fecha probable de su producción, vamos a describir algunos cortes geológicos que hemos trazado para poner de manifiesto la relación de las distintas partes de dicho macizo montañoso, la forma de algunos pliegues y la situación de las principales fallas.

*Corte número 1.* — Este corte, trazado de Sur-Sudoeste a Norte Nordeste, arranca del Peñón de Merino (estribaciones Septentrionales de la Sierra de la Gallina), enclavado en la gran cuenca terciaria de la provincia de Cádiz, donde tanto espesor alcanza el tramo de la arenisca del Aljibe. Las capas de esta roca presentan aquí tendido constante al Sudoeste, y se apoyan en las calizas eocenas que asoman en la garganta de Marroquí y en la base del cerro Mulera.

En las orillas del río de Ubrique afloran las margas abigarradas y yesos del Keuper sobre los que se apoyan unas calizas ne-

gruzcas magnesianas que buzan al Noroeste por debajo de las calizas liásicas y en concordancia con ellas.

En la carretera de Ubrique (kilómetro 66), los estratos triásicos presentan un corte muy interesante; las capas buzan unos 20° al Nordeste, y constan de margas abigarradas en la parte inferior y de calizas margosas azuladas en bancos delgados y calizas negras tabulares en la parte alta, en contacto ya con las rocas liásicas del cerro de la Llave.

Siguiendo la dirección del corte, la mancha triásica se oculta bajo las calizas eocenas que se desarrollan al pie del acantilado jurásico, y que forman en conjunto un amplio sinclinal entre el arroyo de la Bovedilla y el cerro del Escribano. A partir de este punto, el corte cruza la depresión del Tavizna, en la que se marcan dos fallas en los bordes de la faja terciaria y otras dos que limitan bruscamente la Sierra del Pinar del otro lado del Cerro de las Cuevas. A continuación encuentra el corte el gran pliegue anticlinal que forma esta última sierra, volcado sobre la rama norte y en el que las capas de los tramos medio y superior del Lías quedan cobijadas por las calizas del tramo inferior. La rama sur de este pliegue está cortada por una falla paralela al eje entre el cerro del Pinar y el picacho de San Cristóbal, donde también se acusa este accidente tectónico, según se ha puesto de manifiesto en el corte de la figura 2.<sup>a</sup>, y consecuencia de ella es la diferencia en el grado de buzamiento que se observa en los estratos en las dos vertientes de la montaña.

Al gran pliegue de la Sierra del Pinar sigue un sinclinal que se corresponde con la hondonada por donde corre el arroyo del mismo nombre y en cuyo cauce sólo asoman las margas y arcillas del tramo superior y las margas y calizas tabulares con sílex del tramo medio, según los puntos. Estas capas describen algunas ondulaciones al pie de las sierras del Blanquillo y de Zafalgar, que quedan detrás de la línea del corte, y chocan con las calizas inferiores de la Camilla alta, que asoman merced a la falla con salto que cruza a la formación entre los puertos de la Foyaga y de los Acebuches.

Las mesetas que siguen después en el corte están formadas por las calizas del Lías inferior, marmóreas, blanquecinas, que prolongan con pendiente muy suave hasta cerca de Zahara, si más interrupción que la falla que pasa al pie del monte Cambrón, que produce la enorme cortadura por donde corre la Garganta Verde. En el extremo septentrional de la Cambrónera se acentúa el buzamiento de las calizas, y a partir del arroyo de la Bodega quedan cubiertas por las capas de la caliza coralígena por las de las calizas con sílex y las margas y calizas margosas de color gris de plomo. Por último, otra falla coloca en contacto anormal a este grupo de capas del tramo medio y a las calizas arenosas y a las marmóreas inferiores que forman el cerro donde se levanta el castillo de Zahara, a cuyo pie asoma el Keuper, formando este terreno, a partir de aquí, toda la ladera del valle hasta el cauce del Guadalete.

En este corte se han dibujado las capas de calizas del tramo inferior del Lías con espesores variables de unos puntos a otros en consonancia con el resultado de las observaciones sobre el terreno. Estas demuestran, en efecto, que en el borde meridional de la falla que pasa por el puerto de la Foyaga y el de los Acebuches, las calizas en cuestión tienen muy poca potencia, y así puede comprobarse en las vertientes occidentales de Monte Prieto y cerca de Benamahoma, es decir, en los dos extremos de la falla. Lo mismo ocurre en la cordillera de Sierra Margarita y en las sierras de Albarracín y de la Silla; siempre la formación de calizas va disminuyendo de espesor entre cada dos fallas desde el borde levantado hasta el borde hundido, y, en consecuencia, sufren un cambio brusco de espesor a lo largo de las líneas de falla. Y estos cambios son probablemente la causa de que esas fallas se hayan producido, pues con tales faltas de continuidad no es posible que los plegamientos se puedan desarrollar con regularidad.

*Corte número 2.*—Empieza en la Sierra de Libar, a Levante del pico llamado Puntal de la Raya, cruza la cuenca jurásica y la liásica, separadas por la falla del Tavizna, y termina en el arroyo de las Casas, cerca ya del río Guadalete. Su dirección

es Sur-Sudeste a Norte-Noroeste, casi normal a los plegamientos.

Las capas jurásicas de la Sierra de Libar y las de la Sierra de Ubrique forman un sinclinal relleno por las margas pizarreñas blancas y rojas del Neocomiense, muy rizadas y en aparente discordancia con el Jurásico por efecto de los resbalamientos habidos a lo largo de los contactos.

En la Sierra de Ubrique, las capas tienden a doblarse en un anticlinal, para formar luego un sinclinal en la Manga de Villaluenga con las calizas de la Sierra del Caillo, pero estos pliegues no llegaron a desarrollarse por la rigidez de las rocas, y en su lugar se produjeron las fallas que se acusan tanto al Norte como al Sur de la Manga, en las dos ramas del sinclinal. Con las dos primeras que se dibujan en el corte está relacionado el cauce subterráneo, cuya boca de entrada es la sima de Villaluenga (láminas VIII y IX), y las restantes se acusan principalmente por el contacto anormal del Jurásico con las margas cretáceas.

Entre la Manga de Villaluenga y la depresión del Tavizna se extiende la gran masa de calizas jurásicas de la Sierra del Endriñar, cortada por cuatro fallas con salto, que se acusan por cambios bruscos de buzamiento en los estratos. Después encuentra el corte el grupo de fallas del Tavizna y la faja terciaria que penetra por este estrecho, y alcanza la cuenca liásica, donde se repite la disposición de las capas que se puso de manifiesto en el corte anterior: en primer lugar, el gran anticlinal con cobijadura de la Sierra del Pinar, y después las fallas con salto que dan origen a la Sierra del Blanquillo y a la Loma del Peñón de los Toros. Las calizas se van adelgazando entre cada dos fallas consecutivas a medida que se avanza hacia el Norte, y ya en el extremo del corte se apoyan sobre el Trías, en continuada transgresión, las calizas del tramo inferior, las tabulares del tramo medio, y las margas del Neocomiense.

Como se observa en este corte, las calizas se inclinan fuertemente al Noroeste en los bordes septentrionales de las fallas que cruzan la formación liásica, mientras que en los bordes opuestos el buzamiento es menos pronunciado, y esta disposición parece

ser debida al mismo empuje, procedente del Sur, que origin pliegue con cobijadura de la Sierra del Pinar.

*Corte número 3.*—Este corte está trazado exactamente Noroeste a Sudeste, y es normal a los plegamientos y a las tra de las fallas. Empieza en la Garganta Seca, al pie de la Loma de Albarranes, pasa por Graza lema y termina en el extremo sept rional de la Sierra de Libar. El fin que nos hemos propuest dibujarlo es poner de manifiesto la complicada estructura del rreno en los alrededores de Graza lema, donde las fallas de la presión del Travizna se ramifican, dando lugar a contactos an males entre todos los terrenos de la serie secundaria.

Al pie de la Camilla alta pasa la falla que en el corte número se dibujó a la izquierda de la Sierra del Blanquillo, y que, aquí co allí, establece contacto anormal entre los estratos de los nive extremos del Lías; después se encuentran las margas y cali tabulares del tramo medio, que asoman en el cauce del arroyo Pinar y cubren las vertientes occidentales de El Montón, ce que en su mayor parte está formado por las calizas inferior como pone de manifiesto el corte natural producido por la G ganta de los Ballesteros. Las capas de caliza forman a continu ción la Sierra de las Cumbres, donde las capas buzan a Noroes pero con menor inclinación que en el cerro de El Montón, y a cu pie pasa la faja terciaria de arenisca del Aljibe, con intercalaci nes de bancos arcillosos. El Terciario ocupa aquí la brecha abier en la clave del anticlinal que forman las calizas de las Cumbr con las del Fresnillo, pero además del fenómeno de denudaci se observan dos fallas que cortan la falda sudeste del anticlin algo más al Sur de la línea que sigue el corte y que probablemen se prolongarán hasta el extremo septentrional de la mancha lí sica. Al Norte de la línea que sigue el corte, entre la falda de l Cumbres y el lomo que forman las areniscas y arcillas terciaria hay unos cerros pequeños formados por las calizas del Lías en lo que las capas buzan al Sudeste, demostrándose así que la faja ter ciaria no sigue precisamente la traza del eje del pliegue. La fall que pasa al Sur de la faja terciaria está bien marcada en el terren

Cerca de Graza lema hay un asomo pequeño de calizas tabula res del Keuper, al que ya hemos aludido en otras ocasiones; des pués, siguiendo siempre la dirección del corte, se atraviesa una fa jita de calizas brechoides titónicas, y, por último, las margas neo comienses y las calizas del Jura superior. Las margas cretáceas, que buzan 70° al Norte, forman la pared meridional de la estrecha garganta por donde corre el Guadalete a su paso por Graza lema (lám. XIV) y se apoyan en discordancia sobre las capas que asoman en el borde del acantilado jurásico.

Parte del pueblo de Graza lema está edificado sobre las margas rojas y blancas del Neocomiense, que se destacan muy bien hacia el centro de la lámina XIV por debajo de las casas, y parte sobre las calizas blancas jurásicas. Las casas que se dibujan en nuestro corte corresponden al extremo occidental del pueblo, y el resto de las edificaciones queda oculto por el promontorio de calizas jurási cas de la Sierra del Endrinar, donde las capas, cortadas por varias fallas orientadas de Nordeste a Sudoeste, se mantienen bastante horizontales por esta parte, hasta que en las inmediaciones de la calera de la Sima se acentúa su inclinación al Sudeste, ocultándose bajo las calizas rojas del Titónico. Sobre éstas se apoyan en dis cordancia las margas neocomienses blancas y rojas que rellenan el área de hundimiento comprendida entre la Sierra del Endrinar y la de Libar. Al pie de esta última sierra asoman, en estrecha faja, las margas cretáceas, que también por esta parte se apoyan en discordancia sobre las calizas jurásicas, cuyas capas están en es tos parajes cruzadas por multitud de fallas que se entrecruzan en todas direcciones, imprimiendo a los estratos direcciones y buza mientos muy variables.

Finalmente, entre las dos sierras jurásicas penetran los terrenos terciarios, que a la altura del corte forman el cerro llamado el Casí, donde las calizas y las areniscas se presentan discordantes y sus capas muy onduladas. Tanto en este corte como en los anteriores se ve que las capas terciarias no se asocian nunca a las secunda rias para formar conjuntamente rasgos topográficos, sino que ori ginan relieves independientes. La explicación de este hecho radica

en la diferencia de compacidad y dureza de las rocas de esas edades.

*Corte número 4.*—Este corte está trazado entre la Loma de lo Albarranes y el río Guadalete, pasando por la cumbre de Monte Prieto. Su objeto es poner de manifiesto la falla de la Garganta Verde, la del monte Cambronera y la disposición de los estratos en Monte Prieto.

Desde la garganta Verde hasta la Loma de los Albarranes, la concordancia de las capas liásicas es perfecta, sucediéndose la calizas del nivel del San Cristóbal, las blanquecinas de grano fino y las coralígenas del tramo medio. Sobre éstas vienen las margas y calizas tabulares.

En el monte Cambronera, las capas de las calizas inferiores están poco desviadas de la horizontal, buzando ligeramente al Nordeste, pero a mitad de la ladera de Levante se interrumpen repentinamente estas capas y en su prolongación aparecen las calizas tabulares con sílex, por efecto de la falla con salto que se señala en el corte, resultando así constituido el monte Cambronera por un macizo de calizas en capas casi horizontales, limitado por dos zonas de hundimiento.

Cerca del arroyo de las Covatillas asoman las calizas compactas inferiores por debajo de las tabulares, pero con espesor muy reducido, diez o doce metros, lo que contrasta con el espesor enorme que tienen estas mismas capas un poco más al Poniente, siendo muy posible que a este cambio brusco se deba la falla de la Cambronera.

En Monte Prieto se observan dos hechos interesantes: uno es el adelgazamiento de la formación de calizas en sentido de Este al Oeste; otro, la discordancia manifiesta entre el Keuper y el Liásico, cuyas capas quedan en gran trecho apoyadas por sus cabezas en los estratos de margas yesíferas del Triás.

Cerca del río Guadalete está cubierto este último terreno por la fajita de arenisca del Aljibe que se alberga entre las fallas del Tavizna a partir del puerto del Boyar. En el cauce de dicho río forma el subsuelo la caliza numulítica.

*Corte número 5.*—Comienza en el arroyo del Chorreadero, límite occidental de la Serranía, y termina en el cerro de los Frontones, en la carretera de Grazalema al puerto de Montejaque.

Atraviesa este corte la mancha liásica en el sentido de su latitud y encuentra las dos fallas principales que interrumpen la continuidad de esta formación: la de la cordillera de Sierra Margarita y la del puerto de los Acebuches.

En la vertiente occidental de Sierra Margarita se encuentra representada la formación liásica casi completa—sólo faltan las margas superiores, el Titónico, el Neocomiense y el Numulítico. Las capas de todos estos terrenos, concordantes, acentúan su buzamiento al Oeste a medida que se sube por la falda de la montaña, y en la cumbre las calizas inferiores brechoides se encuentran levantadas hasta la vertical. Al pie de la sierra, por la parte de Levante, se encuentra el llano de los Navazos, donde el subsuelo está formado por las calizas coralígenas, que buzando 15° al Noroeste, cubiertas de vez en cuando por mantos de brechas travertínicas. A continuación asoman las calizas inferiores, en un principio con análogo buzamiento, pero se van levantando gradualmente hasta inclinarse 45° en la cumbre de la Sierra de Zafalgar. Ya hemos dicho que este hecho se repite en los bordes de las fallas.

Al pie de la Sierra de Zafalgar vienen a chocar contra el acantilado de las calizas las margas del tramo superior del Liásico, que rellenan gran parte de la hondonada del Pinar y que se extienden en la dirección del corte, con buzamiento al Noroeste, hasta el cauce del arroyo de ese nombre, donde asoman las calizas y margas tabulares del tramo medio, que después cubren toda la vertiente occidental de El Montón. En la Garganta de los Ballesteros afloran debajo de estas capas las calizas inferiores, que en su prolongación hacia Levante forman las Lomas.

Al llegar a la falla del Tavizna aparecen los terrenos terciarios: primero una fajita de arenisca del Aljibe limitada por dos dislocaciones del *substratum* triásico, y después la caliza numulítica, que con espesor bastante considerable forma el cerro de los Es-



partales. Por último, y descansando sobre estas capas, vienen presentes bancadas de arenisca del Aljibe que se extienden por las alturas de la margen derecha del río en dirección a Ronda.

*Corte número 6.*—Este corte presenta interés únicamente en cuanto pone de manifiesto la anómala situación en que se encuentran los estratos de arcillas y areniscas terciarias en el estrecho que enlaza la cuenca de Ubrique con el circo de hundimiento de Benaocaz, pues buzan por debajo de las calizas jurásicas del Salto de la Mora por efecto del empuje considerable que debió haber resbalado dichas calizas sobre su base. Se trata, pues, de un caso de cobijadura por arrastre. Del mismo modo, las calizas jurásicas buzan por debajo de los estratos triásicos en la ladera occidental del salto de la Mora, si bien aquí la cobijadura se debe probablemente a un pliegue de este último terreno, recostado sobre el macizo jurásico por efecto del mismo empuje. En la fotografía B de la lámina XI, se ve cómo las aguas subterráneas brotan por el contacto de las calizas jurásicas y las arcillas terciarias que hacen la veces de dique respecto del macizo permeable. Estas fuentes, que sólo brotan en el rigor del invierno, cuando sube el nivel del manto acuífero, se encuentran en las mismas puertas de Ubrique a la salida del pueblo por el camino de Benaocaz.

En épocas normales, este manto acuífero sólo desagua por manantial representado en la fotografía A de la lámina XI.

A estos cortes hubiéramos deseado agregar uno que pudiera substituir al que el insigne geólogo D. José Macpherson publicó en su *Bosquejo geológico de la provincia de Cádiz*, y que tiene por base la topografía, en gran parte errónea, del mapa del Sr. Coello; pero nos ha sido imposible, porque de haber sujetado el trazado a los parajes que figuran en el corte número 19 de la obra del Sr. Macpherson, que es al que aludimos, hubiera resultado una línea quebrada, con algunos de sus lados contiguos en ángulo recto y claro es que en estas condiciones no se puede establecer la relación de los estratos entre unos puntos y otros. Si se replantea el itinerario de ese corte sobre nuestro mapa, cuya base topográfica es exacta, como levantada por el Instituto Geográfico, se ve, e

efecto, que desde el puerto del Argamazón hasta la Atalaya del Pajarraco, se camina de Noroeste a Sudeste; desde la Atalaya del Pajarraco a los Navazos, de Sur-Suroeste a Norte-Noroeste; desde los Navazos al Peñón de Zafalgar, de Oeste-Noroeste a Este-Sudeste; del Peñón de Zafalgar al puerto del Pinar, de Norte-Noroeste a Sur-Sudoeste, siguiendo la dirección de las capas; del puerto del Pinar al cerro del Pinar, de Norte-Noroeste a Sur-Sudeste, normalmente a las capas; del cerro del Pinar al Peñón de San Cristóbal, de Poniente a Levante y al hilo de las capas, y así sucesivamente. En estas condiciones, un corte general no puede ofrecer interés.

Por otra parte, si prescindiendo de los puntos intermedios señalados en el corte número 19 del Sr. Macpherson, trazamos una línea desde la Sierra del Pajarete, que es sin duda la que el señor Macpherson designa con el nombre de Sierra de la Espuela (1), de acuerdo con el mapa del Sr. Coello, hasta la Manga de Villaluenega, se ve que esa línea no pasa ni por la Atalaya del Pajarraco ni por la Sierra del Pinar, sino por El Bosque y Benaocaz, atravesando una zona que no presenta gran interés geológico y que no guarda relación con aquella a que se refiere el corte de Macpherson. Este corte carece, por lo tanto, de interés, a nuestro juicio, y sólo puede considerarse como un *esquema* de los principales accidentes tectónicos de la Serranía de Grazalema, y aun así debe rectificarse la disposición de las capas entre el puerto del Pinar y el puerto del Boyar, suprimiendo los bancos de calizas del Jurásico superior que se dibujan en la parte culminante de la Sierra del Pinar, y también hay que invertir el orden de superposición de los dos tramos en que divide a la formación liásica el citado geólogo.

(1) En la provincia de Cádiz no hay ninguna sierra que tenga este nombre. Existe, sí, un cerro de escasa altitud llamado de la Espuela, en la dehesa del Chorreadero, que se encuentra en el ángulo noroeste de nuestro mapa.

### Hidrología subterránea.

De los datos que consignamos al principio de esta Memoria, se deduce que, por término medio, y aun rebajando la altura media de lluvia en la Serranía a 1,50 metros, cae anualmente sobre ella la enorme cantidad de 600 millones de metros cúbicos de agua.

Gran parte de ese volumen corre por la superficie del terreno y buena prueba de ello son las crecidas que experimentan en rigor del invierno los ríos que tienen su origen en este macizo montañoso. Puede decirse que toda el agua que cae sobre las manchas triásicas que rodean a la Serranía, aparte de la que absorbe la tierra vegetal, que no en todas partes existe, va íntegramente a los arroyos y de aquí a los ríos, porque el Triás no tiene niveles permeables propiamente dichos, y los pocos asomos de rocas permeables que presenta, como areniscas, calizas, etc., están envueltos por masas inmensas de arcillas abigarradas, margas y yesos, que impiden la circulación del agua infiltrada.

También van a engrosar las corrientes superficiales, sobre todo durante los grandes aguaceros, el agua que cae sobre las laderas pendientes formadas por calizas compactas del Liásico y del Jurásico, por más que una parte no despreciable penetra por las grietas y resquebrajaduras al ser detenida o retardada en su marcha descendente por las rugosidades y asperezas de las mismas rocas.

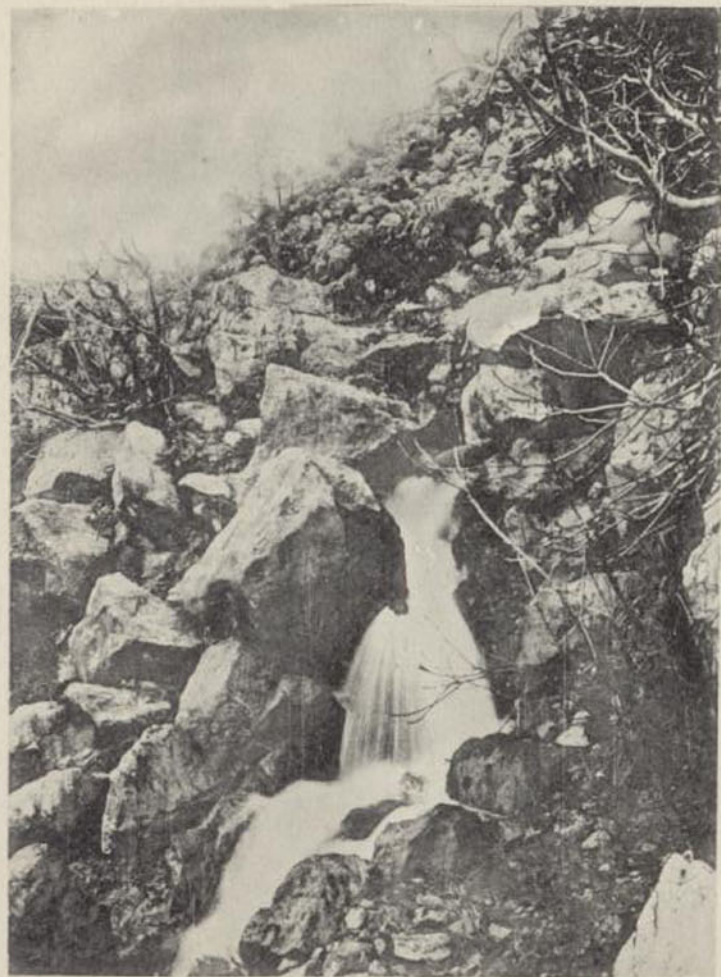
Otro tanto puede decirse del agua que cae sobre las margas arcillosas del Liás superior y sobre las pizarreñas del Necomiense. Las rocas eocenas y oligocenas forman un complejo al parecer bastante permeable, pero que en realidad no lo es, debido a la gran cantidad de arcilla que entra en la composición de las areniscas y que obstruye, tanto los poros de la roca como las grietas donde el agua se acumula. Por ello, en todas estas rocas la circulación de las aguas subterráneas es escasa, se hace con bastante irregularidad y durante el verano se secan las fuentes que alimentan.

En cambio, los macizos de calizas liásicas y jurásicas, que tan grandes superficies ocupan en la Serranía, constituyen importantes cuencas de infiltración de las aguas meteóricas e inmensos depósitos de alimentación de los manantiales.

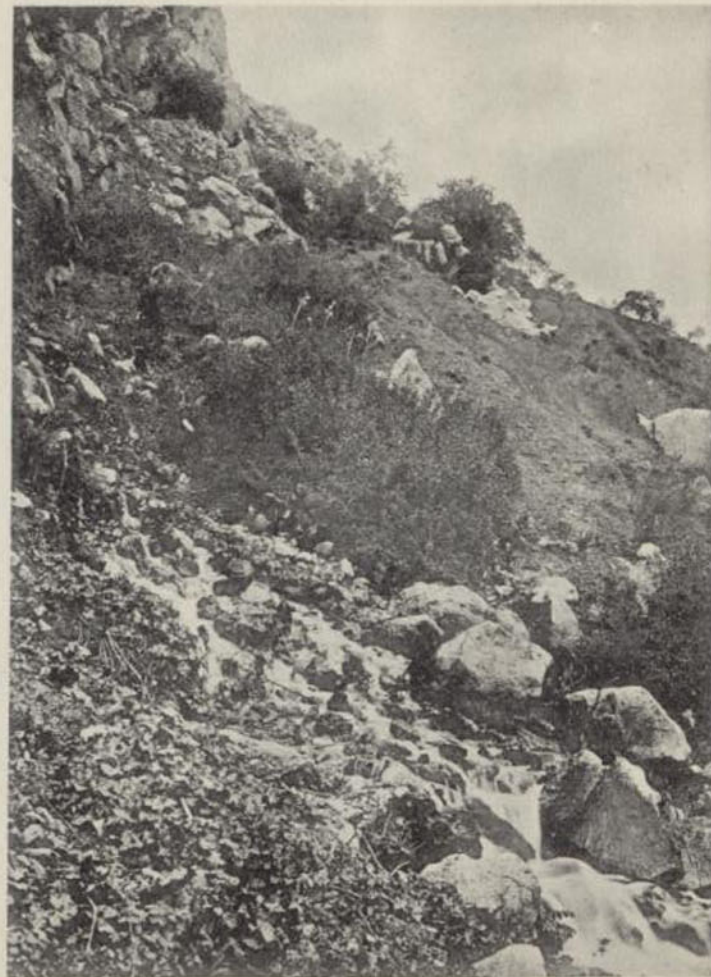
Como hemos puesto de manifiesto en las descripciones y en los cortes geológicos, tanto las rocas liásicas como las jurásicas descansan siempre sobre las capas del Triás, de tal manera, que si trazáramos en la Serranía una sección por un plano horizontal al nivel del Guadalete apenas se cortarían más capas que las de este terreno. Resulta de aquí, y dado que el Triás es en su totalidad impermeable, que las aguas infiltradas en las calizas secundarias no pueden prolongar por mucho tiempo su marcha subterránea ni en profundidad ni en recorrido, viéndose obligadas a seguir trayectorias en su mayor parte horizontales y a brotar al exterior tan pronto como alcanzan los bordes de las manchas triásicas.

En la mitad septentrional de la Serranía, las zonas de infiltración y alimentación de las cuencas subterráneas son las marcadas de azul fuerte, que corresponden a las superficies de afloramiento de las calizas compactas. Como estas rocas están muy fisuradas y sus capas cortadas por repetidas fallas, las aguas circulan por su interior con facilidad, y acumulándose en las juntas de separación de los estratos, en los planos de falla y en las cavernas interiores que ellas mismas han producido al disolver el carbonato de cal, llegan a formar grandes depósitos subterráneos que desbordan constantemente por las grietas cuyo nivel es inferior al hidrostático del macizo en que se reúnen.

El nivel hidrostático, dentro de los macizos permeables es, como se sabe, una superficie curva que reproduce, aunque atenuadas, las ondulaciones del terreno; pero cuando las rocas no son de *masa permeable*, como es el caso de que se trata, esto es, cuando sólo son permeables *en grande*, merced a las resquebrajaduras y litoclasas, la superficie de nivel hidrostático es mucho más achatada que la que correspondería en igualdad de condiciones al primer caso, y se acerca bastante a un plano ligeramente



UBRIQUE  
Nacimiento del Lavadero.



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

UBRIQUE  
Manantial que brota en invierno por encima del anterior.

inclinado, que sólo presenta depresiones de importancia en las proximidades de los puntos de desagüe. Así, dentro del macizo de calizas que se extiende sin interrupción desde Benamahoma hasta Monte Prieto, las aguas de infiltración, después de terminar su carrera descendente y alcanzar el nivel hidrostático, deben formar un depósito cuya superficie libre presentará su punto culminante hacia el puerto de las Cumbres, lugar igualmente alejado de los dos desagües.

Por lo que se refiere al macizo de las Lomas y Monte Prieto, las aguas subterráneas quedan contenidas: por el Noroeste, por las calizas tabulares y las margas del tramo medio del Lías, y por el Sudeste, por las margas abigarradas del Keuper, según pone de manifiesto el corte número 4; de aquí que se vean obligadas a caminar en dirección Nordeste hasta alcanzar el extremo septentrional de Monte Prieto, donde la línea de contacto del Lías con el Triásico no está cubierta por ningún terreno impermeable que les cierre el paso y las aguas tienen, por consiguiente, que verterse al exterior.

Si la superficie de contacto del Lías con el Keuper fuese un plano uniformemente inclinado hacia el Noroeste, no cabe duda que las aguas aflorarían sólo en el punto en que la cañada de Higueroa desemboca en la mancha triásica, por ser ese el punto más bajo de dicha superficie de contacto, pero como esa superficie presenta algunas ondulaciones, parte de las aguas siguen esas depresiones secundarias y surgen donde sus ejes cortan a la superficie del terreno. De todos modos el desagüe principal del manto acuífero ha de tener lugar por el punto más bajo, y así ocurre, en efecto, pues según ya dijimos en otro lugar, en la cañada de Higueroa nace el copiosísimo manantial de arroyo Molinos, pero también existen nacimientos como el de la Toscana y otros de menor importancia, en el extremo septentrional de Monte Prieto, a lo largo de la línea de contacto del Triásico con el Lías, cuyo origen es el que queda expuesto.

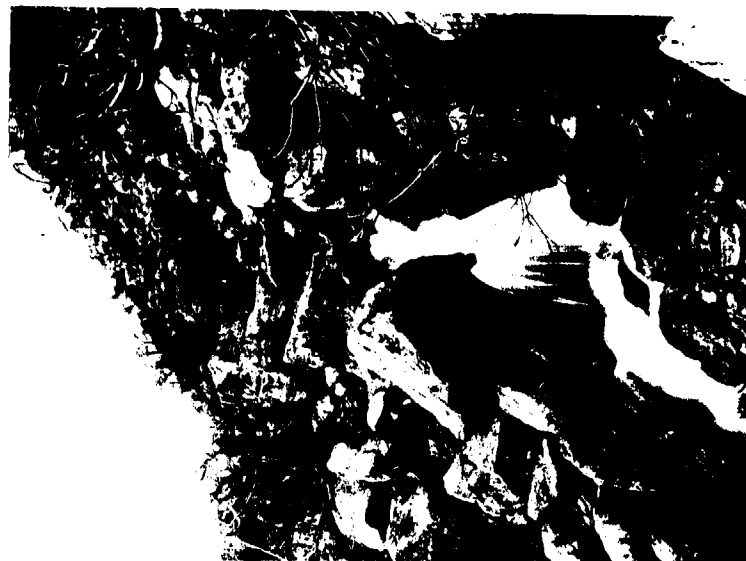
En la Sierra del Pinar (véanse los cortes de las figuras 1.<sup>a</sup> y 2.<sup>a</sup>) el macizo de calizas está protegido en las dos vertientes por las



Fotografía de Hauer y Menet-Madrid

UBRIQUE

Manantial que brota en invierno por



UBRIQUE

avadero.

margas del tramo medio; por eso las aguas subterráneas tienen que caminar paralelamente a la dirección de las capas hacia Benamahoma, y seguramente darían lugar en las proximidades de esta aldea a una multitud de pequeños manantiales si la falla que se marca en el plano no cortase normalmente los estratos, haciendo las veces de colector de las distintas venas líquidas que, así reunidas, dan origen al soberbio manantial que brota junto al molino harinero, en el contacto de las calizas liásicas con el Keuper. El caudal de esta fuente en estiaje es de unos 100 litros por segundo, subiendo a raíz de las grandes lluvias hasta 400 litros.

La superficie de nivel hidrostático en la Sierra del Pinar alcanza en algunos puntos el contacto de las calizas liásicas con las margas de la misma edad en la vertiente Sur; a ello se debe la existencia de varias fuentecillas a lo largo del camino de Benamahoma a Grazaema, como la del Encinarejo y otras, pero todas ellas dejan de correr durante la estación seca.

En la cordillera de Sierra Margarita, las aguas descienden a un nivel bastante inferior al que determina la línea de contacto de las calizas compactas con las calizas tabulares, sin duda porque hay varias líneas de rotura que atraviesan a estas últimas, por donde las aguas se escapan al exterior. Esas líneas de rotura coinciden con los distintos arroyos que bajan de la cumbre; así en todos ellos afloran manantiales más o menos importantes, y en algunos de ellos se encuentran grandes masas de toba señalando el emplazamiento de antiguas fuentes.

De los manantiales que brotan en la falda occidental de la cordillera de Sierra Margarita el más importante es el del Moro, cuyo caudal es de unos 20 litros por segundo. También se observan algunas fuentes de escaso rendimiento en el extremo Sur de la Sierra del Labradillo en las inmediaciones de grandes masas de toba.

En la Sierra de Albarracín, dada la inclinación de las capas (véase el corte de la fig. 12), las aguas subterráneas se acumulan en la vertiente occidental y brotan al exterior en el arroyo que baja desde la cúspide hacia la casa del Guarda, cerca del contacto del Titónico con el Neocomiense, y en el contacto de estos dos



ZAHARA  
Monte Cambronera. Tajo en las calizas del  
Lias inferior. Cascada denominada  
"La Cola del Caballo".



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

ZAHARA  
Manantial "El espumadero".

mismos terrenos, hacia la huerta de la Hoya. El manantial que brota en el primer punto es de escaso caudal y parece hallarse relacionado con el sinclinal que forman las calizas titónicas sobre las margas liásicas en la parte alta de la ladera, en tanto que el segundo es el desagüe natural de la gran masa de calizas del Titónico.

En la mancha de calizas liásicas que comprende las sierras del Hinojar, del Blanquillo, Zafalgar, las Camillas y el monte Cambronera, si se exceptúan algunas fuentes de poca importancia, como la del Pinar, la del Buitre y otras varias que afloran en el borde Sur del macizo, en el contacto con las margas del tramo medio o con las arcillas del superior, las aguas de infiltración afluyen a la falla de la Garganta Verde y surgen, reunidas, cerca del contacto de las calizas compactas con las calizas tabulares del tramo medio. Estas últimas capas hacen las veces de una presa o muro de contención que cierra el paso a las aguas que se reúnen en las grietas y litoclasas de las calizas compactas, y por eso brotan aquéllas en el arroyo, que es donde ese muro presenta menos altura; pero cuando las lluvias son excesivas, el nivel acuífero sube bastante, dentro del macizo de calizas, y desborda por otros puntos de la línea de contacto con las calizas tabulares situados a bastante altura sobre el arroyo. Tal es el caso del manantial llamado el Espumadero (lám. XII B), porque brota a media ladera y las aguas caen como cascada de espuma al arroyo. El día 7 de marzo del corriente año, a raíz de las grandes lluvias, que fué cuando tomamos esa fotografía, seguramente producía un caudal de 180 litros por segundo.

En la Sierra de la Silla, el macizo de calizas más importante, que es el que forma las cumbres y parte de la vertiente occidental, desagua a lo largo de la línea de contacto con las rocas del Trías, y dando origen a muchas fuentecillas, pero todas de escaso caudal.

En las calizas jurásicas, el tanto por ciento del agua de lluvia que se infiltra en el subsuelo es mayor que en las rocas análogas del Lías, por hallarse mucho más fracturadas, como lo demuestra la fotografía A de la lámina X.



Fotografía de Hinojar y Menet-Ma 1931

ZAHARA



ZAHARA

La formación de calizas jurásicas que se extiende sin solución de continuidad entre Grazalema y Ubrique buza en conjunto hacia el Sudoeste y por ello las aguas almacenadas en su interior brotan en su mayor parte cerca de Ubrique, que es donde *la base* de las calizas se encuentra a más bajo nivel. De esta marcha general se exceptúa el extremo nordeste de la mancha jurásica, la Sierra del Endrinar, pues aquí la capa acuífera tiene tendencia a desaguar por las inmediaciones de Grazalema, como lo atestiguan las fuentes que brotan cerca del pueblo; una, en la base de Peñón Grande, y otras al pie de los tajos que limitan la sierra, más a Levante.

Además del manto acuífero principal, que debe correr sobre las rocas triásicas infrayacentes, existen otros niveles superiores, alimentados por las aguas que encuentran en su descenso una capa poco agrietada que hace las veces de lecho impermeable. Es posible que estos mantos secundarios tengan algunos desagües de fondo, por los cuales parte de sus aguas vayan a unirse a las del manto principal; pero una cantidad crecida se vierte al exterior, originando manantiales como los del Chiquero, las Presillas y la fuentezuela de Aguanueva, que brotan a altitudes considerables.

Cuando las capas que sirven de lecho impermeable a esos mantos acuíferos secundarios presentan alguna grieta o fisura se originan simas como las que existen en la Sierra del Endrinar, por donde se sumen las aguas de los arroyos que bajan del monte Simancón y del puerto de las Presillas, y que van a alimentar el manto principal.

La fuente más importante a que da origen el macizo jurásico a que nos venimos refiriendo es la que brota en el extremo sur del serrijón llamado Salto de la Mora, inmediato a Ubrique, que, como se ve en el mapa, está limitado por las margas del Keuper y las areniscas y arcillas oligocenas, y sirve de cauce a las aguas subterráneas.

En el Salto de la Mora, las calizas, muy fracturadas, buzan fuertemente a Poniente, están en contacto, por fallas, con el Trías y cobijan a las arcillas y areniscas oligocenas. El manantial prin-



cipal (fotografía A, lám. XI) surge por entre las grietas de la caliza; pero en el invierno no encuentra el manto acuífero desagüe suficiente por esas grietas y desborda a lo largo de la línea de contacto del Jurásico con el Oligoceno, como pone de manifiesto la fotografía B de la lámina XI.

Otro manantial que está también en relación con la mancha jurásica citada es el que brota en el mismo pueblo de Ubrique, detrás de las casas del extremo Norte; es también muy caudaloso y parece estar alimentado por el mismo manto acuífero que el anterior, pues aunque entre los dos se interpone la faja de hundimiento de Benaocaz, rellena por arcillas y areniscas arcillosas, esta barrera subterránea no se prolonga más allá del pueblo, y en todo caso sólo puede contribuir a encauzar los desagües de la capa acuífera, uno hacia el Salto de la Mora y otro hacia el pueblo de Ubrique.

La mancha jurásica que se extiende al Sur de la Manga de Villaluenga tiene su desagüe subterráneo principal en las inmediaciones de Ubrique, en la fuente del Algarrobal (fotografía B, lámina X), cuyo caudal de estiaje oscila entre 60 y 70 litros por segundo. El manto acuífero que sostiene este manantial se alimenta, no sólo de las aguas de infiltración, sino también de las aguas superficiales que penetran en la sima de Villaluenga (láminas VIII y IX), abierta en las calizas jurásicas, en su contacto con las margas cretáceas. Las aguas entran por una grieta que corta en ángulo recto a las capas, y que está indudablemente en comunicación con el sistema de fallas que cruza a la formación en diversos sentidos al Sur de Villaluenga.

Los habitantes del país suponen a esa sima en comunicación directa con la fuente del Algarrobal, pero esta suposición no parece que está de acuerdo con la realidad, pues aparte de que la tal fuente no cesa nunca de manar, y en cambio los arroyos que se reúnen en la sima sólo corren los días de grandes lluvias, la mancha jurásica de las sierras de Ubrique no tiene más desagüe que el dicho manantial, y, por lo tanto, lo único que se puede admitir es que las aguas que se sumen por la sima de Villaluenga alimen-

tan el manto acuífero general de esas sierras. Esto es, por lo demás, posible, puesto que la sima en cuestión está unos 500 metros más alta que la fuente de Ubrique.

Otra sima de importancia es la del cabo de Ronda, situada al pie de la Sierra de Libar y relacionada igualmente con la serie de fallas de que ya hicimos mención al describir la constitución geológica de estos parajes. Esta sima presenta la particularidad de cegarse en ocasiones, quedando las aguas remansadas en los llanos que se extienden a lo largo de la sierra, y que, sin duda, por este motivo se llaman las Eras del Pantano. Estos embalses duran poco tiempo, pues la misma presión del agua estancada pone en franquicia los conductos subterráneos.

JUAN GAVALA Y LABORDE.

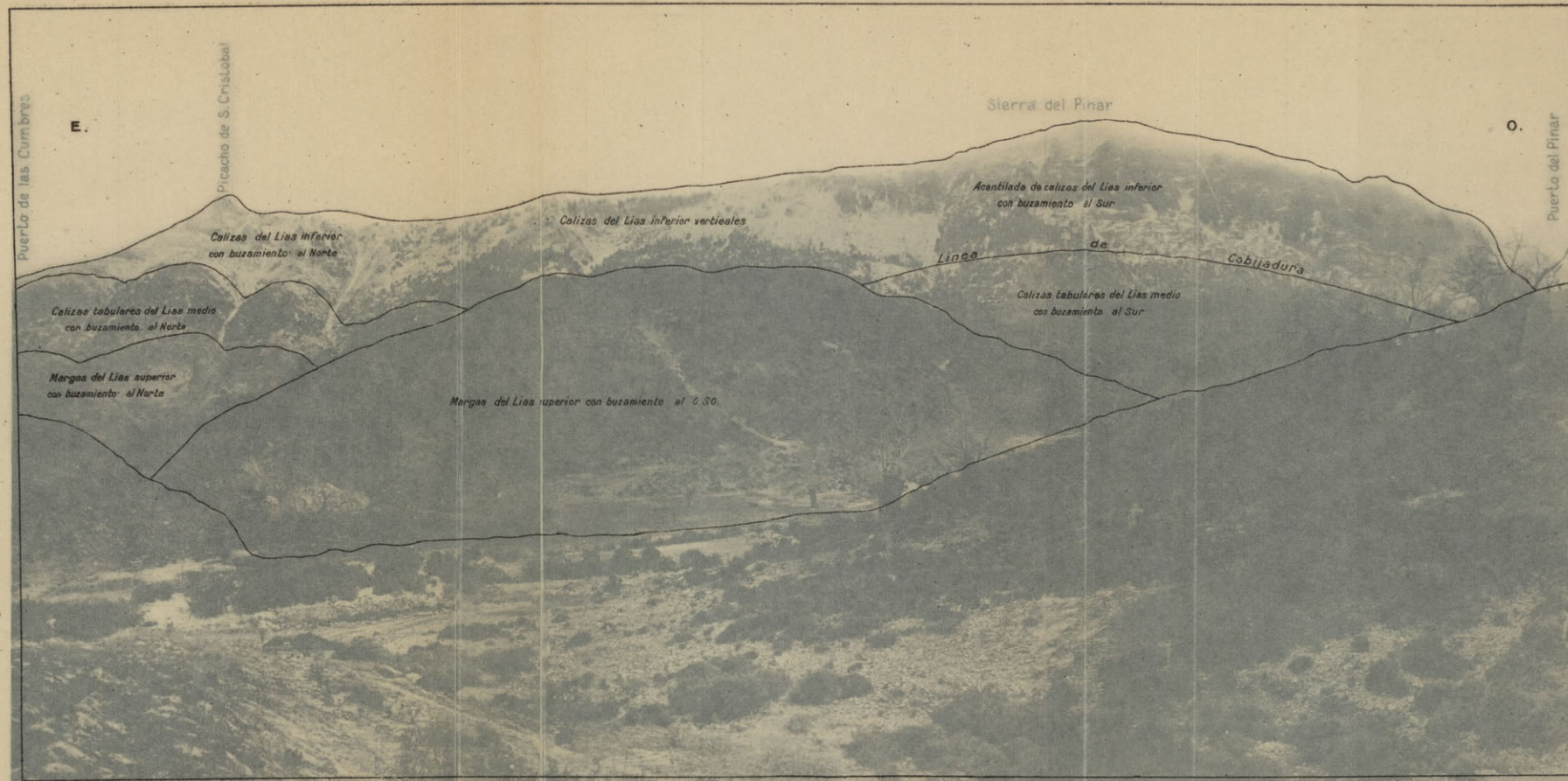
Madrid, mayo de 1917.



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

GRAZALEMA

Sierra del Pinar. Vista tomada desde la confluencia del Arroyo del Pinar con la Cañada de los Azores.



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

GRAZALEMA

Sierra del Pinar. Vista tomada desde la confluencia del Arroyo del Pinar con la Cañada de los Azores.

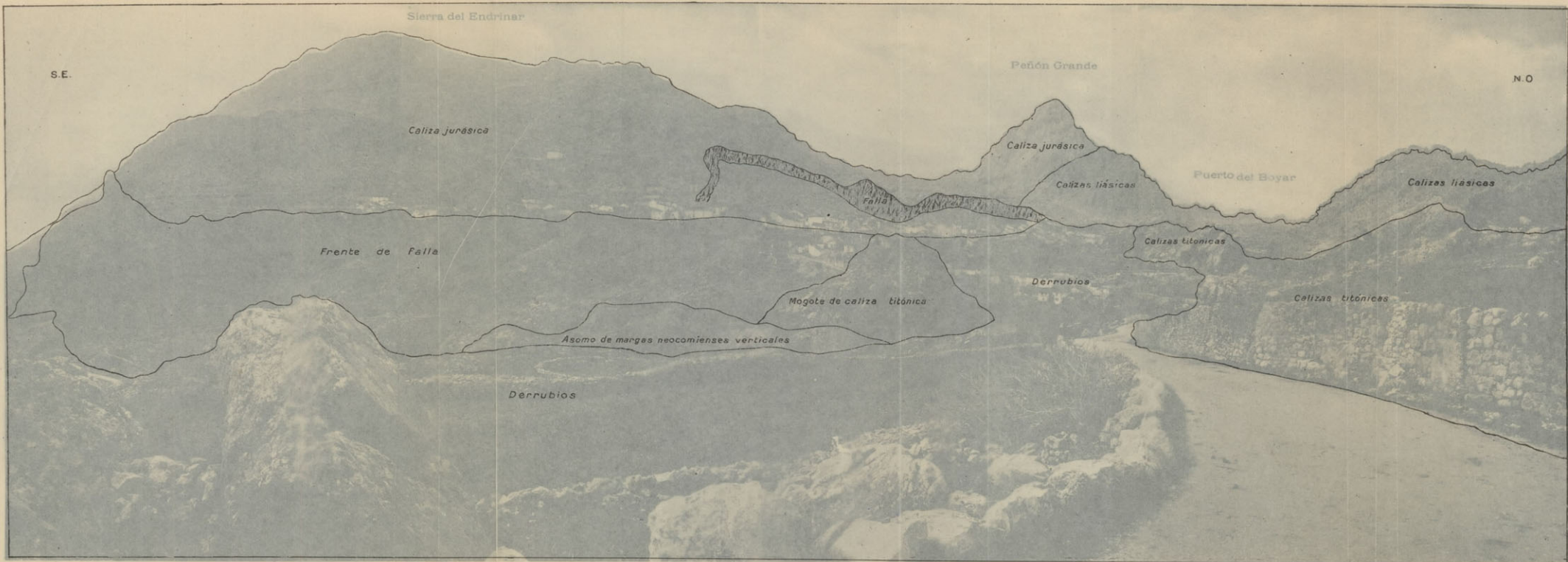


Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

GRAZALEMA

La Sierra del Endrinar (Jurásico), y los orígenes del Guadalete.

(A la derecha de la fotografía, en Peñón Grande, asoman las calizas liásicas, y por debajo del pueblo el Neocomiense)

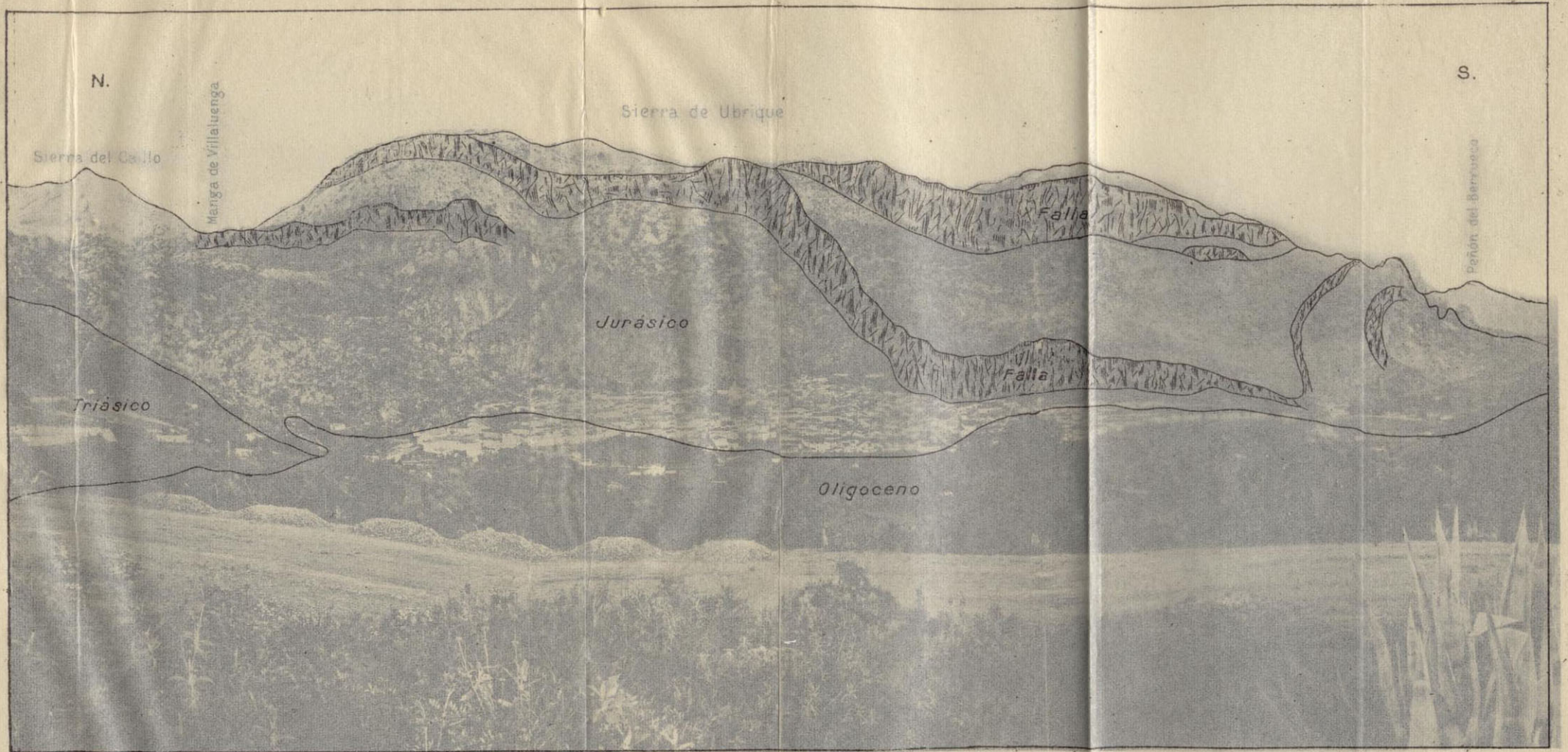


Fotografía de Hauser y Meser, Madrid

GRAZALEMA

La Sierra del Endrinar (Jurásico), y los orígenes del Guadalete.

(A la derecha de la fotografía, en Peñón Grande, asoman las calizas liásicas, y por debajo del pueblo el Neocomiense)



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

### UBRIQUE

Las sierras del Caílo y de Ubrique y la Manga de Villaluenga. (Jurásico).



Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

UBRIQUE

Las sierras del Caillo y de Ubrique y la Manga de Villaluenga. (Jurásico).

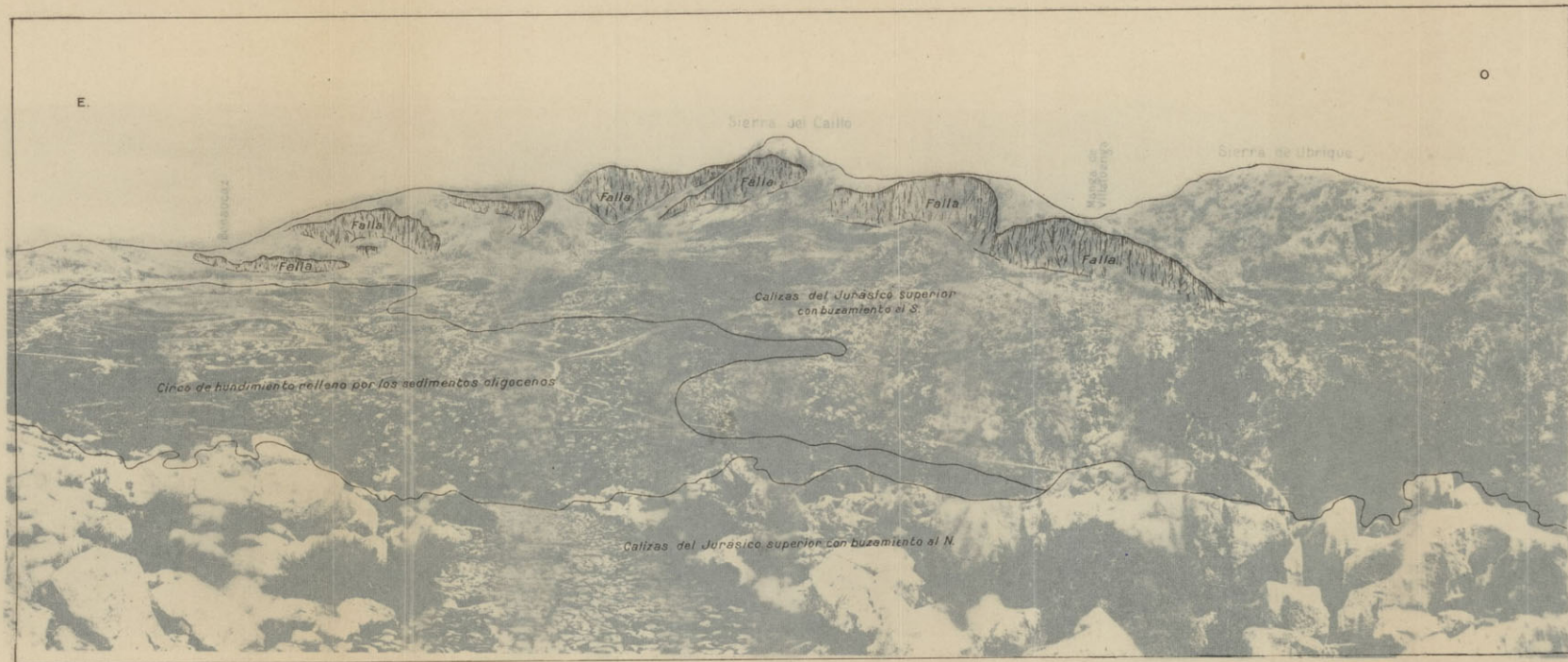


Fotografía de Hauser y Menet.-Madrid

**BENAOZ**

El Circo de Benaoz (Oligoceno), entre las sierras del Endrinar y del Caílo (Jurásico) la Manga de Villaluenga y la Sierra de Ubrique (Jurásico).





Fotografía de Hauser y Menet.-Madrid

**BENAOCÁZ**

El Circo de Benaocaz (Oligoceno), entre las sierras del Endrinar y del Caillo (Jurásico), la Manga de Villaluenga y la Sierra de Ubrique (Jurásico).

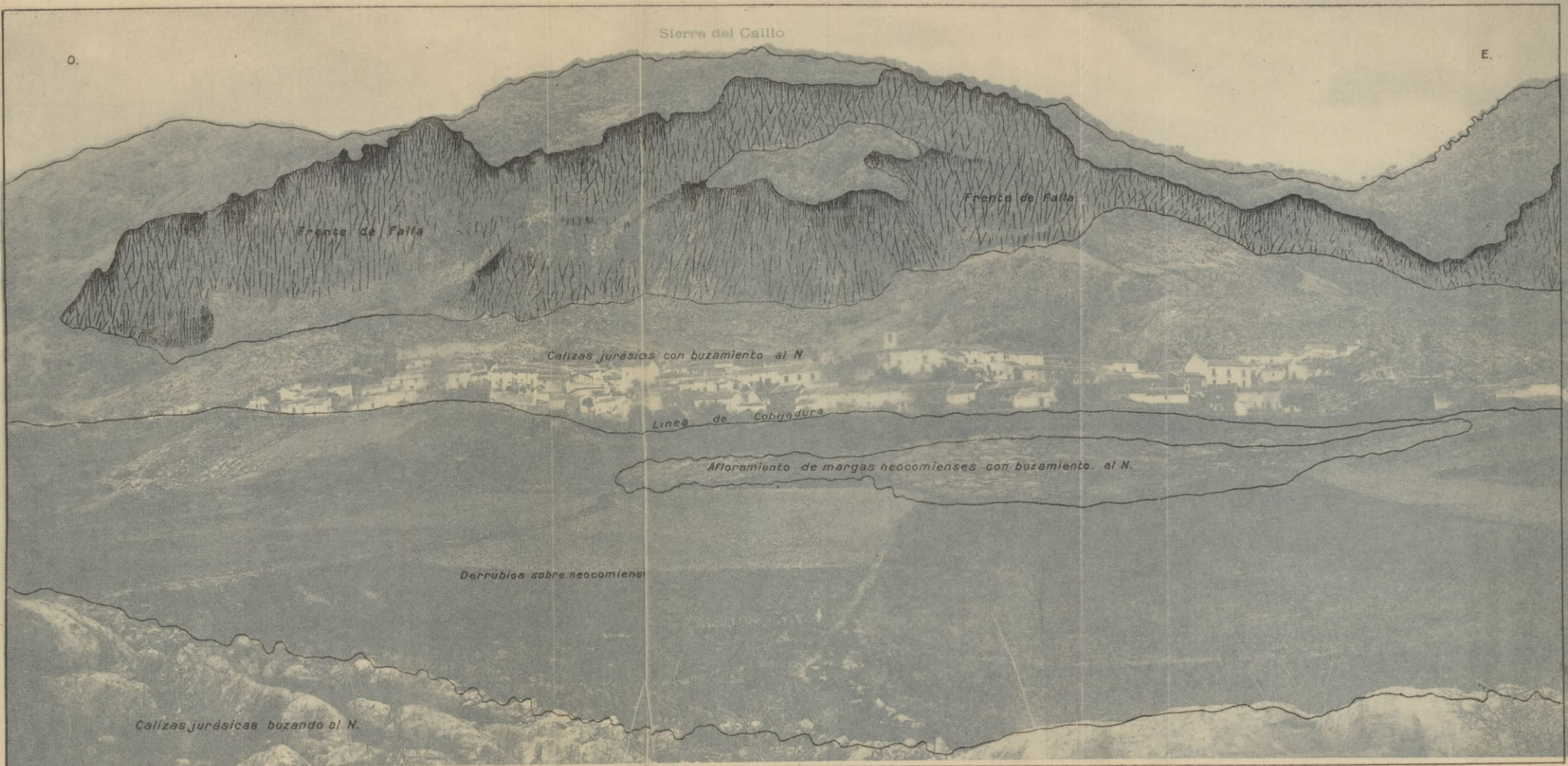


Sierra del Caillo

Fototipia de Hauser y Menet.-Madrid

VILLALUENGA DEL ROSARIO

La Sierra del Caillo. (Jurásico, y por debajo del pueblo, las margas neocomienses).



Fotografía de Hanser y Menet-Mastrad

VILLALUENGA DEL ROSARIO  
La Sierra del Callo. (Jurásico, y por debajo del pueblo, las margas neocomienses).

# MAPA DE LA SERRANÍA DE GRAZALEMA (PROVINCIA DE CÁDIZ)

POR D. JUAN GAVALA Y LABORDE

INGENIERO DE MINAS

MADRID, 1917.

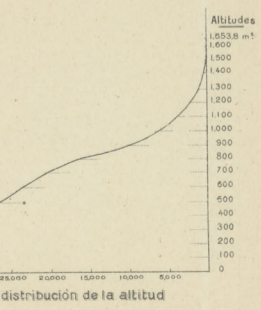


### Principales cumbres de la Serranía por orden de altitud

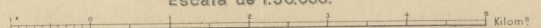
Sierra del Pinar	1.653.8
Monte Simancón	1.565.6
Cerro de S. Cristobal	1.555.0
Sierra del Caño	1.396.7
Los Pinos (Sierra de Libar)	1.394.0
Las Lomas	1.356.7
Monte Prieto	1.352.5
Sierra del Blanquillo	1.295.4
Sierra de Zafalgar	1.290.0
Puntal de la Raya	1.257.1
Mesas de Libar	1.217.6
Sierra Margarita	1.164.6
Atalaya del Pajaraco	1.095.7
Sierra de Albarracín	972.3
Adrión de la Silla (Pico)	904.9
Peñón del Barrueco	892.0
Cambrónera	861.1

### Distribución de la altitud

Entre 100 y 200 metros	192 H.
200 y 300	3.768
300 y 400	4.696
400 y 500	3.166
500 y 600	2.948
600 y 700	3.300
700 y 800	4.138
800 y 900	6.286
900 y 1000	3.714
1000 y 1100	2.056
1100 y 1200	1.784
1200 y 1300	1.336
1300 y 1400	366
1400 y 1500	368
1500 y 1600	46
1600 y 1653.8	24
<b>Total</b>	<b>40.396 H.</b>



Escala de 1:50.000.



Este mapa se ha basado en datos facilitados por el Instituto Geográfico y Estadístico.

# MAPA GEOLOGICO DE LA SERRANIA DE GRAZALEMA

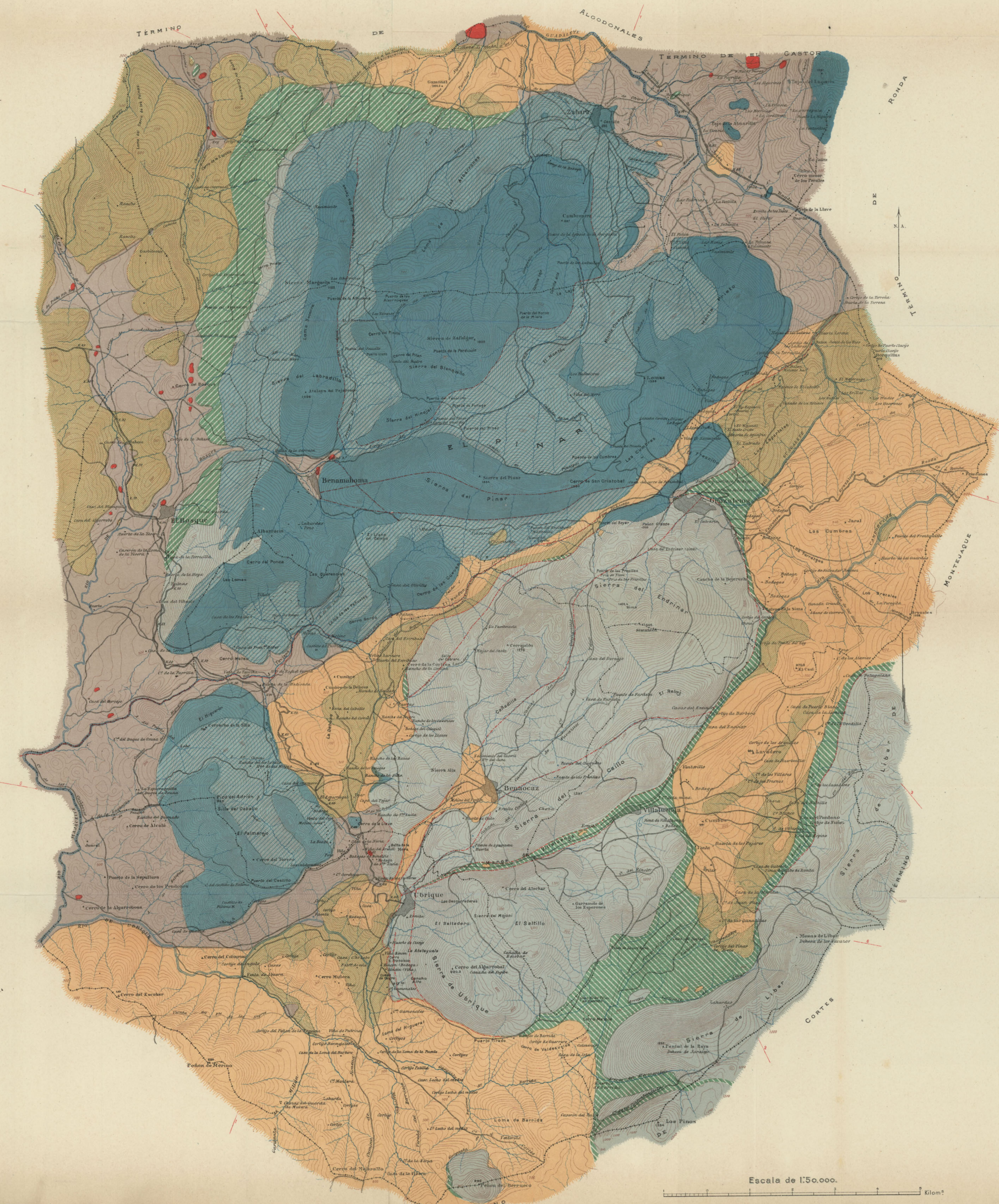
(PROVINCIA DE CÁDIZ)

POR  
D. JUAN GAVALA Y LABORDE  
INGENIERO DE MINAS

MADRID. 1917.

## EXPLICACION Y ESPESORES RELATIVOS DE LOS TERRENOS

Escala 1:5.000



- OLIGOCENO
  - Arenisca del Aljibe
- EOCENO
  - Flysch
- CRETACEO
  - Flysch
  - Valanginiense
  - Titónico
  - Kimeridgiense?
  - Oxfordiense?
  - Calloviense?
  - Dogger?
- JURASICO
  - Toarciense
  - Charmutiense
- LIASICO
  - Sinemuriense
- TRIASICO
  - Keuper

Areniscas silíceas de grano variable, color amarillento o rojo, con intercalaciones de arcillas verdes y rojas.
Calizas tabulares silíceas de color pardo claro con bancos de tonos grises (La de Numa, etc.). Margas blancas y rojas con fragmentos de restos silíceos.
Margas blancas y rojas con fragmentos de restos silíceos.
Calizas masivas y de color de hueso con fósiles del tipo...
Calizas masivas y de color de hueso con grandes lentillas de cristales octaédricos del mismo color.
Calizas en tonos gris amarillentos.
Calizas marmóreas de fractura concava y color anulado o concéntrico claro con vetillas de calcita.
Calizas arenosas.
Calizas marmóreas de fractura concava y color anulado o concéntrico claro con vetillas de calcita.
Calizas magnesianas, negras y de color pardo. Carniolitas.
Margas abigarradas y calizas tabulares concéntricas.
Yesos de diversos colores.
Areniscas cuarzosas amarillentas y rojizas.
Yesos y arcillas. Etc.

Hipogénico ONLAS

Linea de falla

Lineas de cortes

Escala de 1:50.000.

Kilom.

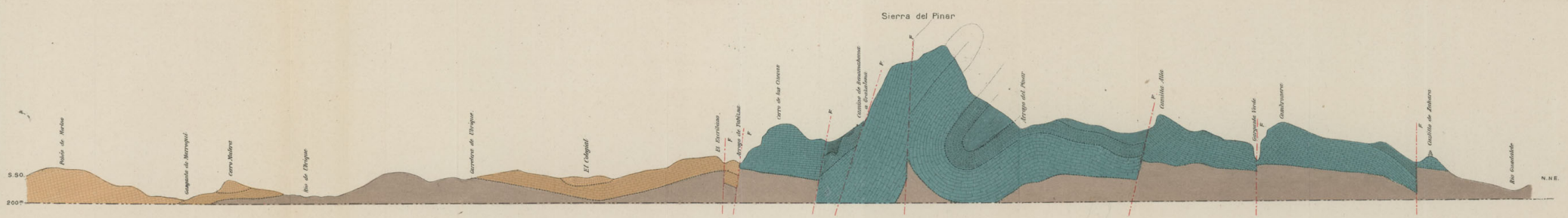
# CORTES GEOLÓGICOS DE LA SERRANÍA DE GRAZALEMA

(PROVINCIA DE CÁDIZ)

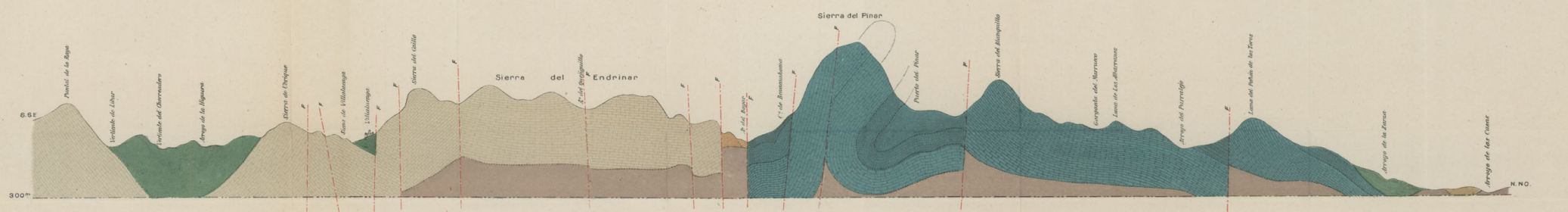
POR  
D. JUAN GAVALA Y LABORDE

INGENIERO DE MINAS

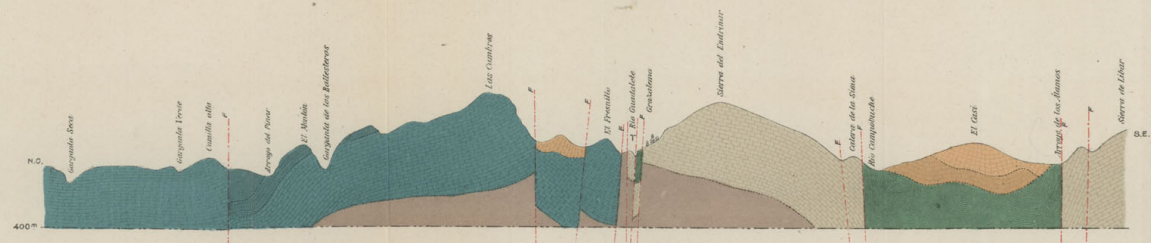
MADRID, 1917.



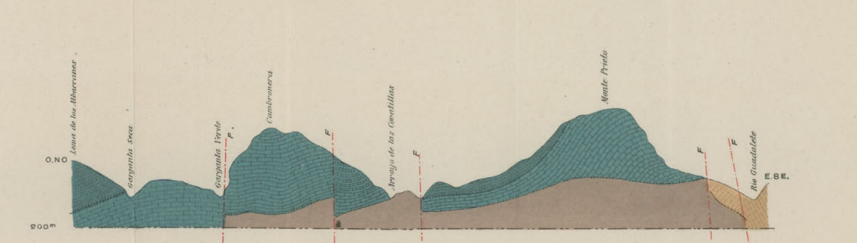
CORTE Nº 1: DESDE EL PEÑÓN DE MERINO AL CASTILLO DE ZAHARA.



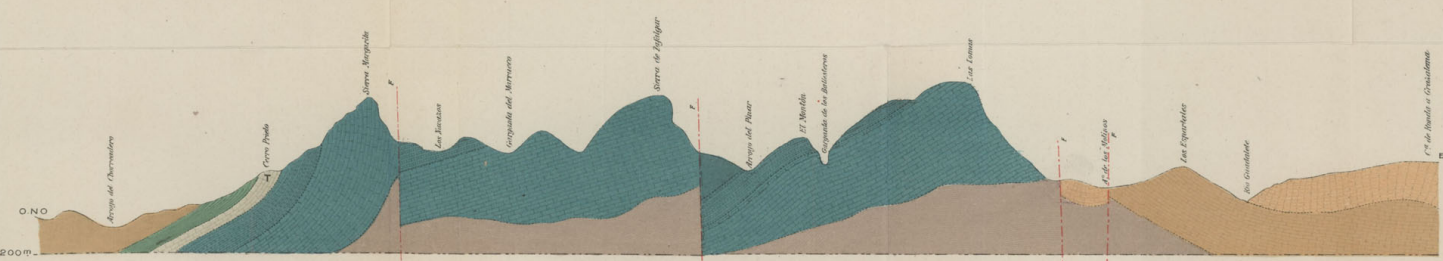
CORTE Nº 2: DESDE EL PUNTA DE LA RAYA (SIERRA DE LIBAR) AL PEÑÓN DE LOS TOROS.



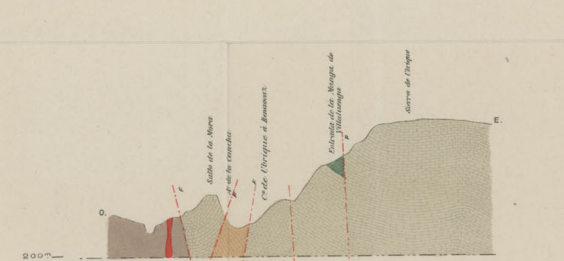
CORTE Nº 3: DESDE EL MONTÓN A LA SIERRA DE LIBAR PASANDO POR GRAZALEMA.



CORTE Nº 4: DESDE LA CAMBRONERA A MONTE PRIETO.



CORTE Nº 5: DESDE SIERRA MARGARITA A LA CUMBRE DE LAS LOMAS.



CORTE Nº 6: DESDE EL SALTO DE LA MORA A LA SIERRA DE UBRIQUE.

ESCALA { horizontal 1:50,000  
vertical 1:25,000

- Oligoceno-Arenas y arcillas
- Numulítico-Arcillas y calizas
- Neocomiense-Margas

- Jurásico superior-Calizas T. Masera.
- Lias-Triás superior-Margas y arcillas.
- Lias-Triás medio-Calizas tuberosas con sílice.

- Lias-Triás inferior-Calizas compactas.
- Triásico superior-Calizas, margas y yesos
- Hipogénico-efluvia

--- Faltas

DATOS PARA EL ESTUDIO  
DE LA  
REGIÓN HULLERA  
DE LA PROVINCIA DE BURGOS

por

D. Rafael Sánchez Lozano.

# Datos para el estudio

de la

## Región hullera de la provincia de Burgos.

El presente trabajo, resultado de estudios realizados hace ya bastantes años, se ha dividido en dos partes: la primera consta de una reseña histórica de las publicaciones y datos inéditos existentes en el archivo del Instituto Geológico, relativos a la comarca hullera de la provincia de Burgos, y de una descripción geográfica de la misma comarca, basada en la distribución de los diferentes terrenos geológicos que figuran en el mapa que acompaña a esta primera parte.

La segunda parte comprenderá la descripción geológica y la minera, y verá la luz pública luego que nuestros datos se complementen con otros recientes de carácter industrial resultantes del estudio que, oficialmente, se está efectuando por el personal del distrito minero de Palencia.

### RESEÑA HISTÓRICA

En los derrames del extremo occidental de la cordillera Ibérica, dentro ya de la provincia de Burgos, preséntanse algunos asomos de terreno hullero, que si bien son de reducida extensión, no carecen de interés geológico y relativo valor industrial.

La existencia de la formación carbonífera en la comarca burgalesa se conoce desde la primera mitad del pasado siglo; en el año de 1841, D. Felipe Naranjo y Garza, a la sazón ayudante segundo del Cuerpo de Ingenieros de Minas, publicó una *Reseña*



*geognóstica y minera de una parte de la provincia de Burgos* (1), en la que menciona «la hulla o carbón de piedra del término de Pineda, distante siete leguas de la capital», siendo de notar que aun cuando no describe el terreno carbonífero, le representa en un mapa que acompaña a su trabajo, si bien con extensión mucho mayor de la que en realidad tiene, puesto que supone que forma una mancha de más de 27 quilómetros de amplitud, medida de Este a Oeste, cuyo límite pasa próximo a los pueblos de Lara, Cubillo del Campo, Hontoria de la Cantera, Villasur, Villamoria, Villaescusa, Castil de Peones, Pañuelos y Quintanilla de S. García, y continúa por fuera de la zona representada en el mapa, apareciendo en éste la mancha carbonífera envuelta por la caliza terciaria de agua dulce.

Veremos luego que la distribución y variedad de las formaciones en esta comarca dista mucho de la supuesta por el Sr. Naranjo; pero, de todos modos, el mapa en cuestión es de interés histórico para el estudio de los terrenos de la provincia de Burgos, puesto que debe estimarse como el primer bosquejo geológico de la extensa región comprendida entre el Pisuerga en su curso desde Aguilar de Campoo hasta Astudillo y el Ebro desde Cubillo hasta Trespaderne.

Tres años después, otro Ingeniero del Cuerpo e infatigable publicista, D. Joaquín Ezquerro del Bayo, insertó en el *Boletín Oficial de Minas* (2) un trabajo relativo al carbón de piedra de Castilla la Vieja, pero no hace referencia al de Burgos, sin duda alguna porque todavía no se explotaban las minas de combustible mineral en la provincia.

El descubrimiento del carbón en la comarca de Juarros, se atribuye a un vecino de San Adrián, llamado Ramón Andrés, quien parece ser que allá por el año de 1844 dió comienzo a los trabajos mineros para explotarlo. Pero debió de asignarse al principio poca importancia al hallazgo, porque a los dos años el Ingeniero

(1) *Anales de Minas*, t. II, pág. 93.

(2) *Boletín Oficial de Minas*, 1844, pág. 185.

Ayudante de la Inspección-Gobierno de Burgos, D. José Grande, publicaba (1) una *Memoria sobre el estado de la minería del Distrito de la provincia de Burgos*, en la que, después de una excelente reseña y descripción de las minas que en ella se explotaban entonces se dice lo siguiente: «También se han presentado en Pineda, y en la jurisdicción de Juarros, el primer punto a siete leguas y el segundo a cuatro, en la dirección Este-Sudeste de la capital, algunas capas de hulla, pero de tan corto interés hasta ahora, que no he creído debía hacer una descripción detallada de ellas, pues considero que ésta tendría mejor lugar en un trabajo geognóstico.»

No faltaron, sin embargo, en Burgos, hombres emprendedores que, ante la idea de explotar cerca de la capital el preciado combustible, formaron una Compañía para beneficiar cuatro minas de a cuatro pertenencias cada una, demarcadas en la zona comprendida entre San Adrián y Brieva, dando con esto motivo a que el mencionado Sr. Grande visitara la comarca, y a él se debe la primera descripción algo precisa del terreno hullero de Juarros. Supone este Ingeniero que la mancha en cuestión tiene una legua de longitud, no excediendo, por lo general, su latitud, de medio cuarto de legua; considera compuesta la formación carbonífera por capas de arenisca bastante consistente, y dice que «entre ellas se encuentran las de hulla, de buena calidad, y en número considerable, pero de corto espesor; pues éste es por lo común de un pie y pocas veces de pie y medio, llegando, sin embargo, en algún punto hasta una vara de potencia», consigna luego algunos datos relativos a las direcciones y pendientes de los estratos, y hace constar que en un cerro inmediato a Brieva se inclinan hasta 75°, desapareciendo el carbonífero por debajo del jurásico, con marcada discordancia, y por fin resume su trabajo en la forma siguiente: «Se ve, por lo que queda expuesto, que tanto por su corta extensión como por el poco espesor de las capas de hulla, no puede el criadero de San Adrián figurar en la escala que ocupan, en general, los de su clase, ni aspirar a un alto grado de importancia en el

(1) *Anales de Minas*, t. IV, 1846, pág. 235.

desarrollo de la industria en puntos aún no muy distantes; pero debe ser, repetimos, un elemento de prosperidad para la provincia en que se encuentra situado. Veremos, más adelante, confirmadas las observaciones geológicas del Sr. Grande por otros estudios más minuciosos y recientes, y cómo, después de un examen más detenido resulta robustecida la opinión de este Ingeniero de Minas, el primero que hubo de estudiar aquella cuenca desde el punto de vista industrial.

En diciembre de 1852 M. De Verneuil daba cuenta a la Sociedad Geológica de Francia de su viaje por España, realizado en el mismo año, en compañía de M. C. Collomb (1) y, al tratar del sistema carbonífero, describe muy concisamente el de Burgos, sin fijar sus límites, diciendo que está formado por masas de areniscas y arcillas pizarreñas, con indicios de carbón y con plantas evidentemente hulleras, y además indica que en las areniscas encontró un *Spirifer* pequeño, con lo que se demuestra que el depósito se sedimentó en las aguas del mar.

No pasó inadvertido el descubrimiento de las hullas de Pineda, Brieva y San Adrián, para los buscadores de minas, pues al poco tiempo, según consta en las Estadísticas Mineras, se explotaba también el combustible en Villasur y Alarcia, dando con esto motivo a suponer que el terreno hullero debía formar una extensa mancha, sin solución de continuidad, y así se representa en un mapa de la Península, publicado en el tomo VII de la *Revista Minera*, donde aparecen indicados por D. Guillermo Schulz los terrenos de combustible de España, y es interesante anotar que en el mismo tomo se inserta (2) una cubicación de las cuencas carboníferas españolas, y se supone que en las provincias de Burgos y Soria el terreno carbonífero alcanza *acaso 40 leguas cuadradas*, cuya octava parte se considera explotable, con 20 millones de toneladas cada una, resultando, en consecuencia, un total de 100 millones de toneladas.

(1) *Bull. Soc. Géol. de Fr.*, 2.<sup>a</sup> ser., 1852-1853, pág. 125.

(2) *Revista Minera*, t. VII, 1856, pág. 10.

En uno de los primeros mapas geológicos referentes a nuestro suelo, estampado en Francia (1), figura el terreno en cuestión, formando un isleo muy pequeño al Sudoeste de Villasur. Publicáronse luego, en un período de seis años, a partir del de 1863, el mapa geológico de España de D. Amalio Maestre y las dos ediciones del de los señores De Verneuil y Collomb, representándose en todos el carbonífero de Burgos con una mancha de extensión algo excesiva.

Emprendióse después la publicación del *Boletín del Mapa Geológico de España*, y en el tomo tercero (2) el ingeniero D. Pedro Sampayo hace ya un estudio más detenido del terreno carbonífero burgalés, e indica los términos de los pueblos por donde se extiende, y aun cuando al trabajo no acompaña ningún mapa, es de interés consignar que en las oficinas del Instituto geológico se conserva uno inédito del mencionado Ingeniero, donde figura el hullero de Burgos formando una mancha cuyo límite Norte corre de Oeste al Este, pasando por los pueblos de San Adrián de Juarros, Villasur de Herreros, Úzquiza, Alarcia, Valmala y Soto del Valle; se encorva luego al Sur y sigue paralelamente al límite de la provincia de Logroño, pasando por el alto de *La Trigaza* hasta llegar al confín de los partidos de Salas y Belorado, desde cuyo punto vuelve al Oeste y pasa como a un kilómetro al Sur de Pineda para salvar luego el alto de *La Concha*, y seguir hasta San Adrián, quedando un kilómetro al Sur los pueblos de Villamiel, Cabañas y Santa Cruz de Juarros.

Con forma semejante a la que le asigna el Sr. Sampayo, pero con superficie algo más extensa, puesto que por el Norte se le hace llegar hasta Arlanzón, y por el Sur rebasa los pueblos de Palazuelos y Tinieblas, le representa D. Juan Manuel de Aránzazu en su *Bosquejo geológico de las provincias de Burgos, Logroño, Soria y*

(1) *Carte géologique d'une partie de l'Espagne*, par M. M. De Verneuil, Collomb, et de Lorière.

(2) *Bol. Com. M. Geol.*, t. III (1876), pág. 126: «Datos geológico-mineros de la provincia de Burgos», y pág. 353: «Algunos datos de la cuenca carbonífera de Juarros», por D. Mariano Zuaznavar.

*Guadalajara* (1), siendo, por lo demás, muy concisas las noticias que da relativas al terreno carbonífero; pero debe tenerse en cuenta que el trabajo del Sr. Aránzazu, aun cuando publicado con posterioridad, es de fecha anterior al del Sr. Sampayo.

En el año de 1884 publicó el autor del presente trabajo una nota acerca de la geología de la provincia de Burgos (2), en la que, al tratar del terreno carbonífero, hizo notar que, a consecuencia de la enérgica denudación que sufrió la comarca en épocas posteriores a su depósito, sólo han quedado diseminados sobre el siluriano jirones hulleros de corta extensión, que se encuentran formando tres manchas: una en San Adrián, otra en Alarcia y la tercera en Pineda, dispuestas en la forma que se indica en el Mapa geológico de España, en escala de 1: 400.000, publicado por la Comisión en 1889. Y aun cuando en realidad es exacto que son tres los manchones carboníferos de Burgos, y que corresponden a los referidos parajes, lo cierto es que si se comparan los que figuran en el referido mapa con los del plano que ahora damos, se observarán diferencias notables en sus formas y extensión.

Estudios muy detenidos acerca de la geología de la provincia que nos ocupa, se deben al geólogo francés M. Larrazet, quien, durante el período de tiempo comprendido desde 1886 a 1894, hubo de practicar frecuentes excursiones por tierra burgalesa, publicando luego sucesivamente el resultado de sus observaciones en tres notables trabajos (3). Lástima grande que a su labor no acompañen mapas geológicos en mayor escala y con más detalles topográficos; el correspondiente a la región en que se halla

(1) *Bol. Com. M. Geol.*, 1.<sup>a</sup> ser., t. IV, 1877, pág. 1.

(2) *Bol. Com. M. Geol.*, 1.<sup>a</sup> ser., t. XI, pág. 71: «Breve noticia acerca de la geología de la provincia de Burgos».

(3) 1893. *Note sur la constitution géologique de la province de Burgos*. (Bull. de la Soc. Géolog. de Fr. Comptes-rendus somm. juin 1893).

1894. *Notes stratigraphiques et paléontologiques sur la province de Burgos*. (Bull. de la Soc. Geolog. de Fr., 3.<sup>a</sup> serie, t. XXII, p. 366).

1896. *Thèses présentées à la Faculté de Sciences de Paris*. Recherches géologiques sur la région orientale de la province de Burgos et sur quelques points des provinces d'Alava et de Logroño.

el terreno carbonífero de Burgos es un croquis en escala de 1: 400.000 (1), donde se indican los pueblos de la comarca y sus diversas formaciones geológicas, pero sin la hidrografía ni orografía. Así y todo, el mapita en cuestión es el más exacto de los publicados hasta ahora, bien que si se le coteja con el nuestro en escala de 1: 50.000 se observarán diferencias de alguna entidad en la forma y disposición, no sólo de las manchas carboníferas, sino también en las de los demás terrenos geológicos.

No debe estimarse, sin embargo, nuestro mapa como obra acabada y perfecta, ya que, en realidad, no es más que un croquis, deficiente todavía, pero sin duda alguna más completo y exacto que los que le han precedido.

Para formarlo nos han sido de gran utilidad los datos que, generosamente, nos han sido facilitados por la Sociedad minera inglesa «The Sierra Company», por la Diputación provincial de Burgos y por las oficinas del Distrito Minero. Con estos antecedentes convenientemente completados por observaciones propias, se ha compuesto el croquis topográfico, base del presente estudio.

Volviendo ahora a la obra de M. Larrazet, diremos que este geólogo describe el carbonífero burgalés, considerando agrupadas las manchas de este terreno en tres regiones (2) que denomina oriental, central y occidental: comprende la primera las cuencas de Valmala y Alarcia; la segunda, las cuencas hulleras de Villasur, de Herreros y de Pineda, y la tercera, abarca los pequeños asomos de Brieva y San Adrián de Juarros.

Al estudiar la región oriental, llama la atención acerca de las notables dislocaciones que afectan las capas hulleras de la cuenquecita de Valmala, que estima muy escasa en combustible, y la refiere al tramo Estefaniense, consignando, por otra parte, la exis-

(1) Este mapa se ha reproducido en el tomo II de la 2.<sup>a</sup> serie del *Bol. de la Com. del M. Geol. de España*, pág. 122, y corresponde al trabajo traducido de M. Larrazet: «Notas estratigráficas y paleontológicas acerca de la provincia de Burgos».

(2) *Thèses présentées à la Faculté de Sciences de Paris*, pág. 52.

tencia en ella de sedimentos marinos cerca de Valmala, que incluye en el tramo Dinantiense. Al Estefaniense superior refiere la inmediata cuenca de Alarcía, que considera mucho más rica en hulla, habiendo recogido además en ella algunos restos de vegetales fósiles que fueron determinados por M. Renaud.

En la región central, el carbonífero se presenta, según el mencionado geólogo, con mayor extensión, siendo, con mucho, la más importante, sobre todo por el gran desarrollo de las pudingas y areniscas. El terreno hullero penetra profundamente en el macizo de «La Demanda» por la parte de Pineda, y corresponde también al tramo Estefaniense.

Y por fin, supone que la región carbonífera occidental ha quedado reducida, por efecto de enérgicos derrubios, a algunos afloramientos poco importantes en tierra de Juarros, donde se encuentran algunas jacillas de plantas pertenecientes al tramo Estefaniense superior.

Tal es el resumen del notable trabajo de M. Larrazet en lo que hace referencia al terreno carbonífero de Burgos, y no teniendo noticia de que posteriormente se haya publicado ningún otro relativo al mismo asunto, daremos por terminada esta reseña histórica.

## RESEÑA GEOGRÁFICA

De indudable interés geográfico es la comarca que vamos a estudiar, puesto que corresponde a la región montañosa que separa las vertientes oceánica y mediterránea de la Península; la línea divisoria de estas vertientes penetra, en efecto, por el cerro de San Millán, que entre Barbadillo de Herreros y Pradoluengo se eleva hasta 2.134 metros de altitud, y sigue en dirección al Noroeste hasta rebasar la comarca por entre Alarcía y Valmala, donde sólo alcanza 1.226 metros, de suerte que, si se atiende a la diferencia de 908 metros entre estas dos altitudes, y si se tiene además en cuenta la distancia de unos diez quilómetros que en proyección horizontal separan los dos puntos a ellas correspondien-

tes, resulta una pendiente media de más del nueve por ciento en la divisoria, dato que puede servir para formar idea del pronunciado relieve topográfico de la región que nos ocupa.

En la vertiente mediterránea son tributarios del río Tirón, afluente del Ebro por su derecha, varios ríos y arroyos de escaso caudal, de los cuales corresponden a la comarca que nos ocupa los siguientes: el río de Pradoluengo, que recoge sus aguas en los barrancos que parten de la Sierra de La Demanda de Pradoluengo, siendo uno de los más importantes el del arroyo Lacedal o del Acebal, que afluye por la derecha. Circula el referido río con régimen torrencial, por el terreno siluriano y poco antes de llegar a Pradoluengo corta un asomo ofítico, al cual sigue una estrecha faja de arenisca triásica, que sirve de asiento a las carñiolas del triás superior sobre que se asienta la población, en la que aparece también un afloramiento ofítico. A poca distancia surca el río los bancos de conglomerados terciarios, reuniéndose al río de Fresneda algo más abajo, ya cerca de Ezquerria, donde se ha instalado una fábrica de luz eléctrica que surte a Pradoluengo.

Al Oeste del río de Pradoluengo se encuentra el Mayor, cuyas aguas proceden de las barrancadas silurianas que parten de los altos de la Trigaza y San Millán. El primer poblado que encuentra en su curso es Santa Cruz del Valle, y luego, a poca distancia, está el de Soto, siendo de notar que entre estas dos poblaciones determina el río el límite de una faja hullera que comienza en los cerros de la vertiente izquierda, mientras que los de enfrente o de la derecha están formados por pizarras y cuarcitas silurianas. Ya en Soto, cruza las dolomías y calizas triásicas y jurásicas, para entrar luego en los conglomerados terciarios, cerca de Garganchón.

Son afluentes del río Mayor: por la derecha, el arroyo Gútia, que se le une cerca de Garganchón, y por la izquierda, el río Tirador, que nace en las cuevas de Valmala, y sigue desde este pueblo paralelamente a la carretera hasta unirse al Mayor, cerca de Soto.

La más importante de las corrientes pertenecientes a la cuenca del Duero, dentro del territorio que nos ocupa, es el río Arlanzón,

cuyo curso desde su nacimiento en la divisoria de Puerto Manquillo, hasta Ibeas de Juarros, es de unos 38 kilómetros. Circula este río por un profundo valle dominado en su vertiente derecha por los cerros de San Millán y La Trigaza, y en la izquierda, por los de San Cristóbal (1.745 m.), de Crucejas (1.835 m.), Piedranegrilla (1.860 m.) y Concha de Pineda (1.900 m.); su curso es muy sinuoso desde el origen, en la divisoria de Puerto Manquillo, hasta el Molino Palombero, pero en conjunto se dirige al Noroeste. Pasa por Pineda de la Sierra, primer pueblo que encuentra en su camino, y durante el trayecto desde la divisoria hasta el citado molino discurre primero sobre las rocas silurianas hasta el arroyo Ermitas, donde corta una zona de 800 metros de conglomerados carboníferos; entra luego otra vez en el siluriano en un trecho de 1.400 metros, para circular en seguida por rocas hulleras, antes de llegar a Pineda, siguiendo por ellas en 3.500 metros de su curso. Vuelve de nuevo a pasar por el siluriano en el arroyo de las Horiscadas, siguiendo por este terreno, en dos kilómetros de curso, y luego vuelve a entrar en el carbonífero, surcándolo en un trayecto de 2.100 metros hasta muy cerca del molino Palombero.

Desde este molino cambia la dirección del curso del río al Norte, hasta llegar a Villorobe, donde se inicia una amplia curva, en la que se encuentran los pueblos de Herramel y Úzquiza, y desde este último marcha siempre al Oeste, hacia Burgos, pasando por Villasur, Arlanzón e Ibeas. El cauce del río en la porción comprendida desde el molino Palombero hasta 1.400 metros antes de llegar a Villasur, está abierto en rocas silurianas; cruza luego 700 metros de terreno carbonífero, y después sigue un corto trecho sobre las capas triásicas ocultas por glera en el cauce. Desde Villasur hasta Arlanzón forman su vertiente derecha escarpados cerros de calizas y margas liásicas, quedando en la izquierda una estrecha vega formada por los aluviones del río y limitada por el borde de una meseta de depósitos diluviales que se extiende hasta los pueblos de Brieva de Juarros, Salguero y Mozoncillo.

Entre los innumerables barrancos que afluyen al Arlanzón hasta que llega a Úzquiza, consignaremos los siguientes: en la vertiente

derecha, desde su origen hasta Pineda, el arroyo Ermita y el barranco Malo, que comienzan en el terreno siluriano y luego siguen por los conglomerados carboníferos hasta que confluyen al Arlanzón; entre Pineda y el molino Palombero están los arroyos Vaqueros, Perrullazo y de las Horiscadas, también de suelo siluriano en las cumbres y hullero en la parte baja; los arroyos Caminillo, Talbaita y Matarrubias en el siluriano; los arroyos Matón, Espinarejo y Pesquera, que, como los primeros, cortan las rocas carboníferas al reunirse al río principal, y, por fin, el arroyo Galarza en el siluriano. Son afluentes por la misma vertiente derecha, en el trayecto comprendido desde el molino Palombero hasta Uzquiza, los arroyos Bavalva, Pozo de las Vacas, La Retuerta, Temprados, Majada de Rubano, Bladillo y el río Truchuelas, más importante que los anteriores, y que se une al Arlanzón, cerca de Herramel. Todas estas corrientes discurren por los materiales silurianos, mientras que, pasado Herramel, hay otra que baja de Alarcia, naciendo en el terreno carbonífero para seguir después por el siluriano en 2.700 metros de recorrido.

Los barrancos de la derecha del Arlanzón, en la región comprendida entre Úzquiza y Arlanzón, son todos de poca importancia y sólo merece consignarse uno que, abierto en el terreno jurásico, baja desde Galarde, con el nombre de arroyo de Valdecarros.

Son afluentes al Arlanzón por la vertiente izquierda, desde su origen hasta Pineda: el arroyo de las Herrerías que discurre desde su origen por el siluriano para cortar luego una estrecha faja triásica, a la que sigue una zona de terreno hullero, penetrando por fin otra vez en el siluriano poco antes de unirse al Arlanzón, a unos tres kilómetros y medio de la divisoria de Puerto Manquillo. Muy cerca de Pineda desemboca el arroyo Canalejas, que, como el anterior, nace en el siluriano; corta también la faja triásica antes referida y continúa por el carbonífero hasta el río principal.

Entre Pineda y el molino Palombero se encuentran en la vertiente izquierda de que se trata los arroyos San Llorente y Quiñones, en el carbonífero; el Canalejas, que comienza en el hullero y

afluye al Arlanzón por terreno siluriano, y los arroyos Valdesoldo, de los Prados nuevos y de San Pedro, que corresponden a barrancos del carbonífero.

Los arroyos que afluyen al Arlanzón por la izquierda desde el molino Palombero hasta que llega a la mancha hullera de Villasur son de poca importancia y están todos en el siluriano.

Poco antes de llegar a Villasur vierte al Arlanzón por la izquierda el arroyo Aguatraca, procedente de la sierra siluriana de Urrez, donde nace, para seguir luego en dirección al Norte a través de los terrenos triásico y jurásico, hasta su confluencia con el río principal. Como a un quilómetro antes de Villasur, se reúne al arroyo Aguatraca el de Peñamedrosa o de Quintanar, el cual circula por el terreno hullero; en su región alta se denomina arroyo de los Lobos, y a él afluyen por su derecha los arroyos de Valdesdor, Prado de Alcabeña, Palancar, Vallehondo, de los Pies y de la Cruz, y por la izquierda, los arroyos de Valdefraguas, Mosquilles y de los Mosquitos, todos ellos, como se ha indicado, en el terreno hullero, sobre el cual existen varias concesiones mineras.

Entre Villasur y Arlanzón, afluyen al río de este nombre, por su izquierda, los arroyos de Valdegados y de Fonceda, que en todo su curso marchan sobre el terreno diluvial.

Por la parte occidental de la región objeto de nuestro estudio es afluente de la izquierda del Arlanzón un arroyo que nace en las alturas comprendidas entre Matalindo y Santa Cruz de Juarros, y que en sus 16 quilómetros de curso recibe nombres diferentes; denominase arroyo Cabrera, en la parte comprendida desde el origen hasta Brieva de Juarros, y en este trayecto circula en dirección Norte-Sur por el fondo de un barranco, cuyas laderas occidentales están formadas por las areniscas del triásico inferior, mientras que las orientales pertenecen a las carñiolas de la parte alta del mismo sistema triásico.

En Brieva toma e nombre de este pueblo, siendo ya de régimen permanente por aumentar su caudal con las aguas de una fuente abundante que brota al pie del mencionado pueblo; corta luego el

río el terreno carbonífero en un trecho de unos 800 metros, y después vuelve a circular por la línea de separación entre las areniscas triásicas y las carñiolas, si bien cambia de dirección al Oeste-Noroeste. Más abajo pasa por Salgüero, para seguir por Mozoncillo y San Millán, y se le denomina río de Mozoncillo.

Los barrancos de la izquierda del río de Brieva pertenecen en parte a la cuenca hullera de Juarros, siendo los arroyos principales los siguientes: al Sur de Brieva se encuentran los del Horcajo y de Vallejollero, que se reúnen en el arroyo Retortillo, el primero nace en el terreno carbonífero, pero la mayor parte de su curso está en el siluriano, y el de los otros dos en este último. Al arroyo Retortillo afluye por su derecha el de Matoviejo, casi todo él en terreno carbonífero. Más abajo del Retortillo se encuentra el de Valleluengo, de vertientes silurianas en su origen y hulleras después; a éste siguen los arroyos de la Armonita, de Hoyopardo, las Cerradas y el de las Cerradillas, que circulan por quebras del hullero y cortan después a las areniscas triásicas al unirse al río de Brieva. Cerca de Salgüero, vierte al río de Brieva, por su izquierda, el arroyo de San Adrián, al Poniente de los afloramientos carboníferos de Juarros. Más abajo, y hacia la confluencia con el Arlanzón, se encuentra en la misma vertiente el arroyo de Cueva, cuyas aguas proceden, en gran parte, de una abundante fuente que brota en las calizas jurásicas inmediatas al pueblo de su nombre; a este arroyo afluyen otros que bajan de las alturas que dominan a Santa Cruz de Juarros, Matalindo y Cabañas, pueblos situados al Occidente y fuera de la comarca objeto de nuestro estudio.

No disponemos de datos precisos concernientes al caudal de aguas del río Arlanzón en las diferentes porciones de su curso; pero consignaremos, por ser de interés manifiesto, los resultados de los aforos practicados por el ingeniero de caminos D. Ramón de Aguinaga, que hizo detenidos estudios para la conducción de las aguas de este río a Burgos y para el aprovechamiento de un salto del mismo en el paraje conocido con el nombre de Peña Negra, aguas abajo y a poca distancia del molino Palombero. Según el mencionado Ingeniero, en la época de estiaje lleva el Ar-

lanzón, aguas arriba de la confluencia con el Buggedo, 417 litros por segundo, y entre Villasur y Arlanzón, donde está la toma de aguas para Burgos, 100 a 150 litros por segundo.

Es de interés consignar también que al entrar el río en las calizas secundarias antes de llegar a Arlanzón, tiene régimen subálveo por consecuencia de sumirse sus aguas al través de grietas, frecuentes en esta clase de rocas, volviendo a salir a la superficie en las fuentes de Arlanzón.

Cuando se practicaron los trabajos para la toma de aguas para Burgos por bajo el puente de Villasur, resultó comprobada la ocultación del río por la circunstancia de que, aparecieron turbias al cabo de algunas horas las fuentes de Arlanzón.

En relación evidente con el sistema hidrográfico, se halla la orografía de la comarca objeto de nuestro estudio, cuyo suelo, según ya se ha indicado anteriormente, es muy quebrado, encontrándose la parte más montañosa y elevada hacia la región meridional, donde aparece constituida por las pizarras y cuarcitas silurianas. El punto culminante es el cerro de San Millán (2.134 metros), del cual se derivan diferentes estribaciones, unas en dirección al Norte, en la depresión correspondiente al río de Alarcía y a los ríos Tirador y de Fresneda; otras al Oeste, que en rápida pendiente llegan hasta el Arlanzón, en la parte alta de su curso, hasta Herramel, y otras al Sur, que son las que vierten al río Pedroso en la parte de Barbadillo de Herreros. A la misma cordillera corresponden las sierras de la vertiente izquierda del Arlanzón, en la sección antes indicada, pues el río en cuestión circula por el fondo de una profunda quiebra abierta en las rocas silurianas; en esta vertiente de la izquierda no alcanza la sierra altitudes tan importantes como en la de la derecha, si bien uno de sus puntos culminantes, la cumbre del macizo denominado «La Concha de Pineda», formado por rocas pizarreñas, entre las que se intercala un extenso lentejón de caliza cristalina, se eleva hasta 1.900 metros sobre el nivel del mar.

Desde la Concha de Pineda se deriva una estribación, que en parte está formada por rocas carboníferas, limitada al Norte por el Arlanzón, en su recorrido desde Herramel a Villasur, y cortada

hacia su centro por el Collado de la Portilla. Otra estribación montañosa arranca del Oeste de la Concha de Pineda para formar una sierra siluriana no muy elevada, en cuyas faldas orientales, constituidas por una estrecha faja de areniscas triásicas, que se prolonga hasta Villasur, se asientan los pueblecitos de Cabañas, Matolino y Urrez.

El terreno comprendido entre estos pueblos y los de Brieva de Juarros, Salgüero, San Adrián y Santa Cruz, es también bastante quebrado, pero las montañas son poco elevadas; la región más riscalosa se encuentra en la manchita siluriana comprendida entre Brieva y Santa Cruz; el carbonífero y las areniscas triásicas que envuelven a esta mancha forman un suelo menos quebrado, y las calizas triásicas y jurásicas desgastadas por la acción de los derrubios, forman innumerables cerros y barrancos, por lo general de poca altura.

El espacio comprendido dentro del perímetro determinado por el Arlanzón, desde Villasur hasta Ibeas, y una línea que pasara por Mozoncillo, Salgüero, Brieva y Villasur, está constituido casi totalmente por una meseta diluvial, con ligera pendiente al Norte, de bordes escarpados en la vertiente al Arlanzón, desde el pueblo de este nombre para abajo, y también en la correspondiente al río Brieva. Esta meseta se halla surcada por algunos arroyos, y se eleva hasta unos cien metros sobre el río Arlanzón.

El extremo occidental de los montes de Oca penetra en parte de la comarca que se describe dentro de la región más septentrional; siguiendo el curso del río Arlanzón, aguas arriba, desde el pueblo de su nombre, se presentan por la izquierda escabrosas escarpas de calizas y margas jurásicas, que forman la vertiente meridional de los referidos montes de Oca, cuya parte más alta está formada por un espeso manto de terreno diluvial, que unas veces descansa sobre el jurásico y otras sobre los conglomerados de la base del terciario. El mismo manto diluvial se extiende por las cumbres situadas al Norte de Villasur, Úzquiza, y Alarcía, cubriendo ya al terreno carbonífero, ya al siluriano, y, por fin, por la parte septentrional de Valmala, Soto y Pradoluengo, se presenta

una región montañosa, que se extiende hasta Belorado, con profundas quebradas, abiertas la mayor parte en los bancos de conglomerado terciario, y a veces en las calizas secundarias.

Para completar esta sucinta reseña orográfica, consignamos a continuación las altitudes principales de la comarca, tomadas por medio del barómetro.

## CUADRO DE ALTITUDES

## POBLACIONES

	Metros.
Alarcia.....	1.240
Arlanzón.....	1.024
Brieva de Juarros.....	1.118
Barbadillo de Herreros.....	904
Burgos.....	851
Ibeas de Juarros.....	956
Matalindo.....	1.120
Pineda.....	1.204
Pradoluengo.....	1.024
Santa Cruz de Juarros.....	1.108
Santa Cruz del Valle.....	1.030
Soto.....	1.018
Urrez.....	1.132
Úzquiza.....	1.144
Valmala.....	1.084
Villasur.....	1.060

## PARAJES

Cerro de San Millán.....	2.134
Divisoria entre Valmala y Alarcia*.....	1.990
Divisoria entre Santa Cruz del Valle y Pineda*.....	1.900
Concha de Pineda*.....	1.900
Alto de Piedra Negrilla*.....	1.860
Alto de las Crucejas*.....	1.835
Alto de San Cristóbal al Oeste de Riocavado*.....	1.715 á 1.745
Alto de «Las Canalejas» de Pineda.....	1.480
Divisoria entre Pineda y Matalindo.....	1.420
Cantera de caliza siluriana de Pineda.....	1.396
Alto de la meseta al Norte de Alarcia.....	1.352
Divisoria de Puerto Manquillo, túnel.....	1.348
Fuente de la Cantera (Alarcia).....	1.300

Las altitudes señaladas con un asterisco han sido determinadas por M. Larrazet.

## Metros.

Alto de la cuesta de Valmala a Alarcia.....	1.264
Divisoria entre Villafranca, Montes de Oca y Villasur*.....	1.200
Divisoria entre Brieva y Santa Cruz de Juarros.....	1.168
Río Cabrera, en el camino de Brieva a Matalindo.....	1.094
Venta de Maroto en la carretera de Burgos.....	976

ALTITUDES DE LOS PUNTOS DE PARTIDA DE CONCESIONES MINERAS  
EXISTENTES EN 1909

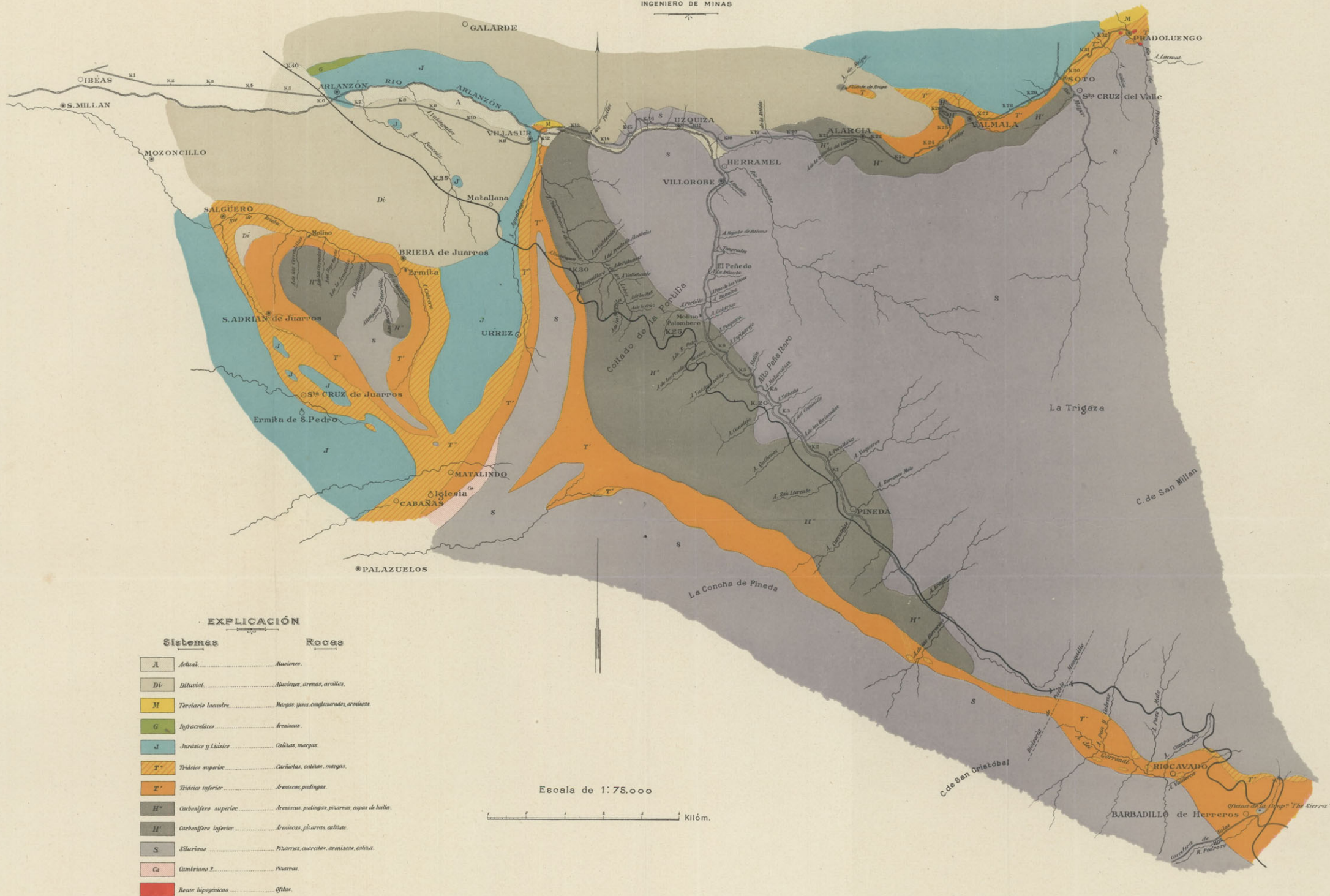
Vulcano.....	1.300
Pilar.....	1.288
San Antonio.....	1.180
Rufina.....	1.194
Pepita.....	1.174
Silverio.....	1.144
Valbuena.....	1.132
Mariquita.....	1.132
Valenciana.....	1.120
Burgalesa.....	1.114
Santa Ana.....	1.096
Consuelo.....	1.094
Salvadora.....	1.094
Felicidad.....	1.072
San Luis (Molino de San Vicente).....	1.048
Pozo de la mina <i>San Luis</i> .....	1.116



# BOSQUEJO GEOLÓGICO DE LA REGIÓN HULLERA DE LA PROVINCIA DE BURGOS

por D. Rafael Sanchez Lozano

INGENIERO DE MINAS



# VACIEMENTOS DE MOLIBDENO

EN LAS PROVINCIAS

DE GRANADA Y ALMERÍA

POR

D. JOSÉ MARÍA RUBIO Y D. JUAN GADALA

# YACIMIENTOS DE MOLIBDENO

EN LAS PROVINCIAS DE

## GRANADA Y ALMERÍA

El creciente desarrollo de la fabricación de aceros especiales con destino a diversas ramas de la construcción y de la industria y las múltiples y variadas propiedades que las modernas aplicaciones exigen de dichas aleaciones han sido las causas de que minerales que hasta el presente pasaron inadvertidos para el minero sean hoy objeto de una explotación metódica y provechosa y de que haya cambiado radicalmente, desde el punto de vista industrial, el carácter de las explotaciones de algunos yacimientos metalíferos. En este caso se encuentra la wulfenita, compuesto de molibdeno y plomo, desechado en otro tiempo como mineral de plomo, por su escasa ley en este metal (53 a 58 por 100), y solicitadísima hoy por las fábricas de aceros especiales como una de las escasísimas menas de molibdeno conocidas.

La wulfenita es un molibdato de plomo de la fórmula  $\text{MoO}_4\text{Pb}$ , de peso específico 6,3 a 6,9 y dureza 3. Cristaliza en tablas muy aplastadas y octaedros truncados del sistema cuadrático, que presentan color amarillo de cera o amarillo de miel, por lo que también se le designa con los nombres de melinosa y plomo amarillo. Se funde con facilidad, y el ácido clorhídrico hirviendo la descompone; el residuo, adicionando cinc metálico, da un líquido de color azul intenso. El mismo resultado se obtiene atacando el mineral con el ácido sulfúrico en caliente.

Este mineral, menos abundante que la molibdenita (sulfuro de molibdeno), se presenta a veces en compañía de otros compuestos naturales de plomo, principalmente en Bleigberg (Carintia), en Aunaberg (Sajonia), en Southampton (Masachusetts) y en la mina *Mammoht* (Arizona). Se conocen también yacimientos de wulfenita en Méjico, en Perú y en Chile, en las minas de plomo que se explotan en estas regiones.

Como materias perjudiciales para los usos metalúrgicos, contiene ácido fosfórico, y algunas veces cobre, cuerpo que es indispensable eliminar si se quiere que el metal extraído conserve sus propiedades esenciales.

En estado de pureza, y con arreglo a la fórmula indicada, contiene la wulfenita 26 por 100 de molibdeno y 56,5 por 100 de plomo; pero, por regla general, la wulfenita sólo alcanza una ley en molibdeno de 21 a 22 por 100. En las cotizaciones de wulfenita suele tomarse como base el ácido molíbdico, del cual contiene cuando es pura, un 75 por 100.

**Geología.**—Los criaderos de wulfenita de Granada y Almería arman en las calizas triásicas y en las del estrato cristalino, que tanto desarrollo adquieren en las zonas inmediatas al gran macizo de Sierra Nevada.

Dentro de estas formaciones de calizas cabe distinguir tres horizontes geológicos distintos: en los tres se presentan criaderos de wulfenita, pero la forma de éstos varía bastante, según se trate de uno u otro horizonte. El primero, sin duda el más antiguo, está formado por una caliza marmórea, probablemente estrato cristalina, blanca o gris blanquecina, tan sumamente resquebrajada, que apenas existen trozos de la roca cuya dimensión mayor exceda de 20 centímetros, y en su masa difícilmente pueden reconocerse, por consiguiente, los planos de estratificación. Entre estos fragmentos se interpone en ciertos puntos una arena calcárea, procedente, según todas las apariencias, de la trituración de la roca, y mezclados con esta arena, o adheridos a las superficies de los trozos de la caliza aparecen los cristálitos de wulfenita cuando los criaderos de este mineral arman en dichas rocas.

El segundo nivel, superior al de la caliza blanca, está formado por una caliza algo arenosa, amarillenta al exterior y azul en la fractura, tabular y totalmente independiente en su régimen de las capas correspondientes al primer horizonte, a las que se sobrepone en completa discordancia. Esta serie de capas se encuentra muy poco plegada.

Los criaderos de wulfenita que radican en este horizonte afectan la forma de verdaderos filones capas o mantos, de espesor variable entre 25 y 60 centímetros, formados por una arena amarillenta e interstratificados en las capas de caliza. Es difícil poder apreciar si se trata realmente de capas de arena sincrónicas de la caliza, o, por el contrario, de capas de caliza disueltas por las aguas de infiltración y substituídas por un relleno arenoso diluvial. Nos inclinamos a creer lo primero, no sólo por la gran regularidad de las capas metalizadas, sino también por la presencia de algunos lechos de areniscas micáferas que se intercalan entre los lienzos de caliza, y que podrían haber dado origen, en determinadas condiciones, al ser atacadas por las aguas mineralizantes que circularon por su masa como nivel permeable, a las arenas incoherentes que hoy forman el relleno de los mantos.

El tercer horizonte geológico comprende la caliza del Triás que podemos llamar *típica*, por ser la que aparece siempre coronando a la formación triásica en toda la región Sur y Sudeste de España. Su color varía del gris claro al negro, es más o menos dolomítica; sus bancos, siempre bien determinados, tienen espesores comprendidos entre 50 centímetros y un metro, y en conjunto se halla muy plegada y recortada por multitud de fallas. Los criaderos de wulfenita que arman en estas calizas tienen un aspecto muy distinto de los anteriores; en éstos, los cristales del mineral se encuentran diseminados en una masa de tierra arcilloarenosa que rellena grandes cavidades de la caliza, debidas probablemente a la disolución de la roca por las aguas de infiltración; de aquí que afecten formas sumamente variadas. Unas veces, las cavidades se alinean siguiendo los planos de estratificación, y en-

tonces los rellenos se presentan como mantos interestratificados o filones capas; otras aparecen como una serie de grutas enlazadas entre sí por canales o coladeros de pequeñas dimensiones, quedando entonces reducidos los criaderos a un conjunto de bolsadas más o menos próximas; otras, en fin, afectan una forma intermedia, con multitud de fisuras y ramificaciones, constituyendo un complejo de bolsadas y filones con buzamientos y orientaciones en extremo variadas.

Todos los criaderos de wulfenita a que acabamos de aludir son al mismo tiempo yacimientos de plomo, en los cuales con anterioridad se explotó la galena cuando no se conocían las aplicaciones de aquel mineral. La presencia de la wulfenita en estos criaderos fué ya notada por los explotadores del plomo hace bastante tiempo; pero como la ley en plomo de este mineral es muy inferior a la de la galena, los compradores rechazaban los menudos que contenían mucha wulfenita, a los que daban el nombre de *gandingas rubias* por el color amarillento que a la masa comunicaba el molibdato de plomo.

La explotación de la wulfenita como mena de molibdeno data en la provincia de Granada del año 1908, en cuya fecha se empezó a explotar dicho mineral por los propietarios de las minas de Quentar.

En estos últimos años se ha descubierto también la wulfenita en varias minas de plomo de la provincia de Granada, tales como las de Vélez de Benaudalla, Albuñuelas y Güéjar Sierra, sin que hasta ahora se haya intentado apenas la explotación de dicho mineral, pues las pocas toneladas que de todas estas minas han extraído sus dueños proceden casi exclusivamente de las escombrecas antiguas.

Respecto a la génesis de la wulfenita poco podemos adelantar por el momento, tratándose de un mineral tan poco conocido y del que apenas se ocupan las obras más importantes de yacimientos metalíferos. Desde luego y como mineral oxidado es de suponer que sólo se encuentre en la parte superficial de los criaderos o zona superior al nivel hidrostático general de la comarca donde

radican; pero la formación de la wulfenita no debe atribuirse a las aguas de infiltración y a las sustancias que éstas generalmente arrastran, como es el caso cuando se trata de compuestos clorurados, sulfatados o fosfatados. La pyromorfita (clorofosfato de plomo), mineral con el cual presenta bastante analogía la wulfenita, ya que, como ésta, se presenta siempre en las zonas oxidadas de los filones de plomo, procede, al parecer, del ataque de algunos compuestos de este metal por aguas cargadas de fosfatos calizos, procedentes unas veces de la apatita de las rocas de la caja, otras de ácido fosfórico, que dejan en libertad las sustancias orgánicas en descomposición y que las aguas de infiltración arrastran al interior de la corteza; pero tratándose de la wulfenita, y no siendo lógico admitir que las rocas de la caja ni las aguas de infiltración suministren la primera materia para su formación, no hay más remedio que convenir en que el molibdeno fué arrastrado por aguas mineralizantes, sincrónicas o no de las que originaron el criadero de plomo, y en un estado tal de composición química que sólo en presencia de las aguas aireadas de la superficie pudo atacar, para su fijación, a los compuestos plúmbicos.

Pasemos ahora a reseñar los diversos grupos de minas que hemos visitado.

### **Grupo de Vélez de Benaudalla.**

**Mina «Recompensa».**— La mina *Recompensa* se halla situada a dos kilómetros al Este-Sudeste del pueblo, y a unos 500 metros de altitud; está cruzada por el barranco de las Víboras y por el camino de herradura que va de Vélez al cortijo de La Laja. El citado arroyo de las Víboras abre su cauce a lo largo de un anticlinal de las calizas magnesianas del Trías, cuyo núcleo está formado por unas arcillas y pizarras lustrosas de color gris oscuro, denominadas *launas* en el país, y que unos geólogos clasifican como triásicas y otros como estratocristalinas. La mina *Recompensa* está casi por completo enclavada en la rama Sur de este an-

ticlinal, cuyo eje, orientado de Este a Oeste, buza bastante a Poniente. Dentro de la demarcación, las calizas triásicas dan lugar a varios pliegues secundarios.

El manto metalizado concuerda aproximadamente con uno de los bancos de la caliza, y viene a aflorar a lo largo de una de las líneas anticlinales a que dan origen las ondulaciones o plegamientos secundarios a que antes nos referimos.

A uno y otro lado de la línea anticlinal las capas se inclinan entre 10 y 20°, lo cual ha permitido explotar el plomo contenido en el manto por tajos a cielo abierto, desmontando previamente una capa de caliza de 50 centímetros a un metro de espesor. Estas labores antiguas tienen un desarrollo (siguiendo la dirección del anticlinal) de 60 a 70 metros, y en los puntos donde puede observarse el manto metalizado (en muchos lo ocultan por completo los escombros) aparece la wulfenita, ya adosada a los hastiales, formando vistosas cristalizaciones, ya empastando trozos de la caliza brechoide, que en ocasiones forma el relleno del manto, ya, por último, en partículas mezcladas con la arena arcillosa que llena los huecos y grietas de la roca.

Sobre el techo del criadero, en la rama Sur del anticlinal secundario a que nos venimos refiriendo, se ha abierto una trancada, que a los ocho metros de profundidad cortó el manto, viéndose que en este punto también contenía wulfenita.

No es posible, a causa de las pocas labores existentes, realizadas todas ellas para explotar la galena, formarse idea exacta de la importancia que puede tener este criadero de wulfenita, pues ni se conoce la extensión del manto metalizado ni su espesor medio (que en la parte visible oscila entre 0,60 y un metro) ni su régimen; pero puede decirse, desde luego, que es uno de los que más mineral presentan hoy a la vista de cuantos se han descubierto en la provincia de Granada, y, según nuestras noticias, sólo en Quentar, en la mina *Wulfenita*, es donde se ha encontrado mineral de molibdeno en las proporciones en que hoy aparece en Vélez. Actualmente en la mina *Recompensa* no se llevan a cabo labores de ninguna especie.

### Grupo de Albuñuelas.—Zona Oeste.

**Minas «San Antonio de Padua» y su «Ampliación».**— Se hallan situadas estas minas a unos 12 kilómetros al Oeste de Albuñuelas y a unos 1.270 metros de altitud. Están enclavadas en las calizas tabulares con intercalaciones de bancos de areniscas micáceas, correspondientes al segundo nivel u horizonte geológico de que hicimos mención al comienzo de este informe, y que se encuentran siempre en marcada discordancia con las calizas blancas cristalinas.

Las capas, dentro del perímetro de la concesión *San Antonio*, están orientadas de Nordeste a Suroeste, con inclinación de 30° al Noroeste. El manto metalizado, interestratificado con perfecta regularidad entre dos capas de caliza arenosa de color amarillento, tiene 30 centímetros de espesor y se compone de una arena blanquecina, silicea, con algunas partículas de mica. La wulfenita, que se presenta en pequeñas y delgadas laminillas, apenas puede reconocerse a simple vista en la zafra extraída de la mina, y sólo después del lavado es cuando se advierte la presencia de dicho mineral.

Las labores realizadas en la mina *San Antonio* se reducen a dos trancadas emboquilladas en el afloramiento del manto, distantes una de otra unos 10 metros, y ambas inmediatas al punto de partida de la concesión.

La primera de estas labores, la situada más al Sur, sólo ha profundizado en el yacimiento unos seis metros; la segunda entra paralelamente al manto unos cinco metros, y desciende después, bifurcada y siguiendo la máxima pendiente del criadero, hasta alcanzar una profundidad de 10 ó 12 metros. Al efectuar nuestra visita, tanto el laboreo como el lavado estaban paralizados en esta mina, de la que se habían extraído unas tres toneladas de mineral con el 16 por 100 de ácido molibdico, en su mayor parte procedente del lavado de tierras arrojadas al vaciadero cuando la mina se explotaba por plomo.

### Grupo de Albuñuelas.—Zona Norte.

**Minas «Laura», «Estrella» y «Nuestra Señora del Rosario».**—Como las de Vélez Benaudalla, estas minas, situadas unos ocho kilómetros al Norte de Albuñuelas y a altitud de unos 1.100 metros, arman en las calizas características del Triás, o mejor dicho, en su tránsito a unas margas calizas muy compactas de color oscuro, que se dividen en fragmentos paralelepípedicos alargados.

Tanto las calizas como las margas inferiores descansan sobre los filadidos del estrato cristalino.

Los filones que aparecen en esta zona como han puesto de manifiesto las labores para la explotación de la galena, principalmente en la mina *Laura* son sumamente irregulares, si bien en conjunto se conservan paralelas al plano de contacto de las margas calíferas, donde arman, con las calizas superiores. El afloramiento de este plano de contacto describe en proyección horizontal un arco, cuya convexidad mira hacia el Nordeste, pasando unos 100 metros al Suroeste del punto de partida de la mina *Laura*, y un poco al Norte del punto de partida de *Nuestra Señora del Rosario*; a lo largo de la línea de afloramiento están emboquilladas todas las labores de este grupo, concentradas principalmente casi totalmente en la mina *Laura*.

Estas labores consisten en diez o doce trancadas que siguen la pendiente del criadero hasta una profundidad variable de 10 a 15 metros, y de cuyos extremos arrancan galerías de dirección que tienen hasta 40 metros de recorrido, muy irregulares, pero que ponen de manifiesto la continuidad de la formación filoniana.

Se observa en estas galerías que el filón, tan pronto se manifiesta en posición vertical como con pendiente muy escasa, lo cual demuestra que, más que de un manto propiamente dicho, se trata de un sistema de filones que se cruzan entre sí con direcciones y buzamientos variables, aunque conservando en conjunto el para-

lelismo indicado con las zonas de contacto entre los dos horizontes estratigráficos de margas y de calizas.

La wulfenita se presenta en estas minas íntimamente mezclada con arena arcillosa, e interpuesta entre los menudos trozos de calizas que, a veces, forman, en unión de la arena, el relleno del filón; cuando ocurre esto último, el mineral conserva su brillo característico, y su presencia se advierte sin necesidad de recurrir a operaciones de lavado.

En casi todas las labores realizadas se pueden recoger muestras de wulfenita, pues son muchos los puntos en que la roca de la caja está tapizada, aunque ligeramente, por cristalitas de dicha substancia.

Como las capas de la caliza triásica que sirven de montera al yacimiento tienen escasa pendiente y la zona metalizada aparece en su contacto con las margas inferiores, no es de esperar que los filones reconocidos en esta región continúen en profundidad; sin embargo, la gran extensión superficial que parece alcanzar la zona metalizada hace que las concesiones de que nos estamos ocupando presenten un interés real.

Tanto al Este como al Oeste de la zona reconocida se han solicitado nuevos registros de gran número de pertenencias, en los cuales es muy probable que también las labores que en su día se ejecuten pongan de manifiesto la presencia de la wulfenita.

### Zona Sur.

**Minas «El Cuco», «Adecán», «Apache», etc.**—Al Sur de Albuñuelas, a unos tres kilómetros del pueblo, y como a 1.050 metros de altitud, se encuentran las minas *El Cuco*, *Adecán*, *Apache*, *San Deogracias*, *Buena Suerte*, y los registros *Marinita* y *Los Aliados*, de las que, exceptuando las dos primeras, todas entran, más o menos, en término de Saleres.

Saliendo de Albuñuelas con dirección a este grupo de minas se atraviesa una extensa meseta, cuya anchura no bajará de cua-

tro a cinco kilómetros, recortada por varios arroyos que corren hacia el Este, y formada por potentes bancadas horizontales de conglomerados cuaternarios que cerca del pueblo reposan sobre las capas de caliza tosca y arcillas miocenas que forman el relleno del amplio valle que se extiende entre Los Lastonares y la Sierra de Pinos, y que en la falda de esta última se apoyan, sin perder su horizontalidad, contra las calizas marmóreas blanquecinas correspondientes al primero de los tres niveles u horizontes geológicos que mencionamos al comienzo de este informe.

Después de subir por la falda de la Sierra de Pinos unos 200 metros, se penetra en el horizonte de calizas arenosas amarillentas, con intercalaciones de areniscas, esto es, en el segundo horizonte de los tres que hemos señalado.

Las capas de este nivel presentan idéntico aspecto que en la mancha situada al Oeste de Albuñuelas, donde radica la mina *San Antonio*, ya descrita, y aparecen en discordancia con las calizas blanquecinas, pues en tanto que éstas buzan al Norte, es decir, hacia el interior de la montaña, y están muy dislocadas, las primeras presentan suave buzamiento al Norte (20 ó 25°), sin el menor accidente que venga a interrumpir la uniformidad de la estratificación.

Del mismo modo que en la mina *San Antonio*, los yacimientos de plomo con wulfenita se presentan en estas concesiones en forma de mantos interestratificados en las calizas con perfecta regularidad, aun cuando el espesor de los mismos no sea enteramente uniforme.

Son bastantes las labores realizadas en estas minas para la extracción del plomo, sobre todo dentro del perímetro de *El Cuco* y en casi todas se ha puesto de manifiesto la wulfenita.

Aun cuando la extensión superficial de los mantos no está reconocida por completo, es de suponer que sea tanta como desarrollo tiene el nivel de las calizas donde arman, pues recorriendo todas estas concesiones se ve gran número de calicatas abiertas en los bordes de los barrancos que interrumpen la formación, dejando al descubierto los cortes de sus capas, y en el fondo el nivel inferior de calizas blanquecinas.

Probablemente, la mayoría de estas labores, aunque distantes entre sí, están practicadas sobre un mismo manto de mineral que presenta sus afloramientos en las dos márgenes del Barranco del Cerro de la Cruz, y todo a lo largo de dichos afloramientos están emboquilladas no pocas galerías, de las que se han extraído bastantes toneladas de mineral de plomo.

La única labor especial llevada a cabo para la explotación de la wulfenita corresponde a la mina *Adecán*. Tiene de desarrollo unos 25 metros, siguiendo una línea de nivel en el manto, una trancada que desciende 8 ó 10 metros, siempre dentro del criadero, y otra galería de dirección que arranca del fondo de la trancada, y que sólo tiene unos 10 ó 15 metros de desarrollo.

Aparte del mineral de molibdeno suministrado por esta labor, el resto de la wulfenita extraída de estas minas procede del lavado de los antiguos vaciaderos. Al visitar nosotros esta región, los trabajos de arranque estaban paralizados y sólo se trabajaba en el lavadero; por cierto que la falta de manantiales en las cercanías de la mina obliga a elevar el agua necesaria para el lavado de una balsa situada 200 metros más baja que el plano del lavadero, por medio de tres motores de gasolina con sus correspondientes bombas centrífugas montadas en serie.

En la mina *Buena Suerte*, la Sociedad arrendataria de las minas de Quentar y Güéjar Sierra (1) se proponía emprender trabajos para la explotación de la wulfenita.

### Grupo de Quentar.

**Minas «Wulfenita», «Molibdeno», «Niescke» y «Francia», etc.**—Estas minas se encuentran en la Umbría del Madroñal, a unos seis o siete kilómetros al Este de Quentar, pueblo situado a 14 kilómetros de Granada.

Todas ellas están enclavadas en las calizas triásicas arcillosas

(1) Societé Anonyme Electrometallurgique. Procédés Paul Girod.



y magnesianas, que, orientadas de Este a Oeste y con fuerte buzamiento al Sur, alternan con arcillas abigarradas y areniscas rojas y verdes de la misma edad.

Los filones aparecen interestratificados en las capas de la caliza, si bien presentando infinidad de ensanchamientos y estrechamientos debidos al desigual ataque de la masa de la roca por parte de las aguas subterráneas.

El relleno de estos filones es, por regla general, una arcilla algo arenosa con núcleos de galena de dimensiones variables y laminillas de wulfenita.

En ocasiones se observan bolsadas de mineral de wulfenita muy pura, y algunas de las encontradas en la parte superior del filón llamado de *La Puerta* han llegado a producir varias toneladas de mineral limpio.

Existen en estas minas una porción de labores antiguas y modernas, casi todas practicadas para la explotación de la galena, pues la presencia de la wulfenita no fué advertida, como ya antes indicamos, hasta el año 1908. Las más importantes están sobre el *Filón de la Puerta* que ha sido reconocido por varias galerías de dirección y algunas trancadas abiertas, siguiendo el relleno arcilloso del criadero. El espesor del filón varía considerablemente de unos puntos a otros; a veces llega a acuñarse completamente, y otras, por el contrario, alcanza hasta tres metros de espesor.

La galería llamada *Pilar* está emboquillada en una junta de dos capas de la caliza, entre las que se advierte claramente un relleno filoniano de reducido espesor. Sigue la galería a este filón unos siete u ocho metros, después de los cuales han trabajado en dirección Sudeste, oblicuamente a aquél, cortando una veta de galena y calcita, y siguiendo la dirección de esta veta se ha ensanchado, desapareciendo casi la galena, que fué reemplazada por lo que entonces llamaban carbonatos o cerusita, y que después ha resultado ser la wulfenita en trozos de varios tamaños unidos entre sí por arcilla.

El filón de la galería *Pilar* tiene marcado buzamiento hacia el Sur, y su prolongación en dirección hace suponer que pasa por el

pozo llamado *Cárcel*. La galería *Cárcel*, después de varias sinuosidades, llega a una explotación antigua.

Todos estos trabajos antiguos han sido, en la actualidad, prolongados en diversos puntos, y practicados algunos otros de reconocimiento, que han dado por resultado el hallazgo de otros filoncillos, ramificaciones de los ya conocidos, que han presentado en algunas zonas rellenos arcillosos relativamente ricos en wulfenita.

Sin embargo, la producción que estas minas sostuvieron en aquellos años (de 60 a 70 toneladas), no era de prever que pudiera mantenerse, y sólo merced al lavado de antiguos vaciaderos, y aun de la tierra vegetal contenida en la ladera por los salientes de los bancos de caliza, y procedente, en gran parte, de la destrucción de la cabeza de los filones, pudo llegarse a unas tres toneladas mensuales en 1914. Según recientes noticias, la producción se ha intensificado marcadamente en 1916.

La mina *Francia*, situada al Este de la mina *Wulfenita*, y en la prolongación de los filones de ésta, está cruzada por el cauce del Padules, existiendo labores tanto en la margen derecha del río como en la izquierda, pero todas sobre el mismo criadero. En la margen derecha, una galería de dirección abierta a unos 12 metros sobre el cauce ha cortado varias bolsadas de arcillas arenosas con wulfenita, bolsadas dependientes del filón general, si bien una falla orientada normalmente a él lo corta a unos 20 ó 25 metros de la entrada. En la margen izquierda sólo existen algunas calicatas. La mina *Francia* empezó a explotarse en octubre de 1913 y había producido hasta la techa de nuestra visita unas cinco toneladas de mineral.

### Grupo Güéjar Sierra.

**Minas «Virgen de las Angustias», «Virgen de los Dolores», «San José», «San Agustín» y «Santa Ana».**—Unos dos kilómetros al Noroeste del grupo anterior, a 1.450 metros de altitud, ya en término de Güéjar Sierra, se encuentra este grupo de minas, que radica, como el de Quentar, en las calizas típicas del

Trías. Varias son las labores que en la mayor parte de estas concesiones existen, algunas de verdadera importancia, realizadas con objeto de explotar los minerales de plomo, pero las dedicadas a la extracción de la wulfenita estaban acantonadas en la mina *Virgen de las Angustias*, que lleva en arriendo la misma Sociedad metalúrgica que explota las de Quentar. En esta mina se trabajaba sobre un filón orientado de Nordeste a Suroeste, con fuerte buzamiento al Sudeste, que sigue aproximadamente la junta de dos lienzos de la caliza, siendo de notar que las capas de esta roca conservan por largo trecho, dentro de la concesión, orientación y buzamiento constantes.

Las labores principales en la mina *Virgen de las Angustias* consistían, en 1914, en un socavón abierto en el barranco llamado de la Hoya del Enebral, que contaba ya con un desarrollo de cerca de 300 metros, estando próximo a comunicar con el pozo *Santa Rita*, y que en su día comunicará también con el pozo llamado *La Suerte*, distante del anterior unos 150 metros, y que tiene 65 de profundidad.

El citado socavón está abierto en las capas que quedan sobre el techo del filón, por lo que ha sido necesario, para llevar a cabo la explotación del criadero, recortar éste con varias traviesas, aunque de escasa longitud. En la actualidad, el socavón sigue en su avance el relleno filoniano.

El pozo *La Suerte*, que según se ha dicho tiene 65 metros de hondura, está abierto en las inmediaciones de un hundimiento antiguo de profundidad bastante considerable, que se acusa en la superficie por una enorme hoyo o embudo situado al pie de una escarpa, producida por las capas de caliza y que corresponden al techo del filón. Éste presenta en la zona que nos ocupa un ensanchamiento de consideración y varias ramificaciones, tanto en el techo como en el muro. Una trancada que, haciendo múltiples zig-zag baja hasta el fondo del pozo *La Suerte*, y que está emboquillada a pocos metros del brocal del mismo, sigue una de estas ramificaciones que llega en algunos puntos a enlazar con el filón principal, alcanzando, por lo tanto, las labores hasta la zona ex-

plotada antiguamente y hoy rellena por los hundimientos. Varias veces también se ha intentado abrir un paso a través de éstos para calar al muro del filón y efectuar algunos reconocimientos; pero hasta la fecha (1914) todas las tentativas han resultado infructuosas, y se ha desistido de ello esperando poderlos realizar cuando el socavón inferior llegue a cortar estas labores y a comunicar con el pozo.

El relleno del filón que se explota en esta mina está constituido por una tierra arcillosa de color rojizo, en la cual se presentan diseminados los cristallitos de wulfenita. La naturaleza arcillosa de esta tierra dificulta considerablemente las operaciones de lavado, siendo necesario someter a una desecación previa, al sol, tanto las zafras como los mixtos de los rumbos para conseguir la desagregación de la pasta que las arcillas forman con el agua y que envuelven las partículas de wulfenita, disminuyendo su densidad y facilitando su pérdida.

La producción actual de esta mina, *Virgen de las Angustias*, es de poco más de una tonelada mensual, cantidad que seguramente podrá aumentar de un modo considerable el día no lejano en que las distintas labores se comuniquen y pueda acometerse en mejores condiciones el arranque (1).

Entre los escombros extraídos de otro pozo, situado unos 100 metros al Este del de *La Suerte*, se ven también con relativa abundancia cristales de wulfenita, pero hasta ahora no se ha hecho hacia esta parte ningún reconocimiento serio.

## CRIADEROS DE LA REGIÓN ORIENTAL

PROVINCIA DE ALMERÍA

**Minas «Susana», «San Hipólito», «Ya veremos», «San Antonio» y «Camilo».**—Estas concesiones, alineadas de Este-

(1) Según datos recientes, sabemos que, en efecto y en 1916, la producción de esta zona ha sido muy superior a la que se le atribuía en 1914

Nordeste a Oeste-Sudoeste, están situadas en la rambla de Pino Blanco, cerca de su confluencia con la Ribera de Oria y distantes unos seis kilómetros del pueblo de este nombre.

En esta región la caliza magnesiana del Trías forma todas las alturas de importancia, asomando a veces en los barrancos la caliza marmórea blanquecina que, como ya hemos repetido en distintas ocasiones, corresponde al horizonte inferior de los tres en que arman los yacimientos de wulfenita.

En la margen derecha de la Rambla del Pino Blanco asoma dicha caliza por debajo de las capas de caliza magnesiana que forman la Molata de la piedra del Águila, que se destaca al Sur de la rambla.

Sin que pueda precisarse la verdadera importancia del criadero, ni siquiera describir su marcha, a causa de las escasas labores existentes, parece ser que se trata de una impregnación bastante extensa por el molibdato de plomo de la tierra arenosa que se interpone entre los menudos fragmentos de la caliza, impregnación forzosamente irregular, pero que, en cambio, parece afectar a una zona de cerca de un kilómetro en dirección Este-Nordeste con una anchura y una profundidad hasta ahora desconocidas.

En la mina *San Hipólito*, que es donde principalmente existen labores de cierta importancia, se han abierto galerías a tres niveles distintos, reconociendo así el criadero en una altura de más de 20 metros y una distancia horizontal no inferior a 100. Las galerías siguen trayectorias irregulares, lo que demuestra, dado que el terreno que se descubre en los frentes es idéntico al de los hastiales, que la presencia en mayor escala de la wulfenita, reconocida a simple vista, ha sido la que ha guiado a los mineros en sus trabajos.

Las labores en estas minas están en la actualidad paralizadas a consecuencia de la guerra europea, y como la Compañía explotadora (*Schneider*) ha retirado todo su personal, no hemos podido obtener datos que arrojen luz en la materia, lo que nos obliga a atenernos a lo que queda expuesto, resultado de una simple inspección ocular.

Sin embargo, tenemos entendido, que después de nuestra visita, y en la zona oriental del criadero de Oria, se han descubierto en el contacto superficial con las calizas magnesianas del Trías metalizaciones relativamente importantes de wulfenita que se tratan de investigar a niveles más bajos.

### Otros criaderos de wulfenita.

Hasta ahora, en las minas reseñadas es donde se han explotado, en España, minerales de molibdeno, pero con posterioridad a nuestro estudio, sabemos que se ha descubierto la wulfenita en algunos otros términos de la provincia de Granada, y en alguno de ellos, como en el de Charches, parece ser, por noticias fidedignas, que los criaderos correspondientes revisten verdadera importancia.

### EXPLOTACIÓN

Como las minas de wulfenita de que venimos tratando han sido en su mayoría, y hasta no ha mucho, explotadas por plomo, y como la riqueza con raras excepciones ha sido escasa, resulta que, por lo general, los trabajos de explotación han sido llevados a cabo con exagerada economía y gran desorden, que, como natural consecuencia, han traído consigo el que hoy la mayor parte de las labores estén hundidas, y, por lo general, atoradas. La irregularidad de los criaderos, especialmente de los que hemos señalado en Quentar, Güéjar Sierra y la zona Norte de Albuñuelas, unido a su pobreza en plomo, explican hasta cierto punto este desordenado laboreo y el mal estado de los trabajos, en los que despreciada hasta no ha mucho la wulfenita, es hoy difícil hacer las convenientes labores de rebusca y limpia, y si a esto se añade la carencia casi completa de labores de preparación e investigación, se comprenderá que no es fácil concretar el costo y resultados que puede dar una nueva explotación directamente orientada al aprovechamiento del mineral de molibdeno.

Sin embargo, en términos generales, y teniendo en cuenta las condiciones de los criaderos, así como la roca en que arman, no es aventurado calcular que, atendiendo a las potencias de aquellos y la riqueza media de la zafra, y atribuyendo a los yacimientos, por lo tanto, una producción media de mineral, de aproximadamente 900 kilogramos por metro cuadrado, resulte para la tonelada un precio alzado (como gastos de explotación) de unas 10 a 15 pesetas; y como las profundidades son escasas y los transportes interiores cortos, además de no existir dificultades grandes de ventilación, desagüe, etc., el precio medio de 12 pesetas por tonelada y en bocamina nos parece aceptable.

Claro es que esta cifra se refiere, como hemos dicho, a cierta producción media de zafra por metro cuadrado, y que en criaderos de espesor acentuado (como, por ejemplo, el del término de Oria en Almería) el precio por tonelada será quizá menor, aun asignando al méro cuadrado costos superiores al que nos ha servido de base.

La ley en wulfenita de la zafra varía en las distintas minas, y según las muestras recogidas por nosotros, de 2 a 6 por 100, y teniendo en cuenta que el mineral vendible contiene aproximadamente 14 por 100 de ácido molibídico, o sea poco más de un 40 por 100 de molibdato de plomo, los costos de explotación de la tonelada de mena correspondiente serán en los distintos grupos de minas (y admitiendo para los estériles del lavado una pérdida en wulfenita, difícil de evitar, y que alcanzará en general a  $\frac{1}{2}$  por 100 en tonelada), los siguientes:

Vélez Benaudalla, con zafra del 10,00 por 100 de ácido molibídico, 20 pesetas.  
 Albuñuelas, zona Norte, con zafra del 2,00 por 100 de ácido molibídico, 100 pesetas.  
 Albuñuelas, zona Sur, con zafra del 0,75 por 100 de ácido molibídico, 250 pesetas.  
 Albuñuelas, zona Oeste, con zafra del 0,75 por 100 de ácido molibídico, 250 pesetas.  
 Quentar, con zafra del 1,50 por 100 de ácido molibídico, 150 pesetas.  
 Güéjar Sierra, con zafra del 1,00 por 100 de ácido molibídico, 200 pesetas.  
 Oria, con zafra del 0,50 por 100 de ácido molibídico, 350 pesetas; basándose estos cálculos sobre un espesor medio del criadero de unos 40 centímetros.

Las producciones probables que, como luego veremos, atribuímos a los diferentes grupos de minas que hemos estudiado, son aproximadamente:

De un 13 por 100 para Vélez Benaudalla.  
 De un 15 por 100 para la zona Norte de Albuñuelas.  
 Otro 15 por 100 asignado a la zona Sur de Albuñuelas.  
 De un 7 por 100, correspondiente a la zona Oeste de Albuñuelas.  
 Un 25 por 100, en que se estima el de Quentar.  
 Un 15 por 100, calculado para Güéjar Sierra, y  
 El 10 por 100 restante al de Oria,

deduciéndose, por lo tanto, un costo medio de explotación para la tonelada de mena o mineral en estado de venta de unas 250 pesetas, aunque esta cifra se verá en algún caso reducida cuando se trate de zonas excepcionalmente ricas o concentradas (de las que hemos visto varios ejemplos) o de trabajos en que se utilicen labores ya hechas para el disfrute de minerales de plomo o de explotaciones en que la producción de esta clase de minerales venga a aliviar el costo de los de molibdeno, o, por fin, cuando se limiten los trabajos al aprovechamiento de vaciaderos o rellenos de antiguas explotaciones.

Para que el costo normal correspondiente a una ley media en wulfenita de 2 a 3 por 100 y de 250 pesetas sea, sin embargo, estable, es necesario garantizarlo con el auxilio de ciertas labores de investigación y aun de preparación, que, aunque difíciles de calcular a priori, deben estimarse, por lo menos, y para cada grupo de minas, en 10 ó 12.000 pesetas anuales, resultando recargada de este modo, y por este solo concepto, la tonelada de mineral vendible en unas 400 pesetas.

La preparación mecánica se reduce actualmente a un cribado previo, a un delicado estrío y al lavado de los finos en cribas inglesas de mano, *roundboudles* y cajones alemanes. Las operaciones se efectúan así en condiciones relativamente económicas, pero resultan no poco recargadas, por lo general, con las dificultades para la alimentación de agua.

En conjunto, los gastos de enriquecimiento pueden estimarse en unas 150 pesetas por tonelada obtenida, pudiendo asegurarse que el empleo de ciertos aparatos, más perfeccionados, para el tratamiento de los finos (y quizás la aplicación de un indicado tratamiento por flotación), sin recargar notablemente el costo, contribuiría a disminuir la pérdida actual de los estériles, que, por lo general, es bastante elevada.

También respecto a la cifra de 150 pesetas debemos insistir en que representa sólo un término medio de costo, que en cada caso depende, además de la riqueza inicial de la zafra, de otra clase de factores, como la alimentación de aguas, etc.

Los gastos generales y de administración, aun estimados dentro de una racional economía, no bajarán de unas 4.000 a 5.000 pesetas anuales para cada grupo de minas, y, por lo tanto, gravarán el mineral vendible, y, como término medio, en unas 150 pesetas por tonelada; y, finalmente, el transporte desde las minas a Granada (incluso el envase), es, como término medio, de pesetas 30 por tonelada.

Como resumen, pues, y costo medio total del mineral vendible en la mina podemos establecer para la tonelada las cifras siguientes:

	Pesetas.
Trabajos interiores:	
Explotación.....	250
Labores preparatorias y de investigación.....	400
	650
Trabajos exteriores:	
Preparación mecánica.....	150
Transporte a Granada.....	30
	180
Gastos generales y de Administración.....	150
	980
TOTAL.....	980

o sea la cifra redonda y alzada de 1 000 pesetas, a la que naturalmente habría de agregarse, para tener el costo total efectivo, lo que por tonelada represente el canon de arriendo en aquellas minas que no sean explotadas por sus propietarios, que es el caso más frecuente.

El gravamen por este concepto parece ser, como término me-

dio, de unas 350 pesetas, aunque por excepción llegue a alcanzar cifras muy superiores.

Según más adelante se verá, el precio normal en estos últimos tiempos de la wulfenita con la ley citada del 14 por 100 de ácido molibdico no pasa de unas 1.500 pesetas por tonelada, y de aquí es fácil deducir que para que ciertas minas en arriendo puedan explotarse con lucro, es necesario que en ellas se cuente con zonas de enriquecimiento acentuado, mientras que en las explotadas por sus propietarios los trabajos mineros puedan dar beneficios aun con metalizaciones más modestas.

En este último caso, y según los datos antes citados, la explotación de una zafra de poco más del 1 por 100 de wulfenita podría aún costearse; y a este propósito creemos conveniente recordar que, si bien hasta ahora, y por lo general, la wulfenita, o no se conocía (y se desaprovechaba), o bien, si se explotaba, era como mineral accesorio del de plomo, en zonas de concentración excepcional cabía apreciar la riqueza del criadero más o menos groseramente por simple inspección ocular; pero en lo futuro, en la verdadera explotación por molibdeno para zonas de metalización media, y aun más, en casos cercanos al límite que antes hemos indicado, es preciso considerar el trabajo cual si se tratara de metales nobles, y, por lo tanto, partir constantemente del resultado que den los ensayos previos, si no precisamente de laboratorio, al menos utilizando el empleo de la batea.

Aun riquezas más corrientes del 2 y aun del 3 por 100 de wulfenita, especialmente si se trata de menas embarradas, serán en la práctica difíciles de apreciar a simple vista, y como consecuencia natural de lo dicho se deduce también que para estas minas queda forzosamente descartado todo intento de cálculo de reservas o maticos de mineral, y más si se pretendiera hacerlo estimando metalizaciones condensadas, que en estos casos tenderían a dar cifras verdaderamente irrisorias por lo pequeñas.

**Producción.**—El estudio particular de cada grupo de minas permite calcular para un porvenir casi inmediato y de un modo relativamente estable la producción probable, llegando a las siguien-

tes cifras, en el supuesto de que se trate, como ya se ha dicho, de mineral con el 14 por 100 de ácido molibdico.

En el grupo de Quentar, unas 50 toneladas anuales, y en el de Gúejar Sierra, unas 30 toneladas; en el grupo Norte del término de Albuñuelas, otras 30 toneladas, y en la región Sur de dicho término, una producción análoga (contando con la explotación a punto de empezarse en el Chopillo); en la zona Oeste, de 12 a 15 toneladas.

En Vélez Benaudalla, por un lado, la casi carencia de labores dificulta el que nos lancemos a dar cifras de producción, pero por otro, la riqueza extraordinaria en wulfenita de los trabajos y vaciaderos impide que se prescindiera de esta mina en la evaluación que, como cifra global, queremos hacer de la probable producción de estos minerales; creemos, pues, obrar prudentemente asignándole 25 toneladas anuales. Por fin, en Oria, la zona de explotación preparada (único caso en que los trabajos se han hecho deliberadamente para la explotación exclusiva de minerales de molibdeno), permite, a nuestro juicio, contar con una producción anual de unas 20 a 25 toneladas.

Se llega, pues, a la cifra global y aproximada de unas 200 toneladas anuales (sin necesidad de cotizar las nuevas minas, en las que recientemente se ha encontrado, cual antes hemos indicado, la wulfenita), aunque esta cifra deba por ahora considerarse como un máximo para el porvenir, relativamente inmediato, a que venimos aludiendo.

En cuanto al tiempo durante el cual pueda esta producción sostenerse, difícil es fijarlo; si por un lado el carácter de los criaderos y la clase de mineral oxidado aconsejan el no confiar en siquiera medianas profundidades (descartada hasta la posibilidad de su reemplazo por menas sulfuradas), por otro la multiplicidad creciente de estos criaderos de wulfenita y su probable extensión superficial en varios casos permiten esperar que la explotación, ya iniciada, dure no pocos años.

**Datos estadísticos y comerciales.**—Dada la indole del molibdeno, su gran escasez y lo singular de sus aplicaciones, los

datos referentes al mercado de sus minerales son difíciles de adquirir y aun más de comprobar.

La principal mena mundial de molibdeno ha sido, hasta hace poco, la molibdenita, pues la wulfenita, exceptuando la explotación de ciertas minas de los Estados Unidos de América (Argona, Utah, Eureka, etc.) y algunas de Méjico, Perú y Chile, sólo como accidental y en cristales aislados se ha encontrado en algunas minas de plomo de Europa (Corinthia, Hungría, Sajonia, Prusia, Escocia, etc.). Esto hace resaltar la relativa importancia de las minas de Andalucía de que nos venimos ocupando, tanto más cuanto que aun teniendo en cuenta la molibdenita (proveniente en su mayor parte de Australia, Estados Unidos y países escandinavos), la producción de ese sulfuro (según los datos referentes a 1913) no ha pasado en conjunto de 200 a 250 toneladas anuales, de las cuales más de la mitad corresponden a Australia (Queensland, New South Wales, etc.), 20 por 100 a Suecia y Noruega y el resto a América.

Así, pues, y aun considerando que la molibdenita se presenta en el mercado al estado de concentrados de alta ley (hasta con 90 por 100 de molibdenita) y que, por lo tanto (en cuanto a metal contenido), su importancia es cuatro veces mayor que la que representan las wulfenitas andaluzas, no cabe desconocer la influencia que en el mercado mundial puede ejercer la prevista producción de este último mineral, correspondiente a las minas españolas.

Hasta ahora, y prescindiendo de las cantidades desconocidas de wulfenita vendidas como minerales de plomo (carbonatos rubios) a las fundiciones de Cartagena, las toneladas exportadas de España hasta el año 1912 como mineral de molibdeno (aunque no sabemos si declarado como tal) han sido, según parece, unas 20 toneladas en 1913 embarcadas por Málaga principalmente, 65 toneladas en 1914 exportadas en su mayoría por la Aduana de Port-Bou, y unas 45 ó 50 que en 1915 se han remitido a Francia, utilizando en general el embarque en Almería. De este total de unas 130 toneladas ha sido destinado cerca del 90 por 100 a Francia

a la fábrica electrometalúrgica de Ugines, en Saboya, y el resto a Inglaterra.

La casi totalidad de esta exportación corresponde a las minas de Quentar y Güéjar Sierra, en las que al advertir en 1908 la importancia de la wulfenita se suspendió su envío a las fundiciones de plomo, si bien la exportación no se emprendió sino tres o cuatro años más tarde, intentándose de 1908 a 1912 el beneficio de la mena *in situ*, extrayendo de aquélla, por medios químicos, el ácido molibdico contenido.

En cuanto al valor de la wulfenita, desde el punto de vista comercial y prescindiendo de los beneficios que puedan representar ulteriormente operaciones metalúrgicas a que más adelante aludiremos, es muy aleatorio, y ha aumentado en estos últimos años en proporciones extraordinarias. En 1910 no pasaba de unas 40 pesetas por tonelada y unidad de ácido molibdico contenido, subiendo en 1912 a más de 70, y ofreciéndose en Granada en 1914 (antes de la guerra europea) precios superiores a 90 pesetas.

A principios del año actual, y, según datos de persona relacionada con una de las casas compradoras se cotizaba el kilogramo de ácido molibdico contenido en la wulfenita de 11 a 12 pesetas, y recientemente un agente, representante del mercado inglés, ha llegado a ofrecer el alto precio de 160 francos por unidad de ácido contenido.

Aunque de la wulfenita no hay cotizaciones oficiales, las hay, sí, de la molibdenita, a la que en la primavera de 1915 se le asigna en el mercado inglés, el precio de 6/10 por unidad de metal contenido; y si bien este precio es algo inferior al que como máximo hemos citado para la wulfenita, debe tenerse en cuenta que el carácter de aquella mena sulfurada y los gastos de depuración química que su tratamiento implica (por ir acompañada de otros sulfuros metálicos, así como de arsénico, fósforo, etc.) hacen desmerecer este mineral comparándolo con las menas oxidadas.

Indudablemente cooperan al alza indicada para los minerales de molibdeno las extraordinarias circunstancias actuales, y, por lo tanto, es difícil el pretender para lo futuro indicar un precio relati-

vamente estable que sirva de base a nuestros mineros andaluces. Sin embargo, y por un lado como orientación para éstos, y sobre todo para poder juzgar de la importancia de las minas que venimos estudiando, creemos que para la wulfenita la cifra de 110 pesetas por tonelada y unidad de ácido molibdico contenido es perfectamente aceptable, y esta base nos ha servido antes para el cálculo de la riqueza límite que, a nuestro juicio, convendría explotar.

**Aplicaciones.**— Prescindiendo de las no metalúrgicas, la principal aplicación de la wulfenita (como de los demás minerales de molibdeno) consiste en la fabricación de ferromolibdeno, base, a su vez, de ciertos aceros especiales.

En éstos (y refiriéndonos a los poco carburados) se aumenta con el contenido progresivo en molibdeno (de  $\frac{1}{2}$  por 100-4  $\frac{1}{2}$  por 100), de una manera acentuada y continua la resistencia a la ruptura (de 50-130 kilogramos) y el límite de elasticidad (de 40-100 kilogramos), a la vez que disminuye en fuertes proporciones el alargamiento (de 18-6 por 100), baja que se acentúa notablemente (hasta el 2 por 100) en los aceros templados.

Estos efectos son distintos de los que a aceros también especiales proporcionan otros metales (como, por ejemplo, el vanadio), y hacen que los aceros al molibdeno sean muy á propósito para la fabricación de ciertas herramientas, muelles, chapas para calderas de alta presión, etc., aparte de sus importantes aplicaciones militares.

También resulta que adicionado el molibdeno en ciertas proporciones (1 por 100) a los aceros cromados y extraduros permite que éstos se trabajen con facilidad, lo que es de gran importancia desde el punto de vista de la fabricación de blindajes y proyectiles.

No insistiendo en este punto, y refiriéndonos sólo al ferromolibdeno (que corrientemente se vende en forma de aleación, conteniendo aproximadamente 80 por 100 de molibdeno), el precio de éste en 1914 (y antes de la guerra europea) era de unos 11 a 12 chelines por libra de molibdeno contenido, lo que corresponde por tonelada de ferromolibdeno a más de 25.000 pesetas.

Este valor, según datos posteriores (mayo de 1915), ha subido por encima de 40.000 pesetas, siendo de notar que otros productos análogos (el ferrovanadio, por ejemplo) no han aumentado de precio en análoga proporción, resultando que el valor del vanadio contenido en el ferrometal era en 1914 análogo al del molibdeno, mientras que hoy el valor de este último supera con mucho al del vanadio contenido en el ferrovanadio. Pero aun prescindiendo de estos precios, quizá excepcionales, y ateniéndonos a la cifra antes citada y más normal de 25.000 pesetas, resulta que escasamente un 40 por 100 corresponde a los gastos de adquisición de mineral, y que, por lo tanto, cabe sospechar que existe un margen grande para la fabricación del ferromolibdeno y beneficios en aquélla obtenidos, bien que se empleen procedimientos químicos o, lo que parece ser más indicado, el procedimiento electrolítico.

Tan grandes y exagerados deben, en efecto, ser aquellos beneficios, que metalurgistas eminentes (y entre ellos Gin), al tratar de este asunto declaran que sería ciertamente preferible ganar menos por unidad produciendo mucho más, pues la metalurgia de los aceros especiales absorbería gustosa y fácilmente un tonelaje considerable de molibdeno y de ferromolibdeno si los precios bajaran a un tipo más aceptable, para lo cual habría también de estimularse la explotación de minerales, creando un mercado estable que procurara a los electrometalurgistas las seguridades de que hoy carecen. Estos autores reconocen además que la mayor dificultad para el desarrollo de la fabricación del ferromolibdeno y sus derivados radica precisamente en la escasez de los yacimientos de aquel metal.

De todo lo expuesto pueden deducirse las siguientes conclusiones:

1.<sup>a</sup> En varios términos de las provincias de Granada y Almería existen yacimientos metalíferos, en los que se presenta el mineral de molibdeno en proporciones suficientes para permitir su explotación industrial.

2.<sup>a</sup> El molibdato de plomo o wulfenita, que es el mineral alu-

dido, puede fácilmente concentrarse en las minas para ponerlo en estado de venta hasta alcanzar una riqueza en ácido molíbdico de un 14 por 100, aunque la mena en los criaderos no pase, como término medio, de un contenido de  $1\frac{1}{2}$  por 100 de dicho ácido, aproximadamente.

3.<sup>a</sup> El valor comercial de este mineral puesto en Granada (y prescindiendo del alza extraordinaria, debida en gran parte a las presentes circunstancias) puede estimarse en unas 1.600 pesetas por tonelada.

4.<sup>a</sup> Las minas descritas son susceptibles de producir en breve plazo unas 50 toneladas trimestrales de wulfenita comercial con la riqueza indicada, y a pesar de que esta clase de yacimientos minerales son superficiales esencialmente, su multiplicidad por un lado y su probable extensión por otro permiten esperar que la explotación consignada podría sostenerse durante varios años.

5.<sup>a</sup> Siendo la principal aplicación de este mineral la fabricación del ferromolibdeno, base a su vez de ciertos aceros especiales, la producción de wulfenita de las minas andaluzas corresponde anualmente a una fabricación de unos 35.000 kilogramos de ferromolibdeno, con el contenido usual de 80 por 100 de metal.

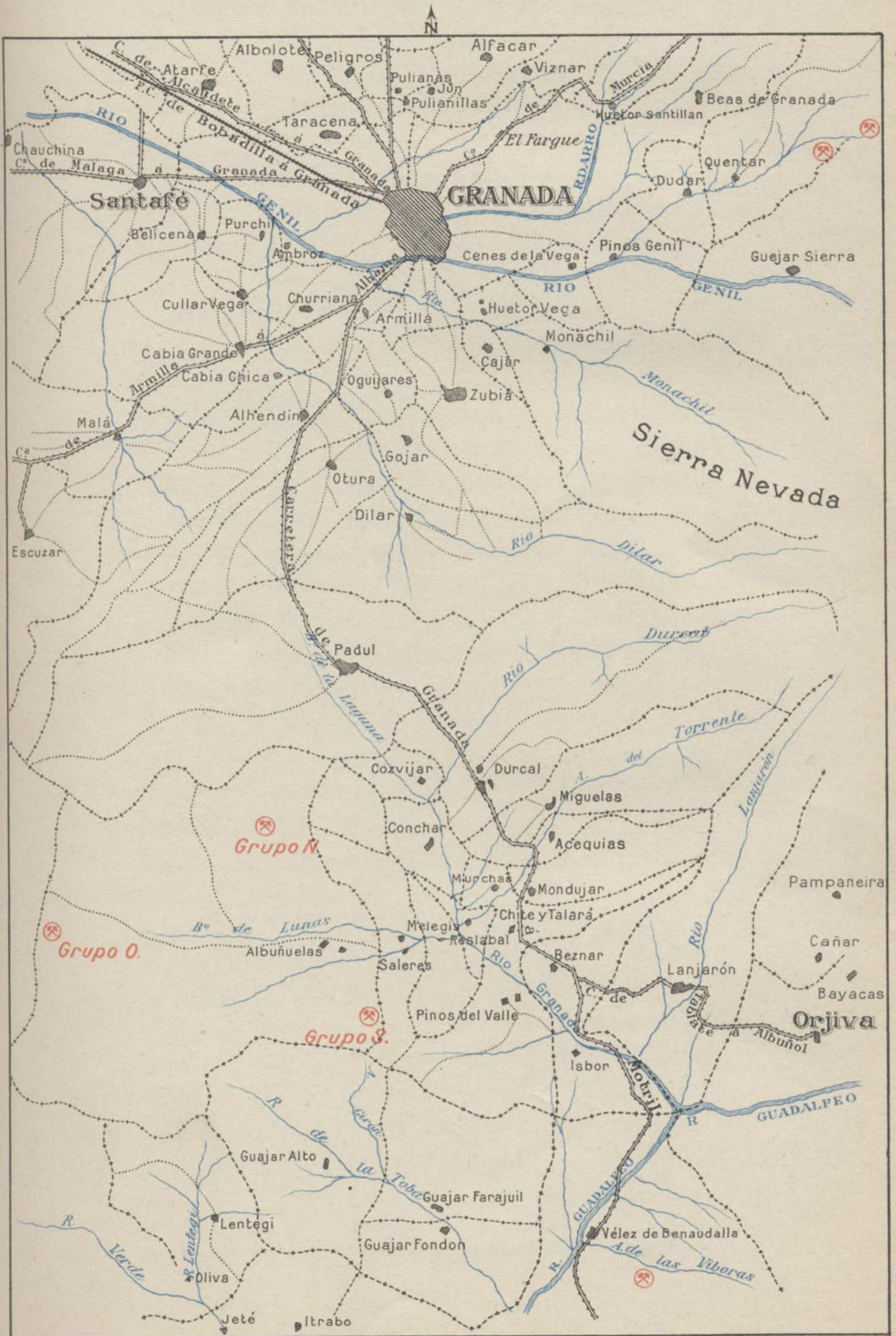
6.<sup>a</sup> En el costo del ferromolibdeno la adquisición del mineral como primera materia representa un valor por tonelada de unas 10.000 pesetas; y

7.<sup>a</sup> El precio corriente en estos últimos años del ferromolibdeno ha sido de unas 25 pesetas el kilogramo, aunque las últimas cotizaciones (mayo de 1915) acusen precios hasta de 40.000 pesetas por tonelada.

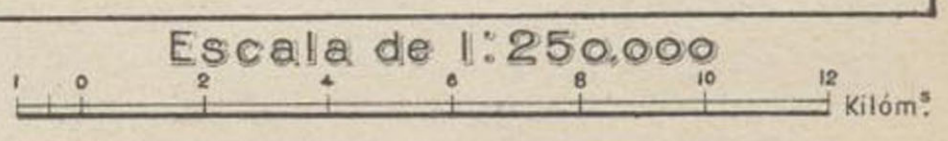


# YACIMIENTOS DE MOLIBDENO

EN LA PROVINCIA DE GRANADA



Minas de Wulfenita



LT. GOLLAUT, P. MOSTENSEL, GRANADA

# EL TURBAL DE ROQUETAS

EN LA PROVINCIA DE ALMERÍA

POR

D. JOSÉ MARÍA RUBIO

# EL TURBAL DE ROQUETAS

EN LA PROVINCIA DE

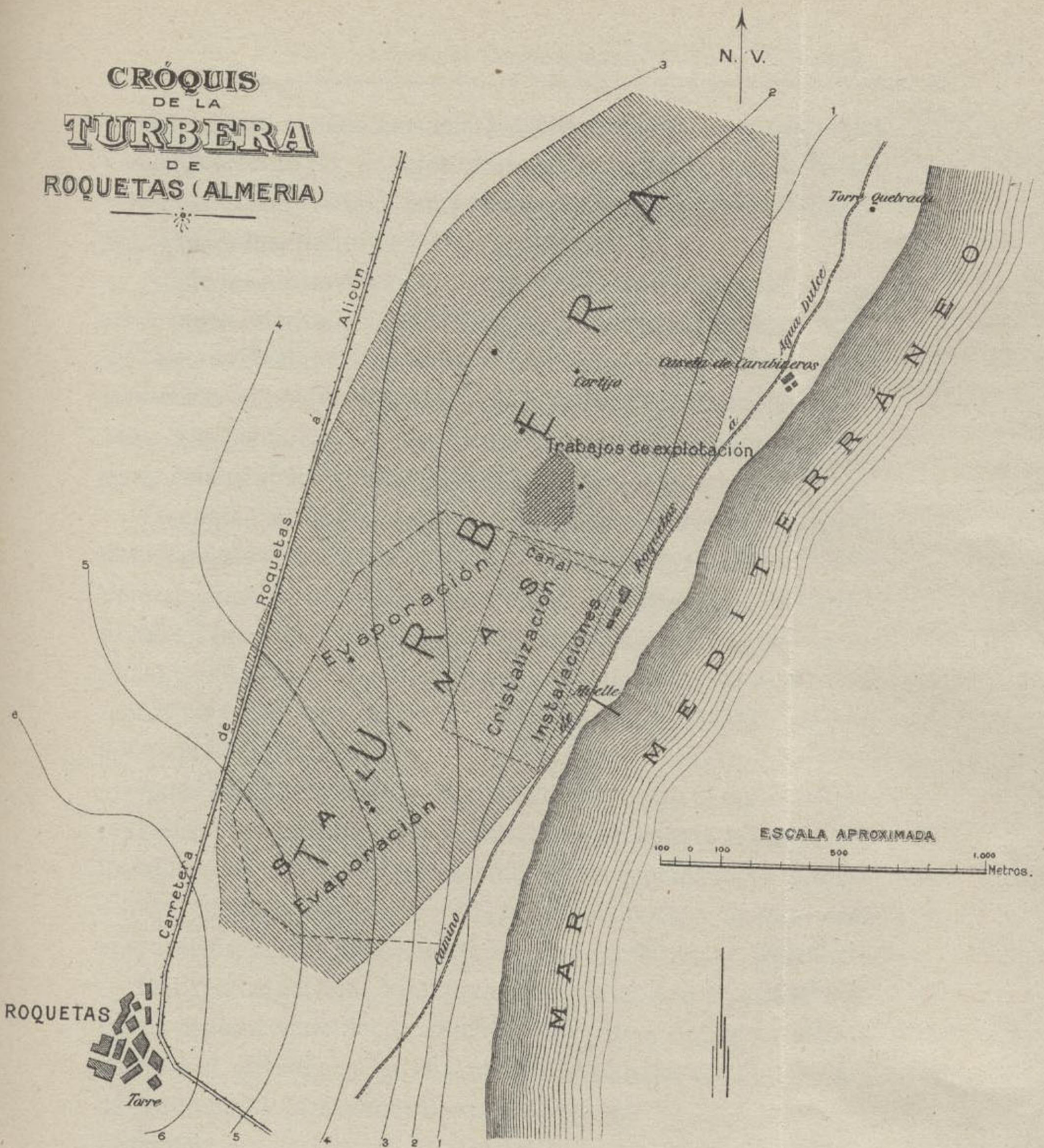
A L M E R Í A

La turba de Almería fué incidentalmente descubierta hace unos dos años con motivo de ciertos trabajos de cimentación que se hicieron en obras de las salinas del Bosque, o de San Rafael, situadas al Nordeste y en las inmediaciones del pueblo de Roquetas en la provincia de Almería.

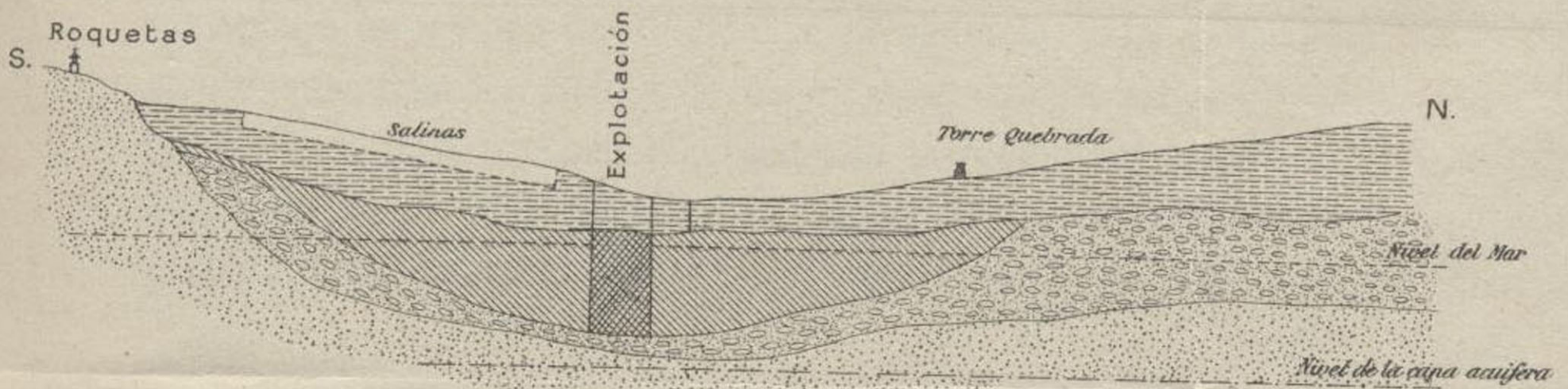
Antes, y a pesar del tiempo que cuentan ya en explotación aquellas salinas, no existían, ni siquiera sospechas de que por bajo de la solera de ellas, yaciese el depósito de combustible citado, a pesar de que la capa o montera que cubre el turbal es en general de escaso espesor. Sin embargo, y como éste aumenta precisamente, aunque no mucho, en la región Sur, que es la que ocupan también las salinas, esto puede explicar el que los trabajos, siempre relativamente superficiales, que se habían hecho en el fondo de aquélla para el estudio o arreglo de su solera, no llegaran a profundizar lo suficiente para descubrir, hasta muy recientemente, el combustible en cuestión.

Desde entonces y por el contrario buen número de catas, pocillos y zanjas, y una modesta explotación iniciada, repartidos en una zona de varios cientos de hectáreas, han podido confirmar en la mayor parte de ella la continuidad de la capa de combustible así como su espesor no muy variable, y de importancia suficiente,

**CRÓQUIS**  
DE LA  
**TURBERA**  
DE  
**ROQUETAS (ALMERIA)**



**Corte longitudinal de la Turbera de Roquetas (Almería)**



ESCALAS APROXIMADAS { Horizontal. 1: 50,000  
Vertical. 1: 500

- |   |                                     |               |
|---|-------------------------------------|---------------|
| Turba                                     | Arena, chinarro, lodos calizos .... | } Cuaternario |
| Areniscas duras y conglomeradas Terciario | Depósito arcilloso, tierra vegetal  |               |

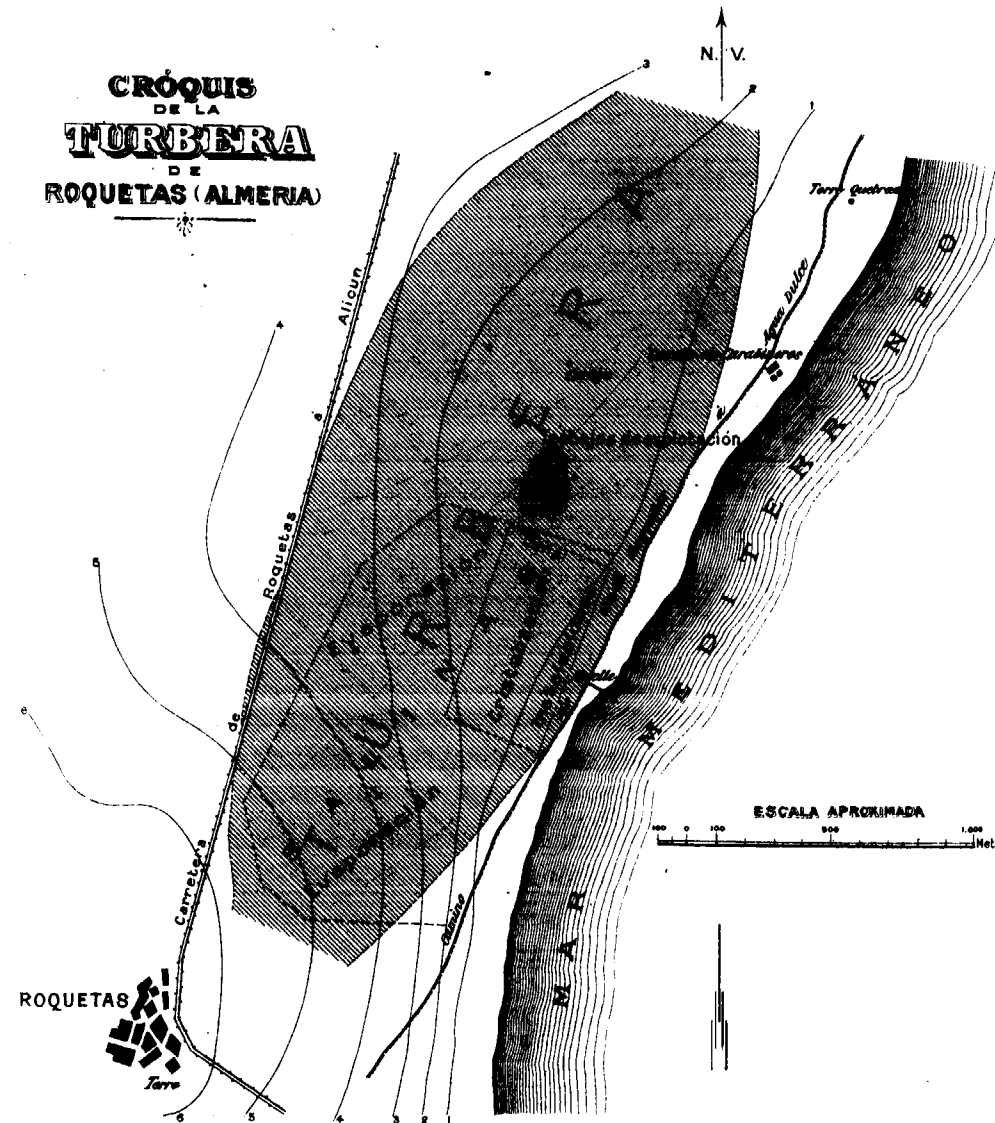
para poder augurar que este criadero merece ser objeto de una seria explotación industrial. Al efecto, y con los productos de la explotación indicada, se practicaron las pruebas necesarias para estudiar las más convenientes aplicaciones que a este combustible cabría dar, no sólo en el relativamente limitado horizonte de la calefacción casera, sino en el más amplio de su utilización industrial.

Pero aquellas pruebas tenían que limitarse casi exclusivamente al empleo del combustible en hogares de calderas de vapor o en gasógenos, quedando por estudiar otras importantísimas aplicaciones de la turba relativamente modernas y respecto a las cuales sólo un costoso y amplio ensayo industrial (aunque de laboratorio) pudiera dar la conveniente orientación.

El turbal de Roquetas, cual puede verse en el correspondiente croquis, está situado en las inmediaciones del pueblo de este nombre, ocupando al Norte de éste, y en una extensión aproximadamente de cuatro kilómetros, la zona sensiblemente comprendida entre la costa, o el camino de Agua Dulce a Roquetas, y la carretera desde este pueblo al de Alicún.

No es fácil delimitar de una manera precisa la extensión del yacimiento, pero el estudio del terreno, sus condiciones topográficas, y, sobre todo, las catas, pozos y zanjas de que antes se ha hecho mención, permiten asegurar que los límites Este y Oeste del depósito en el que se ha formado, y hoy se encuentra, la turba, son los antes citados, mientras que los correspondientes al Norte y Sur de la faja, cuya planta horizontal afecta la forma de una elipse alargada, son más difíciles de fijar, si bien puede asegurarse que por el Sur se extiende hasta muy cerca de la población de Roquetas; cubre, desde luego, todo el terreno de las salinas y pasa por el Norte por la confrontación de la llamada torre Quebrada, pareciendo encontrarse el centro, o punto más profundo de la pequeña cuenca, hacia el señalado en nuestro plano con la letra A, donde hasta ahora han acusado los trabajos el máximo espesor de combustible.

Respecto a éste, conviene hacer notar que las dificultades del



**Corte longitudinal de la Turbera de Roquetas (Almería)**

desagüe (pues el agua aumenta notablemente con la profundidad) han impedido en los trabajos el llegar con éstos a la verdadera solera del turbal, siendo, por lo tanto, los espesores de combustible registrados, por lo general, un mínimo.

El eje menor de la elipse aludida, o anchura mayor de la turbera, no es inferior a 1.300 metros, y la mayor extensión, en sentido longitudinal, puede estimarse, por lo menos, en 3.500 metros, resultando en conjunto una superficie probablemente explotable de unas 300 hectáreas, de las cuales aproximadamente una tercera parte está ocupada por las salinas.

En cuanto al origen geológico de la turba, seremos sobrios en datos, puesto que esta substancia no puede prácticamente considerarse como un mineral en la acepción industrial de la palabra, y porque dado que la aparición de las turbas (aun de las más antiguas) es de la época cuaternaria, cuya última fase marcan, su existencia más bien que con la verdadera geología se enlaza con la época prehistórica.

Estos depósitos, relativamente antiguos, como el de Roquetas, pertenecen, por su edad, a la subdivisión campiniana y yacen bajo los aluviones antiguos, descansando por lo general sobre el loess, o lodos más antiguos, que forman el fondo de la cuenca y que, muy calizos, están groseramente mezclados con chinazos y arenas.

La capa de aluvión, o montera, tiene en las turberas de Roquetas un espesor variable de setenta centímetros a cuatro metros y a veces se distinguen en ella una parte superior muy arcillosa y de grano fino y otra menos impermeable, algo silícea y con restos vegetales.

Es frecuente que los agrietamientos de esta capa coincidan con la existencia inferior de turba, dato comprobado que puede ayudar a la más exacta delimitación de la turbera.

Debajo de la capa de aluvión se presenta la turba sensiblemente homogénea y limpia de materias minerales, salvo en los bordes de la faja, y especialmente hacia la región del pueblo de Roquetas, donde delgados, pero frecuentes, lechos de arcilla, algo arenosa, interrumpen la capa de combustible que se presenta algo

más sucio y menos homogéneo. Debajo aparece, como ya hemos dicho, el loess, cuyo espesor parece variar de algunos centímetros hasta varios metros y que descansa sobre una arenisca bastante dura, de espesor desconocido, y probablemente terciaria, pero distinta, de la que, alternando con un conglomerado rojizo, aflora por un lado en el pueblo de Roquetas y también hacia el Norte en la carretera de Almería a Adra.

En aquélla se encuentran dientes de peces del mioceno, mientras que en la turba sólo aparecen algunos ejemplares de *Helix*.

Hasta ahora no se ha encontrado, como en otras turberas antiguas, representación alguna de su correspondiente fauna fósil (Rhinoceros, Bos, Cerons, etc.), y, sí, sólo en las bandas de arcilla que atraviesan la turba, o en la capa que le sirve de base, algunos moluscos de agua dulce y especies aun vivientes.

Tampoco se ha encontrado resto alguno de industria prehistórica.

En el croquis correspondiente se presenta en corte la disposición de los diferentes terrenos que hemos citado, indicando también que, inmediato a la tapa o traba de arenisca dura del subfondo, existe un manto acuífero de gran importancia por su caudal y excelente calidad.

Esta capa acuífera (que ha dado nombre al paraje cercano de Agua Dulce) está a una cota de unos seis metros por bajo del nivel del mar, si bien al alumbrarla y por propia presión asciende hasta por encima del nivel de aquél.

Sobre el loess, y llenando todo el depósito turbal, hay también, como ya se ha dicho, agua en cantidad relativamente importante, pero que ni por su calidad, ni por su abundancia, puede compararse con el manto inferior que parece extenderse hasta por bajo de los llamados llanos de Dalías, distantes de Roquetas varios kilómetros.

El espesor máximo de turba registrado hasta ahora es de cuatro metros y medio, y con ayuda de los trabajos hechos y los varios sondeos practicados en mi presencia (algunos de los cuales han llegado a siete metros de profundidad), he podido establecer

que el promedio de espesor de combustible en la turbera de Roquetas es de 3,15 metros. Aceptando la cifra redonda de tres metros, el yacimiento representa para una superficie de 250 a 300 hectáreas un volumen superior a ocho millones de metros cúbicos de turba «verde», designando por este nombre a la turba *in situ* con gran cantidad de agua, poca cohesión y cuyo peso por metro cúbico no excede, según hemos podido comprobar, de 180 kilogramos.

El color de esta materia es pardo negruzco y su estructura esponjosa, no llegando a desaparecer los filamentos vegetales, a los que debe su origen, sino que, por el contrario, y especialmente en las zonas altas, se distinguen aquéllos muy bien. Son en su mayor parte plantas carrizas (que en el país llaman cañota), y que, incompletamente descompuestas, aparecen cimentadas por una sustancia especial, que reúne los restos orgánicos. En la zona inferior se nota la descomposición más avanzada, y esto, unido a la presión ejercida (no sólo por el mismo combustible, sino también por la capa de aluvión que lo cubre), hace que la turba se presente más «hecha», más oscura y más dura, siendo hasta susceptible de pulimento.

Como hemos dicho, y por lo general, el yacimiento es homogéneo, pero también hemos citado las capitas de arcilla que en varios sitios, y especialmente en la región Sur, lo interrumpen, y que han sido, sin duda, depositadas en inundaciones sucesivas que han tenido lugar durante el período pleistoceno, en el que se formó la turbera, finalizando el proceso con el depósito arcilloso y aluvial (ya más importante) que le sirve de montera.

Dicho se está que aunque hoy las condiciones del clima no son favorables a la formación de esta clase de yacimientos, lo fueron indudablemente en la época a que éste se remonta y a ello ayudaron la naturaleza de la planta que lo originó, la calidad del suelo, las condiciones de humedad y temperatura y la limpidez y pureza del agua, pues claro es que para nada ha debido intervenir la cercanía del mar, en cuyo seno no cabe admitir que se haya podido formar el combustible, porque aunque existan ejemplos de

«turba de fondo» formada por plantas marinas, siempre tuvo lugar el proceso posteriormente y en el seno de aguas dulces, que invadieron la futura turbera.

En Roquetas, y después de la formación cuaternaria del loess, algún accidente debió cerrar por el Oeste el acceso al mar, completándose con la barrera formada en la depresión entonces existente, la taza o cuenca donde, reunidas después aguas limpias y vegetación conveniente, se pudo dar lugar durante largo tiempo (aproximadamente unos quinientos años, puesto que, según datos experimentales, la formación media de los turbales parece ser de unos 60 centímetros por siglo) a que se efectuase el trabajo de descomposición, que más tarde la compresión de la montera arcillosa había de completar.

Con lo dicho queda suficientemente descrito el turbal de Roquetas, pasando ahora a considerarlo desde el punto de vista de su importancia industrial.

Como cubicación ya hemos indicado la cifra de ocho millones de metros cúbicos, que, con la densidad admitida para la turba verde, representa 1.500.000 toneladas aproximadamente.

El volumen primitivo se reduce notablemente al secarse, y esta contracción (que se efectúa en unos doce o quince días en Roquetas), alcanza a  $\frac{1}{4}$  para pasar de la turba verde a la calidad vendible y seca, que aun alcanzando la densidad máxima de 0,70 a 0,75, todavía contiene un término medio de 20 por 100 de agua. Ésta sólo cabe expelerla con el auxilio de temperaturas no inferiores a 90 ó 100 grados, y aun así, expuesta nuevamente al aire, la turba vuelve a adquirir muy cerca de ese 20 por 100 de agua.

En estas condiciones, y con su contenido medio de cenizas de 15 por 100 (como es el caso en Roquetas), el poder calorífico de este combustible es de unas 3.600 calorías (aunque por su composición llegue teóricamente a 4.500), resultando que su equivalente en hulla corriente está representado por la cifra aproximada de  $\frac{1}{2}$ .

Este poder calorífico cabe aumentarlo mezclando la turba (después de secada, cual se ha dicho) con cantidades variables, hasta

un 10 por 100, de alquitrán (lo que evita que el agua pueda ser reabsorbida), elevando de este modo las 3.600 calorías a 4.350 por la desecación y a 5.500 por el aumento correspondiente al alquitrán. En Roquetas se está haciendo ya, aunque en pequeña escala, el alquitranado, con resultados análogos a los indicados.

Se admite en los países en que la industria de la turba está desarrollada que un depósito de esta clase es explotable cuando se trata de una superficie mínima de 30 a 40 hectáreas, cuando la capa de turba tiene un espesor medio y regular de unos  $2\frac{1}{2}$  metros y cuando el combustible al estado de venta no contiene más de un 20 por 100 de cenizas.

Como la última condición no falta en Roquetas, y como las dos primeras se cumplen con exceso, cabe desde luego afirmar la explotabilidad de este turbal, sobre todo considerando su proximidad a una capital de relativa importancia, como lo es Almería.

Conviene hacer notar que, si bien al hacer el estudio abstracto de los turbales consideramos la totalidad de su extensión, sin tener en cuenta las salinas que en gran parte las cubren, quizás al estudiarlos desde el punto de vista industrial se pudiera argumentar que procedía descontar la superficie de las salinas de la totalidad del turbal para sólo estimar como masa explotable la diferencia; pero por muy bajos que se calculen los beneficios que por aquel concepto puede dar la hectárea con una producción media de turba de 5.000 a 6.000 toneladas, y por muy favorablemente que se estimen los que como salina puede rendir, la diferencia está a favor de la primera, sobre todo si no se olvida que, tratándose de salinas artificiales, es dable, después de explotado el combustible y rellenado de nuevo, como es de rigor, el hueco de la explotación (incluso por necesidades higiénicas), el reconstruir las salinas y proseguir el beneficio de éstas.

Tendremos, pues, en cuenta la totalidad del tonelaje antes citado, y al considerar que el millón y medio de toneladas de turba corresponden prácticamente a unas 700.000 toneladas de hulla, la importancia que reviste el poder disponer de esta fuente de calor o energía (acrecentada con lo favorable de su situación), parece



incuestionable. Es más, como fuente de energía, y aplicada a gásgenos, el equivalente con el carbón mineral es superior a  $\frac{1}{2}$ , pues con modificaciones adecuadas, pero sencillas, en los aparatos para obviar por un lado, y aprovechar por otro, el exceso de aceites y alquitrán, el consumo de turba seca puede aproximarse bastante al de la antracita, según repetidas experiencias han demostrado.

En cuanto a posibles aplicaciones de esa energía, creable en Roquetas, y aunque la importancia industrial de una capital como Almería presumiblemente las garantiza, basta considerar que una inmediata, pudiera ser la explotación en gran escala del manto de agua que antes hemos mencionado, y que por su calidad, caudal y poca profundidad a que se presenta, pudiera ser la base para convertir en tierras de regadío una buena parte de la zona, hoy de secano y casi improductiva, de los llamados Llanos de Dalías.

Respecto a las condiciones de explotación del turbal, puede afirmarse que son excepcionalmente favorables por la homogeneidad del yacimiento, por la poca montera que lo cubre y por la poca profundidad a que hay que descender.

El desagüe de los trabajos representará quizás cierta dificultad; pero, sin embargo, ésta se obviaría prescindiendo de él y aprovechando la capa de agua para la aplicación de dragas flotantes en la explotación del turbal.

Terminaremos este informe con algunas consideraciones respecto a otras aplicaciones que cabría dar en lo futuro a la turba de Roquetas (aparte de las indicadas de calefacción y creación de energía), y que se relacionan con la importancia que los derivados industriales de la turba puedan representar, pues aunque es cierto que el problema de la utilización económica de este combustible no está aún resuelto de una manera completamente satisfactoria para la industria y la agricultura, ensayos y estudios recientes dejan entrever muchas y lucrativas aplicaciones de esta materia, utilizándola no sólo como combustible más o menos económico, sino como base de fabricación de productos directamente utilizables en aquellas industrias.

En todos esos casos se trata siempre de turba seca, y en con-

diciones tales, que no pueda reabsorber el agua perdida, para lo cual la desecación se hace a presión, y como hemos dicho, a la temperatura de 100° o más, con objeto de destruir la hidrocelulosa (proveniente de los residuos de las materias vegetales a medio destruir), a cuya substancia debe la turba sus propiedades higroscópicas.

Suele aplicarse a aquel objeto (especialmente en Prusia) un procedimiento eléctrico (y a la vez económico, puesto que no se consume sino  $\frac{1}{8}$  de la turba tratada), obteniéndose además del cok de turba (sinónimo en el mercado con el carbón de turba) el aprovechamiento del alquitrán, aceites pesados, etc., etc. Como término medio, y de una tonelada de turba, se extraen 300 ó 400 kilogramos de cok (de más de 7.000 calorías), más de 50 kilogramos de alquitrán y hasta 400 kilogramos de aceites y aguas amoniaca-les, además de los productos gaseosos que, por su riqueza en nitrógeno, sirven para la preparación del amoníaco y sulfatos amoniaca-les, habiendo turbas que contienen hasta el 3 por 100 de nitrógeno, con lo que resulta que dos toneladas de turba húmeda pueden dar tanto amoníaco como una tonelada de carbón. Basadas en esto, y especialmente en Alemania, existen varias instalaciones de esta clase.

Otro renglón de interés lo forman el alquitrán y sus derivados: los productos condensables que produce la calcinación de la turba seca se componen principalmente de una mezcla de alquitranes y aceites pesados, de los que se extrae, entre otros, el ácido acético, el amoníaco, el alcohol metílico, etc., etc., y en cuanto al alquitrán, propiamente dicho, recogido y destilado, produce aceites ligeros y parafinas, tanto sólidas como aceitosas, que con gran éxito se emplean para engrases.

En Noruega, Alemania e Inglaterra (especialmente en muchos turbales de Irlanda) existen importantes instalaciones de esta clase, destinadas a transformar la turba húmeda (previamente lavada o depurada para quitarle las substancias herbáceas) en cok rico, y produciendo, además de los subproductos indicados, energía destinada a grandes centrales eléctricas; y en Suecia, a más de

instalaciones similares, ha acordado recientemente aquel Gobierno el emplear la *turba* en las locomotoras de los ferrocarriles nacionales.

Otro de los derivados de la turba que debemos citar, es el alcohol; pues de la ordinaria recién extraída y que no ha perdido aún su humedad, se obtiene económicamente (por la adición de ácido sulfúrico) un alcohol comparable al de las patatas.

Como abono, no sólo se emplea al estado natural como uno, orgánico y nitrogenado, sino que las cenizas procedentes de la calcinación constituyen uno *mineral* y químico muy apreciado por su composición, en la que es por cierto extraño que apenas haya ácido fosfórico, por más que éste naturalmente existió en las materias vegetales de origen.

Recordaremos también, que en la destilación de la turba los gases resultantes, ricos en productos carburados y exentos de azufre y fósforo, se usan con gran éxito en la fabricación del acero, y que quemados en motores de explosión, dan rendimientos altos, aun sin contar el valor de los subproductos.

A este propósito conviene también hacer constar que la turba, al emplearla en gasógenos, mezclada con otros combustibles, facilita la utilización económica de éstos, como pasa, por ejemplo, con ciertos lignitos.

Resulta, pues, de todo lo dicho, y aun dejando a un lado otras aplicaciones interesantes de la turba, como son su empleo en horticultura, su uso como antipútrido, etc., etc., que por las indicadas en la utilización económica de este combustible, la explotación de un yacimiento de esta clase, no sólo podría ser una fuente de riqueza para sus dueños, sino que al mismo tiempo representará algo, que, de una manera efectiva, puede afectar favorablemente a la industria y a la agricultura de la comarca en que radique; y en lo que respecta al caso particular de las turberas de Roquetas, estimamos, que, sin llegar a revestir caracteres de interés general (no pudiéndose tampoco invocar el que afecten por su tonelaje, al menos de una manera sensible, al inventario de combustibles nacionales), representan, sin embargo, algo más que un asunto de

puro interés particular; porque, aparte del beneficio directo que la explotación del yacimiento pueda procurar a sus propietarios, aquélla deberá influir de una manera beneficiosa en la agricultura de una extensa zona y en la industria de una capital de importancia, como lo es la de Almería.

# YACIMIENTO AURÍFERO DE RODALQUILAR

por

D. Agustín Marín y D. J. Miláns del Bosch,

Ingenieros de minas.

# YACIMIENTO AURÍFERO

DE

## RODALQUILAR

España fué considerada por sus riquezas auríferas como verdadera tierra de promisión en tiempos de fenicios, cartagineses y romanos, hasta tal punto, que Strabón situaba en ella los Campos Elíseos, y Plinio hablaba en términos muy encomiásticos de la riqueza en oro que se extraía de los criaderos de Galicia y Asturias. La fama de estas riquezas excitó la codicia de los pueblos conquistadores, más atentos siempre a buscar satisfacción a las necesidades materiales que a luchar por banderas idealistas.

La fiebre del oro (*auri sacra fames*) pasó a localizarse en los tiempos modernos, unas veces en California, otras en Australia y otras en el Transvaal, pero en España fué muy pequeña la explotación del oro después de la desaparición del Imperio romano. Únicamente en los aluviones de los ríos Sil y Darro, en las provincias de León y Granada, respectivamente, desde tiempo inmemorial, y mucho más antes que ahora, se siguen lavando por los aldeanos de aquellas comarcas, en sencillas bateas, las arenas que arrastran esos ríos, proporcionándoles la venta del oro obtenido un beneficio suficiente para cubrir sus modestas necesidades.

La codicia que siempre despertó el rey de los metales hizo que en nuestro país se despertaran muchas ilusiones en cuanto se tenía conocimiento del hallazgo de algún criadero de oro; pero la realidad no correspondió a las presunciones, resultando que en los

tiempos modernos no se ha establecido ninguna importante explotación aurífera en España.

Según las estadísticas mineras últimas, no ha habido producción de oro en España durante el año 1916, pues la única mina en que se ha trabajado, que es la nombrada *Maria Josefa*, en Cabo de Gata (Almería), tiene sus productos en almacén.

Existen además 35 minas improductivas de oro repartidas por provincias del modo siguiente:

PROVINCIA	Número de minas.	Hectáreas.	PROCEDENCIA
Almería.....	9	396	Cabo de Gata.
Cáceres.....	10	1.438	Aluviones del río Alagón.
Coruña.....	2	518	Concuesto, Cobas.
Granada.....	1	180	Aluviones.
Guadalajara.....	1	12	Nava de Jadraque.
León.....	2	193	Aluviones del Sil.
Lugo.....	1	20	Idem.
Oviedo.....	1	62	Navelgas.
Toledo.....	1	64	Nava de Rico Malillo.

El valor de la producción de oro en el mundo durante el año de 1916 fué:

	Libras esterlinas.
Transvaal.....	39.500.000
Rhodesia.....	3.896.000
Otros países de África.....	1.570.000
Australia.....	8.842.000
India.....	2.300.000
Canadá.....	4.050.000
Estados Unidos.....	19.037.000
Rusia.....	6.000.000
Méjico.....	2.500.000
Otros países.....	8.000.000
TOTAL.....	95.695.000

La producción mundial de oro en los años 1913, 1914 y 1915 ha sido de 95.000.000, 93.000.000 y 97.700.000, respectivamente, lo

que marca una baja de dos millones en 1916, con relación a 1915, y un aumento de 2,7 millones, en relación al primer año de guerra.

Las clasificaciones que hasta el presente se han hecho de los criaderos de oro resultan imperfectas, porque ninguno de los grupos establecidos por los especialistas se refiere a criaderos bien definidos y claramente separados de los grupos restantes, sino que existen tránsitos graduales de los unos a los otros. Es preciso para su estudio reunir los criaderos que presenten afinidades geológicas muy marcadas y que determinen una provincia aurífera que, en ocasiones, puede estar constituida por tipos que, geográficamente, estén muy separados.

J. Malcolm Maclaren (1) divide los criaderos de oro en dos grandes grupos: primitivos y secundarios. Subdivide los primeros en otros dos grandes subgrupos: uno en relación con rocas ígneas básicas, principalmente andesíticas y diabásicas, y el otro con las ácidas, principalmente graníticas y dioríticas.

Los criaderos secundarios los divide también en dos subgrupos, según que el criadero de segunda formación sea de origen químico o mecánico.

Los criaderos objeto de nuestro estudio se hallan en Rodalquilar, en la Sierra de Cabo de Gata, provincia de Almería, y pueden clasificarse como tipo de criaderos de oro primitivos, en relación con rocas ígneas básicas; tal vez lo sean también los de Peñafior, en las provincias de Córdoba y Sevilla, si bien su génesis es confusa, y ha sido objeto de tan encontradas opiniones que, en realidad, se puede decir que sólo los primeros pueden considerarse como tipo perfecto de esta clase de criaderos.

El oro en Cabo de Gata se presenta en filones que arman en la roca ígnea que constituye la Sierra de ese nombre, y que de unos sitios a otros ofrece marcadas diferencias, si bien deben considerarse totalmente emergida en varias erupciones producidas durante la época terciaria. Como estas erupciones se sucedieron en distintos períodos, y como las condiciones en que se verificó la

(1) Gold: *Its geological occurrence and geographical distribution.*

solidificación debieron ser muy diferentes, las rocas presentan diferencias muy marcadas en su composición y en la textura.

Estos criaderos de oro, en relación con rocas eruptivas que se pueden englobar en el gran grupo andesítico (1), tienen mucha semejanza con otros del extranjero, y parecen originados por análogas causas. El enorme hundimiento caracterizado por el circo volcánico del Pacífico, que ha producido las erupciones andesíticas de las montañas rocosas y de los Andes, en América, y del Japón y Nueva Zelanda, en Asia y Oceanía, ha dado origen también a importantes criaderos auríferos. El hundimiento de la llanura húngara trajo consigo la erupción andesítica de Hungría y la formación de los criaderos de oro de Tatra, Transilvania, etc.; y, por último, la formación de los criaderos auríferos de Cabo de Gata indica, por lo menos, la repetición del mismo fenómeno a consecuencia del hundimiento del territorio del Mediterráneo occidental y la subsiguiente erupción de las rocas andesíticas del Norte de África y de Almería.

Resulta, por tanto, que los yacimientos del Cabo de Gata tienen mucha analogía con otros muchos yacimientos auríferos de mundo, y, cuando más adelante nos ocupemos de su génesis, observaremos también grandes semejanzas entre los criaderos españoles y los extranjeros.

En la Sierra del Cabo de Gata existen infinidad de filones, principalmente de plomo, explotados hace muchos años; pero el oro de Rodalquilar sólo hacia el año 1883 fué conocido, habiéndose notado su presencia primeramente en la mina *Las Niñas*.

La Sierra del Cabo de Gata ocupa la parte más meridional de la región Sudeste de la provincia de Almería, corre en dirección Nordeste-Suroeste y está constituida por una serie de cerros y ba-

(1) En nuestro trabajo «Estudios petrográficos de las rocas hipogénicas de Marruecos», tomo XXXVIII del *Boletín del Instituto Geológico de España*, hemos incluido en este grupo no sólo las andesíticas propiamente dichas, sino también las traquitas, riolitas, dacitas, traquiandesitas, etc. Esta misma significación damos ahora al conjunto de rocas englobadas en el grupo andesítico, o sean rocas porfiroides, siempre con feldespato en la pasta y en los fenocristales, generalmente predominante, al que acompaña un elemento ferromagnésico del grupo de las micas, piróxenos o anfíboles.

rancos en general muy abruptos y muy irregularmente distribuidos. Tiene esta sierra una longitud aproximada de 24 kilómetros, y su anchura es de cinco a seis kilómetros. Su altitud máxima es de 513 metros en el cerro del Garbanzal.

Solamente en la zona comprendida entre las minas *Las Niñas* y *María Josefa*, en término de Rodalquilar, es donde aparecen las manifestaciones auríferas.

Toda la sierra es eruptiva, y sus materiales fueron objeto de un estudio detenido por el sabio mineralogista D. Salvador Calderón (1). Clasifica las rocas allí encontradas en seis grupos distintos: liparitas, traquitas, dacitas, andesitas micáceocuarcíferas, andesitas anfibólicas y andesitas augíticas; pero como el ánimo del autor no era hacer un trabajo completo de la sierra, no se hace una distribución geográfica detallada de las rocas.

Nosotros hemos recogido algunas muestras, que todas presentan el carácter general de las rocas descritas por Calderón, y quedan comprendidas dentro de algunos de los grupos de su clasificación.

Sin embargo, se presenta en Cabo de Gata un grupo traquiandesítico, o sea, conteniendo a la vez sanidino y plagioclasa, en el que es difícil determinar cuál de los dos feldespatos es el predominante, o sea si debe formar parte de las rocas que Calderón llama sanidínicas o de las plagioclásicas.

Así puede comprobarse en los ejemplares procedentes del lugar denominado Presillas Bajas, los cuales presentan los dos feldespatos en fenocristales con el carácter común de la extinción zonar, debido, a nuestro juicio, a tener diferente composición los cristales en el centro y en la periferia (fot. 1). El sanidino presenta la macla de Carlsbad, y el plagioclasa la macla de la albita con las líneas polisintéticas bastante apretadas, pareciéndonos corresponden a distintas variedades de la serie feldespática comprendidas entre la andesina y el labrador ácido. Acompañan a estos minera-

(1) Estudio petrográfico sobre las rocas volcánicas del Cabo de Gata e Isla de Alborán.—Tomo IX del *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*.

les: biotita en claros cristales, muy policroicos, hornablenda fibros con el crucero paralelo a  $g_1$ , muy marcado, de color verde, y magnetita octaédrica. La pasta es amorfa, de un color amarillento a la luz natural. Macroscópicamente es una roca dura, gris, en donde resaltan muy bien los fenocristales.

En el Hoyazo de Níjar hemos encontrado también rocas que, además de estar caracterizadas por la presencia del granate y del cuarzo, presentan los dos feldespatos, siendo difícil determinar en muchos ejemplares cuál de ellos es el predominante, y por tanto, si se debe englobar en el grupo de liparitas o riolitas o en el de las dacitas. Se ve, pues, que el paso de unas rocas a otras se hace de un modo muy gradual, aunque existan muchas rocas tipos como las traquitas y andesitas augíticas que hemos recogido en el Morrón de les Genoveses. A este tipo claro de rocas pertenece la andesita augítica que hemos encontrado en las lomas de Uclé, a un kilómetro próximamente de la mina *María Josefa* (fot. 2). Tiene color gris muy oscuro, y está poco metamorfoseada. Examinada al microscopio se observa una pasta microcristalina, algo fluidal, con algunas partes vítreas. Los microlitos son de labrador ácido y alguno de augita. Los fenocristales son de plagioclasa labrador, con frecuentes inclusiones magmáticas, y a trozos metamorfoseados, preferentemente en el centro de los cristales. Presenta la marca de la albita, y en algún cristal, la de la periclina. Contiene abundante augita maclada muchas veces. Hay además un poco de cuarzo y minerales ferruginosos.

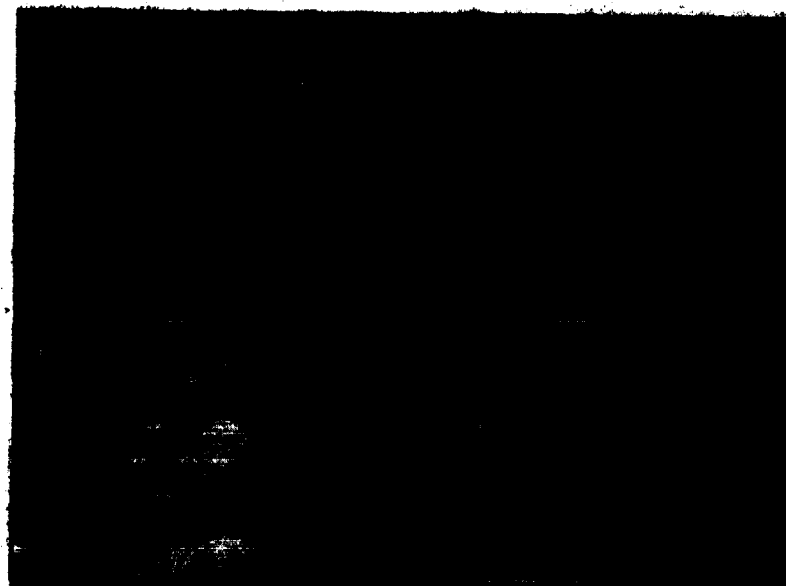
En el camino del Madroñal, en la zona en donde han aparecido los filones auríferos, la roca, aun en las partes no atravesadas por éstos, presentan una gran alteración en los feldespatos y en los elementos ferromagnésicos, hasta tal punto que es imposible determinar a qué especie mineral corresponden. La pasta es microcristalina, feldespática kaolinizada (fot. 3). La alteración ha dado lugar a la formación de kaolín y de productos ferruginosos y cloritosos. La existencia de un poco de muscovita nos induce a pensar que pudiera existir feldespato potásico en la roca. Sin embargo, nos parece que el plagioclasa debió ser el feldespato predomi-



Fotografía 1. — Traquiandesita.

Presenta los dos feldespatos: sanidino (3), y plagioclasa, labrador ácido ó andesina (7).—Hay además hornablenda (21) y biotita.

Datos ópticos: Luz polarizada. Objetivo apocromático de 35 mm.—28 aumentos.



Fotografía 2. — Andesita augítica.

En un magma microcristalino se destacan los fenocristales de labrador (7), y de augita (20). Contiene además cuarzo (1).

Datos ópticos: Luz polarizada. Objetivo apoc. 35 mm.—24 aumentos.



Fotografía 1. — Traquiandesita.

Presenta los dos feldespatos: sanidino (3), y plagioclasa; labrador ácido ó andesina (7).—Hay además hornablenda (21) y biotita.

*Datos ópticos:* Luz polarizada. Objetivo apocromático de 35 mm.—28 aumentos.



Fotografía 2. — Andesita augítica.

En un magma microcristalino se destacan los fenocristales de labrador (7), y de augita (20).  
Contiene además cuarzo (1).

*Datos ópticos:* Luz polarizada. Objetivo apoc. 35 mm.—24 aumentos.





Fotografía 1. — Traquiandesita.

Presenta los dos feldespatos: sanidino (3), y plagioclasa, labrador ácido ó andesina (7).—Hay además hornablenda (21) y biotita.

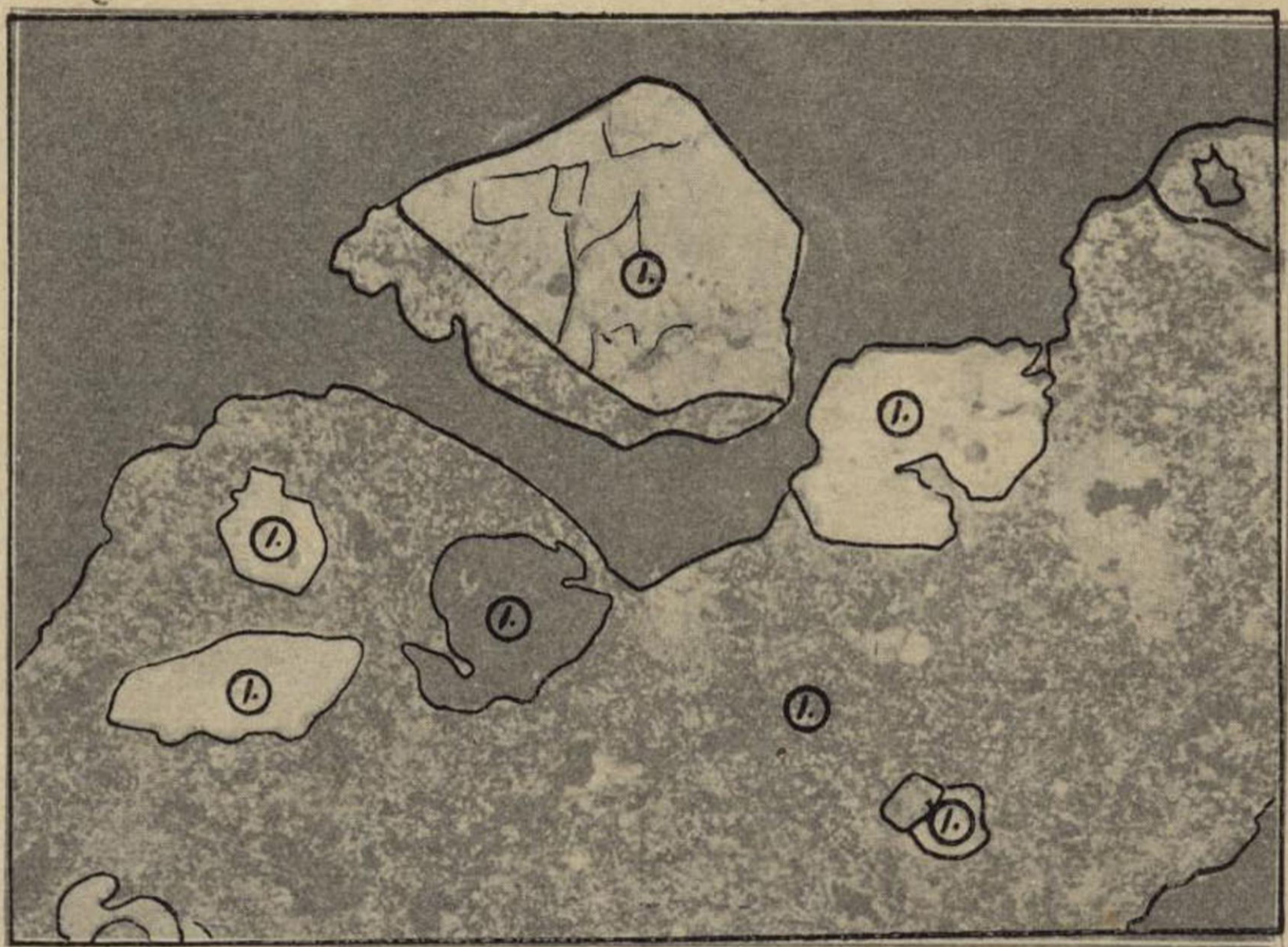
*Datos ópticos:* Luz polarizada. Objetivo apocromático de 35 mm.—28 aumentos.



Fotografía 2. — Andesita augítica.

En un magma microcristalino se destacan los fenocristales de labrador (7), y de augita (20).  
Contiene además cuarzo (1).

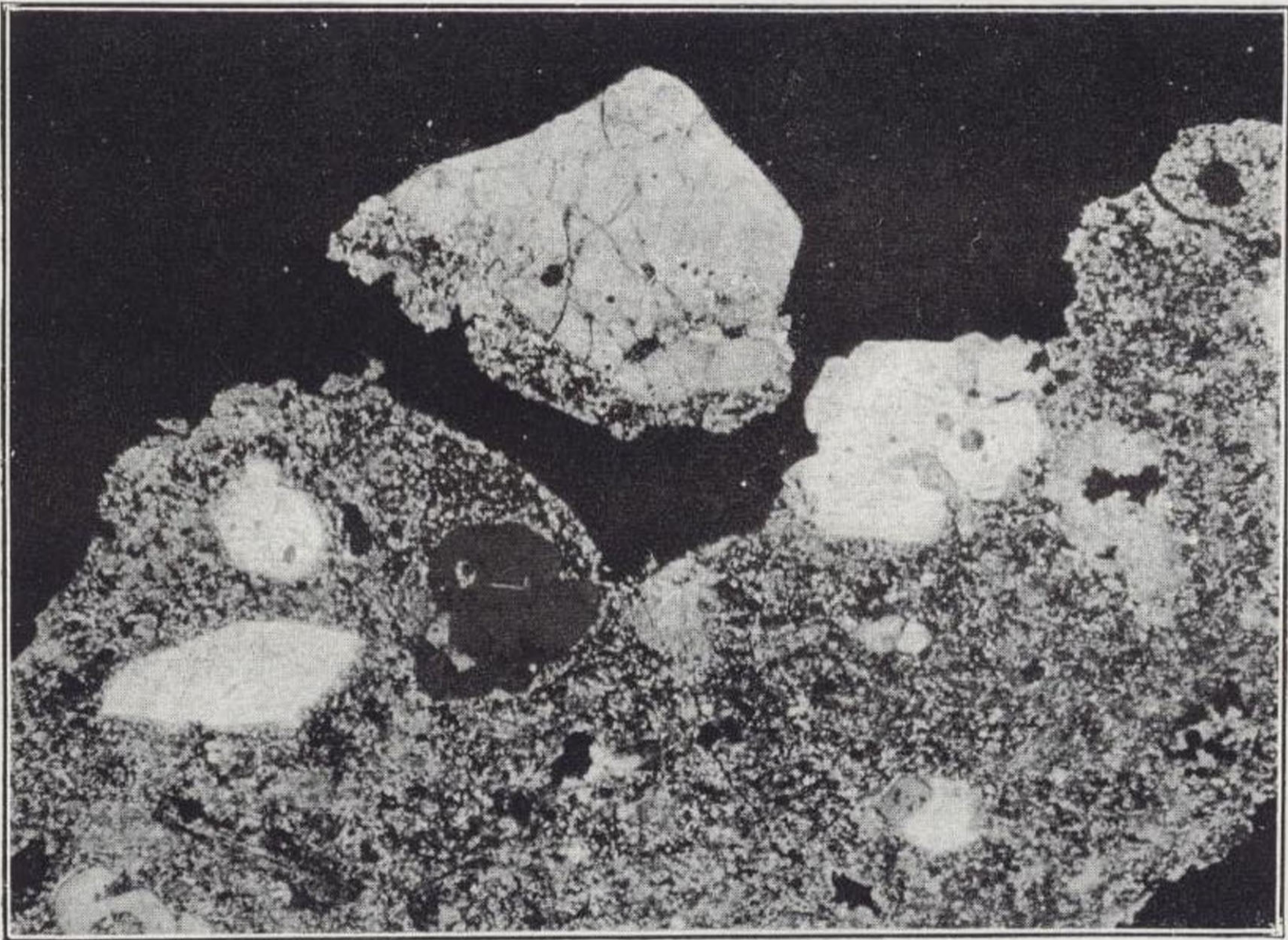
*Datos ópticos:* Luz polarizada. Objetivo apoc. 35 mm.—24 aumentos.



Fotografía 3.—Dacita alterada.

Se observan muy claramente los cristales de cuarzo (I), de primera formación.

*Datos ópticos:* Luz polarizada. Objetivo apocromático 70 mm.—12 aumentos.



Fotografía 3.—Dacita alterada.

Se observan muy claramente los cristales de cuarzo (1), de primera formación.

*Datos ópticos:* Luz polarizada, Objetivo apocromático 70 mm.—12 aumentos.

nante. El cuarzo se ha conservado intacto, y con sus formas propias bien claras, extinguiéndose en grandes extensiones y caracterizando a la roca. La roca del Madroñal es, por lo tanto, una dacita, que constituye los montes comprendidos entre las minas auríferas *Las Niñas* y *María Josefa*, y que en sitios forma grandes tajos. Tal vez sea esta roca un tránsito a la riolita bastante propylitizada siempre, puesto que los minerales se encuentran muy alterados.

Al Sur del camino del Madroñal, en el barranco de Felipe, en donde radica la mina aurífera *No me duermo*, se presenta una roca compacta abigarrada, de color rojizo predominante y con fenocristales fácilmente visibles. La pasta es microcristalina feldespática, perteneciendo probablemente los microcristales a la variedad oligoclasa. Los fenocristales de feldespato, aunque se hallan sumamente alterados, parecen pertenecer a los dos grandes grupos; la presencia de muscovita parece acusar la existencia primitiva de sanidino. El elemento ferromagnésico está también muy alterado, observándose como producto de la descomposición la clorita en abundancia. Por la forma y por las propiedades de los pequeños restos del mineral ferromagnésico parece que éste debió ser primitivamente un anfíbol. Esta roca presenta además cuarzo en cristales muy bien definidos, con inclusiones magmáticas y de primera consolidación. Es discutible también si esta roca debe ser clasificada como riolita o como dacita, a causa de que debieron coexistir los dos feldespatos antes de su alteración, y, por tanto, viene a ser esta roca el representante cuarcífero de las traquiandesitas o vulsinitas. Por el grado de alteración en que se presenta es una roca propylitizada.

Resulta, como consecuencia de lo anteriormente manifestado, que la roca en donde se presentan los filones auríferos ofrece caracteres particulares que la diferencian de la mayoría de las rocas de la Sierra del Cabo de Gata. La abundancia del cuarzo da mayor acidez a esta roca, comparada con las demás de la sierra, y su propylitización avanzada la comunica un sello muy particular, que parece indicar que la alteración de la roca debe tener una relación genética muy estrecha con la formación del oro.

En otro estudio (1) hemos hecho un resumen referente a las rocas andesíticas del Mediterráneo occidental que presentan muchos caracteres comunes y que determinan claramente una provincia petrográfica. Por las consideraciones que allí hacíamos, basadas unas en la opinión de eminentes geólogos, y otras fundadas en la analogía con otras erupciones, considerábamos a la erupción de Cabo de Gata como pliocena, y por la gran semejanza que presentan las rocas volcánicas de esta sierra con las de Guelaya, en Marruecos, podemos suponer que todas ellas debieron salir a la superficie a consecuencia de una serie de erupciones que se debieron suceder, casi sin solución de continuidad, durante los tramos plasenciense y astiense, estando, por lo tanto, en relación con la gran conmoción que produjo el hundimiento del fondo del mediterráneo occidental.

Ha sido siempre importante la riqueza minera de la Sierra de Cabo de Gata. Son muy abundantes las minas de plomo argentífero, calamina y manganeso, sobre todo las del primer mineral. En la mina *Las Niñas*, que se explotaba para arrancar plomo argentífero, es donde se descubrió por primera vez el oro en la Sierra de Cabo de Gata. En las minas *Ronda y Resto* y *Consulta*, próximas a *Las Niñas*, se encontró poco después, y, pasados muchos años, se descubrió el oro en la mina *María Josefa*, y a consecuencia de este descubrimiento se hallaron también filones auríferos en las minas *No me duermo*, *San Diego* y otras.

En término de Rodalquilar es donde hasta el presente se ha encontrado el oro, y parecen comprendidos sus filones en una zona cuya línea Norte está determinada por el Cortijo de los Frailes y Artichuelas; por el Oeste, por la llanura en donde se halla situado el Cortijo de D.<sup>ña</sup> Francisca, y por el Sur, por las Presillas Altas y la región donde está situada la mina *Las Niñas*. El camino nombrado del Madroñal atraviesa la zona por el centro.

Como resultado de nuestro reconocimiento de las labores de

(1) *Estudios relativos a la Geología de Marruecos*, páginas 354 y siguientes.

algunas de las minas, damos a continuación algunas noticias referentes a las mismas.

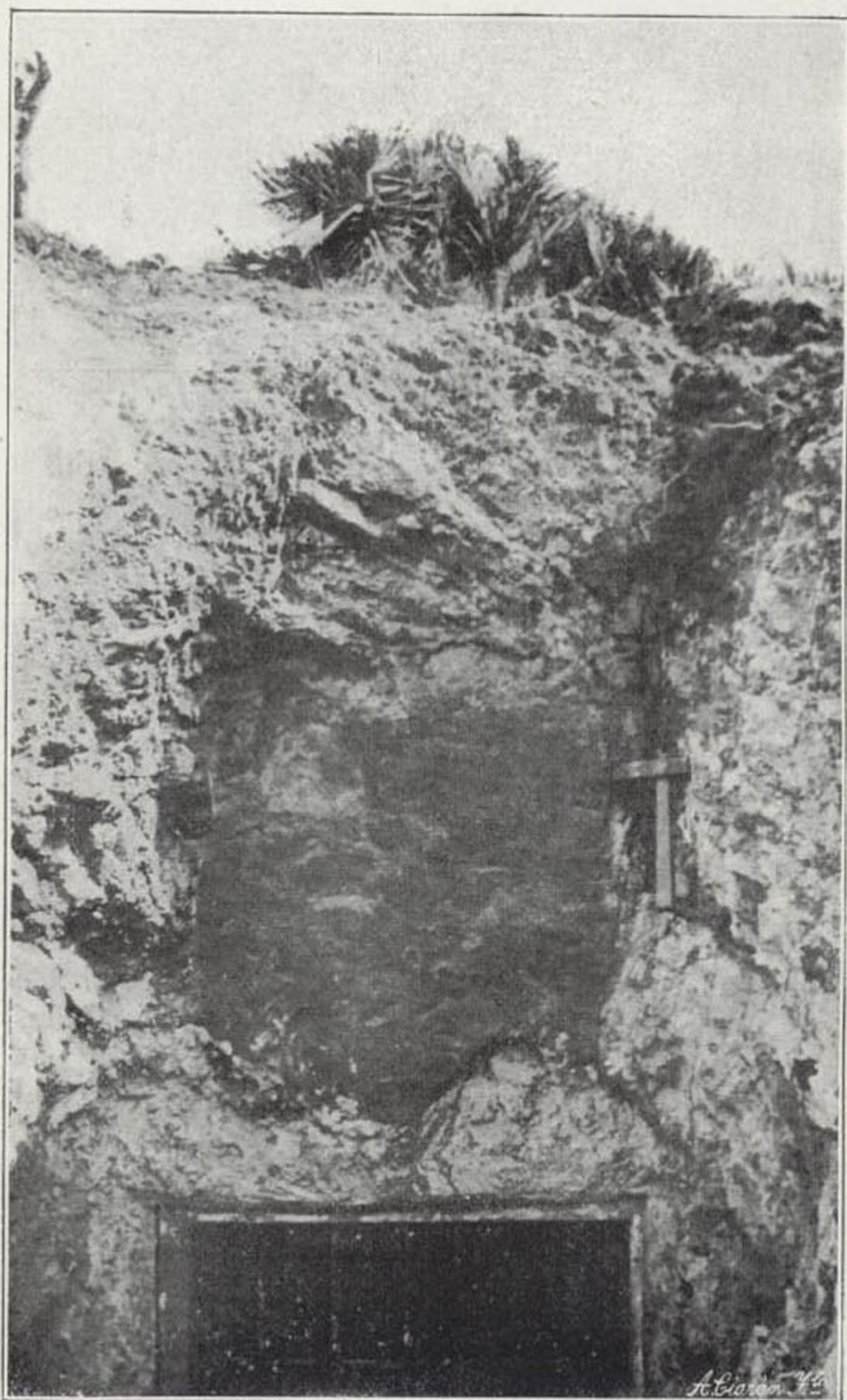
La mina *María Josefa* es la más importante de la zona aurífera; se han efectuado en ella algunos trabajos, y se han obtenido bastantes toneladas de mineral aurífero.

Se presenta el oro en un filón de espesor variable, cuya potencia media es de 0,80 metros (fot. 4). Tiene dirección algo variable: en su parte Norte es de Norte 30° Este a Sur 30° Oeste, mientras que por el Sur se arrumba casi de Norte a Sur, con buzamiento oriental.

El filón está constituido por cuarzo, arcilla y trozos de roca eruptiva, unos, procedentes de las paredes de la primitiva grieta constituidos por la roca ácida que antes hemos descrito, y otros, formados por una masa vítrea uniforme, transparente a la luz natural, y de un color gris azulado a la luz polarizada, conteniendo algunas partículas microscópicas de cuarzo y de óxidos de hierro. Tiene esta roca color blanco y de aspecto vítreo. Como minerales se presentan la galena, pirita de hierro y de cobre, escasas, óxidos e hidróxidos de hierro, carbonatos y silicatos de cobre, y en alguna parte del filón, los minerales cupríferos se presentan en columnas explotables, alcanzando los obtenidos una ley media en cobre del 18 por 100.

Presenta este filón un gran anchurón cerca de la superficie, relleno principalmente por cuarzo, con restos de roca eruptiva descompuesta y óxidos de hierro.

Este filón está reconocido en cerca de 1.000 metros, habiéndose practicado en todo su recorrido algunas calicatas y labores. Las principales de éstas consisten en dos galerías paralelas de unos 50 metros, separadas por un macizo de ocho metros de altura. De la galería inferior parte una trancada que ha llegado a 50 ó 55 metros de profundidad. En los 50 metros recorridos por las galerías se presenta el oro en el filón, pero hay una zona, de unos 30 metros, más rica que lo restante. Se habían obtenido en la época de nuestra visita unas 800 toneladas de cuarzo aurífero que, después de hecho el correspondiente escogido, contenían



Fotografía 4.—Filón de la Mina María Josefa.

70 gramos por tonelada, según manifestaciones del dueño de las minas. Con el mineral se han formado varias clases, según el tamaño y riqueza, existiendo partidas que contienen hasta 110 gramos de oro por tonelada.

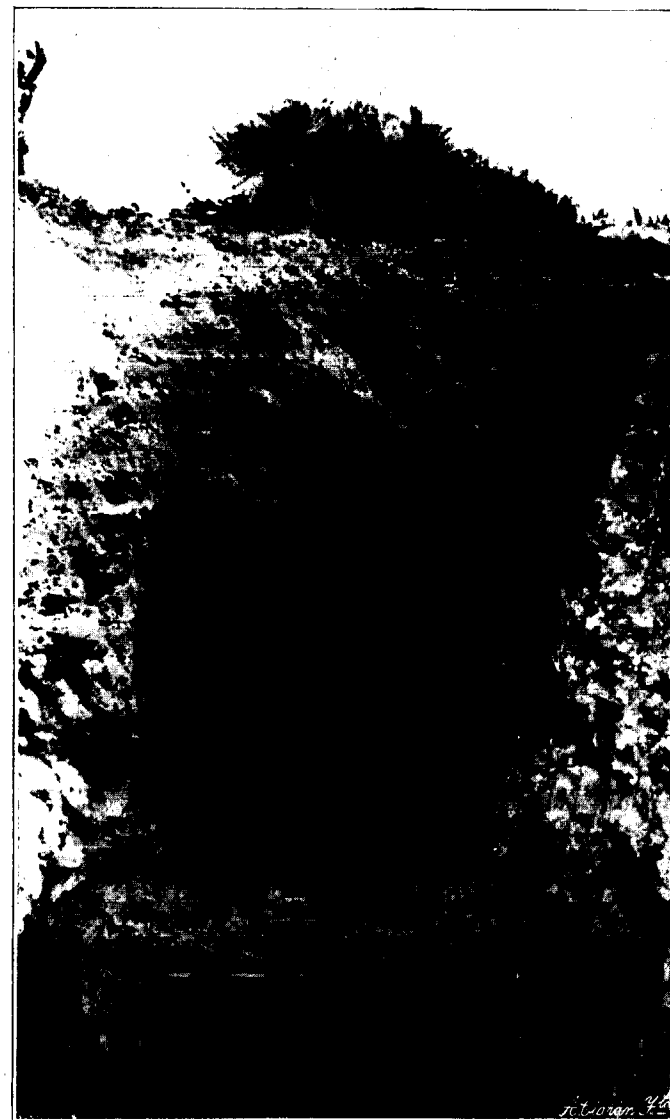
A Levante de este filón principal y a unos 300 metros de distancia, se presenta otro filón, que se explotó anteriormente para la obtención de plomo. Tiene un metro de espesor y está constituido por cuarzo, rocas eruptivas descompuestas, óxidos de hierro, minerales de cobre, y también contiene oro, aunque en mucha menor cantidad que el otro filón. El mineral de plomo contiene cuatro onzas de plata por quintal.

En la mina *No me duermo*, situada próxima y al Sur de la mina *María Josefa*, existen dos filones reconocidos, distantes unos 20 metros. Tienen dirección Norte-Sur y buzamiento al Este. El situado más a Levante ha sido poco reconocido y sólo fué atravesado por una labor en transversal, ejecutada desde el otro filón, y, aunque se presenta bien caracterizado, resultó estéril.

El filón más occidental fué cortado por un socavón, y luego seguido en dirección. Tiene una potencia de dos metros y el relleno está constituido por cuarzo, arcillas y trozos de roca eruptiva descompuesta, piritas y óxidos de hierro. El filón presenta zonas con oro y zonas estériles. Cerca de este trabajo existe también una trancada de unos seis metros de longitud, siguiendo el filón constituido casi exclusivamente por cuarzo y con una potencia de 0,80 metros.

En lugar próximo a estos trabajos se manifiesta en el monte un filón con dirección Norte 30° Este. También en el cerro del Cuchillo, ya más separado y al Oeste de las anteriores minas, puede comprobarse la existencia de varios filones, unos con dirección Norte-Sur, y otros Este-Oeste. Uno de ellos, nombrado *San Diego*, presentaba un metro de potencia, y las muestras contenían oro que, según nos dijeron, en partes era apreciable a simple vista. También contiene oro el llamado *Numerado*.

En la mina *Las Niñas*, situada en la parte occidental de la zona aurífera, en el Barranco del Lobo, se hicieron bastantes trabajos



Fotografía 4.—Filón de la Mina María Josefa.

en busca de plomo argentífero primeramente, y luego de mineral de plomo aurífero, llegando a profundidades de 70 y 80 metros. El filón tiene un espesor medio de un metro y se dirige de Norte a Sur, aproximadamente, con buzamiento a Levante. Está constituido por cuarzo, arcilla y trozos de roca eruptiva, procedentes de las paredes de la grieta. En las arcillas, blanquecinas y deleznales, suele aparecer el oro. Presenta además galena argentífera y contiene piritas y un poco de malaquita. La roca eruptiva, dentro del filón, se presenta muy descompuesta; parece corresponder a una riolita, que pasó a la dacita, propylitizada. Las labores consisten en pozos, galerías y trancadas.

Por la parte del Este, y como a 20 metros de este filón principal, se observa otro, también con dirección Norte Sur, que no ha sido explotado.

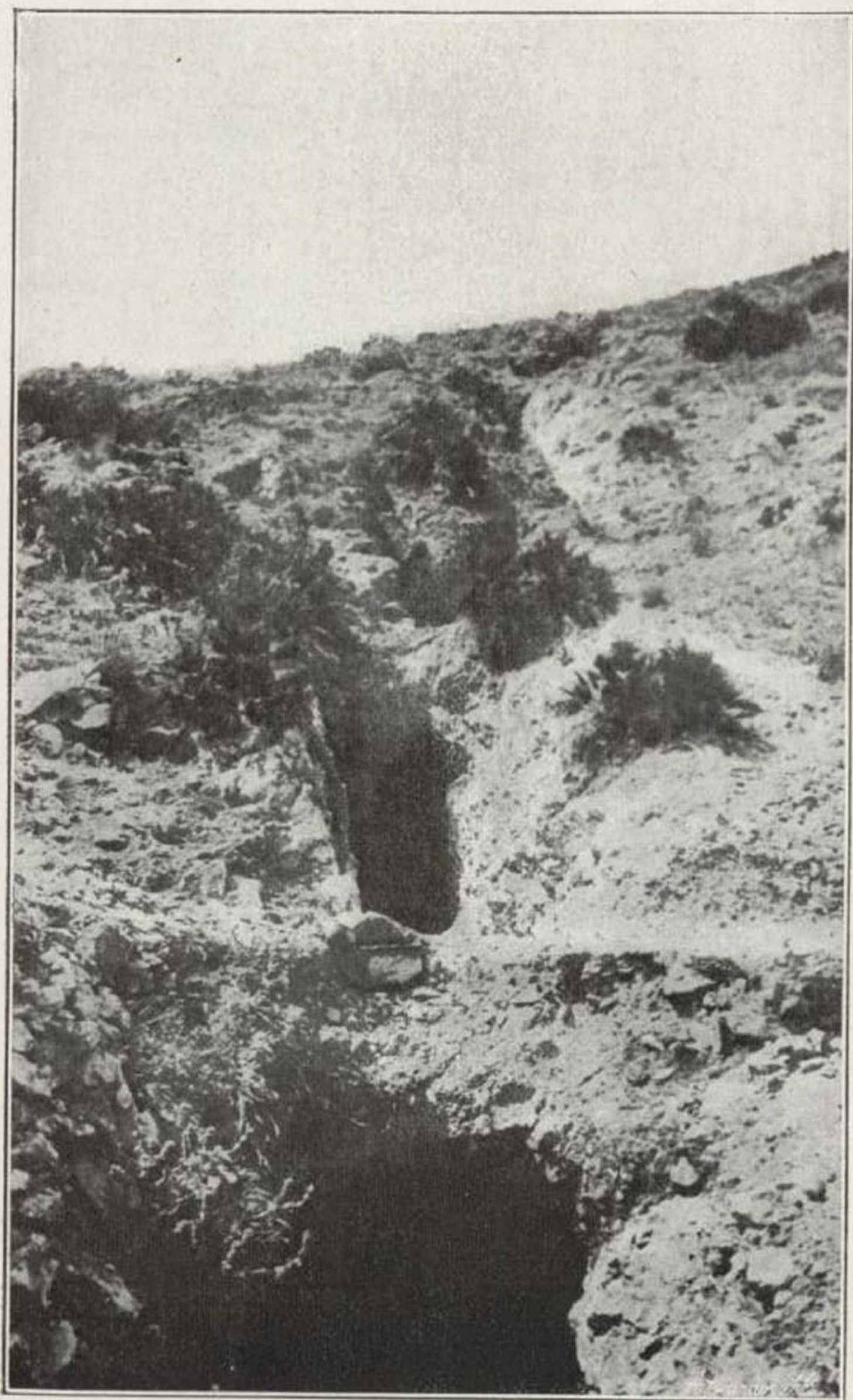
En la mina *Consulta*, próxima a *Las Niñas*, se explotó un filón con galena y oro, de 1,50 metros de espesor, con dirección Norte Sur aproximada, y casi vertical.

También en la mina *Sol*, antiguamente *Virgen del Carmen*, aparece un filón de cuarzo con sulfuros y oro.

En la mina *Ronda* y *Resto* se han hecho bastantes trabajos en un filón, que se dirige de Nordeste a Sudoeste, con buzamiento al Sudeste, y que en ciertos sitios acentúa su dirección al Norte, aproximándose al arrumbamiento Norte 30° Este de otros filones de la zona (fot. 5). Este filón, próximo al de *Las Niñas*, está situado más al Sudoeste que el trabajado en esta mina. Su espesor es de un metro y presenta el mismo relleno que todos los de la comarca, si bien con menos cantidad de arcillas. Se explotó para la obtención del oro, aunque también se extrajo algo de plomo. Existen varios trabajos, y en uno de ellos se ve partir del filón principal otro que le cruza en dirección Este-Oeste.

Todas las minas descritas se agrupan en dos zonas completamente distintas: una formada por las *Marta Josefa*, *No me duermo*, *San Diego* y otras, y la otra por las minas *Las Niñas*, *Consulta*, *Ronda* y *Resto* y otras varias. El primer grupo es de época reciente, y es donde se trabaja en la actualidad; el grupo de *Las Ni-*





Fotografía 5.—Mina Ronda y Resto.

ñas ha sido explotado por oro hace muchos años, pero hoy tiene los trabajos paralizados.

Ambos grupos están enclavados en las rocas andesíticas ácidas con filones que parecen corresponder al mismo sistema de grietas. La dirección predominante es de Norte a Sur, pero hay también otras dos direcciones que corresponden a filones importantes la Norte 30° Este, y la de Levante a Poniente. La potencia de los filones es parecida en los dos grupos, y oscila alrededor del metro. En el relleno de los filones de ambos grupos hay también bastantes analogías, aunque, al parecer, en el grupo de *María Josefa* los filones de cuarzo aurífero contienen pocos sulfuros, mientras que en los del grupo de *Las Niñas* son mucho más abundantes, sobre todo el de plomo. Se comprende que esta diferencia no es absoluta, ni mucho menos, puesto que en la mina *María Josefa* acompañan al oro minerales de cobre; pero allí el oro se presenta libre, aislado, sin relación con ningún otro mineral, es decir, que colabora en la formación del filón de un modo independiente.

La ganga, en que viene el oro, es de varias clases: la más frecuente es el cuarzo, manchado de óxidos de hierro; algunas veces se halla el oro en trozos de la roca eruptiva de las paredes de la grieta, siempre metamorfoseada, y a veces transformada en un kaolín blanquecino. El oro, en ocasiones, se presenta en la roca vítrea blanca que en determinados sitios forma parte del filón, de la que hemos hecho mención anteriormente. No hemos hallado ninguna muestra de telururo de oro.

El oro se presenta en laminillas y pajuelas de formas irregulares; sus contornos nunca son rectilíneos, sino redondeados y sinuosos. Los filones suelen tener bastante regularidad en su marcha, no así en la distribución del oro en su masa, pues hay diferencias muy grandes en la metalización aun en puntos que distan entre sí un metro, resultando además que hasta las muestras recogidas en un mismo sitio arrojan grandes diferencias en los análisis. Algunas de las que hemos recogido han sido ensayadas en el Laboratorio de la Escuela de Minas con los resultados siguientes:

De la mina *María Josefa* se han ensayado cuatro muestras



Fotografía 5.—Mina Ronda y Resto.

una de los afloramientos del filón, arrancando trozos en todo su recorrido, que contuvo seis gramos de oro por tonelada. Otra muestra del interior de la mina de la zona nombrada rica, habiendo recogido trozos en todas parte del frente y en lados de las galerías, que contuvo 26,10 gramos por tonelada. Una tercera de la zona menos rica, también del interior de la mina, obtenida arrancando trozos de todo el frente y costados de la galería, que contuvo 17 gramos por tonelada, y por último, una muestra, formada por trozos arrancados en los últimos metros de la labor más profunda en trancada, situada próximamente a unos 50 metros de profundidad, y cuyo contenido en oro es de 44,6 gramos por tonelada.

Como se ve, el resultado de los análisis de las muestras del interior de la mina es satisfactorio. El contenido de la muestra de la roca rica donde se presenta el oro claramente perceptible a simple vista es bajo, a nuestro juicio, e induce a sospechar que no se hizo bien el escogido de la muestra. Por el contrario, el resultado del análisis de la muestra de la trancada parece demasiado favorable.

El Sr. Tapia, ingeniero de Minas, que ha estudiado con gran competencia los criaderos de oro de Cabo de Gata, tomó 55 muestras de todos los sitios de la mina *Maria Josefa*, de tres en tres metros de distancia, arrojando la media de todas ellas una ley en oro por tonelada de 43,4 gramos. El contenido en oro oscila entre 0 y 235 gramos. El mismo ingeniero ha hecho estudios de laboratorio para la amalgamación de estos minerales, con resultados satisfactorios.

El Sr. Soler, copropietario de la mina *Maria Josefa*, nos dió un cuadro de análisis de las distintas partidas arrancadas de esta mina, algo concentradas, dando por resultado la media de todos los análisis de todas las partidas que el mineral de cuarzo aurífero contiene 75,3 gramos por tonelada.

Los análisis de las muestras recogidas en la mina *No me duermo* también confirman la presencia del oro en los afloramientos y en las labores interiores.

Las procedentes de los filones de la mina *San Diego* arroja un resultado de 14 y 29 gramos de oro por tonelada.

En la mina *Las Niñas* recogimos nosotros una muestra que analizada también en el laboratorio de la Escuela de Ingeniero de Minas, dió 56,10 gramos de oro por tonelada. La muestra la tomamos arrancando trozos de todos los frentes que pudimos visitar del interior de la mina. El resultado del análisis ha sido muy alto comparado con la riqueza media de los filones de esta mina, sin duda debido a haber ido en la muestra algún trozo con contenido en oro excepcional.

En el interior de la mina *Ronda y Resto* recogimos también trozos en todos los frentes visitables, resultando una muestra, que analizada, dió 13,70 gramos por tonelada.

Por lo expuesto se ve que en las rocas volcánicas, probablemente debidas a erupciones pliocenas, se presentan muchos filones metalíferos, y entre éstos algunos de cuarzo aurífero en la zona de Rodalquilar en el manchón de rocas *terciarias ácidas*, dacitas y riolitas, propylitizadas, acompañados algunas veces de galena y minerales de cobre, en donde el oro se manifiesta en estado nativo y distribuido de un modo muy irregular.

Los movimientos tectónicos de la época terciaria, que produjeron una variación muy grande en el reparto de continentes y mares, vinieron acompañados por gran número de erupciones volcánicas que forman un grupo muy importante de rocas nombrado andesítico. En la Sierra del Cabo de Gata existen varios de estos volcanes claramente definidos en la actualidad, como se puede ver en el Hoyazo de Nijar, Morrón de los Genoveses, etc.

Como los movimientos se repitieron en la región mediterránea occidental durante el período plioceno sucediéndose las sacudidas y conmociones, las erupciones, que son consecuencia de aquéllos, también fueron varias y en diferentes épocas, y así resulta que hubo primero varias erupciones andesíticas y que a éstas siguieron las de otras clases de rocas, tales como los basaltos, cuya edad, más reciente que la de las andesitas, está comprobada en la región de Guelaya de África.

Esta consideración nos conduce a suponer que después de haberse solidificado las rocas eruptivas andesíticas ácidas de Rodalquilar nuevas conmociones tectónicas produjeron la apertura de grietas exoquinéticas, probablemente al final del plioceno, puesto que en esta época, según hemos consignado, se produjo un hundimiento en la región mediterránea occidental que produjo una erupción de basaltos en la costa Norte de África. Por consiguiente, creemos que las grietas que dieron lugar a los filones de Rodalquilar son recientes del plioceno superior, es decir, casi contemporáneas del hombre.

La misma actividad volcánica que conmovió la zona Sur-Sudeste de la provincia de Almería trajo, como cortejo obligado, manifestaciones de la serie completa de fumarolas e hidrotermales.

A estas aguas termales y a las emanaciones gaseosas creemos deben su metamorfismo las rocas andesíticas ácidas, primero en propylitas, y luego como alteración más avanzada, en rocas arcillosas. Los feldespatos se transforman en kaolín, el alcalino en kaolín y muscovita y los elementos ferromagnésicos se transforman en clorita, calcita escasa, y, en definitiva, en productos ferruginosos. El epidoto, muy común en las propylitas, es escaso en las rocas del Cabo de Gata.

A esta misma clase de fenómenos es debido el relleno del filón, debiéndose, por tanto, la presencia del oro a fumarolas auríferas condensadas en aguas termales, cuyos elementos han cristalizado merced a materias reductoras en las grietas, bajo distintas formas. Al mismo tiempo que el oro, han sido precipitados el cuarzo, las piritas, etc., a consecuencia de la presencia de elementos reductores. Las fumarolas sulfatadas auríferas tienen grandes condiciones para ser disueltas por aguas termales, atendiendo a que el sulfuro de oro es soluble en el agua saturada de ácido sulfhídrico. También las fumarolas cloruradas condensadas en aguas calientes, que debieron manifestarse enérgica e inmediatamente después de la erupción andesítica, pudieron motivar la presentación del oro en los criaderos que nos ocupan, aunque en realidad en los filones de

Rodalquilar se vea más clara la relación del oro con los sulfuros.

La precipitación del oro por la turba y por el petróleo está comprobada de modo que es bien fácil explicarse la precipitación del oro como resultado de la presencia de sustancias hidrocarbурadas.

En los filones del Cabo de Gata es indudable que el oro se ha hecho perceptible a causa del enriquecimiento secundario del filón en su parte alta, o sea por encima de su nivel hidrostático y hasta en la zona situada inmediatamente por debajo de él. Las aguas superficiales cargadas de aire y de ácido carbónico y con trazas de algunas sales, han reaccionado sobre la pirita aurífera, produciendo sulfato de hierro y sales solubles de oro. El hierro del sulfato se precipita en seguida bajo forma de óxido, y así la sal de hierro pudo descender disuelta en las aguas meteóricas por el filón y precipitarse en las partes altas en donde hubiera elementos reductores. Esta zona rica es la que, al parecer, se ha manifestado en las minas del Cabo de Gata.

El oro, según hemos dicho, se presenta con mucha constancia en todos los países en filones dentro de las rocas del grupo andesítico; pero su distribución en este grupo es muy variable e irregular. Sin duda, esa frecuencia de los filones metalíferos, y entre ellos los auríferos en las andesitas, es debida a que, siendo estas rocas manifestaciones de grandes movimientos tectónicos recientes, y, por tanto, producto de grandes erupciones, han ocasionado la formación de grietas importantes en la corteza terrestre, en las que, merced a la abundancia de poderosos elementos disolventes, se han rellenado los filones.

La desigual distribución de los criaderos de oro en las andesitas, aunque éstas sean de la misma época, hace suponer que no debe tener el oro un origen magmático, sino que su presencia es motivada por reacciones de entre los elementos disolventes que acompañaron a las erupciones andesíticas y que actuaron sobre rocas que, situadas en el interior de la tierra, tuvieran ya el oro preexistente.

Los criaderos de oro de Cabo de Gata presentan mucha semejanza con los yacimientos húngaros, y, sobre todo, con los que se explotan en Vulkay Botes a 15 kilómetros al Norte de Zalathana en Transilvania, donde los filones son de cuarzo aurífero y arman en rocas andesíticas ácidas, y contienen piritas en escasa proporción, algo de cobre y en las partes profundas, galena. La riqueza se halla también muy desigualmente distribuída, y la génesis de los criaderos debe ser muy parecida.

El límite del contenido en oro para explotar un criadero de este metal varía mucho según las condiciones del yacimiento. En los aluviones se puede explotar con provecho el oro en casos favorables hasta con contenido de un decigramo por tonelada, y en los demás criaderos de otra clase, desde tres o cuatro gramos en tonelada.

A continuación damos el límite mínimo de explotabilidad en las regiones auríferas más conocidas:

Australia, filones..	5	gramos por tonelada.
Idem, aluviones...	1,3	» »
Witwastersrand...	7	» »
Estados Unidos...	9	» »
Callao, Venezuela.	33	» »
Uruguay.....	23	»
Piamonte.....	15	» »
Transilvania.....	9	» »

Las condiciones de explotación de las minas de Venezuela y Uruguay son extremadamente difíciles.

Las minas de Transilvania son las que tienen condiciones de explotación más parecidas a las del Cabo de Gata. Hay que observar que el límite de nueve gramos por tonelada asignado a estas minas es debido a la aplicación de los molinos americanos, pues antiguamente el límite de explotabilidad era de 18 gramos por tonelada.

En nuestra opinión, en la mina *María Josefa*, en la zona del interior de la mina que había reconocida cuando realizamos la visita, se puede contar con una riqueza media de oro de 20 a 30 gra-

mos por tonelada, es decir, que dada su poca distancia a la superficie, el macizo reconocido tiene condiciones para su explotación económica.

Ya hemos indicado anteriormente que la presencia en estado libre del oro debe hacer factible el procedimiento de la amalgamación para beneficiar el metal.

Por último, creemos conveniente insistir sobre la circunstancia de que el oro se manifieste en las rocas andesíticas ácidas dentro de la parte propylitizadas, antecedente que puede servir de guía para la investigación de nuevos criaderos de oro en la Sierra de Cabo de Gata. Como es difícil la distinción a simple vista de las diferentes clases de rocas que forman el grupo andesítico, hay que fijarse especialmente en el examen microscópico, para distinguir los tipos ácidos, en la existencia de fenocristales de cuarzo, que con frecuencia son por su tamaño claramente perceptibles con una lente.

## ESTUDIO

DE LOS

### CRIADEROS DE AZUFRE DE BENAMAUREL (GRANADA)

por

D. Guillermo O'shea y D. Enrique Dupuy de Lôme,  
ingenieros de minas.

# **ESTUDIO**

**DE LOS**

## **CRIADEROS DE AZUFRE DE BENAMAUREL (GRANADA)**

El término municipal de Benamaurel se halla situado casi en el centro de la gran cuenca conocida con el nombre de Hoya de Baza, rodeada de altas sierras y surcada por innumerables barrancos y ramblas. Esta dilatada región, que corresponde al extremo Nordeste de la provincia de Granada, queda limitada por su parte septentrional por las sierras de las Tañascas y del Muerto o Huéscar, por el Este; por las de Periate y Orja; por el Mediodía, por la de Baza, y por último, al Oeste, el terreno mucho menos montuoso, da paso al río Grande, que desagua toda la cuenca. Dentro de ésta, y rodeado de formaciones geológicas mucho más modernas, se eleva, completamente aislado de las demás sierras, el gran macizo del Jabalcón (1.496 metros), constituyendo el rasgo orográfico más saliente de toda la comarca.

Los ríos de la Hoya tienen escaso caudal; en verano están casi secos, y únicamente tiene alguna mayor importancia el Benamaurel, que a partir del cerro del Jabalcón, recibe el nombre de río Grande. Nace en las elevadas sierras, casi siempre cubiertas de nieve, del límite septentrional de la provincia, y después de pasar por los pueblos de Huéscar, Benamaurel y Cortes de Baza, se une con el río de Guadix en el límite de las provincias de Granada y Jaén. Los afluentes más importantes que recibe por su margen iz-

quierda son los ríos de Baza y Cúllar, mientras que por su orilla opuesta desembocan en él los ríos de Guardal, Castril y Guadalentín.

Todas estas corrientes corren a través de terrenos formados por rocas muy blandas, y han excavado en ellos profundos barrancos y discurren encajonadas entre grandes tajos, a veces con frentes casi verticales de 40 y 50 metros de altura. Resulta de esto el que las vegas, convertidas en bien cultivadas huertas, sean muy estrechas y no se pueda emplear el agua de los ríos en regar el resto del terreno, situado a mucha mayor altura.

Nada más triste que el páramo de Benamaurel, dilatado y árido territorio desprovisto de toda vegetación y donde únicamente se desarrolla el esparto, una de las principales producciones vegetales de la región. Ya el sabio geólogo francés M. de Verneuil, que estudió esta comarca hacia mediados del siglo pasado, la comparó con las estepas de Crimea y de la parte meridional de Rusia. Únicamente las vegas de los ríos forman algunos oasis en la extensa llanura y también por excepción se encuentran sobre las rocas terciarias de la cuenca algunas porciones cubiertas por delgados mantos de tierras cuaternarias, en los que se acusa, por la presencia de campos cultivados, la mayor productividad de este último suelo.

Toda la región recorrida al estudiar los criaderos de azufre de aquella comarca corresponde al terreno plioceno marino, particularmente al plaisanciense, que es el segundo de los cuatro tramos en que se considera dividido aquel terreno.

El Sr. Gonzalo Tarín (1) encontró en esta comarca dos series de depósitos pliocenos, unos marinos, lacustres los otros, a los cuales separaba de una manera general, trazando una línea quebrada que, partiendo del Noroeste de la Sierra del Periate, se dirigiese a Cortes de Baza, y desde las inmediaciones de este pueblo torciese en ángulo casi recto al Sudeste, siguiendo la margen izquierda del río de Baza para alcanzar el borde de la cuenca ter-

(1) *Reseña física y geológica de la provincia de Granada.*

ciaria entre Caniles y Baza. De esta manera el espacio en que se ha depositado la formación lacustre queda al Poniente de esta línea, mientras que en la región de Levante, incluso el término de Benamaurel, se encuentran los depósitos marinos. En nuestra visita hemos podido comprobar la exactitud de las observaciones del Sr. Gonzalo Tarín.

Los bancos pliocenos de la mancha que estudiamos sirven de base a las rocas cuaternarias o postpliocenas de la Sierra de la Matanza, mientras que por los otros rumbos se apoyan a su vez sobre formaciones más antiguas: por el Norte y por el Este, sobre las sierras jurásicas de Huéscar y de Periate, y cerca ya del límite de la provincia, sobre las rocas numulíticas del campo de Bugéjar, mientras que por el Mediodía limita la formación terciaria el enorme macizo arcaico que se extiende desde las sierras de las Estancias y Filabres, en la provincia de Almería, hasta la Sierra de Baza.

No es posible determinar exactamente el espesor del plioceno de esta mancha, pero debe aproximarse a los 300 metros que como máximo para esta edad geológica en España se ha reconocido en la provincia de Cádiz, pues la diferencia de altitud entre Baza y el río de su nombre es, según nuestras observaciones, de 170 metros, a lo que hay que añadir el espesor del plioceno por encima de Baza, que es de unos 50 metros, según puede apreciarse en la falda del cerro Jabalcón, y además el espesor del plioceno, por debajo del lecho del río, dato desconocido. Para fijar estos espesores suponemos que los estratos pliocenos se hallan sensiblemente horizontales en conjunto.

Llama desde luego la atención el enorme volumen de rocas desnudadas en esta cuenca; no bajará seguramente de 100 metros el término medio del espesor de terreno que en toda la mancha ha sido arrastrado por las aguas, quedando únicamente algunos cerros aislados que, a modo de testigos, señalan el nivel que alcanzaron los sedimentos que debieron formar una extensa planicie antes de que los arroyos determinaran los primeros valles, para irlos después fraccionando y arrastrando los materiales delezna-



de que están constituidas las capas, hasta dejarla reducida a su estado actual en que se ofrece como un terreno sumamente montañoso y quebrado, atravesado en todos sentidos por un sinnúmero de valles y barrancos de escarpadas laderas.

Los estratos pliocenos se hallan casi horizontales, sin que aparezca en parte alguna accidente estratigráfico digno de mención; las capas buzan en conjunto muy ligeramente hacia Benamaurel, pueblo situado casi en el fondo de la cuenca estratigráfica; el buzamiento, que en la parte oriental y septentrional es de cinco grados, en la parte occidental es más pronunciado y alcanza hasta 20 grados en el cerro del Aguilón, inclinación máxima de los estratos reconocida en todo el territorio que hemos recorrido.

La formación pliocena ofrece en Benamaurel poquísima variedad en la petrografía. Predominan casi en absoluto las arcillas azuladas con intercalaciones de gredas y calizas, siempre muy arcillosas; son extraordinariamente abundantes los yesos, que se presentan en las formas más variadas, según iremos viendo al reseñar los distintos parajes que visitamos.

A pesar de la poca variación en la composición de los estratos, se pueden considerar los dos niveles siguientes distintos petrográficamente en el plioceno de Benamaurel.

1.º *Piso inferior*.—Formado casi exclusivamente por arcillas sabulosas, con exclusión completa de las calizas arcillosas del piso superior. Son muy raros los yesos, no forman nunca grandes bancos, y cuando se encuentran cristalizados son completamente hialinos. Dentro de este piso se distinguen muy claramente dos niveles distintos, uno inferior de arcillas azuladas muy compactas, rocas que por su descomposición dan un color blanco al terreno, y otro superior de arcillas más silíceas y deleznales de un color amarillento, debido sin duda a la descomposición de las partículas de pirita de hierro que contenían las arcillas. Este piso, de una extensión y espesor mucho más reducido que el superior, no se encuentra más que en la parte Noroeste del término lindante ya con el de Cortes de Baza.

2.º *Piso superior*.—Constituido por arcillas y margas azuladas

cuando están recién partidas, con lechos intercalados de caliza arcillosa dura y compacta, con espesores de cinco a 50 centímetros. Abunda con profusión el yeso, unas veces compacto o tetroso, otras formando lechos y concreciones dentro de las margas, y, por último, cristalizado en forma de flechas y grandes láminas de color pardo acaramelado, que acribillan en todos sentidos los bancos arcillosos donde se encuentran.

La poca profundidad de los valles excavados en el plioceno y la escasa inclinación de sus estratos no permite reconocer los bancos de la base de este sistema, y debido a estas circunstancias no hemos podido comprobar sus analogías con los yacimientos de azufre de Lorca, donde el terreno es muy semejante al que estamos estudiando. Este punto tan interesante queda, pues, por ahora, sin resolver. En el plioceno lacustre de Zújar, lindando con el marino de Benamaurel, cita el Sr. Gonzalo Tarín la existencia de lignitos a una profundidad de 210 metros por bajo del manto cuaternario del cerro del Jabalcón, pero nada indica que este combustible se extienda al plioceno marino, y, caso de hacerlo, claro es que quedaría mucho más profundo que el nivel de las capas azufrosas.

Para determinar la edad del terreno nos han servido algunos niveles fosilíferos muy constantes de fauna tan rica en ejemplares como pobre en especies; además, debido a la naturaleza de la roca, los fósiles se encuentran casi todos al estado de moldes y en su mayoría están muy mal conservados.

Inmediatamente por encima del nivel de las arcillas azuladas de los dos pisos en que hemos dividido el plioceno, encontramos en varios puntos del llano de la Marchita abundancia extraordinaria de restos de *Syndosmya alba* y *Cardium edule*.

Otro nivel muy constante de *Cardium edule* se encuentra en el techo de la capa de azufre que los mineros de la localidad llaman *Veta baja*, situada en el piso superior del plioceno. En este mismo piso, a un nivel estratigráficamente superior, volvimos a encontrar restos del mismo *lamelibranchio*, tanto en las inmediaciones de Benamaurel como dentro del mismo pueblo.

Aunque no se encuentra en el terreno cuaternario de la comarca ningún criadero de azufre, consignaremos, sin embargo, que es la única formación geológica que, además del plioceno, se encuentra en Benamaurel.

Se presenta formando los aluviones antiguos y recientes de los ríos, y también en mantos diluviales de reducido espesor y extensión.

Entre los primeros, son los de mayor importancia los aluviones antiguos del río de Baza, que contrastan con la exigüidad de los actuales. Son muy extensos, tienen un gran espesor y se encuentran hasta 50 metros por encima del lecho actual del río, demostrando lo que la corriente ha profundizado el valle por donde circula. Estos aluviones, muy pedregosos, están formados por cantos de cuarzo, gneis, talquitas, micacitas y calizas, tanto antiguas como secundarias y terciarias, indicando su composición claramente la edad de las diversas sierras, en su mayoría arcaicas, de donde proceden.

A menor altura, y sin pasar de 20 metros la diferencia de nivel, se encuentran entre Benamaurel y el Llano de la Marchita los aluviones antiguos del río de Benamaurel, también muy pedregosos, pero formados exclusivamente por calizas secundarias y terciarias. Aguas arriba de Benamaurel tienen los aluviones del mismo río escasa extensión, pero gran espesor. Entre el río de Benamaurel y el Arroyo del Salar, cerca de las lomas de los Cerrones, se encuentran varios altozanos y cerritos formados exclusivamente de guijo menudo calizo muy rodado.

Vense además varios llanos cubiertos de tierras arcillosabulosas cuaternarias, que contrastan, por su color amarillo rojizo, de las tierras procedentes de la formación terciaria, de colores blancos y grises. Uno de los más extensos se encuentra al Norte del río de Baza, en el camino entre Benamaurel y Baza. En el llano de la Marchita, situado a unos cinco kilómetros al Noroeste de Benamaurel, la formación está cubierta por una capa de uno a dos metros de espesor de tierras pardorrojizas arcillosas con multitud de cantos calizos; en algunos sitios estas tierras se hallan impreg-

nadas de un cemento calizo que las ha hecho consistentes, formando una roca muy compacta que llaman *lastra* los mineros del país. Al Noroeste de Benamaurel comienza, encima de los cortes del río, un extenso llano también cubierto de mantos diluviales.

### Antecedentes históricos de los criaderos de azufre.

Los naturales del país aseguran que el paraje denominado las Arceviterras fué explotado por los árabes en el siglo XV, aunque las labores son en un todo diferentes de las que en la actualidad se practican, y la generalidad de las existentes en todo el terreno por nosotros reconocido, no hay datos para asegurar que a dicha época deba referirse el principio de la explotación del criadero que estudiamos.

Los datos que a continuación exponemos están tomados de la Estadística minera, mereciéndonos, por tanto, entero crédito.

El año 1856 figura la provincia de Granada con una producción de mineral de azufre de 500 quintales, los que, beneficiados, dieron 75 quintales de azufre de primera fusión.

Nada digno de mencionarse encontramos hasta el año 1874, en que el Sr. Ingeniero Jefe del distrito, en su Memoria anual, dice: «Todos los años se produce algún azufre en la zona de Benamaurel; pero hallándose el criadero reservado al Estado, la producción se debe sólo a los rebuscadores del país, y no hay datos para apreciarla ni aproximadamente.»

En el año 1881 dice el Sr. Ingeniero Jefe: «El mineral de azufre de Benamaurel y Castillejar se arranca y vende, aunque sin existir concesión, por los naturales del país.»

El 1882 dice: «No habiéndose recibido antecedentes para el deslinde de la mina de azufre de Benamaurel, reservada al Estado, no han podido hacerse concesiones mineras en aquella comarca; pero las capas de azufre vienen explotándose de una manera frau-

dulenta, con perjuicio de la Industria y del Estado y con peligro serio de los operarios que en ello se ocupan.»

En el tomo correspondiente al año 1887 se lee: «No dejará esta Jefatura de mencionar la importancia que daría a la industria minera de esta provincia la enajenación de los criaderos de azufre de Benamaurel o declarar el término municipal franco y registrable. Hoy se explota por los hijos del pueblo, sin regla ni método alguno, siendo de extrañar no haya que lamentar con frecuencia algunas desgracias. Sin embargo de hacer aquellos trabajos en malísimas condiciones, puede calcularse que al año extraen 3.000 quintales métricos de azufre.»

En 1888 hace constar el Ingeniero Jefe que dadas las dificultades para la valoración de los criaderos de azufre de Benamaurel, en los que hay vistas cuatro capas en unos 20 metros de profundidad, debe declararse dicho término municipal franco y registrable.

Puede calcularse la extracción de azufre en unos 3.000 quintales métricos, que, a razón de 20 pesetas uno, importan 60.000 pesetas.

En los años siguientes sigue insistiendo en la necesidad de enajenar la mina de azufre de Benamaurel o declarar el término municipal franco y registrable.

El año 1897, el Ilmo. Sr. D. Marcelo Usera, Inspector del Cuerpo de Minas, Jefe del distrito minero de Granada en dicha fecha, en cumplimiento de Real orden fecha 6 de diciembre de 1897, pasó al pueblo de Benamaurel con objeto de reconocer los criaderos de azufre reservados al Estado y de adquirir datos y antecedentes para su tasación, formulando un interesantísimo trabajo en el que deduce, en conclusión, que en las minas existe un total de mineral de azufre de 1.917.670 toneladas, al que, asignándole una riqueza media del 59 por 100, que es lo que resulta de análisis efectuados en la Escuela Especial del Cuerpo de Minas, de las muestras tomadas en la mejor forma posible, dadas las condiciones del criadero, da de azufre 131.112 toneladas y asigna a las minas un valor en venta de 595.647,50 pesetas.

En la breve historia de estas minas del citado trabajo, se consigna la existencia de una fábrica de fundición de azufre propiedad del Estado, establecimiento que se hallaba a cargo del Cuerpo de Artillería, fábrica que dejó de funcionar a mediados del siglo XIX. En nuestra visita hemos visto las ruinas de dicha fábrica, la que fué adquirida hace cincuenta años, ya ruinosa, por los señores Martínez, Izquierdo y Burgos.

En 1901, y como resultado de la Memoria del Ilmo. Sr. D. Marcelo Usera, en la que se consignaba el fraudulento aprovechamiento de estos criaderos, se instruyó expediente en averiguación de quiénes eran los autores del fraude, resultando ser naturales del país, quienes pidieron se les permitiera explotar y vender los azufres del Estado, por ser minas abandonadas.

Se elevó esta súplica al Gobernador de la provincia, contestando en 4 de marzo al Sr. Delegado de Hacienda, negando el permiso que se solicitaba.

Por el acta anteriormente citada se recobró la posesión para el Estado de las minas de Benamaurel, señalando con toda claridad sus linderos en la forma que se representa en el plano adjunto, reservándose no sólo los azufres, sino todas las substancias minerales, pero respetando la propiedad particular y de propios.

Desde el año 1901 al 1905 figura en las estadísticas oficiales una mina de azufre en Granada, improductiva, con 12 hectáreas.

En 1911 dice el Sr. Ingeniero Jefe: «Existe también un criadero de azufre en el término de Benamaurel, en el que están reconocidas cuatro capas que yacen horizontalmente a diferente nivel entre margas yesosas pertenecientes al período plioceno, abrazando entre todas una profundidad de 16 a 20 metros.

Es de lamentar que este criadero, que tiene importancia industrial, se encuentra entregado en manos de los vecinos de dicho término, que hacen en el mismo una labor codiciosa que le está destrozando, y no se comprende que no se haya enajenado por el Estado o no se declare franco y registrable su terreno, en la seguridad de que no faltaría entidad industrial que lo adquiriese, dando beneficio para todos.»

### Descripción de los criaderos de azufre

El azufre se encuentra en determinados niveles, formando dulos y vetas dentro de las margas. Es imposible determinar el mero de capas azufrosas que puede haber en el distrito, pues a más de las que hemos encontrado, es muy probable que haya otras que no han sido descubiertas por los mineros en sus rebuscas. Casi con seguridad se puede afirmar que en las capas inferiores del plioceno, que en ningún punto afloran, se encontrarán nuevos yacimientos.

Nosotros, sin embargo, hemos podido determinar siete capas distintas, de las cuales cinco corresponden al nivel superior y dos al nivel inferior del plioceno. Las distancias entre las distintas capas pueden verse en los cortes geológicos que acompañan a este trabajo.

De estas capas, la segunda y tercera, empezando a contar desde arriba, son las que mayor importancia tienen, y reciben entre los rebuscadores de azufre los nombres de Veta Alta y Veta Baja.

El techo de las cinco superiores es de caliza compacta arcillosa, a la que llaman Jabaluna; en las dos vetas inferiores no se encuentra esta roca; el cielo de los trabajos está formado por una marga bastante dura.

Las capas tienen todas entre 0,40 y 0,70 metros de espesor, y están constituidas de arriba a abajo del modo siguiente:

- 1.º Margas con yeso compacto, directamente debajo de la caliza del techo.
- 2.º Margas duras con algún lecho yesoso.
- 3.º Arcilla compacta con yeso y azufre en nódulos, lentejones, etc.
- 4.º Marga sabulosa muy blanda.
- 5.º Arcillas con yeso, generalmente en grandes cristales.

En dos regiones distintas se pueden considerar agrupados es-

tos criaderos: una, a Levante, y otra, a Poniente del pueblo; en la zona central no se trabajan las capas, en parte por encontrarse a gran profundidad por el sinclinal que forman los estratos, y en parte, porque en los puntos donde afloran, márgenes del río cerca del pueblo, etc., son estériles.

Tienen, respectivamente, los siguientes límites:

### Límites.

1.ª *Región oriental.*—Linda por el Norte con el término de Castillejar; por el Este, con los términos de Castillejar y Cúllar; por el Sur, con el término de Cúllar y cañada del mismo nombre, y por el Oeste, con una línea que, partiendo del río Guardal o de Benamaurel con la mojonera de Castillejar, sigue el curso de dicho río hasta la desembocadura del barranco de Jerez, y desde este punto, pasando por la desembocadura de la cañada de Carril y de la vereda en la cañada del pueblo, y al lado Oeste de la Arcebiteras, terminando en la cañada de Cúllar.

2.ª *Región occidental.*—Linda por el Norte con el camino de Benamaurel a Cortes, la cañada de Marao y la mojonera de Cortes; por el Este, con la cañada de Cortes; por el Sur, con el camino de Cortes a las cuevas de Guata Real, y por el Oeste, con el barranco del Pleito.

Procederemos sucesivamente al estudio de cada una de las dos regiones.

### Región oriental.

Por la parte del Nordeste del pueblo no se encuentran las capas con azufre hasta llegar al cerro del Sombrero, a unos ocho kilómetros de la población. Únicamente saliendo de Benamaurel, por el camino que sube por la orilla izquierda del río, se encuentra, a un nivel 20 metros más bajo que el de la población, un afloramiento muy bien marcado de la Veta Baja, al parecer aquí completamente estéril. En otros varios cortes del terreno vuelven

a encontrarse los afloramientos de la capa, que se distinguen muy bien, tanto por la caliza del techo como por las rocas que la constituyen.

Más al Norte los estratos, que al principio conservan su ligero buzamiento occidental, se levantan algo más inclinados al Suroeste, aumentando esta inclinación según nos acercamos al arroyo del Salar. Éste nos descubre, en los grandes cortes excavados por el río de Benamaurel y los barrancos de Jerez y del Salar, algunos casi verticales de más de 40 metros, un nivel estratigráficamente inferior al de la Veta Baja, formado por margas con abundantes cristales de yeso y algunas capitas de yeso compacto; abundan los lechos de caliza de 30 a 40 centímetros de espesor.

En toda la región, cerca del cerro del Sombrero, o sea el barranco de la Langosta, cerro de los Minados, barranco de la Grama, etc., son muy frecuentes los afloramientos de las capas, y se ven huellas de muchos trabajos antiguos, hechos para la explotación del azufre; pero indudablemente no trabajaron más que hasta una distancia muy pequeña de la superficie, como lo demuestra el que no quede en ningún sitio vestigios de escombreras grandes. No por esto dejan de tener importancia estos trabajos, pues si bien no pasaban de dos o tres metros de profundidad, en una grandísima extensión de terreno no hay sitio donde los afloramientos de las capas no hayan sido objeto de algún trabajo.

El cerro del Sombrero es el punto más alto de esta parte del término, elevándose a 920 metros, y desde él se divisan los cerros cercanos y las laderas de los valles, divididas en fajas horizontales por las labores ejecutadas en las capas de azufre.

Entre el cerro del Sombrero y el barranco de la Grama, situado casi a su pie, hay un desnivel de algo más de 100 metros, y en este espesor se observan hasta cinco capas distintas con las siguientes altitudes: 1.<sup>a</sup>, 910 metros; 2.<sup>a</sup>, 870 metros (Veta Alta); 3.<sup>a</sup>, 864 metros (Veta Baja); 4.<sup>a</sup>, 856 metros, y 5.<sup>a</sup>, 820 metros (barranco de la Grama), constituyendo éste uno de los sitios donde mejor puede, en un corto espacio, estudiarse los caracteres del piso superior del plioceno, así como medir las distancias que separan las capas.

La capa superior aflora únicamente en lo alto del cerro del Sombrero y en otros cerros que casi tienen la misma altura, estando desnuda en todo el resto de la región.

Las capas segunda y tercera corresponden perfectamente a las de Macialagea, tanto por el techo como por el relleno de la capa, y además, en una labor sobre la tercera capa en el cerro de los Minados, encontramos algunos moldes, muy mal conservados, de *Cardium edule*, fósil que únicamente se ha encontrado en el techo de la Veta Baja, y que quita toda duda respecto de la capa de que se trata.

La cuarta capa no aparece más que en la parte occidental de la loma del Sombrero, y ha sido objeto de muy pocas labores.

El azufre procedente de estas vetas es blanco, terroso y de una gran pureza.

En el barranco de la Langosta, situado entre el cerro del Sombrero y el de los Minados, hay una multitud de trabajos, ejecutados casi todos en la Veta Baja.

En el barranco de la Grama hay los afloramientos de una capa descubierta recientemente, y que no se encuentra más que en este punto, por corresponder a un nivel estratigráfico que no se ve casi en ningún sitio, pues se halla más de 40 metros por debajo de la Veta Baja.

El techo de la capa es un banquito de caliza arcillosa con cristales diminutos de yeso, y dentro de las margas de la capa se ven nódulos y vetas de azufre en la misma superficie, pues únicamente se ha calicatado este yacimiento, no habiéndose empezado ninguna explotación por hallarse muy lejos del pueblo. En varios barranquitos que concurren al de la Grama vuelve a aflorar la misma capa, siempre con idénticos caracteres, y en todas las calicatas se ven vetillas de azufre, que tienen hasta tres o cuatro centímetros de espesor por 30 ó 40 de longitud, demostrando que el yacimiento, aunque pobre y discontinuo, parece en conjunto muy regular y constante.

Más abajo, en el mismo barranco de la Grama, se encuentran unas calizas arcillosas muy compactas con pintas y nódulos de

azufre, y merece notarse que este es el único punto donde hemos encontrado, además del azufre blanco terroso, la variedad amarilla cristalizada. A pesar de ser algunos nódulos de azufre bastante grandes y ser en conjunto el banco calizo bastante rico, no lo trabajan los rebuscadores de azufre por consecuencia de la dureza de la roca, que haría necesario el empleo de explosivos para su arranque.

Además de esta capa de caliza con azufre hay en el mismo barranco otras de caliza silicea con cristallitos de yeso; la caliza tiene color morado rojizo y está teñida indudablemente por un óxido de hierro.

Entre el barranco de la Grama y el arroyo del Salar no hay ningún yacimiento de azufre, y éstos no vuelven a encontrarse hasta bastante al Sur del último arroyo en el nacimiento del barranco de Pío, donde se encuentran algunos trabajos en la cuarta capa; pues tanto la Veta Alta como la Veta Baja han sido denudadas.

En la Umbría del barranco de Macialagea ya aparecen las tres capas generales de esta región; la Veta Alta no aflora más que en las laderas de los cerros más elevados completamente denudada en el resto del terreno; en cambio la Veta Baja, según parece, ha sido relativamente muy rica en estos cerros y está completamente explotada, habiendo, además de muchísimos socavones, algunos pozos que alcanzan hasta 20 metros de profundidad. La distancia entre ambas vetas es de seis metros.

Unos ocho metros por debajo de la Veta Baja se ha descubierto recientemente la capa cuarta; en el sitio donde estaban trabajando esta capa durante nuestra visita se presentaba muy pobre y el azufre no es más que de mediana calidad.

En esta Umbría también encontramos en el techo de la Veta Baja las margas yesosas cuajadas de restos y moldes de *Cardium edule*, algunos muy bien conservados, si bien debido a la poca coherencia de las margas, y la tendencia de estas rocas a desmoronarse al secarse, se rompen al poco tiempo de arrancarlas de su sitio en menudos fragmentos.

Un poco más al Sur de Macialagea se eleva el cerro de Zorromín (940 metros), cubierto en ambas laderas por un sinnúmero de antiguas labores ejecutadas en las mismas tres vetas. Principalmente se marcan muy bien en las pendientes laderas del barranco del Infierno, al Nordeste del Zorromín; las tres series de labores en distintos niveles, que corresponden a otras tantas capas metalizadas. Este es otro de los puntos que tiene fama de haber sido más rico, pero en la actualidad está agotado el mineral.

En el terreno situado al Norte del Zorromín se ve el resultado de la enorme acción de la denudación que ha arrastrado la mayor parte de las capas de azufre, no quedando vestigios de las superiores más que en la cumbre de los cerros más elevados. Estos cerros han sido protegidos de la acción destructora de las aguas por una capa de margas compactas con grandes cristales de yeso, capa que invariablemente forma la cumbre de los cerros más elevados.

Entre Benamaurel y el Zorromín se extiende un terreno muy quebrado, formado por estrechos valles, en cuyo fondo están las únicas tierras cultivadas en la comarca, limitada por una serie de mesetas, muelas y altozanos, de laderas escarpadas y cumbres achatadas, forma usual de los cerros en todos los sitios donde, a una estratificación horizontal, se une el que tengan más resistencia a la denudación los bancos superiores que los inferiores.

En el barranco del Cementerio, un kilómetro al Este de Benamaurel, se encuentra el trabajo más cercano al pueblo, consistente en un gran pozo de cuatro por cuatro metros de sección, cuyo pozo, a los 20 metros de profundidad, encontró aguas abundantes y no se sabe a punto fijo si cortó alguna capa, por ser labor hecha hace muchos años; sin embargo, la Veta Alta debe encontrarse a menos de esta profundidad.

Los estratos entre el pueblo y el barranco de los Muertos tienen buzamiento occidental de unos cinco grados, por cuya razón, al penetrar en el barranco las capas azufrosas, que estaban bajo el nivel del suelo, se van presentando, según avanzamos a Levante, primero la Veta Alta, luego la Veta Baja. Toda la falda de

la montaña, en ambos lados del barranco, está acribillada de labores mineras, en su mayor parte de hace más de un siglo, consistentes principalmente en socavones de 60 a 70 centímetros de altura, emboquillados en la misma capa y por los cuales se ha explotado ésta hasta los 50 ó 60 metros de profundidad, dejando únicamente vírgenes los macizos, situados debajo de las lomas más grandes, donde no han podido llegar los socavones, por estar demasiado alejados de los afloramientos, ni los pozos, que hubieran tenido que ser demasiado profundos.

En el barranco de Macialagea, al Norte del de los Muertos, también hay muchísimos trabajos ejecutados sobre las mismas vetas, si bien en su mayoría son más modernos. En la parte alta del barranco de Macialagea encontramos, junto a la Veta Baja, un banco de caliza fétida muy dura y compacta, fajeada de amarillo y gris oscuro.

También se han explotado, y aún se explotan, las dos vetas en la cañada del Carril de Cúllar. En una explotación pudimos observar que la capa segunda (Veta Alta) está formada por margas alternantes con yesos, una veces formando delgados lechos, presentándose amorfo, y otras cubriendo de cristalitos las oquedades de las margas.

El techo está formado por una marga califera muy compacta, que, aun descubierta en bastante extensión y sin ninguna clase de entibación, no se hunde.

Todavía más al Sur, cerca del límite de la jurisdicción de Benamaurel, tanto en el barranco de Canalizo Casado como en el de Maciatalegas, hay una porción de trabajos, algunos en actividad, sobre ambas vetas. Las margas de la Veta Baja son aquí más duras y más oscuras, casi negruzcas; los demás caracteres de la capa son los mismos ya citados repetidas veces. En la parte baja el barranco de Maciatalegas se divide en dos, y a juzgar por las escombreras, algunas labores en este sitio han debido ser muy importantes.

Todo el llano de las Arcrebiteras, situado al Norte de la vega de Cúllar, ha sido objeto en tiempos antiguos de una activa explotación.

En toda la extensa llanura no hay un metro cuadrado de terreno que no haya sido removido, y, a diferencia de la actual, toda la explotación se ha hecho por medio de trancadas, de las cuales tenían que sacar a costilla los escombros. Desde luego ambas vetas están aquí completamente agotadas.

### **Región occidental.**

Entre Benamaurel y la región occidental, donde se explota el azufre, únicamente queda acusada la presencia de las capas que en el fondo del sinclinal están por debajo del río, por la presencia de algunas fuentes sulfurosas que nacen junto al lecho del río, como a un kilómetro al Oeste de la población.

Vuelven a aparecer las capas azufrosas en el llano de la Marchita; pero corresponden aquí al nivel inferior del plioceno, según puede verse en el corte geológico número 11, que pasa por el cerro Aguilón, donde se explotaban las mismas capas de la Marchita.

Casi todo el llano está cubierto de un manto de aluviones cuaternarios, a veces cimentados, formando un conglomerado muy duro; no tiene esta formación más que uno o dos metros de espesor, y después aparecen las arcillas del nivel inferior del plioceno, distinguiéndose también con gran claridad los dos niveles margosos en que hemos dividido estos terrenos, recibiendo las lomas donde afloran, a causa del color de las rocas que lo componen, los nombres de Loma Amarilla y Loma Azul.

Los caracteres petrográficos de estos estratos nos demuestran inmediatamente que se trata de un nivel distinto que el del resto del término de Benamaurel; las margas son mucho más sabulosas, con multitud de granillos de sílice; más compactas y duras, tienen mayor uniformidad, pues faltan completamente los niveles de calizas del piso superior. Tampoco abunda el yeso como en la otra región, y, cuando se encuentra, no está en masas ni en grandes cristales, sino en costras, principalmente en las capas azufrosas; en

algunas de estas costras se puede observar el paso gradual del yeso al azufre.

Todo el llano de la Marchita está reconocido y explotado por centenares de pozos que le han cubierto de escombreras por completo; únicamente se han explotado las capas por socavones en los barrancos que rodean a la meseta, donde afloran las dos capas, que aquí se encuentran separadas entre sí unos ocho metros.

En la capa superior el azufre está muy alterado, *podrido*, al decir de los mineros del país, y en su casi totalidad no puede explotarse. En la capa inferior el azufre se presenta en nódulos y vetas dentro de las margas, y reúne mejores condiciones para la fusión que el que se obtiene en los demás yacimientos.

Tanto en una labor reciente como en las escombreras de un antiguo pozo maestro abandonado, encontramos multitud de restos e impresiones de *Cardium edule* y de *Syndosmya alba*, correspondientes a un nivel inmediatamente superior a la capa inferior.

En los pocillos que no tienen más que 0,50 por un metro de sección, extraen a torno los escombros y el mineral de la capa en un radio de 15 a 20 metros del pozo, y prefieren perforar otro a extender más su radio de acción, debido a lo costoso que resulta el arrastre interior de los escombros en galerías que no tienen más que 0,60 metros de alto.

Tanto en la Loma Blanca como en las cañadas de la Cueva de la Parra y Blanca, hay múltiples trabajos antiguos, hoy rehundidos en su mayor parte. También abundan los socavones emboquillados en ambas capas, todo a lo largo de las laderas del barranco del Mamón, indicando la capa interior precisamente la línea de separación de los dos niveles margosos, el inferior azulado y el superior amarillento.

En el cerro del Aguilón se levantan bruscamente las capas pliocenas, llegando a 20° de inclinación. En este cerro y en otros cercanos se distinguen muy bien los afloramientos de las dos capas, que ya a partir de aquí hacia Poniente han sido denudadas. Lo mismo pasa con el nivel margoso superior, y desde lo alto del cerro Aguilón pueden observarse una faja de lomas achatadas, de

laderas suaves, dirigida de Norte a Sur, correspondiente al nivel amarillo, mientras que a Poniente se extiende una serie no interrumpida de cerros blancos de abruptas laderas correspondientes al nivel inferior azulado en fractura fresca, blanco después de atacado por los agentes atmosféricos.

Toda esta formación se esconde debajo del monte de Torre Castril, eminencia que domina toda esta zona, sin que a Poniente vuelva a encontrarse altura igual hasta llegar al borde de la cuenca terciaria.

Subiendo desde el barranco del Aguilón a Torre Castril se pasa del nivel azulado sucesivamente al amarillo y yesífero superior.

En la falda occidental de Torre Castril se encuentran, entre las margas yesíferas, varios niveles de calizas arcillosas de poco espesor, uno de cuyos niveles asoma debajo mismo de la torre edificada en la cumbre del monte. La formación es en un todo igual a la que se encuentra a Levante y en el mismo pueblo.

En la ladera occidental del monte aflora a unos 60 metros por encima de la capa superior del barranco del Aguilón, una capa que corresponde seguramente a una de las situadas a Levante del pueblo. Tiene el techo de caliza arcillosa (Jabaluna) y es margosa y muy pobre en azufre.

Entre Torre Castril y Benamaurel, el buzamiento de los estratos es constantemente oriental; al principio se inclinan unos 10°; después se tienden hasta ponerse, antes de llegar al pueblo, completamente horizontales.

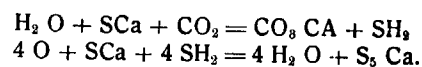
La capa que aflora al lado occidental del cerro de Torre Castril, no asoma en el lado opuesto por estar cubierta por margas más o menos yesíferas; todo el camino que desciende desde Torre Castril a Benamaurel, sigue por estos mismos estratos.



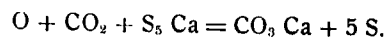
### Génesis del criadero.

Ya hemos dicho que el criadero está constituido por margas, calizas, arcillas y yeso, además del azufre; estos yesos, tanto en el mioceno como en el plioceno, son resultado de la precipitación química en aguas saladas en el fondo de los mares o lagunas en que se efectuó la sedimentación, y estos yesos dieron lugar por reducción por hidrocarburos, bien de origen volcánico o bien de origen orgánico, a la formación del azufre.

Esta transformación puede expresarse así:



El polisulfuro de calcio, al contacto del aire se oxida y da lugar a la formación de carbonato cálcico y azufre.



La sedimentación de los bancos de yeso en el terciario se ha repetido multitud de veces y, por lo tanto, su transformación en azufre se habrá operado siempre que haya coincidido esta sedimentación con una emanación de hidrocarburos, resultando sólo algunas de estas capas transformadas; así debemos pensar, puesto que en todos los criaderos de azufre se ven capas alternadas de yeso y azufre, y si supusiéramos que los hidrocarburos habían obrado por impregnación, todos los bancos deberían estar más o menos transformados, según la porosidad de las capas del criadero.

En el criadero que nos ocupa existen las capas de yeso y azufre alternadas, y aunque en las siete vetas que hemos podido estudiar en los afloramientos y en cuatro o cinco labores mineras la impregnación de azufre era pequeña, nada se opone a suponer que, en profundidad, los bancos de yeso estén por completo transformados en azufre, en cuyo caso tendríamos un potente criadero desconocido y virgen en su totalidad.

Las labores mineras ejecutadas por los naturales del país, sin más reglas ni plan de disfrute que su capricho, sin pensar en el día de mañana, y sí sólo en arrancar con el menor gasto posible las zonas mineralizadas de las vetas, por ellos denominadas Alta, Baja y Nueva, hacen imposible el estudio de la zona alta del criadero, y como por la poca inclinación de las capas no existen afloramientos de las más bajas, tampoco puede darse por segura su existencia, debiendo ser reconocidas convenientemente para formar juicio acerca de su valor.

Para llegar al conocimiento de este criadero sería preciso hacer sondeos, atravesando el plioceno y el mioceno, sondeos que no parece habrán de dar resultados positivos en vista de la poca impregnación de las siete vetas vistas, pero que sin ellos no es posible, a nuestro juicio, valorar los criaderos de que tratamos.

Como resumen de lo expuesto, formulamos las siguientes

### Conclusiones.

Primera. Que los criaderos de azufre de Benamaurel se encuentran en el tramo plioceno del terciario.

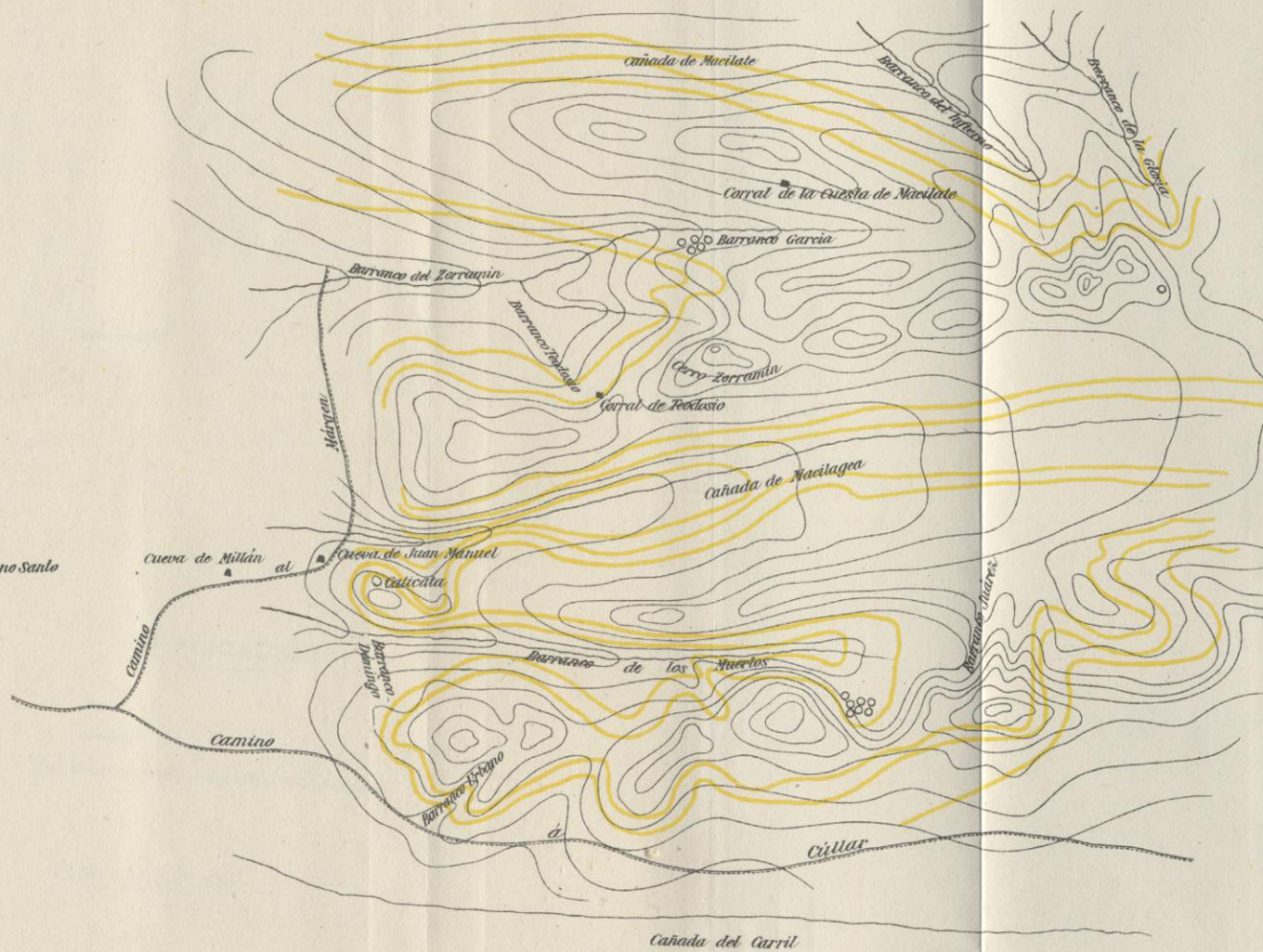
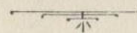
Segunda. Que su formación se debe a la descomposición de los yesos por los hidrocarburos.

Tercera. Que para su investigación precisa hacer sondeos en los lugares que un estudio detenido del problema aconseje.

Cuarta. Que de no querer practicar los sondeos, resulta indicada la enajenación de los criaderos, o declarar franco y registrable el terreno, como han aconsejado repetidas veces los Ingenieros Jefes del distrito minero de Granada.

PLANO  
DE LOS  
**CRIADEROS DE AZUFRE**  
DE LA CAÑADA DE MACILATE A LA DEL CARRIL  
BENAMAUREL (GRANADA)

POR  
D. G. O'Shea  
y  
D. E. Dupuy de Lôme  
INGENIEROS DE MINAS



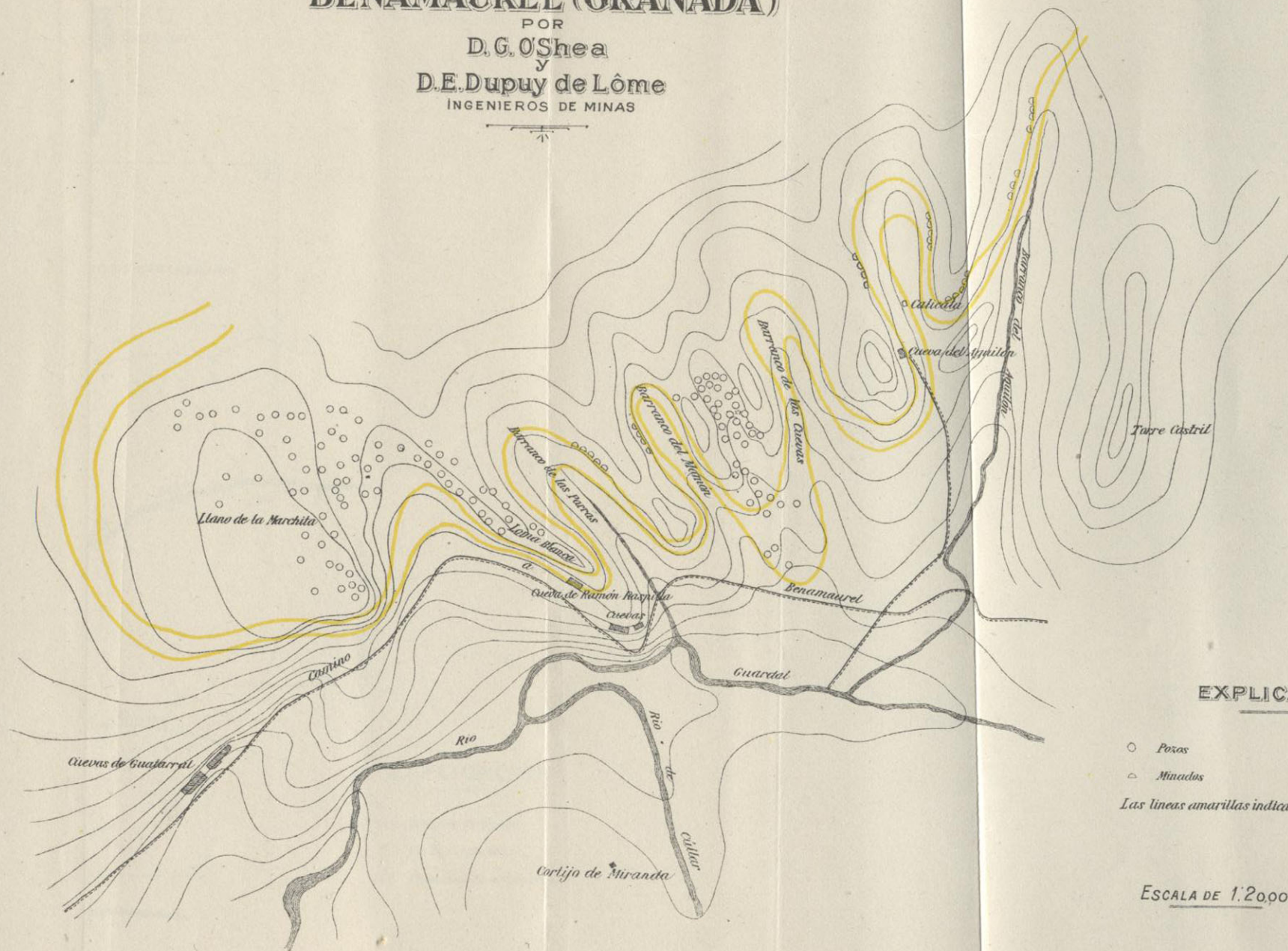
**EXPLICACIÓN**

○ Poros  
Las líneas amarillas indican las capas de azufre

ESCALA DE 1:20,000.

PLANO  
DE LOS  
**CRIADEROS DE AZUFRE**  
DEL LLANO DE LA MARCHITA, BARRANCO  
DEL MAMÓN Y BARRANCO DEL AGUILÓN  
BENAMAUREL (GRANADA)

POR  
D. G. O'Shea  
y  
D. E. Dupuy de Lôme  
INGENIEROS DE MINAS



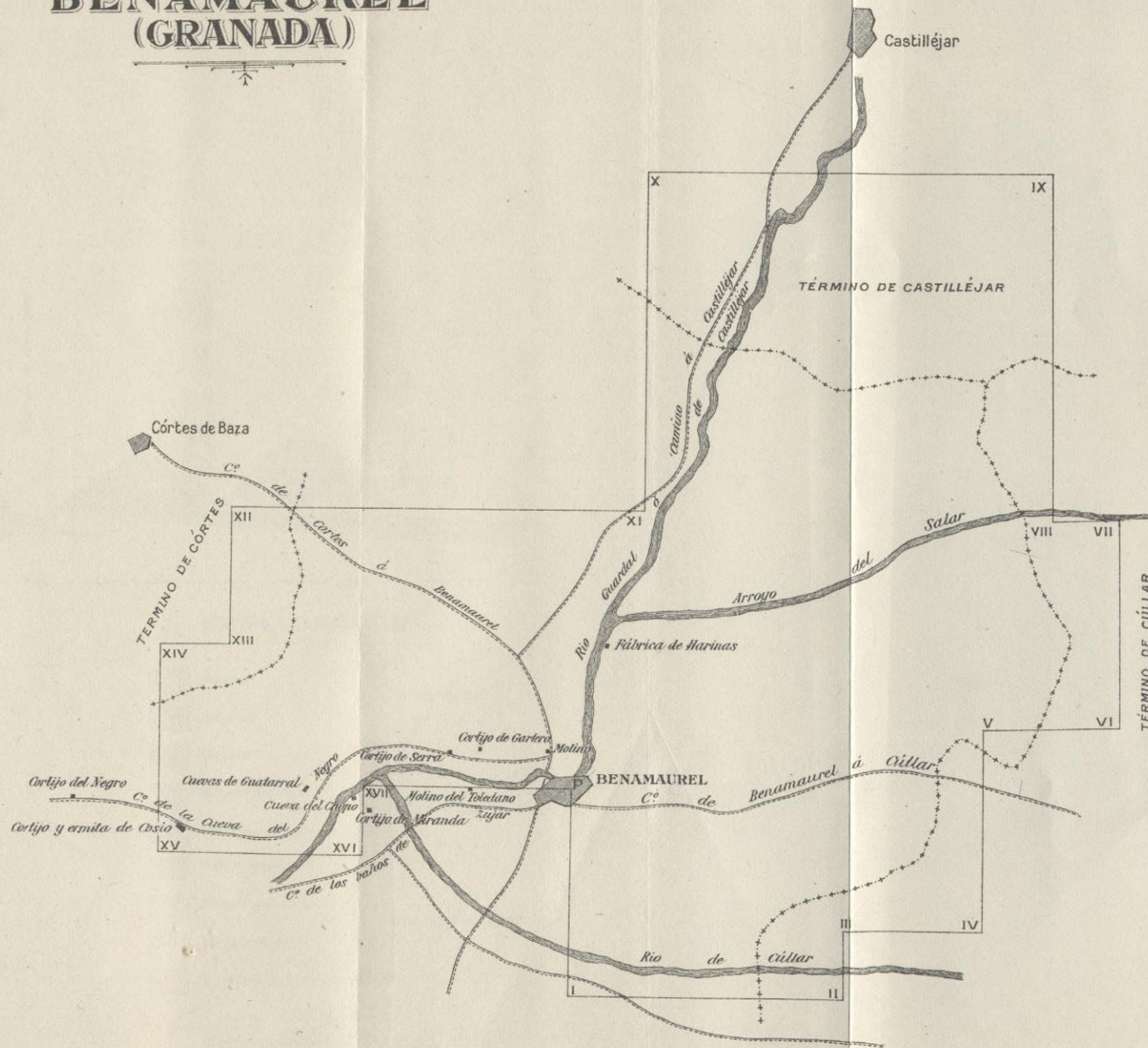
## EXPLICACIÓN

- Pozos
- △ Minados

Las líneas amarillas indican las capas de azufre

ESCALA DE 1:20,000.

**CROQUIS**  
 DE LA  
 DEMARCACIÓN DE LA MINA DE AZUFRE DENOMINADA  
**"BENAMAUREL"**  
 (GRANADA)



**EXPLICACIÓN**

- Divisoria de términos
- P. Punto de partida
- XI Estacas de la demarcación

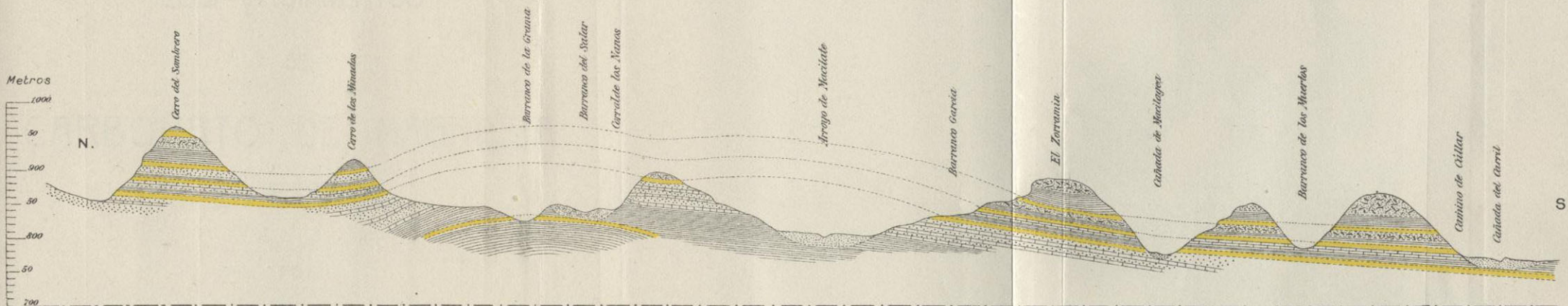
ESCALA DE 1:100,000

# CRIADEROS DE AZUFRE DE BENAMAUREL (GRANADA)

POR  
D. G. O'Shea  
y  
D. E. Dupuy de Lôme  
INGENIEROS DE MINAS

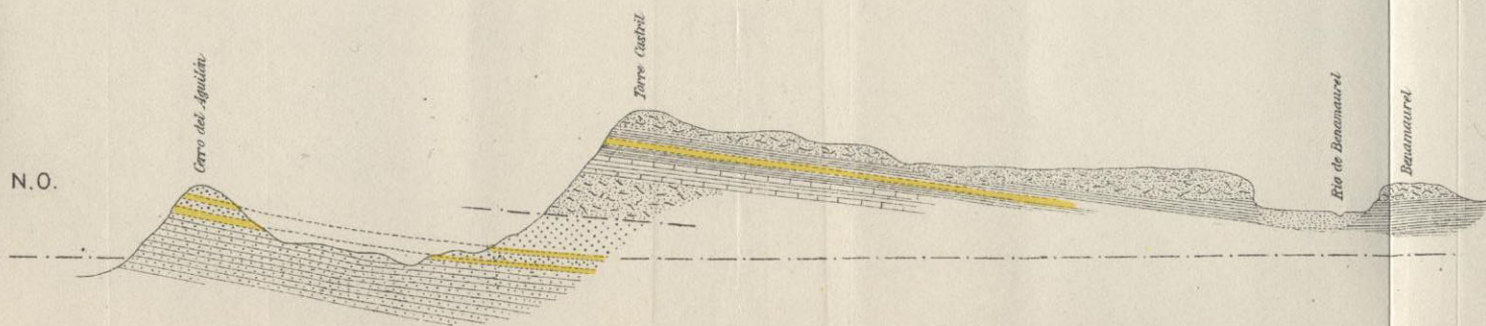
Nº I

Corte desde el cerro del Sombrero a la cañada del Carril



Nº II

Corte desde el cerro del Aguilón a Benamaurel



## EXPLICACIÓN

- |  |                            |                     |
|--|----------------------------|---------------------|
|  | Aluvial                    | } Cuaternario       |
|  | Diluvial                   |                     |
|  | Margas                     | } Plioceno superior |
|  | Margas yesíferas           |                     |
|  | Margas y calizas           |                     |
|  | Caliza arcillosa           | } Plioceno inferior |
|  | Margas sabulosas           |                     |
|  | Margas blancas             |                     |
|  | Capas de margas con azufre |                     |

## ESCALAS

Horizontales 1:20.000  
Verticales 1:8.000

LOS YACIMIENTOS  
DE  
CARBONATO DE MAGNESIA  
EN ESPAÑA

POR

E. Dupuy de Lôme y C. F. Maquieira de Borbón

# LOS YACIMIENTOS de carbonato de magnesia en España.

## INTRODUCCIÓN

El cerrarse, para los consumidores españoles de minerales magnesianos, el mercado austriaco y dificultarse extraordinariamente la importación de los de procedencia griega, por la carestía de los fletes marítimos, por efecto a la conflagración europea, ha motivado el que se preste merecida atención a los yacimientos de esta clase de minerales en España, principalmente a la especie carbonatada «giobertita», denominada también por algunos «magnesita».

Ante la elevación del valor de estos minerales se ha aumentado considerablemente la producción de las minas que desde hace tiempo están en explotación en la provincia de Santander, y se ha comenzado el laboreo de otras en Almería; es, pues, de interés y de oportunidad el hacer una reseña de los criaderos españoles cuya explotación puede contribuir eficazmente al desarrollo de muchas industrias que necesitan de los productos magnesianos como primera materia.

En el presente trabajo damos una sucinta idea de la producción y aplicaciones de los minerales carbonatados de magnesio, señalamos sus principales yacimientos en el extranjero y en España, consignamos los análisis de los minerales más conocidos, y a continuación hacemos una reseña de los yacimientos de Almería y Santander que han sido objeto de nuestro estudio.

**Generalidades.**— El magnesio, en mayor grado que el hierro, es un elemento muy abundante en la Naturaleza, y se encuentra

en la corteza terrestre, constituyendo el 4,40 por 100 de la misma y en proporción muy parecida a la del calcio que entra a formar parte con el 4,80 por 100.

Debe suponerse que la magnesia procede siempre de los silicatos magnesianos de las rocas básicas, las cuales la contienen en elevada proporción; en la serpentina alcanza el 44 por 100; en el peridoto, 35 a 50 por 100, en la estatita, el 35 por 100, etc.

La magnesia acompaña casi siempre a la cal, y frecuentemente al hierro, en las rocas sedimentarias y en las cristalinas. Lo mismo sucede en las gangas de los filones, donde la giobertita representa el mismo papel que la calcita o siderosa.

La magnesia se puede obtener de sustancias que abundan en la corteza terrestre por los procedimientos siguientes:

1.º Por evaporación de las aguas que contienen cloruro magnésico. Las aguas de la explotación de las salinas de Stassfurt contienen un 10 por 100 de magnesia y constituyen uno de los criaderos más ricos del cloruro magnésico. No resulta económica la transformación del cloruro en carbonato u óxido. En Stassfurt se producen unas 90.000 toneladas anuales de cloruro y sulfato magnésico.

El agua del mar contiene dos kilogramos de magnesia por metro cúbico; pero resulta sumamente cara su evaporación y la separación de las sales magnésicas.

2.º Atacando las dolomías por los ácidos. Con 100 kilogramos de ácido se obtendrían 45 kilogramos de magnesia; también resulta antieconómico este procedimiento.

3.º De la explotación de las glauberitas, que se encuentran en Silesia, Piamonte, Francia, en Ciempozuelos (Madrid), etc.

Todos estos yacimientos tienen el inconveniente que, aun estudiado cuidadosamente el mineral, siempre contiene lo menos un 5 por 100 de sílice.

4.º Evaporación de las aguas que contienen sulfato magnésico. Estas aguas, que abundan extraordinariamente en España, se emplean en medicina como purgantes, y suelen tener un precio demasiado elevado para poder emplearse con ese objeto.

5.º Explotación de los criaderos de giobertita. Prácticamente, toda la magnesia que se emplea en la industria se obtiene de los múltiples yacimientos de este mineral, principalmente en Austria-Hungría, Grecia, Italia, California, etc.

No se conocen datos exactos de la producción de la mayor parte de las naciones desde que ha comenzado la guerra europea; pero en el siguiente cuadro (1) se indica la producción de giobertita de los principales países productores antes de aquella fecha, expresada en toneladas.

	Austria-Hungría.	Italia.	Grecia.	India.	E. U. N. A.
1910. ....	182.911 (a)	18.073 (b)	19.982 (c)	5.264	11.291
1911. ....	182.911	86.956	27.530	3.546	8.505
1912. ....	17.196	106.333	33.848	15.626	9.534
1913. ....	200.947	23.269	29.216	16.468	8.741

(a) Exportación única nente.

(b) Carbonato crudo.

(c) Idem calcinado.

En 1914 la producción en los Estados Unidos fué de 11.293 toneladas, y ha aumentado después considerablemente a causa de la falta de minerales griegos y austriacos y de la consiguiente elevación de precios.

Los principales países exportadores son Austria-Hungría y Grecia; el importador más importante antes de la guerra, los Estados Unidos, que tenían un déficit de unas 100.000 toneladas, que introducían en su mayor parte después de calcinado y molido. Este déficit no es debido a la pobreza de los yacimientos americanos, sino a su mala distribución geográfica; pues encontrándose los criaderos en la costa pacífica y las industrias metalúrgicas en la atlántica, resultaba más económico el transporte de Austria o Grecia que desde los yacimientos del país.

(1) *The Mineral Industry*, 1914.



Antes de la guerra el precio medio en crudo de la giobertita de Austria era de 15 a 20 pesetas la tonelada. La giobertita muy pura de la isla de Eubea (Grecia) costaba 30 pesetas la tonelada en el puerto de embarque. Esta misma giobertita, calcinada a 600°, costaba 90 pesetas, mientras que después de haber sufrido la calcinación completa, a 1.600 y 1.700°, el precio se elevaba a 130 pesetas la tonelada.

En los Estados Unidos cotizan en el mercado dos productos distintos, que denominan magnesia  $\alpha$  y magnesia  $\beta$ , según que la calcinación haya sido efectuada a una temperatura inferior o superior a los 1.300°.

Actualmente el mercado se encuentra en una situación completamente anormal, y no se pueden fijar los precios, que varían a cada momento; en general, han subido del 200 al 300 por 100 sobre los anteriores a la guerra europea. Como ejemplo de la carestía de estos productos, se puede citar el metal magnesio, que ha llegado a cotizarse al principio de 1916 en los Estados Unidos a 3,30 dólares la libra (1).

En España la producción de carbonato magnésico en estos últimos años, según la estadística minera, ha sido la siguiente:

AÑOS	1908	19.9	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916
Toneladas . . . . .	996	850	1.277	1.400	1.480	958	583	1.400	2.500

Toda la producción proviene en este período de dos minas de la provincia de Santander. En el año 1917 la producción ha aumentado considerablemente en estas minas y se han puesto en explotación otras en la provincia de Almería.

Es muy difícil saber el precio que alcanza el mineral en España, pero se puede calcular que el producto crudo vale unas 50 pesetas la tonelada en el puerto de embarque.

**Aplicaciones.** —Las aplicaciones de los minerales carbonata-

(1) *The Engineering and Mining Journal*.  
258

dos de magnesia son sumamente variadas, y únicamente enumeraremos las principales.

Las dolomías se emplean como desfosforante de los aceros por absorción del ácido fosfórico. Se gastan en los convertidores Bessemer y en las soleras de los hornos fijos y cubilotes; la cal de la dolomía sirve para eliminar el azufre del hierro.

En los hornos básicos se usa frecuentemente en vez de la dolomía la giobertita muy calcinada en ladrillos que pueden tener hasta un 20 por 100 de sílice.

Se fabrican varios cementos en que sirve de base la magnesia, entre ellos el cemento Sorel que está formado por magnesia calcinada con cloruro magnésico.

Otras de las aplicaciones más importantes de la giobertita es la fabricación de materiales refractarios. En los Estados Unidos la giobertita calcinada se emplea mucho para la fabricación de pisos, mármoles artificiales y escayolas, mezclada con arena, serrín, cuarzo, talco, etc.

La mayor parte de las pinturas incombustibles suelen estar fabricadas con cloruro magnésico por base.

También se emplea la magnesita como substancia aisladora en calderas, tuberías, etc., mezclada con amianto.

En medicina se usa la magnesia obtenida por la calcinación completa de la giobertita.

En la fabricación del vidrio sirve para obtener determinados colores y disminuye mucho el gasto de manganeso.

En la fabricación de tejidos y papel reemplaza ventajosamente la barita y el blanco de cinc, pues su color es mucho más brillante que el de estas substancias.

El carbonato de magnesia se usa para fabricar ácido carbónico gaseoso por calcinación y queda como residuo la magnesia.

También se emplea este mineral para neutralizar las aguas ácidas que hay necesidad de emplear en los generadores de vapor, pues la incrustación que se forma no es tan dura como si se usa la cal.

Otra de las aplicaciones de la giobertita es la obtención del magnesio, que además de las aplicaciones conocidísimas en pirotecnia, fotografía, etc., se emplea mucho aleado con el aluminio y cinc. Con el primero, en proporción de 90 a 98 por 100 de aluminio, da el magnalio, aleación muy ligera (2,5) dúctil y maleable.

La aleación de 96 por 100 de magnesio y 4 por 100 de cinc se emplea recientemente mucho en Alemania, principalmente en aeronáutica por sus excelentes cualidades de ligereza y resistencia.

### Yacimientos minerales.

A continuación describimos los principales minerales de carbonato de magnesio, y hacemos mención de los yacimientos más conocidos y los puntos donde se han encontrado en España.

**Giobertita (Magnesita)** Calderón.—Magnesit: Haberle y Bucholz Talkspath; Hartmann, Reine Talkerde, Werner. Carbonato neutro anhidro-magnésico: dureza, 4,5 a 5; densidad, 2,99 – 3,15; composición: 52,03 ácido carbónico; 47,92 magnesita.

Análisis de giobertitas de los criaderos más conocidos, comparados con los de la provincia de Almería:

	(1)	(2)	(3)
Ácido carbónico.....	51,02	51,83	49,37
Magnesita.....	49,49	47,89	43,59

(1) De Grecia.

(2) De Salen en la India.

(3) De la mina La Papa (Almería).

La giobertita se encuentra en la naturaleza en cristales y en masas laminares, granudas o compactas, arriñonadas o terrosas, que a veces toman la forma bacilar.

Naumann llama magnesita a la magnesita carbonatada y distingue dos grupos de variedades: las fenocristalinas, que denomina giobertita, y las criptocristalinas, magnesita compacta o propiamente dicha.

Los principales yacimientos de giobertita cristalizada se encuentran en las serpentinas o en las pizarras talcosas, como sucede en el monte Snarum (Noruega), Tirol, Stiria, Sajonia, Lancáster, Pensilvania, California, etc.

Las giobertitas compactas forman capas o filones en los gneis, grauvacas, pizarras talcosas o serpentinas en Stiria, Corintia, Tirol, Moravia, Silesia, Negroponte, Massachussets, Maryland, etc.

En general, la giobertita se presenta bajo forma de filones o vetas derivadas directamente de rocas serpentínicas por alteración superficial.

En la isla de Eubea (Grecia) los filones de giobertita se encuentran en unas pizarras talcosas, próximas a las serpentinas. Las aguas, que se han cargado de carbonato de magnesita a su paso a través de las serpentinas, han depositado esta substancia rellenando de una mezcla de carbonato de magnesita y sílice un gran número de fisuras que en su mayor parte no tienen más que pocos milímetros de espesor. Además de estas grietecillas hay dos filones de gran importancia, que son objeto de una explotación muy activa. Mide uno de ellos cuatro kilómetros de longitud; el otro, algo más corto, tiene hasta 25 metros de potencia. La giobertita tiene 2,85 de densidad, y una vez estriada a mano contiene 47 por 100 de magnesita, con poco hierro, cal y alúmina.

En la isla de Elba se explota una red de filones en el contacto del granito y de diversas rocas serpentínicas; contienen un carbonato de magnesita muy puro.

En la India, provincia de Madras, la giobertita se presenta en vetas irregulares que atraviesan una dunita ultrabásica; el mineral tiene 3 de densidad y de 96 a 97 por 100 de carbonato magnésico; siendo la relación  $\text{CO}_2$  Mg: MgO igual a 1,88, estos minerales tienen 52 por 100 de magnesita.

En Austria se explotan grandes depósitos lenticulares de giobertita cristalina, el más importante situado en Veuts, a 100 kilómetros de Viena, forma toda la cumbre de una montaña.

En Grenville (Canadá) se encuentra la magnesita asociada a las serpentinas en las piroxenitas y calizas cristalinas.

En España, según Calderón (1), se ha encontrado la giobertita en muchas localidades.

En Galicia, la roca llamada Doelo, que constituye una excelente piedra de construcción, está formada por grandes placas de giobertita enlazadas por un cemento cloritoso; la giobertita está atravesada por repetidos cruceros que la asemejan a la calcita y no se distingue el mineral más que por su composición química. Macpherson fué el primero que descubrió y dió a conocer tan interesante roca.

En las calizas cambrianas de Asturias menciona Barrois algunas giobertitas desprovistas de cal, mientras que otras, al ir aumentando la proporción de esta substancia, pasan a ser dolomías.

En el Cortijo de Puertas, cerca de Maro (Málaga), ha recogido Chaves ejemplares de giobertita que tienen 77,19 de  $\text{CO}_2$ , Mg y 16,90 de  $\text{CO}_2$ , Ca. El mineral forma nódulos muy compactos y blancos que se encuentran entre las calizas en contacto con las pizarras muy alteradas de la localidad. Según el mismo autor, estos nódulos son debidos a una «disolución de las dolomitas por aguas carbónicas con depósito de carbonato magnésico o a una alteración hidrotermal de las calizas dolomíticas con tremolita que se hallan inmediatas al yacimiento de la giobertita».

Respecto al mineral estudiado por nosotros en la mina *La Papa*, dice Calderón en su citada obra: «nódulos muy blancos y compactos de diferentes tamaños como los descritos por Chaves, de Maro, y procedentes de la mina *La Papa*, Sierra de Gádor, nos han sido remitidas en consulta al Museo de Ciencias Naturales. Parece que el mineral forma allí filones y que es abundante. Su análisis ha revelado que se trata de una substancia de pureza ideal».

Una variedad de giobertita calcífera se ha encontrado en Itrabo (Granada), según Barrois y Offret.

**Breunerita** (Pistomesita) Calderón, Rautempath; Werner,

(1) Salvador Calderón: *Los Minerales de España*, pág. 63.

brachytypes Kalk-Haloid; Mohs, Eisentalkspath; Breithaupt, carbonato de hierro y magnesio, comprende numerosas variedades cuya composición es intermedia entre la giobertita  $\text{CO}_2$ , Mg y la mesitina ( $\text{CO}_2$ , Mg),  $\text{CO}_2$ , Fe.

La breunerita se encuentra en cristales aislados o en masas cristalinas, laminares o granudas principalmente en las pizarras micáceas, talcosas o cloritosas, algunas veces en las serpentinas, y muy raramente en los yesos.

Los yacimientos principales de breunerita se encuentran en el Tirol, Hall, valles de Pfitsh y de Fassa, Salzburgo, Stiria, Bohemia, etc. En Kollmansegg, junto a Dienten y Nöckelberg, se presentan grandes masas espáticas.

En España, los yacimientos de la provincia de Santander son los más importantes; de éstos, dice Calderón: «Referimos a esta especie (la breunerita) unos ejemplares traídos por Calafat y Hoyos al Museo de Ciencias Naturales de las minas *Esperanza* y *San José*, cercahas a Reinosa, entre los términos de Fresno y Miña, de las que el primero ha dado noticia con el nombre de giobertita. La substancia constituye un lentejón en la segunda mina mencionada y especie de filones irregulares en la primera, ambas en caliza. Tiene el mineral color gris más o menos oscuro y consiste en un agregado de láminas brillantes que suelen alternar con cristales de calcita. Los mineros la llaman impropriamente magnesita, la cual se viene explotando, y ha dado una ley media de 47 por 100 en crudo y de 90 por 100 después de calcinado (1)».

Cerca del río de la Murria, en Miz de Carbón, y en San Adrián (Aragón), se han encontrado cristales negros de carbonato de hierro y magnesio que atraviesan los yesos. Este mineral, rarísimo en la Naturaleza, examinado por Des Cloiseaux y Jannettaz, constituye la pistomesita.

En Serchs (Barcelona) también se ha encontrado pistomesita, según Tomás.

(1) Siendo la relación de  $\frac{\text{CO}_2, \text{Mg}}{\text{Mg O}} = 1,88$  un mineral de 47 por 100 en crudo, completamente calcinado dará 88,36 de ley.—(N. del A.)

### Yacimientos de giobertita en la provincia de Almería.

Los criaderos de giobertita de la provincia de Almería se hallan situados alrededor del gran macizo de calizas triásicas de la Sierra de Gádor y actualmente se explotan varios en los términos municipales de Gádor, Benahadux, Huércal de Almería y Almería.

Impulsados los mineros por el alza reciente de los precios de este mineral, han registrado durante el año de 1917 varios miles de hectáreas en los términos citados y en los de Enix, Félix y Dalias. En algunos de estos registros se han comenzado algunas labores de investigación y toma de muestras, pero en la mayor parte aun no han emprendido ningún trabajo.

Hasta ahora únicamente se han explotado las minas situadas cerca de la carretera de Gádor o que tienen un camino de fácil acceso a las carreteras por las cuales conducen el mineral a la estación de ferrocarril más próxima o al puerto de Almería.

El porvenir del laboreo de estas minas ha de estar sujeto forzosamente a estas dificultades de transporte, y como ni la cantidad de mineral que se presenta a la vista ni su repartición, diseminado entre puntos muy distantes entre sí, permiten un laboreo ordenado ni la habilitación de un medio de transporte, vía, cable aéreo, etc., que permitiese conducir el mineral económicamente al punto de embarque, es de temer que una vez que cesen los precios completamente anormales de la giobertita vuelvan estos yacimientos a abandonarse.

El costo del transporte del mineral es sumamente variable según las distintas minas; algunas, muy próximas a Almería, están en condiciones muy favorables; en otras, donde además del transporte por carretera hay que bajar el mineral de la mina con caballerías un recorrido de tres o cuatro kilómetros, el coste del transporte desde el criadero al puerto de Almería no baja de 12 pesetas por tonelada.

No nos ha sido posible averiguar de una manera precisa

adónde se destina el mineral extraído de las minas; parece ser que una parte se embarca para Barcelona, donde lo emplean en la siderurgia, otra se expide a Madrid, al parecer con objeto de fabricar material refractario.

El valor del mineral también varía entre límites muy extensos, según su pureza y destino; tenemos entendido que en el puerto de Almería vale, por término medio, unas 50 pesetas la tonelada, es decir, que en Barcelona, dada la carestía actual de los fletes, no se paga la tonelada menos de 90 a 100 pesetas.

La producción de las minas almerienses varía entre límites muy grandes, y tan pronto se aumenta considerablemente el número de obreros en unas como se suspende completamente el trabajo en otras, y ello es debido, más que a otra cosa, a no haber fijeza ni en el precio ni en la demanda del mercado. En la época de nuestra visita, diciembre de 1917, las minas de los términos de Gádor y Benahadux habían suspendido sus trabajos, y entre todas las que se explotaban en los términos de Huércal y Almería no se obtenían más que unas 20 toneladas diarias de giobertita, alguna muy pura, pero la mayor parte mezclada con caliza.

### Datos geológicos de la región.

La Sierra de Gádor se extiende desde la Sierra Nevada hasta el mar Mediterráneo, en una longitud que no baja de 20 kilómetros, con un ancho de unos 15, orientada de Este a Oeste, y limitada en estos rumbos por los ríos de Almería y Adra. En las proximidades de la capital forma la Sierra de Almería un contrafuerte de la de Gádor, que se extiende entre dicha población y Agua Dulce. La altura máxima de la sierra en el Pico de los Helados de Dalias es de 2.316 metros; cerca de los criaderos de Gádor, el Piorno se eleva a 1.443 metros. La parte de la sierra que interesa para nuestro estudio está limitada a Poniente por el gran valle del río de Almería, y al Sur, por los llanos de Roquetas, situados casi al nivel del mar.

En la comarca objeto de nuestro estudio se encuentran terrenos correspondientes a los sistemas triásico, mioceno, plioceno, diluvial y aluvial, cuyos caracteres principales enumeraremos brevemente.

La edad geológica de la Sierra de Gádor ha sido objeto de muchas controversias entre los geólogos que la visitaron a mediados del siglo pasado, atribuyéndolo sucesivamente al cambriano, al siluriano, al permiano y al triás dudoso hasta que D. Joaquín Gonzalo Tarín (1) demostró que las calizas que la forman corresponden al tramo del muschelkalk del triás.

El Sr. Gonzalo Tarín considera dos tramos en el triás de la sierra: uno inferior arcilloso, formado por pizarras y filadidos de constitución muy compleja y muy metamorizados en su mayor parte. Cuando este nivel inferior es muy arcilloso y las rocas que lo componen están descompuestas, éstas reciben en el país el nombre de *láguenas* o *launas*.

Este nivel, apenas representado en la zona objeto de nuestro estudio, aparece, sin embargo, en varios puntos de los términos de Enix y Félix, siempre en la falda de la sierra, y con mayor extensión e importancia en las Balsas de Gádor, donde, además de las variedades arcillosas, se presentan pizarras moradas muy micáceas y otras silíceas, que pasan a unas areniscas tableadas de color rojo.

El tramo superior está constituido por calizas y dolomías; las primeras oscuras, en muchos casos negras, y, en general, muy arcillosas; las segundas, pardas o grises, a menudo toman un aspecto fajeado de colores amarillo, blanco y negro, y reciben en la localidad el nombre de piedra frailesca. Aunque abundan mucho en toda la sierra las dolomías y no se pueda establecer una división en pisos de la caliza, siguiendo su proporción de magnesia, en términos generales, puede afirmarse que abundan más las dolomías en la base del tramo.

(1) «Edad Geológica de la caliza metalífera de la sierra de Gádor», t. IX, *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*.

En las calizas de la Sierra de Gádor existieron multitud de yacimientos minerales que se beneficiaron activamente en otro tiempo. Principalmente se explotaron minerales de plomo, pero también abundaron muchísimo las calaminas, cobres, ocre, azufres, etc. Actualmente, la minería está en gran decadencia y únicamente se trabaja alguna mina de plomo de escasa importancia y los criaderos de azufre de las Balsas de Gádor.

En la vertiente meridional de la Sierra de Almería, los criaderos de giobertita se encuentran en las calizas triásicas negras, con vetas espáticas blancas, sumamente oquerosas; frecuentemente aparecen fracturados y cimentados sus fragmentos, dando lugar a brechas calizas. Con las calizas alternan bancos de dolomia parda y calizas de color de carne.

Las calizas triásicas que forman el macizo de la Sierra de Gádor, mientras no pasan a dolomías no contienen giobertita, mineral que, por lo demás, se ha encontrado siempre cerca de los límites de la formación, y, principalmente, junto al borde de una gran falla que corre paralelamente al río de Almería, a lo largo del macizo de la sierra.

Junto a esta falla la dolomitización de las calizas ha sido mucho más enérgica, resultando siempre más o menos magnesianas. Tal se ve encima mismo de la población, en la Rambla de Belén, en las minas de Pecho Colorado, en todo el grupo minero de los términos de Gádor, Benahadux, etc.

En la mina *La Papa*, situada cerca de las Balsas de Gádor, las calizas que encierran el criadero de giobertita son arcillosas, grises o negras, con vetas espáticas, y, en general, poco magnesianas.

En las Balsas de Gádor, la misma acción que ha dado lugar a la formación del azufre que se encuentra en el contacto de las calizas con las margas ha metamorizado las primeras rocas, pues su aspecto es más áspero y rugoso y son muy negras.

Mucho menor interés que el triásico tiene para nosotros el mioceno que se encuentra en las inmediaciones de la capital, apoyado sobre el primero de estos terrenos.

El mioceno presenta tres pisos: uno inferior, de areniscas, el medio margoso, y el superior de conglomerados.

El inferior es el que tiene mayor espesor y puede estudiarse perfectamente en las canteras que rodean a Almería; las del Puerto, las de Levante, la de la Rambla de Belén, etc. Presenta, además de las areniscas, bancos de molasas y arenas sueltas, y tiene una abundante fauna fósil.

El piso margoso tiene mayor extensión; pero, por hallarse cubierto en gran parte por el cuaternario y por tierras de labor, no se puede estudiar con facilidad.

No es fácil señalar los límites precisos entre este terreno y el plioceno, e indudablemente se ha considerado como perteneciente a este último sistema algunas manchas que más bien serán miocenas.

El tercer piso está formado por grandes bancos de conglomerados poligénicos, de cantos en su mayor parte de caliza algo ferruginosa. En las vertientes de la Sierra de Almería, encima del cementerio de la capital forma este piso un pronunciado escalón casi horizontal que contrasta con las escarpadas laderas de los primeros contrafuertes de la sierra.

El espesor de los bancos de conglomerado no baja de 30 metros, y en algunos puntos, tales como la mina *La Triunfante*, se encuentran, aunque muy desgastadas, algunas ostreas.

Los dos primeros niveles corresponden al helvético, el tercero probablemente al período sarmático (1).

El plioceno forma una faja comprendida entre el río de Almería y la sierra, y está constituido por arcillas, margas y arenas. En conjunto, es esencialmente arcilloso con muchísimas laminillas de mica.

En algunos bancos abundan mucho los yesos, ya compactos, ya cristalizados: en algunos parajes estos yesos, bajo la acción de hidrocarburos se han transformado en azufre. Junto al cortijo del

(1) D. J. Gavala y Laborde: «Regiones Petrolíferas de Andalucía», p. 82, *Boletín del Instituto Geológico*, t. XXVII, segunda serie.

Chortal, en el término de Gádor, se ha encontrado en un nivel bastante bajo de este terreno que no aflora más que en contados puntos, una capa de lignito, de mediana calidad, terroso en gran parte y con lechos intermedios de arcilla negra muy untuosa.

Algunos pedazos del lignito están constituidos por multitud de tallitos aciculares muy finos, como si el combustible se hubiera formado a expensas de alguna planta herbácea o junco.

El espesor de la capa de lignito es muy variable; generalmente es muy escaso, en algunos puntos se reduce a una vetilla carbonosa, y como máximo llega hasta un metro.

En el plioceno y un poco más alto que el nivel de lignito hay un manto margoso que contiene la variedad de alunita, descubierta por D. Juan Calafat y dedicada a su descubridor por D. Salvador Calderón, con el nombre de calafatita (1). El mineral es un sulfato aluminico potásico hidratado, y se presenta en nódulos y venas de escaso volumen, dentro del manto de margas. Es curioso que en ningún punto del manto se encuentre giobertita, a pesar de estar estos minerales asociados en el yacimiento triásico de la mina *La Papa*.

El cuaternario está muy repartido en multitud de manchitas que se sobreponen al terciario, pero tiene, en general, poco espesor.

Al diluvial corresponden multitud de bancos y costras de travertino que cubre las formaciones terciarias, y, en general, aparece en la parte alta de los cerros, resiste a la denudación y contribuye a la forma de muelas que suelen ofrecer los cerros pliocenos con laderas escarpadas de margas terciarias, y coronados por un casquete de conglomerados cuaternarios.

No se puede confundir el conglomerado terciario con el cuaternario; pues si bien por su composición son muy parecidos, el primero tiene mucho mayor espesor, contiene restos de ostreas, y su potencia es uniforme, mientras que el segundo forma un manto

(1) Don Agustín Marín: «Minas de calafatita de Benahadux», *Boletín del Instituto Geológico de España*, t. XII, segunda serie.

de uno a dos metros de espesor, que se extiende sobre la superficie del terreno en manifiesta discordancia con el terciario infrayacente.

Los aluviones antiguos y modernos de los arroyos que cruzan la zona objeto de nuestro estudio tienen muy poca importancia; son esencialmente pedregosos, y no nos detendremos en describirlos.

### Descripción de los criaderos.

Hemos examinado gran número de puntos de la Sierra de Gádor, viendo unas veces minas en explotación, otras en investigaciones, siempre muy someras, que han dado a conocer bolsadas y zonas mineralizadas, y, por último, algunos donde se espera descubrir el mineral por los indicios superficiales, que sirven a los mineros para comenzar los trabajos de exploración, costras y vetas de travertino blanco terroso con alguna pinta de giobertita.

Si exceptuamos el criadero de la mina *La Papa*, todos los demás son sumamente parecidos, y los podemos clasificar en dos grupos:

1.º *Criaderos en las calizas magnesianas.* 2.º *Criadero de la mina «La Papa».*

1.º *Criaderos en las calizas magnesianas.*—Si comenzamos por el extremo occidental de la Sierra de Almería, encontramos el primer yacimiento en el término de Enix junto al pueblecito de Agua Dulce, situado a unos 10 kilómetros de Almería en la carretera de Almería a Adra.

A unos 100 metros al Norte del cementerio de Agua Dulce se encuentra la mina llamada *Los hermanitos Blasi* (1), en la cual, aunque no hay ninguna labor efectuada, se encuentran vetas y costras de caliza terrosa blanca con algunos nódulos de escaso tamaño de giobertita, en su mayor parte mezclada con caliza.

La giobertita se encuentra en las calizas de los primeros con-

(1) Véase la figura 1.ª

trafuertes de la sierra, a menos de 100 metros de altura sobre el llano que se extiende por el término de Roquetas.

Las calizas son negras, con vetas espáticas blancas, muy magnesianas, algunas arcillosas. Están llenas de grietas y oquedades, y frecuentemente forman una brecha cimentada en el mismo sitio de su formación.

Estas calizas de bordes cortantes y esquinados forman un suelo desprovisto de toda vegetación y sumamente accidentado y áspero.

Encima de las calizas negras se encuentran alternando dolomías pardas y amarillentas con calizas algo magnesianas.

En la misma mina no asoman las margas pizarreñas del tramo inferior del triás, pues las tapan los conglomerados cuaternarios que cubren el llano desde el cementerio, pero un poco más al Norte afloran en el barranco de D. Antonio, y están muy descompuestas, con los estratos rotos y desgajados en todos sentidos.

Algunas grietas de las calizas triásicas se conservan abiertas, pero la mayor parte han sido rellenadas por la acción de las aguas cargadas de caliza y magnesia que han depositado caliza blanca, terrosa o compacta, con nódulos y vetarrones de giobertita más o menos pura. Una muestra recogida por nosotros dió 25. 27 por 100 de Mg O.

Estas vetas calizas están muy separadas entre sí, y como su potencia no pasa de 20 a 30 centímetros y la proporción de giobertita a la caliza es pequeña, podemos afirmar que el criadero es muy pobre.

En las faldas de la Sierra de Gádor, en los términos de Enix, Félix y Dalías se encuentran algunos criaderos de giobertita, principalmente en los puntos llamados Cerrillo de La Loca, Loma de Arcos y la Escalerilla, los tres del primer término. Omitimos su descripción por ser idénticos al que acabamos de citar.

A lo largo de la falla que separa el triás de Sierra de Gádor del terciario de la vega, hay muchos yacimientos de giobertita más o menos rica, y en el año corriente se ha solicitado en esta región la demarcación de varios miles de hectáreas de propiedad minera sobre los criaderos de giobertita.

# CRIADEROS DE GIOBERTITA DE ALMERÍA

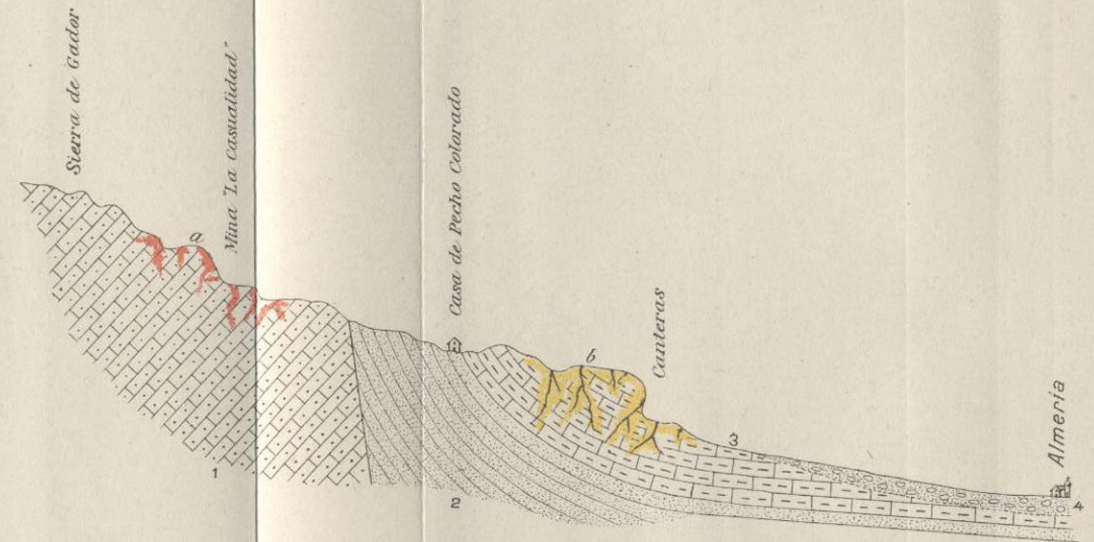
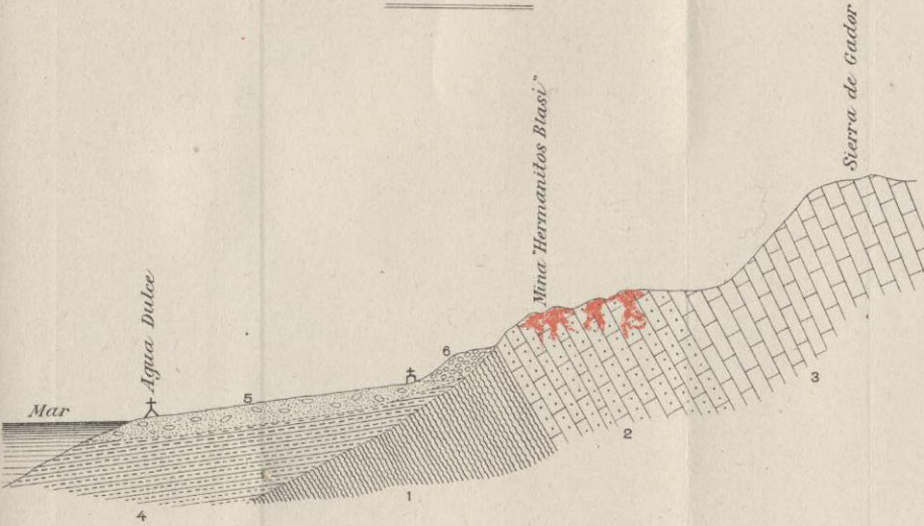
POR

E. Dupuy de Lôme  
y  
C. F. Maquieira de Borbón

INGENIEROS DE MINAS

Corte por Agua Dulce

Corte por las canteras de Pecho Colorado



- 1 Pizarras y mangas ..... } Trias
- 2 Dolomias ..... } Trias
- 3 Calizas negras ..... } Trias
- 4 Arcillas ..... Plasenciense
- 5 Manto de travertino ..... } Cuaternario
- 6 Conglomerado ..... } Cuaternario
- Vetas de giobertita

- 1 Dolomia ..... Trias
- 2 Molasa ..... Mioceno
- 3 Arenisca y caliza ..... } Mioceno
- 4 Lastra de travertino ..... Cuaternario
- a Vetas de giobertita.
- b Caliza miocena dolomitizada.



Enumeraremos los más importantes, empezando por el Sur.

Dentro del término de la capital de la provincia, y a menos de un kilómetro de las últimas casas de la población, se explota la mina *La Casualidad*, en el paraje denominado *Pecho Colorado* (1).

En este punto las calizas y molasas del helvético se apoyan sobre las calizas magnesianas triásicas. Cerca del contacto de ambas formaciones, en una cantera se explota la caliza terciaria. Es muy interesante consignar lo enérgica que ha sido la dolomitización de las calizas terciarias de esta cantera bajo la acción de las aguas que se han cargado de carbonato de magnesia al pasar a través de las inmediatas calizas magnesianas triásicas. Las calizas de la parte superior de la cantera, y en otras varias zonas cruzadas por grietas que han dejado paso a las aguas, han perdido todos los caracteres de la roca terciaria. En vez de ser blandas, silíceas, de grano basto y color amarillo claro, han pasado a ser cristalinas de brillo céreo, con multitud de oquedades, muy duras y compactas de color de carne y con grietas vestidas de cristales amarillentos acaramelados de dolomita.

Esta alteración de la roca no tiene menos de cuatro o cinco metros de espesor.

Los yacimientos de giobertita de la mina *La Casualidad* están como a un kilómetro de las canteras de Pecho Colorado y a más de 500 metros del borde del triás. Las calizas magnesianas de esta formación están cortadas por multitud de grietas que tienen direcciones muy variables, si bien predomina la que sigue las curvas de nivel de la falda de la montaña.

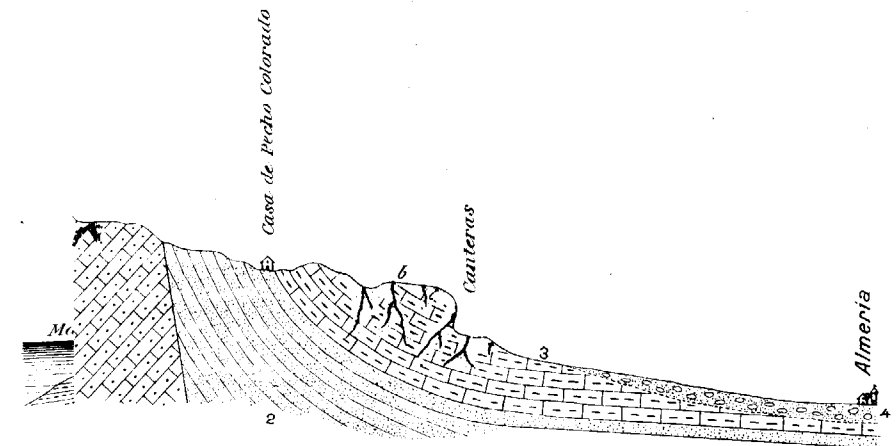
La giobertita se encuentra en dos formas distintas; en las calizas o en las pizarras.

En el primer caso las grietas y oquedades de la caliza están rellenas de caliza terrosa, entre la cual se encuentran nódulos, vetas y costras de giobertita compacta.

En el segundo se encuentran entre las calizas bancos de escaso

ALMERÍA

e por las canteras de Pecho Colorado



- |                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| 1 Colomia                     | Trias       |
| 2 Molasa                      | Mioceno     |
| 3 Arenisca y caliza           |             |
| 4 Greda de travertino         | Cuaternario |
| 5 Arenas de giobertita        |             |
| 6 Caliza miocena dolomitizada |             |

(1) Véase la figura 2.<sup>a</sup>

espesor, menos de un metro, de pizarrillas triásicas, tan plegados y desgajados los estratos y tan alterada y transformada en arcilla la pizarra, que en multitud de casos es difícil reconocer la roca primitiva; estas pizarrillas, que más bien que bancos continuos forman masas aisladas dentro de las calizas están acribilladas de un enrejado de vetas de caliza terrosa, con algunos nódulos de giobertita. Los minerales no profundizan más de dos o tres metros, y las vetas se esterilizan rapidísimamente.

La giobertita de esta mina es dura y compacta, muy blanca cuando no está manchada de gris por las lagunas triásicas.

Los mineros afirman, y es lógico que así sea, que el mineral que obtienen de las grietas de la caliza es más puro que el que se encuentra entre las pizarras.

Algunos trozos de mineral, sumamente puro y de un color completamente blanco, llegan a pesar más de un quintal castellano. La producción era de cuatro a seis toneladas diarias en la época de nuestra visita.

A una distancia de cuatro a cinco kilómetros al Norte de esta mina y aguas arriba de la Rambla del Cementerio se explota actualmente la mina *La Triunfante*, situada en el término de Huércal de Almería (1).

Esta mina está en el contacto de los conglomerados sarmáticos con las calizas triásicas.

Las calizas son negras, arcillosas, algo menos magnesianas que las de la generalidad de la sierra.

A menos de 100 metros del borde de la formación triásica empiezan a descubrirse vetas y nódulos de giobertita, muy mezclada con caliza terrosa. También se encuentra en algunos puntos el mineral acompañado de la pizarra verdosa y parda del triás, y frecuentemente la caliza y la giobertita aprisionan masas y trocitos de pizarra.

Los minerales profundizan muy poco; ninguna labor alcanza dos metros de profundidad, y la giobertita que explotaban en el

---

(1) Véase la figura 3.<sup>a</sup>

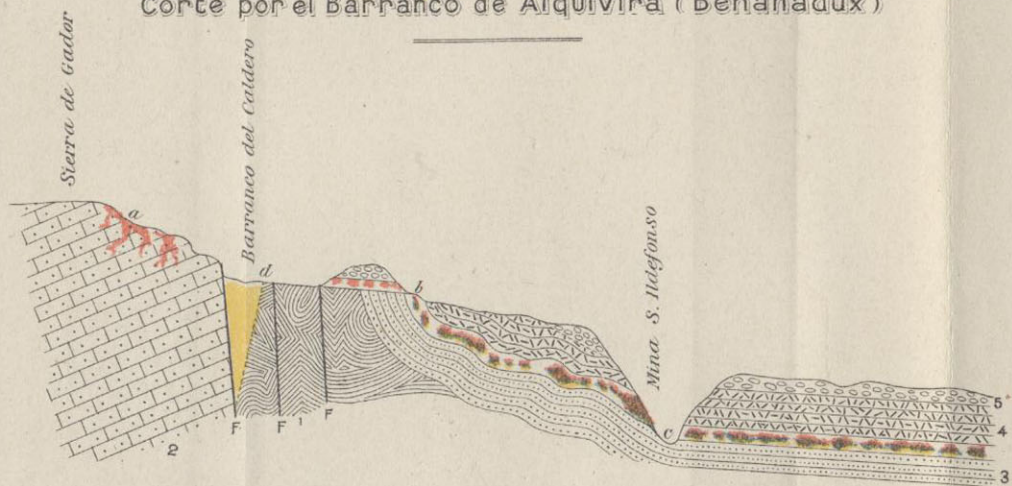
# CRIADEROS DE GIOBERTITA DE ALMERÍA

POR

E. Dupuy de Lôme  
y  
C. F. Maquieira de Borbón

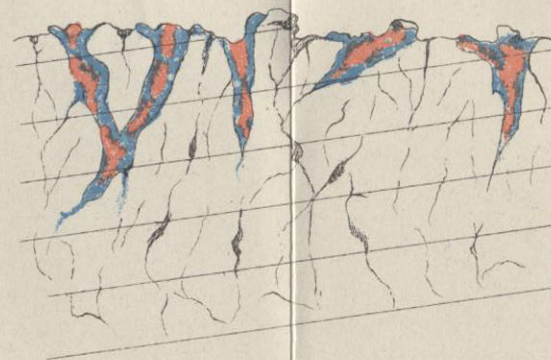
INGENIEROS DE MINAS

Corte por el Barranco de Alquivira (Benahadux)



- |   |                                  |             |
|---|----------------------------------|-------------|
| 1 | Pizarras, margas y yesos .....   | } Trias     |
| 2 | Dolomias .....                   |             |
| 3 | Arcillas .....                   | } Plioceno  |
| 4 | Margas con cristales de yeso..   |             |
| 5 | Conglomerado .....               | Cuaternario |
| a | Vetas de giobertita.             |             |
| b | Magnesita.                       |             |
| c | Manto con nódulos de calafatita. |             |
| d | Caolin.                          |             |

Criadero en las dolomias triásicas



- |                                     |                |
|-------------------------------------|----------------|
| <span style="color: red;">■</span>  | Giobertita     |
| <span style="color: blue;">■</span> | Caliza terrosa |

Escala 1:50

momento de nuestra visita era muy blanda e impura, mezclada con caliza terrosa.

En esta mina explotaban en diciembre de 1917 de seis a ocho toneladas diarias de mineral que expedían a Madrid.

El grupo de minas de *Carretero y García, San Ildefonso y La Prevención*, situados entre las ramblas de Alquivira y Mamón, en el término de Benahadux, constituyen una zona interesantísima, dada la variedad de minerales depositados por las aguas que circularon a través de la falla que separa el triás del plioceno.

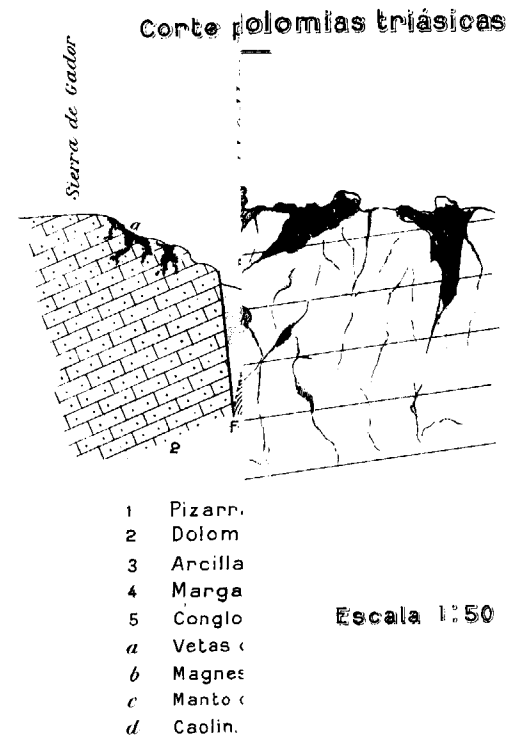
En la mina *San Ildefonso*, del barranco del Caldero, la falla está perfectamente caracterizada (1); el triás forma una pared casi vertical de 50 metros, y grandes masas del borde superior de la falla han caído sobre las arcillas pliocenas casi horizontales del borde inferior.

En la misma falla hay una masa de caolín purísimo, blanco completamente, de tres a cuatro metros de espesor, que aprisiona algunos núcleos de pizarra triásica muy descompuesta.

Al Este de la falla hay una zona, en la cual el plioceno está muy levantado y cortado por varias fallitas secundarias, donde se encuentran muchos minerales distintos, pues abundan los yesos y ocre, y se manifiesta un manto de calafatita de un enriquecimiento grande, con masas del mineral de uno o dos metros de espesor. La magnesita es, en general, compacta o con pequeñas oquedades, de color amarillo o blanquecina, sumamente ligera. Otra variedad, más impura es hojosa, amarillenta, con costras blanquecinas de caliza. En algunos puntos es muy amarilla, teñida por un ocre, al cual está asociada.

Todos estos minerales son de origen hidrotermal, y es notable que en ningún sitio se encuentren vestigios de giobertita en el plioceno; es decir, que la giobertita no se ha formado más que a expensas de las calizas magnesianas por las aguas superficiales y no directamente por la acción hidrotermal de las aguas profundas procedentes de la falla.

(1) Figura número 4.<sup>a</sup>



En la extremidad oriental de la mina *Carretero y García*, pasados unos 100 metros de la falla, se entra en una zona donde abundan mucho las vetas, nódulos, costras y clavos de giobertita en las calizas magnesianas, de color negro, pasando algunas a dolomías muy agrietadas y resquebrajadas. Las vetas de caliza y giobertita están orientadas en el sentido de la dirección de las capas; en algunos puntos se encuentran los minerales entre la masa de pizarrilla desmenuzada de que hemos hecho mención repetidas veces. Las vetas de giobertita no profundizan más de 1,50 metros.

Los criaderos de giobertita forman una faja paralela al borde del triás, pero en algunos puntos, situados hasta un kilómetro de distancia y muy cerca de una antigua mina de plomo, se han encontrado vestigios del mineral.

Cuando visitamos este grupo no se explotaba la giobertita, pero habían amontonadas más de 100 toneladas de mineral. La mayor parte es muy duro, compacto y blanco; otras veces es amarillento, con forma de estalactitas o masas arriñonadas sumamente caprichosas.

Una muestra tomada por nosotros dió el siguiente análisis:

$$\text{MgO} = 20,30 \%, \quad \text{CO}_2 = 51,61 \%$$

2.º *Criaderos de la mina «La Papa»*.—En la mina *La Papa* se encuentran a lo largo de la Rambla de las Balsas, desde el cortijo de Chilindrinas hasta el de Juan Gómez, las pizarras triásicas, ya grises y arcillosas, sumamente descompuestas, ya moradas o rojas muy micáferas, y, a veces, con multitud de granillos de cuarzo y laminitas de mica, constituyendo un tránsito a las areniscas. En toda la formación abundan los filoncitos de cuarzo blanco lechoso, con vetas y lentejones de hematites parda.

Encima de las margas se presentan, formando un primer contrafuerte de la Sierra de Gádor, las calizas magnesianas arcillosas del muschelkalk.

El yacimiento de la mina *La Papa* se encuentra en un espacio próximamente circular de pizarras y arcillas triásicas sumamente descompuestas y rotas, rodeado de un circo cerrado de calizas

magnesianas que parece corresponder a una chimenea abierta en las calizas por algún movimiento tectónico, rellena de pizarras y arcillas, en las que, por acción hidrotermal, se han depositado las substancias minerales. El área mineralizada tiene unos 200 metros de diámetro, y aun cuando la mineralización es general en toda la masa, ha sido mayor en la periferia, y principalmente en el saliente comprendido entre las calizas de la parte más alta de una mina.

En la zona de la chimenea se encuentran a cada paso afloramientos minerales, y se ha comenzado la explotación por labores subterráneas en diez puntos distintos de la superficie, comunicándose entre sí muchas de las galerías, pocillos y trancadas.

Las menas explotadas son principalmente ocre rojo, amarillo y pardos, sumamente puros y de vivísimo color. Los ocre forman unas veces vetas continuas hasta de un metro de espesor; otras, grandes lentejones aislados.

En la parte occidental del yacimiento, muy cerca de las calizas, se encuentra entre las arcillas pardas y ocre impuros vetas y nódulos de calafatita. El mineral es muy compacto y de alta ley; pero, debido al contacto con los ocre, es difícil obtenerlo blanco, y suele estar teñido de rosa.

Este es el único punto donde hemos visto la giobertita unida a la calafatita, pues al lado de los núcleos de calafatita se encuentra una veta de giobertita impura amarillenta.

En la parte opuesta de la chimenea, o sea la oriental, hemos encontrado el yacimiento de giobertita más importante de la sierra, que representamos en la figura 5.<sup>a</sup>, que acompaña a este trabajo.

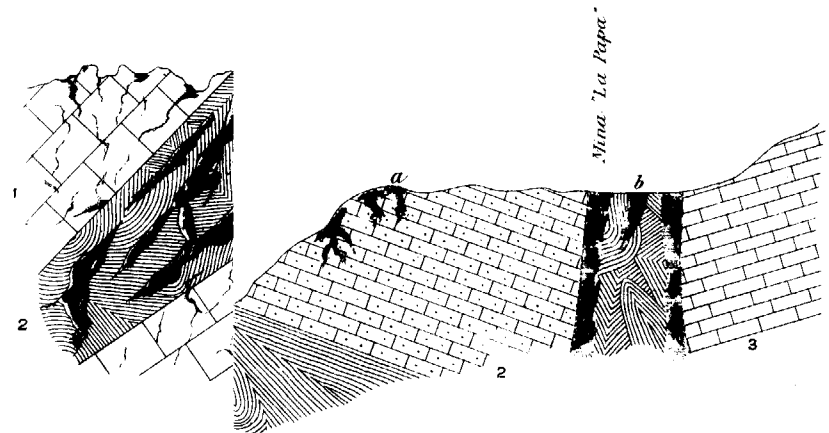
El mineral forma una veta de cerca de tres metros de espesor, completamente libre de impurezas, y se ha reconocido la continuidad del yacimiento hasta los 20 metros de profundidad.

La giobertita es granular, blanquecina, y, debido a su estructura, se desmorona fácilmente.

El ensayo practicado en el Laboratorio Nacional de la Escuela de Minas revela que es de gran pureza.

BOCA

Criadero de la mina "Papa"



- Giobertita.
- Caliza terrosa
- 1 Dolomia.
- 2 Pizarra arcil.

atita.

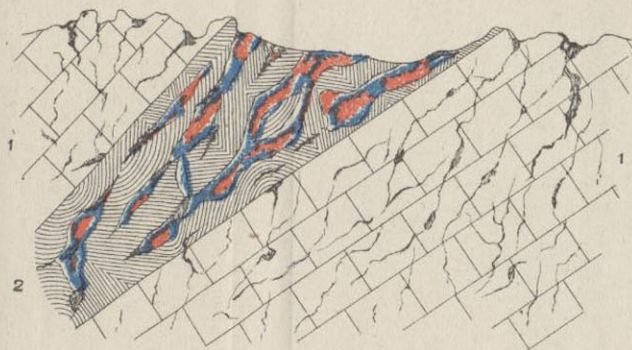
# CRIADEROS DE GIOBERTITA DE ALMERÍA

POR

E. Dupuy de Lôme  
y  
C. F. Maquieira de Borbón

INGENIEROS DE MINAS

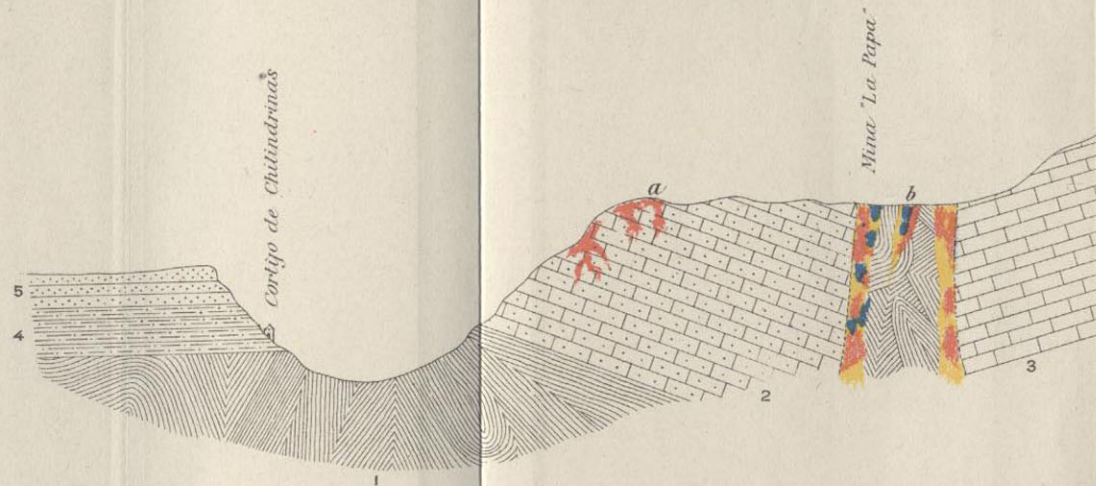
Criadero en las pizarras triásicas



- Giobertita.
- Caliza terrosa.
- 1 Dolomia
- 2 Pizarra arcillosa.

Escala 1:50

Corte por la mina "Papa"



- 1 Margas y pizarras micáceas
  - 2 Dolomias.....
  - 3 Caliza arcillosa negra.....
  - 4 Arcillas.
  - 5 Arenas.
  - a Vetas de giobertita.
  - b Minerales de ocre, giobertita y calafatita.
- } Trias

# CRIADEROS DE GIOBERTITA DE ALMERÍA

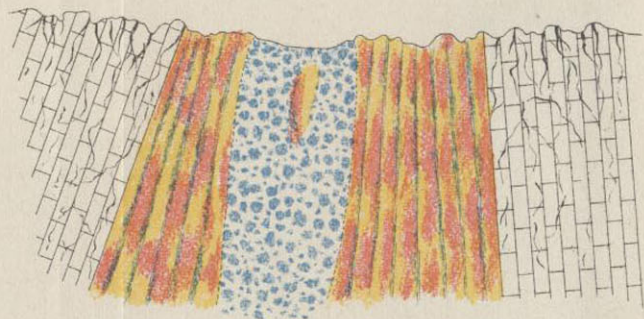
POR



E. Dupuy de Lôme  
C. F. Maquieira de Borbón

INGENIEROS DE MINAS

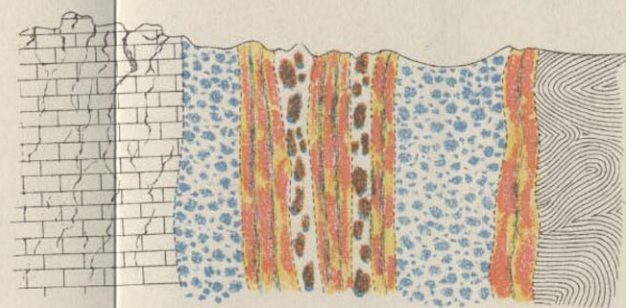
## MINA "LA PAPA"




Criadero en las dolomías



-  Ogres amarillos y rojos.
-  Giobertita.

Criadero del contacto de pizarras y calizas



-  Ogres amarillos y rojos
-  Giobertita
-  Calafatita en nódulos
- 1 Caliza negra ..... } Trias
- 2 Pizarra arcillosa ..... }

Escala 1:50



He aquí el resultado del mismo:

Sílice (Si O <sub>2</sub> ) .....	Indicios.
Hierro (Fe).....	»
Alúmina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).....	»
Potasio y sodio (K Na).....	»
Cal (Ca O).....	3,90
Magnesia (Mg O).....	43,59
Anhídrido sulfúrico (SO <sub>3</sub> ).....	1,03
Idem carbónico (CO <sub>2</sub> )... ..	49,37
Agua de combinación (H <sub>2</sub> O).....	2,01
	<hr/>
	99,90
<i>Pérdida de análisis</i> .....	0,10
	<hr/>
TOTAL.....	100,00
	<hr/>

Del anterior análisis se puede deducir la siguiente composición:

Silicato aluminico férrico potásico sódico.....	Indicios.
Sulfato de cal.....	1,75
Carbonato de cal.....	5,68
Idem de magnesia.....	90,46
Agua de combinación.....	2,01
	<hr/>
	99,90
<i>Pérdida de análisis</i> .. .. .	0,10
	<hr/>
TOTAL.....	100,00
	<hr/>

En toda el área mineralizada abunda muchísimo la giobertita, presentándose variedades muy distintas: además de las citadas se encuentran otras blancas compactas, pardas terrosas, amarillas muy ferruginosas, etc., todas ellas de ley bastante menor a la de estructura granular.

Fuera del área de la chimenea, en las calizas magnesianas, se encuentran vetas de giobertita entre la caliza terrosa, yacimiento idéntico a los que hemos descrito anteriormente bajo el epígrafe de «Criaderos en las calizas magnesianas». El mineral de estas vetas es mucho menos puro que el de la chimenea.

### Geogenia de los criaderos.

La geogenia de los criaderos que acabamos de describir es sumamente sencilla, y el modo como se formaron las giobertitas se desprende de la lectura de la reseña de los diversos yacimientos; si insistimos en ella es por tratarse de criaderos que se manifiestan de manera distinta de todos los demás criaderos extranjeros de giobertita que son o han sido hasta ahora objeto de explotación.

La actividad hidrotermal en toda la Sierra de Gádor ha sido sumamente intensa y a esta causa debe de atribuírse la dolomitización de las calizas y la formación de múltiples criaderos de plomo, cinc, cobre, hierro, azufre, etc. A esta actividad y no a las rocas eruptivas, cuya presencia no hemos podido comprobar en ningún punto cercano a las zonas estudiadas, debe atribuírse el origen de los criaderos de giobertita.

La actividad hidrotermal en la Sierra de Gádor, no ha cesado aún, como lo atestiguan diversas fuentes calientes, algunas tan afamadas como las termas de Alhama de Almería. Entre estas fuentes merece citarse la de la *Familia*, de Gádor, que presenta ácido sulfúrico libre (1).

Consideraremos por separado cada uno de los dos tipos de criaderos que hemos descrito.

*Los criaderos de giobertita en las calizas magnesianas son criaderos de origen secundario*, procedentes de la descomposición bajo la acción química del agua con ácido carbónico de las calizas magnésicas y la precipitación posterior de los carbonatos de cal y magnesita.

A su vez, la caliza magnesiana se debe de considerar como un mineral epigenético, producto de la acción de aguas magnesianas sobre las calizas.

(1) Botella: «Reseña físico-geológica de la provincia de Almería», *Boletín de la Comisión del Instituto Geológico de España*, t. IX.

En presencia del agua cargada de ácido carbónico, el carbonato de magnesita es más soluble que el carbonato de calcio y éste, a su vez, es más soluble que la dolomía o carbonato doble cálcico magnésico. Un litro de agua cargada de ácido carbónico disuelve 1.954 gramos de bicarbonato de magnesio, 0,385 gramos de bicarbonato de calcio y solamente 0,310 gramos de dolomía.

Las aguas magnesianas penetran en las grietas de las calizas, atacan la roca, y el carbonato doble cálcico magnésico que se forma, por ser más insoluble, se precipita dando lugar a las dolomías.

Si después circulan por estas últimas rocas aguas que contienen ácido carbónico disolverán principalmente el carbonato magnésico que es el más soluble, y al variar las condiciones de temperatura, presión, etc., de la disolución o al evaporarse el agua cargada de estas substancias se precipitará el carbonato magnésico con una pequeña cantidad de carbonato cálcico y dará origen a las giobertitas.

La edad de estos criaderos es recientísima, empezaron a formarse en el cuaternario después de la sedimentación de los depósitos pliocenos, y en muchos puntos donde circulan con abundancia las aguas magnesianas siguen depositándose en la actualidad.

El criadero de la mina *La Papa* tiene un origen distinto a los de las calizas magnesianas, pues debe considerarse como un yacimiento epigenético en que las fisuras de una chimenea de las calizas triásicas han quedado rellenas por una acción hidrotermal mineralizante.

Las aguas cargadas de distintas substancias minerales han ascendido por las grietas de la chimenea abierta en las calizas magnesianas y al disminuir su temperatura en la proximidad de la superficie han depositado estos minerales.

De este modo, o sea exactamente lo mismo que en cualquier yacimiento filoniano típico, se han formado los depósitos de giobertita, ocre, calafatita, etc., de la mina *La Papa*.

### Yacimientos magnesianos de la provincia de Santander.

Cerca de Reinosa, en su término municipal y en los de Fresno del Río, La Miña, Requejo, Cañedo y Aradillas, situados en un radio de cinco kilómetros de la primer población, así como también en el término de San Miguel de Aguayo, comarca situada a unos 20 kilómetros al Norte de Reinosa, se explotan en la actualidad varios yacimientos de carbonato de magnesia, de los cuales vamos a tratar en el presente estudio.

Los minerales de la primera región se exportan por las estaciones de Reinosa, del ferrocarril de Madrid a Santander, y de las Pozas, en la línea de La Robla a Valmaseda; los de la segunda comarca se expiden por la estación de Bárcena, que pertenece a la primera de las citadas líneas.

Hasta hace dos años se trabajaron únicamente las minas *San José* y *Esperanza*, próximas a Reinosa; pero recientemente, estimulados los mineros por los precios elevados de los minerales, comenzaron la explotación de otras varias, entre las cuales la *Reyes*, de San Miguel de Aguayo, es la que más producción ha alcanzado, a pesar de que se halla a más de 20 kilómetros de la estación del ferrocarril y que la conducción del mineral sólo puede hacerse en carretas de bueyes, por malos caminos, resultando así forzosamente muy elevado el precio de transporte.

El mineral magnésifero de Reinosa se emplea casi exclusivamente en los hornos metalúrgicos y se exporta principalmente a Bilbao y Santander, y también, aunque en menor escala a Barcelona.

Su precio es muy variable y depende no solamente de su riqueza, sino también de que la demanda sea mayor o menor en el momento de efectuarse la venta. Nos manifestaron en Reinosa que el valor del mineral sobre vagón del ferrocarril en dicha población oscilaba entre 15 y 60 pesetas la tonelada, según fuese la ley del

mineral que varía entre 30 por 100 y 60 por 100 de carbonato de magnesia.

Con los minerales de Reinosa, de ley relativamente elevada, compiten en el mercado unas calizas magnesianas que se explotan en algunos puntos de la costa, entre ellos Santoña, y si bien estas calizas no contienen más del 15 por 100 de carbonato de magnesia, como por su situación geográfica privilegiada junto al mar pueden transportarse fácilmente a las fábricas de Bilbao, resultan en ellas a un coste mucho menor que los primeros.

La producción de las minas de Reinosa, según los datos de la estadística minera de España, ha aumentado rápidamente desde el comienzo de la guerra, y, al parecer, seguirá en progresión creciente este aumento en el año de 1918.

El trabajo de las minas es muy irregular, pues en invierno y primavera, debido a los grandes temporales de nieve y lluvia, tan frecuentes en esta región, casi no se explotan, limitándose el laboreo a las partes más elevadas de los criaderos, que no se inundan; durante el verano, en cambio, una vez desaguadas las labores, la explotación es sumamente activa, empleándose un crecido número de obreros.

Hasta hace pocos años se calcinaban los minerales de la mina *San José* en unos hornos unidos a la mina por una vía férrea e instalados en el pueblecito de Nestares, anejo de Reinosa; actualmente esta instalación está abandonada, y lo mismo el mineral de esta mina que los de las demás se exporta sin calcinar.

### Datos geológicos.

Las minas de Reinosa están situadas en el valle del Ebro y se encuentran próximamente a 850 metros de altitud, que es también la de la población.

En la comarca objeto de nuestro estudio se presentan los siguientes sistemas geológicos: el triásico, en que están situados los yacimientos; el jurásico, que rodea las manchas triásicas, y el cuaternario reducido a los aluviones del Híjar y del Ebro, y a algu-

nos mantos de tierras diluviales arcillosas que cubren las depresiones del triásico; varios asomos ofíticos atraviesan el terreno triásico de la mancha de Reinosa.

La formación cretácea, que adquiere enorme desarrollo y extensión en la provincia, queda más al Sur, si bien llega hasta muy cerca de Reinosa.

Las minas de Reinosa están situadas en uno de los manchones triásicos más extensos de la provincia, y que, según indican los señores Puig y Sánchez Lozano (1), «dibuja un rombo cuyos vértices septentrional, occidental y meridional, se encuentran, respectivamente, en las inmediaciones de Lantueno, Fontibre y Matamorosa, sino que en lugar de cerrarse ese rombo en otro vértice oriental se corre hacia este rumbo, formando una especie de bolsa que llega hasta *La Riva*».

Los sedimentos triásicos de esta mancha están, en general, muy dislocados, con sus estratos doblados en profusión de pliegues, y rotos frecuentemente por asomos de rocas ofíticas, sin que se pueda señalar exactamente los límites de los distintos pisos que integran el sistema.

Sin embargo, en términos generales, se pueden distinguir dos zonas: una situada al Sur del río Híjar, donde se encuentran predominantes las areniscas y pudingas de la base de la formación, y otra comprendida entre Reinosa y la Sierra de Fontibre, en que abundan las margas irisadas del Keuper, cubiertas por dolomías y calizas magnesianas.

El piso inferior se presenta muy bien caracterizado en las montañas que se extienden al Sur del Híjar desde Matamorosa hasta Retortillo. En la falda de la sierra las areniscas son, en general, rojas y muy micáferas; las hay también blancas, muy duras y compactas, compuestas casi exclusivamente de sílice, constituyendo tránsito a cuarcitas; también se presenta una variedad más arcillosa de color gris, con algunos restos de vegetales carbo-

(1) «Datos para la geología de la provincia de Santander», *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 1888.

nizados, muy mal conservados. Entre los bancos de areniscas hay intercalados algunos lechitos de pizarrillas arcillosas, grises y verdes.

En la cumbre de la montaña varían los caracteres del tramo, pues éste presenta mayor uniformidad y está compuesto por grandes bancos de arenisca blanca o amarillenta, con manchas y costuras rojizas; hay también capas de areniscas fajeadas con listas blancas, amarillas y rojas. Entre los bancos de arenisca se encuentran lechos de arena suelta muy cargada de hojuelas de mica blanca.

Las areniscas se explotan en varias e importantes canteras como piedra de construcción, de muy buen aspecto; la roca es de grano fino y fácil de labrar, pero los bancos suelen estar cortados por repetidas litoclasas, resultando difícil obtener sillares de tamaño grande.

El horizonte de las margas irisadas, rellena casi todo el valle de Reinosa y está cubierto casi totalmente por los aluviones del Híjar y Ebro y por tierras cuaternarias, con frondosos prados; de suerte que apenas se manifiesta al descubierto más que en los desmontes del ferrocarril y en las labores de las minas.

Las margas contienen multitud de lechos y masas de yesos cristalinos de colores muy vivos, y por efecto de los asomos ofíticos que las atraviesan están sumamente dislocadas con multitud de pliegues, torceduras y fallas.

Las calizas magnesianas coronan casi todos los cerros situados al Norte del Híjar y aparecen también junto a la estación del ferrocarril de Reinosa, donde se explotan en una cantera con destino al afirmado de las carreteras.

Los bancos en esta cantera se presentan casi horizontales y la roca es arcillosa, muy oquerosa, negruzca o gris; entre los bancos más consistentes se encuentran lechos más arcillosos, de grano fino y estructura pizarreña, cruzados por multitud de vetas espáticas.

Con idénticos caracteres se presenta esta formación en unas canteras situadas entre la carretera de Reinosa a Fontibre y la aldehuela de la Miña.

En los cerros situados a un kilómetro, al Sur de Fontibre, vuelven a aparecer las calizas y dolomías del sistema, muy levantadas y apoyadas sobre las margas irisadas, ocultándose la formación triásica en este punto, bajo las hiladas jurásicas de la Sierra de Fontibre.

En la parte Norte del manchón triásico de Reinosa abundan menos las calizas, y en casi toda la región que rodea al asomo ofítico de Requejo se presentan exclusivamente las margas irisadas. Lo mismo sucede en las trincheras del ferrocarril, junto al túnel de Reinosa.

Varios asomos hipogénicos de rocas ofíticas o sus derivadas atraviesan los sedimentos triásicos de la mancha de Reinosa; pero el único que ofrece interés para nosotros por su proximidad a las minas de carbonato de magnesia y por la influencia que pudiera tener en la génesis de este mineral es uno que se descubre en un corto trecho al Norte de Requejo y a unos tres kilómetros de Reinosa, en una loma muy cercana a la mina *San Antonio*.

La ofita de que se trata es de grano grueso, muy descompuesta y alterada en la superficie; casi todo el isleo hipogénico está cubierto de tierras de labor, de modo que la roca no asoma más que en pocos puntos y, en consecuencia, es muy difícil señalar sus límites exactos.

El cuaternario ocupa una extensión bastante considerable en el valle de Reinosa; tiene escaso espesor, y es esencialmente arcilloso, como es natural suceda, por haberse formado principalmente a expensas de las margas triásicas, jurásicas y cretáceas, que son tan abundantes en la región.

Los mantos diluviales cubren la mayor parte de la llanura que se extiende entre Reinosa, Requejo y Fresno del Río, y no asoman las rocas de los terrenos infrapuestos más que en algún corte de los arroyuelos afluentes del Ebro.

Los aluviones de este río tienen escasísima extensión, y son casi exclusivamente arcillosos; no sucede lo mismo con los del Híjar, que entre Reinosa y Matamorosa tienen unos 600 metros de ancho, y son los antiguos arcillosos, los modernos muy pedregos-

sos. Es natural que tengan los aluviones del Híjar más importancia que los del Ebro, por ser el régimen de aquel río, muy torrencial, más caudaloso que el Ebro en época de sus crecidas y casi seco en verano.

La otra comarca donde se hallan los yacimientos magnesianos objeto de nuestro estudio corresponde al concejo de San Miguel de Aguayo, situado a unos 20 kilómetros de Reinosa.

En esta región, a unos cinco kilómetros al Este de San Miguel de Aguayo, y en el centro de una extensa nava rodeada de montañas se explota una concesión minera denominada *Reyes*.

La disposición geológica es muy parecida a la de Reinosa: una mancha triásica rodeada de jurásico, pero sin que los terrenos aparezcan tan bien definidos como en aquella comarca; los dos sistemas están entremezclados, repitiéndose en el trayecto desde la estación de Pesquera hasta la mina *Reyes* reiteradamente las capas de ambos sistemas, si bien con gran predominio del más moderno.

Aunque no recorrimos todo el isleo triásico de la mina *Reyes*, por estimarlo innecesario, no parece, sin embargo, que allí se encuentre el piso inferior del sistema, quedando limitada la composición de la mancha a las margas y calizas magnesianas, abundando más estas últimas rocas. Junto a la mina hay unos bancos de caliza negra arcillosa impregnados de hidrogenocarbonatos de cobre con partículas de una sustancia vítrea, circunstancias que parecen indicar la proximidad de una roca eruptiva que no pudimos encontrar, y que quizás no asome a la superficie.

El jurásico forma el circo de montañas que rodea este islote triásico, y está formado casi exclusivamente por un tramo muy potente de margas pizarreñas, rojas y moradas. Entre éstas se encuentran algunos lechos de pizarras verdes y negras muy arcillosas.

### **Descripción de los criaderos.**

Hemos examinado las minas de explotación más intensas, o sea las denominadas *San José* y *Esperanza*, de Reinosa, y *Reyes*, de San Miguel de Aguayo, y recorrido multitud de puntos donde

se han emprendido recientemente labores de investigación o pequeñas explotaciones, animados los dueños de las minas por los buenos precios que en la actualidad tiene el mineral.

Haremos una descripción somera de estos yacimientos, todos ellos muy parecidos, y después los estudiaremos desde el punto de vista de su origen o modo de formación.

Comenzaremos por la descripción de las minas situadas en la extremidad occidental de la mancha triásica de Reinosa, entre las cuales la más conocida es la *Esperanza*, situada a unos 500 metros al Noroeste del caserío de la Miña, del Ayuntamiento de Enmedio.

En este punto se ha explotado una masa de mineral de unos 80 metros de largo por 20 de ancho, llegando las labores hasta la profundidad de 30 metros, si bien esta circunstancia no pudimos comprobarla en la época de nuestra visita, pues esta mina, como todas las demás en que las labores son un poco profundas, estaba inundada. Gran parte de las excavaciones están rellenas de escombros de la explotación, y el yacimiento se halla casi agotado, a no ser que se encuentre alguna nueva bolsada de mineral.

El mineral está en el contacto de las calizas magnesianas triásicas, con las margas irisadas, que limitan el criadero por el Norte y Oeste.

La forma de la masa explotada es muy irregular; las calizas magnesianas cercanas a las margas estaban muy enriquecidas en carbonato de magnesia, habiendo sido explotadas en su totalidad. Según nos alejamos del contacto con las margas, la ley del mineral disminuye, no pudiéndose aprovechar más que ciertas bolsadas irregulares que comprenden los bancos de mineral de mayor riqueza.

El mineral es cristalino, de color pardo o negruzco, y su ley, según nos manifestaron los mineros, es de un 50 por 100 de carbonato de magnesia.

En la parte occidental del yacimiento, en contacto de las margas irisadas, hay una masa de varios metros de espesor formada por una brecha de trozos esquinados de mineral muy rico, cantos

de dolomía y lajas de margas rojas, unido todo por un cemento dolomítico.

Esta masa se explota en la actualidad, si bien produce un mineral bastante pobre y mucho escombros estéril.

Se aprecia claramente en esta mina la existencia de una falla que corre por el contacto de las margas con las dolomías, y que ha habido una acción hidrotermal muy enérgica que cimentó posteriormente los elementos descriptos.

A unos 200 metros de la mina empieza el jurásico que forma las laderas de los Hoyuelos de Fontibre, primer contrafuerte del macizo montañoso situado al Norte. También muy cerca de la mina, a menos de medio kilómetro, nace al pie de la sierra un arroyuelo que se convierte después en el caudaloso Ebro.

La mina *Esperanza* hace veinte años que se explota, si bien con repetidas intermitencias, trabajándose principalmente en verano; pues no ocupa en invierno más que un reducido número de obreros que arrancan la parte más alta del yacimiento, que no se inunda en la época de las lluvias.

Entre Reinosa y Fresno del Río, y a un kilómetro de este último poblado, se encuentra la mina *San José*, el yacimiento más extenso y rico de los que hemos visitado.

La explotación ha sido en parte a cielo abierto, y en parte, por medio de labores subterráneas; por el primer procedimiento se ha excavado una masa de unos 100 metros de diámetro por 20 de profundidad, mientras que las labores subterráneas avanzan 80 metros debajo del cerro que se encuentra al Norte de la mina.

El desagüe de estas labores se efectúa con una bomba de vapor, pero las dejan inundarse en invierno no trabajando más que en verano.

La extracción del mineral se hace por medio de un plano inclinado, y la mina estaba unida por una vía con el pueblecito de Nestares donde calcinaban el mineral en unos hornos. Actualmente exportan el mineral sin calcinar.

Según se ve en la figura número 5 que acompaña este trabajo, el yacimiento se encuentra en el contacto de las calizas magne-

sianas con las margas, si bien se observa que el enriquecimiento de las primeras ha sido mucho mayor en unos bancos que en otros, de modo que en la explotación subterránea únicamente benefician una capa de mineral rico comprendida entre dolomías más pobres.

Los bancos de dolomía, que se encuentran encima del mineral tienen color gris claro, y la roca es compacta, de grano muy fino y brillo céreo.

Las calizas magnesianas quedan cortadas por el Sur y el Oeste por una falla que las separa de las margas yesíferas triásicas.

El mineral que se explota tiene una riqueza y aspecto muy variable.

La variedad de ley más elevada es cristalina, formada por multitud de laminitas negras, con alguna veta espática blanca.

Otras variedades son compactas o lamelares, de colores pardo o róseo y aun rojizo.

La coloración es debida a la presencia de hidróxidos de hierro y manganeso procedentes de la oxidación de los carbonatos de estos cuerpos que contiene el mineral.

Una muestra de la variedad más rica del mineral ensayada en el Laboratorio Nacional de la Escuela de Minas dió el siguiente resultado:

Cal (Ca O).....	6,50	por 100
Magnesia (Mg O).....	41,50	»
Óxido ferroso (Fe O).....	2,25	»
Idem manganeso (Mn O).....	2,00	»
Anhídrido carbónico (CO <sub>2</sub> ).....	31,50	»
Idem sulfúrico (SO <sub>3</sub> ).....	0,75	»
Sílice (Si O <sub>2</sub> ).....	0,80	»
Agua de combinación y diferencia en el análisis....	14,70	»
TOTAL.....	100,00	

En consecuencia a estos resultados, y teniendo en cuenta que el anhídrido carbónico determinado no es suficiente para saturar las bases, y que no existe otro radical ácido combinado con ellas, hay que admitir que una parte de la magnesia está en el estado de óxido hidratado, y otra parte al estado de carbonato.

Los cuerpos determinados pueden combinarse del modo siguiente:

Sulfato de cal (Ca SO <sub>4</sub> ) .....	1,28
Carbonato de cal (Ca CO <sub>3</sub> ) .....	10,65
Carbonato ferroso (Fe CO <sub>3</sub> ).....	3,62
Idem de manganeso (Mn CO <sub>3</sub> ).....	3,25
Idem de magnesia (Mg CO <sub>3</sub> ).....	46,38
Óxido de magnesio (Mg O).....	19,32
Sílice (Si O <sub>2</sub> ).....	0,80
Agua de combinación y diferencia en el análisis..	14,70
TOTAL.....	100,00

Este ensayo nos revela que gran parte de la muestra está formada por hidromagnesita carbonatada, mineral que, según Naumann (1), contiene 43,95 de magnesia, 36,27 de ácido carbónico y 19,78 de agua. También es de composición muy parecida el mineral de Hoboken, que cita Dufrenoy (2).

Aun dentro de los bancos que tienen más ley de magnesia, el mineral no es homogéneo, pues se observan núcleos y zonas en las cuales las dolomías no han sufrido aumento de riqueza, lo que da por resultado que por cada tonelada de mineral aprovechable hay que desechar gran cantidad de materia estéril.

Lo mismo que en la mina descrita anteriormente, en ésta han explotado ya la zona mejor, aunque cabe en lo posible que se encuentre otra u otras masas de mineral rico.

En la mina *San José* se observa muy claramente que el enriquecimiento de las calizas magnesianas se ha efectuado primero en la proximidad de las margas irisadas; segundo, según determinados bancos que debieron reunir condiciones más favorables para la circulación de las aguas cargadas de carbonato magnésico que produjeron el enriquecimiento.

Los trabajos de esta mina comenzaron hace cerca de veinticinco años, pero su mayor actividad no data más que de tres o cuatro años.

(1) *Mineralogía*, pág. 575.

(2) *Traité de minéralogie*, t. II, pág. 427.

La mina más próxima a Reinosa es la llamada *Ramona*, situa a 500 metros de las Fuentes de Reinosa, manantiales muy caudalosos que brotan en las afueras de la población.

La explotación se efectúa a cielo abierto, con un frente de cantera de cerca de diez metros de altura; pero las labores no han hecho más que comenzarse y no se pueden estudiar bien los caracteres del yacimiento.

Se explotan dos tipos distintos de mineral: uno rojo, arcilloso con multitud de vetas espáticas blancas, y otro compacto, también arcilloso, de color gris o blanquecino, con brillo apagado céreo. Esta segunda variedad no contiene carbonato manganesoso, mientras que la primera sí que lo contiene.

Ambas clases de mineral son bastante pobres, pues su ley varía entre el 30 y el 40 por 100 de carbonato magnésico.

Hasta la fecha de nuestra visita, únicamente se habían exportado unas 150 toneladas de mineral procedentes de esta mina.

Es probable que si se descubren en la mina las margas del sistema triásico, en el contacto con esta roca se encuentre una zona de mineral más rico, como ha sucedido en las otras minas que hemos visitado; pero la proximidad de unas fuentes tan caudalosas y la poca diferencia de nivel que hay entre el emplazamiento de las labores y el punto donde nacen éstas, hace casi imposible una explotación algo profunda.

A unos 400 metros al Norte de Requejo y a tres kilómetros de Reinosa se ha empezado a explotar recientemente la mina *San Antonio*, cuya situación hemos indicado en la figura número 2, mientras que en la 3 hemos representado en esquema el criadero.

Los bancos de dolomía y caliza magnesiana se presentan verticales, limitados a Poniente y a Mediodía por las margas irisadas.

La caliza magnesiana se extiende hacia el Este unos 600 metros, pero sin que pueda decirse en la actualidad si el mineral es o no aprovechable.

En el frente de la cantera hay una zona en forma de cuña, junto a las margas irisadas, de mineral rico de un 60 por 100 de carbonato, mientras que en el resto del tajo alternan los bancos de ca-

liza magnesiana, enriquecida hasta el 40 por 100, con otros de calizas muy escasas en carbonato magnésico.

El mineral es cristalino, de color gris oscuro, casi negro, duro y compacto.

Inmediatamente al Norte de las labores de la mina se extienden campos cultivados con abundantísimos cantos redondeados de ofita, pero la roca hipogénica no aflora hasta unos cerros situados algunos centenares de metros más al Norte, sin que pueda determinarse si existe conexión entre el enriquecimiento de las calizas y la presencia de las rocas ofíticas.

Entre la mina *San Antonio* y Requejo vuelven a presentarse las dolomías, pero el espesor de los bancos es muy escaso y su ley en carbonato de magnesita demasiado baja para que puedan aprovecharse.

En la mina *San Luis*, a un kilómetro al Norte de Reinosa, no se han empezado aún las labores de investigación, pero es uno de los puntos en que mejor puede estudiarse el tramo de las calizas magnesianas.

Según hemos representado en la figura 4.<sup>a</sup>, en la base de los cerretes donde está demarcada la mina queda cortada la formación por una falla que tiene la particularidad de que los arroyuelos, al llegar a ella, desaparecen dentro de la tierra, y no vuelven a la superficie hasta una distancia considerable del punto en que se ocultaron.

El mineral que piensan explotar es una dolomía gris clara, compacta y de grano muy fino, de fractura concoidea, que tiene un 40 por 100 de carbonato magnésico. Esta roca forma un banco de unos dos metros de espesor, comprendido entre las calizas magnesianas negras del triásico.

En la parte alta de la loma, y en el punto llamado Cueva de la Loca, hay un banco de un metro, de hematites roja muy arcillosa.

Encima de este nivel, sobre la loma que marca el límite entre los términos de Reinosa y Fresno del Río, se ven las calizas arcillosas pardas muy magnesianas.

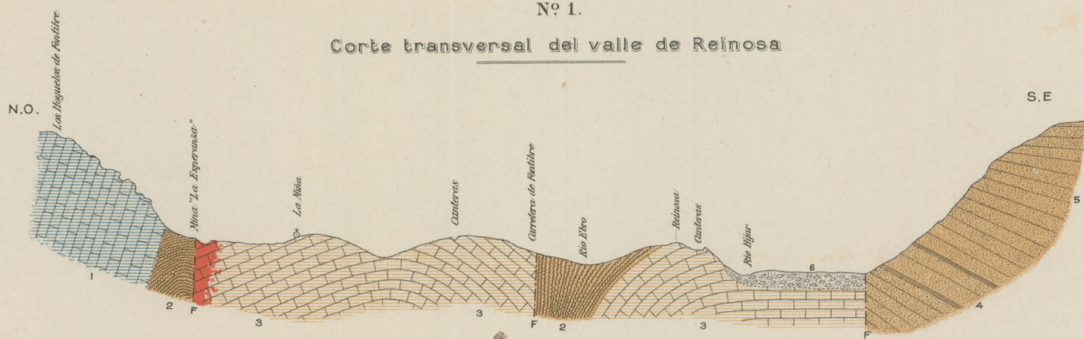


# YACIMIENTOS MAGNESIANOS DE REINOSA

POR  
E. Dupuy de Lôme  
C. F. Maquieira de Borbón  
INGENIEROS DE MINAS

## CORTES GEOLÓGICOS

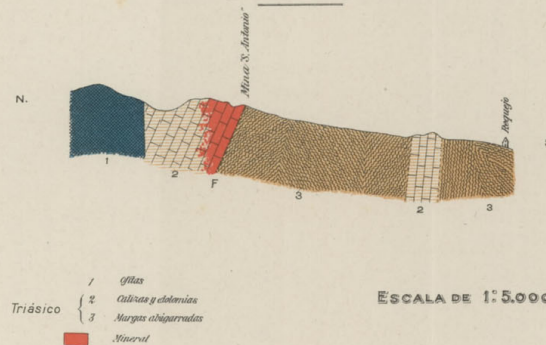
Nº 1.  
Corte transversal del valle de Reinosa



- |             |   |                               |
|-------------|---|-------------------------------|
| Jurásico    | 1 | Caliza                        |
| Triásico    | 2 | Margas irisadas               |
|             | 3 | Calizas magnesianas           |
|             | 4 | Areniscas y margas pisarrudas |
| Cuaternario | 5 | Areniscas y arenas            |
|             | 6 | Aluviales                     |
- Mineral

ESCALA DE 1:5.000

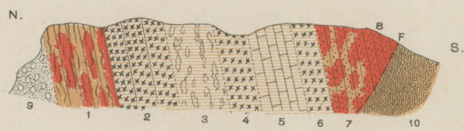
Nº 2.  
Corte por la mina "S. Antonio"



- |          |   |                    |
|----------|---|--------------------|
| Triásico | 1 | Ófitas             |
|          | 2 | Calizas y dolomías |
|          | 3 | Margas abigarradas |
- Mineral

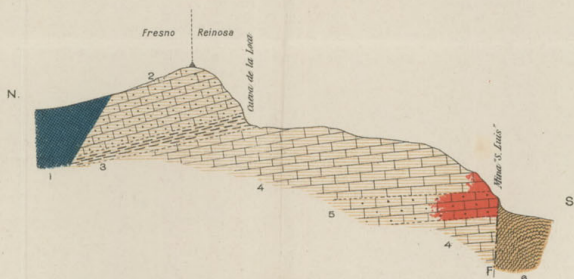
ESCALA DE 1:5.000

Nº 3.  
Corte por la mina "S. Antonio"



- | Espesor |  |
|---------|--|
| 1       | Dolomía negra con vetas de calcita..... 4 m. |
| 2       | Dolomía compacta gris..... 4 m.              |
| 3       | Caliza magnésiana esverdeada..... 4 m.       |
| 4       | Dolomía compacta gris..... 2 m.              |
| 5       | Caliza magnésiana..... 3 m.                  |
| 6       | Dolomía compacta gris..... 2 m.              |
| 7       | Dolomía muy enriquecida..... 2 m.            |
| 8       | Mineral rico                                 |
| 9       | Terrios pedregosos diluviales                |
| 10      | Margas irisadas                              |
- Mineral

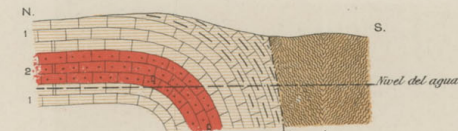
Nº 4.  
Corte por la mina "S. Luis"



- |          |   |                                |
|----------|---|--------------------------------|
| Triásico | 1 | Ófitas                         |
|          | 2 | Caliza arenosa                 |
|          | 3 | Beudantic y caliza ferruginosa |
|          | 4 | Caliza magnésiana              |
|          | 5 | Dolomía                        |
|          | 6 | Margas abigarradas             |
- Mineral

ESCALA DE 1:5.000

Nº 5.  
Corte por la mina "S. José"



- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| 1 | Caliza magnésiana triásica  |
| 2 | Capas de mineral            |
| 3 | Calizas tabulares triásicas |
| 4 | Margas irisadas             |
| 5 | Galería de 80 m. en mineral |
- Mineral

La formación caliza tiene un espesor que no baja de 40 metros y buza unos 10° al Este.

En el extremo Norte de la mancha triásica de Reinoso, en el límite de los términos de Cañedo y Aradillas, se ha empezado el laboreo de una mina llamada *Ana Maria*; los trabajos son todavía de poca extensión y no se pueden apreciar los caracteres del yacimiento. El mineral es cristalino, pardo, y su ley en carbonato de magnesia no llega al 40 por 100.

Según hemos dicho anteriormente, en el isleo triásico situado al Este de San Miguel de Aguayo, se explota muy activamente desde hace dos años la mina *Reyes*. La explotación se hace cielo abierto y la cantera se encontraba en la época de nuestra visita, en su mayor parte, inundada.

El yacimiento está en el contacto de las margas irisadas con las calizas magnesianas, observándose que el mineral, en general, se empobrece según se aleja de las margas.

En el frente de la explotación los bancos están muy levantados, casi verticales, y contando de Sur a Norte se encuentran sucesivamente:

- 1.º Margas irisadas con lechos y masas de yeso cristalino de coloraciones muy vivas.
- 2.º Caliza magnésiana compacta, de grano fino de color gris claro. En algunos puntos esta caliza es algo más rica en carbonato magnésico y se aprovecha como mineral de baja ley.
- 3.º Mineral que forma un banco de dos metros de espesor por término medio.
- 4.º Calizas idénticas a las ya citadas.
- 5.º Otro banco de mineral de un espesor algo menor que el anterior.
- 6.º Calizas arcillosas negras impregnadas de hidrocarbonato de cobre.

El mineral es cristalino, de color pardo oscuro o acaramelado, algunos ejemplares están formados por grandes agujas que se entrecruzan dejando entre sí huecos de caras poligonales planas.



LÔ  
le  
MINA



En la manchita triásica donde está enclavada la mina predominan las calizas magnesianas del nivel superior; no asoman en ella, al parecer, las areniscas de la base del sistema, ni tampoco se ve en las cercanías del yacimiento ningún asomo de ofita.

### **Geogenia de los criaderos.**

El modo como se formaron estos yacimientos es idéntico al descrito en la parte de este trabajo que trata de los yacimientos de la provincia de Almería al explicar cómo se transformaron las calizas en dolomías.

La única diferencia consiste en que las aguas aciduladas, además de la magnesia, contenían en disolución hierro y manganeso, y que se verificaron dobles descomposiciones, no solamente entre el carbonato de magnesia y el de cal, sino también entre éste y los carbonatos de hierro y manganeso.

Como resultado de estas acciones químicas no se ha formado un mineral con una composición definida, sino que se encuentra una serie de asociaciones en que varían en cada ejemplar la proporción de los cuatro carbonatos isomorfos de magnesio, calcio, hierro y manganeso.

Según hemos dicho anteriormente, D. Salvador Calderón (1) clasificó como breunerita unos ejemplares procedentes de las minas *Esperanza* y *San José*, y sin negar la posibilidad de que se encuentren algunos ejemplares de este mineral, la masa que se explota no tiene ni con mucho la cantidad de hierro que le correspondería para ser clasificado como breunerita, pues esta especie, según Naumann (2), tiene en sus dos variantes de mesitina y pistomesita como fórmulas químicas  $2\text{CO}_2 \text{ Mg} + \text{CO}_2 \text{ Fe}$  y  $\text{CO}_2 \text{ Mg} + \text{CO}_2 \text{ Fe}$ , a las que corresponde como composición para la mesitina,  $\text{CO}_2 \text{ Mg} = 59,15$  y  $\text{CO}_2 \text{ Fe} = 40,85$ , y para la pis-

(1) *Los minerales de España*, t. II, pág. 65.

(2) *Mineralogía*, pág. 559.

tomesita,  $\text{CO}_3 \text{Mg}$  = 42 y  $\text{CO}_3 \text{Fe}$  = 58, mientras que los minerales de Reinosa son muy pobres en hierro, como lo revela el ensayo ya citado, efectuado en el Laboratorio de la Escuela de Minas, de una muestra procedente de la mina *San José*, y que da más que 3,62 de  $\text{CO}_3 \text{Fe}$ .

En nuestro concepto, los minerales de Reinosa deben ser considerados como unas dolomías en que una parte del carbonato de cal ha sido substituido por carbonato de hierro, carbonato de manganeso y carbonato de magnesio, elevándose la proporción de este último carbonato desde el 45,65 por 100, que tiene en la dolomía, hasta el 60 por 100, ley la más elevada que se observa en el mineral de estas minas.

En los otros yacimientos más pobres que se han descritos se explotan minerales en que la proporción de carbonato de magnesio no llega al de la dolomía, pues ésta contiene 45,65 por 100 de carbonato de magnesio y 54,35 de carbonato de cal, mientras que algunos de los minerales que se exportan no llegan al 30 por 100 de carbonato magnésico. Estos minerales son, pues, sencillamente calizas magnesianas con una proporción algo elevada de carbonato magnésico.

Del examen de los yacimientos que hemos visitado se deducen interesantes conclusiones que resumimos a continuación:

1.<sup>a</sup> Los yacimientos magnesianos de Reinosa son un resultado del enriquecimiento de las calizas triásicas por aguas con disoluciones magnesianas.

2.<sup>a</sup> Las zonas más ricas están en el contacto de las calizas con las margas irisadas triásicas.

3.<sup>a</sup> El enriquecimiento se ha efectuado en los bancos que han reunido condiciones más favorables para la circulación de las aguas con carbonato de magnesio en disolución.

4.<sup>a</sup> Si bien es frecuente encontrar asomos ofíticos a cortas distancias de los yacimientos magnesianos no es constante su presencia y parece admisible que las aguas mineralizadoras disolvieran el carbonato magnésico a su paso por las calizas magnesianas triásicas, sin intervención directa de la roca hipogénica,

que, sin embargo, debió ser la que en la época de su aparición produjo la dolomitización de las calizas.

5.<sup>a</sup> Los yacimientos se presentan en masas de forma sumamente irregular y se empobrecen según profundizan las labores.

Abril de 1918.

NOTA

ACERCA DE UN YACIMIENTO DE MAMÍFEROS FÓSILES  
EN EL RINCÓN DE ADEMUZ (VALENCIA)

por

D. E. Dupuy de Lôme y D. C. Fernández de Caleyá.

## NOTA

### **Acerca de un yacimiento de mamíferos fósiles**

**en el rincón de Ademuz (Valencia).**

---

#### INTRODUCCIÓN

**Descubrimiento del yacimiento.**—En la mina de lignito *San José*, del término de Mas del Olmo, perteneciente al Rincón de Ademuz, parte de la provincia de Valencia enclavada en la de Teruel, hace tiempo que se encuentran huesos fósiles, sin que se diera importancia a estos descubrimientos, dejando los mineros estos restos entre los escombros de la mina o destrozándolos al extraer el lignito.

La mayor parte de los restos, según referencias de los mismos obreros, consistían en pedazos pequeños de huesos y en dientes también de reducido tamaño.

Al principio del año 1916 se hizo un descubrimiento de mayor importancia, pues al hundirse el techo de una de las principales galerías de transporte de la mina se encontraron en las arcillas que están directamente encima del combustible unos grandes huesos, en general muy mal conservados, entre ellos varios molares e incisivos de mastodonte.

Puesto en conocimiento de este hallazgo el ingeniero director

de la mina, D. C. Fernández de Caleyá, recogió cuidadosamente los fósiles, y ordenó se hiciesen algunas labores de investigación en busca de más ejemplares. Desgraciadamente, estas labores no pudieron tener gran extensión, pues el carácter de vía general de transporte y ventilación que tenía la galería donde se encontraron los huesos impedía que se pudiese tener mucho tiempo interrumpido el paso por ella.

Posteriormente aún se encontraron otros restos, tanto de mastodonte como de otros mamíferos, en distintos puntos de la mina, alguno distante más de 100 metros del lugar del primer descubrimiento, no solamente en las arcillas del techo de la capa combustible, sino dentro de ella y en las margas carbonosas que forman su muro.

La Sociedad Industrial Química de Zaragoza, que explota esta mina con objeto de proveer de combustible los hornos de sublimación de azufre que posee en sus minas de Libros (Teruel), situadas a unos cinco kilómetros del yacimiento fosilífero, a instancias de su ingeniero director hizo donación de los restos al Instituto Geológico de España.

En agosto de 1916 se trasladó el Sr. Dupuy de Lôme a las minas de Libros (Teruel), emprendiendo este trabajo juntamente con el Sr. Fernández de Caleyá, que había recogido, ordenado y reconstituido los huesos, en su mayor parte rotos en pequeños fragmentos.

Posteriormente recogió el Sr. Fernández de Caleyá otros restos muy interesantes, y, reunidos todos los huesos en Madrid, procedieron ambos a emprender el estudio paleontológico, por desgracia muy defectuoso, por la falta de facilidades que hay en la actualidad para visitar los museos del extranjero y consultar con paleontólogos más experimentados, según hubiese sido su deseo.

#### **Sistema de extracción y conservación de los fósiles.—**

Los huesos se hallan en un estado de conservación muy variable; pues así como algunos de los dientes encontrados dentro del lignito están admirablemente conservados, los molares e incisivos

descubiertos en las arcillas del techo se desmoronan con suma facilidad, observándose que, aunque los primeros días después de extraídos tienen bastante consistencia, pasado algún tiempo se agrietan y reducen a menudos fragmentos.

Los huesos grandes de las arcillas del techo, principalmente húmeros, fémures, omoplatos y costillas, estaban casi completamente pulverizados, no encontrándose más que su impresión en la arcilla y sus extremidades, de mayor consistencia. A pesar del gran número de fragmentos hallados, no hay ningún hueso que pertenezca al cráneo del animal, y únicamente tenemos dudas respecto a un pedazo pequeño que tiene las células características de estos huesos.

Los huesos no están rodados, y debieron corresponder a un depósito formado por aguas pluviales con un aluvionamiento muy intenso, quedando envueltos por substancias que no permitieron fueran atacados por los insectos necrófagos que destruyen los huesos expuestos a la intemperie, pues no se observan las pequeñas galerías que perforan estos animales.

Con objeto de estimular a los obreros para que extrajeran cuidadosamente los huesos, el Sr. Fernández de Caleyá instituyó una recompensa por cada hueso completo que sacasen, y recomendó que, en caso de encontrar alguno que ofreciera dificultades para el arranque, se suspendiera la labor en ese punto, para efectuar después esta operación en su presencia. A pesar de todos estos cuidados, la mayor parte de los huesos han salido rotos, y ha sido necesario encolarlos.

Al llegar el Sr. Dupuy de Lôme a la mina y examinar los restos que se habían descubierto, decidió silicatarlos inmediatamente, empapando todas las partes porosas de los huesos de silicato de potasio bruto en disolución a 30,—33° B. Posteriormente observamos que en los incisivos la capa de esmalte que cubre al marfil tiende a desprenderse de éste; para impedirlo, cubrimos todos los dientes de un baño de silicato, remediándose por completo con esto el inconveniente, y conservándose indefinidamente después los dientes sin la menor alteración.

## Geología de la región.

La formación terciaria turolense de la cuenca del Alfambra después Guadalaviar o Turia, no es continua, sino que queda interrumpida varias veces por los terrenos antiguos, que unas veces forman elevadas sierras y otras aparecen formando el *substratu* del terciario, y se descubren donde la denudación ha sido más violenta, en el fondo de los barrancos y valles.

A esta cuenca corresponde la mancha del Rincón de Ademuz que penetra en la provincia de Teruel por los términos de Tramacastiel y Libros, y cubre la mayor extensión del de Ademuz.

La formación terciaria está rodeada casi completamente de sierras cretáceas por tres rumbos, Oeste, Sur y Este, mientras que por el Norte la limita el triásico de Vilel y el siluriano de la Peña Redonda.

El mioceno de Ademuz está formado por sedimentos terciarios de facies continental con caracteres muy parecidos a los de las cercanías de Teruel. El camino desde el pueblo de Libros a las minas de azufre del mismo nombre atraviesa el mioceno en estratificación en conjunto horizontal, si bien con muchas variaciones locales desde la cota 800 a la 1.100. Aun se encuentran cerca de Ademuz (en Casas Bajas, según Cortázar, 713 metros) los sedimentos terciarios en puntos más bajos que Libros, pudiendo asegurarse que no baja de 350 metros el espesor de este sistema geológico.

La mancha de Ademuz tiene una longitud máxima de Norte a Sur de 25 kilómetros, por una anchura también máxima de 17 kilómetros, no pasando su superficie de 280 kilómetros cuadrados.

Entre el río Turia y las minas de Libros no se extiende más que la formación miocena, pudiendo distinguirse tres tramos que son, contando según el orden cronológico de los depósitos:

1.º En los arribes del río y apoyado en discordancia sobre las margas irisadas y carniolas del triás (muy plegados, rotos y des-

gajados los estratos de esta formación) grandes bancos de arcillas rojas y pudingas de elementos gruesos calizos con cemento silíceo.

Las arcillas rojas, muy terrosas, tienen un gran espesor, y forman en todos los puntos que hemos recorrido en el Rincón de Ademuz la base del sistema. Algunos de los conglomerados más bien pueden designarse como gonfolitas, y además de los cantos de caliza contienen guijos de cuarzo de variable tamaño.

2.º En los profundos barrancos que azurcan junto a la mina de azufre de Libros, el mioceno, como es natural suceda, con materiales tan desmoronadizos, sin ninguna vegetación que los sujete, se descubre el segundo tramo de la formación. Integran éste margas blancas y arcillas verdosas con algunos bancos de caliza tierna, de color gris ceniza, con bastantes fósiles, si bien se hallan éstos tan mal conservados que no pudimos clasificar sus especies, no determinando más que corresponden a los géneros *Planorbis* y *Limnea*.

Entre las margas se encuentran algunas capas que contienen diminutos cristales de yeso, otras están formadas casi exclusivamente por masas de yeso.

3.º En la mina de azufre la formación es más calífera, pues según se asciende estratigráficamente aumenta la proporción de cal, según se observa generalmente en las demás manchas miocenas del terciario lacustre.

Alternan con las margas grises idénticas a las del nivel segundo lechos y bancos de caliza hasta de dos metros de espesor. Éstas unas veces son toscas, blanquecinas, llenas de oquedades; otras, blancas por el exterior, pardas en la fractura fresca, son duras y compactas.

En los bancos de caliza encontramos las siguientes especies fósiles: *Limnea dilatata?* Noulet, *Bithinia tentaculata* Lin., *B. ovata* Dunker, *B. pusilla* Brong., *Planorbis (Anisus) Matheroni?* Fisher y Tournouer Pl. *Mantelli* Dunker Pl. *levigatus* Desh., y algunos otros ejemplares de dudosa clasificación por estar al estado de moldes muy mal conservados.

En el segundo tramo y en la base del tercero abunda mucho el



yeso, principalmente en concreciones y nódulos; la parte superior del tercer tramo es mucho más escasa en yesos, encontrándose, e cambio, hasta seis niveles distintos de azufre.

Las capas tienen de 0,50 a cuatro metros de espesor, y el azufre se encuentra impregnando las margas, alternando las capas azufrosas con intercalaciones de pizarras bituminosas.

Unas veces el azufre se presenta amorfo, muy duro y compacto de color pardo; otras forma un finísimo polvo, de color amarillolímón, que rellena bolsadas dentro de las pizarras, y más raramente se encuentran geodas tapizadas de hermosos cristales del mineral.

En algunos bancos se observa perfectamente el paso gradual del yeso al azufre, esto unido a los niveles de pizarras bituminosas impregnadas de hidrocarburos, explica la génesis del mineral.

El mineral de primera calidad tiene un 80 por 100 de ley; pero el término medio del que se beneficia en los hornos que allí mismo tiene la Empresa que explota las minas no pasa de un 12 a 14 por 100.

El criadero forma un fondo de barco, de ramas muy poco inclinadas, y en la actualidad se explota la rama occidental del sinclinal.

En esta mancha miocena no se descubren más niveles que los citados hasta que, pasada la faja cretácea de río Riodeva, que separa esta mancha de la del Mas del Olmo, se vuelve a descubrir el mioceno.

El terciario se apoya allí discordantemente sobre el cretáceo, si bien ambos terrenos se encuentran casi horizontales.

En la base de la formación se encuentran arcillas y margas alternantes, mientras que en la parte alta se presentan varios bancos de calizas toscas arcillosas con multitud de impresiones de pequeños *planorbis*.

En el nivel arcilloso, y a unos 40 metros por debajo de los bancos de caliza, se explota en la mina *San José* un banco de lignito de un espesor de combustible muy variable, pues si en algunos sitios llega a tres metros, en otros está estéril, encontrándose

en vez del lignito arcillas más o menos impregnadas de materias carbonosas.

El muro de la capa está formado por margas oscuras; dentro del combustible se encuentran varios lechos intermedios de arcillas oscuras impregnadas de hidrocarburos, algunas con estructura netamente pizarreña. Encima del lignito se encuentra un banco potente de arcilla plástica gris de grano finísimo.

Tanto encima como debajo del lignito se encuentran dos zonas acribilladas de restos de *planorbis*, los más en menudos fragmentos, algunos enteros, pero todos admirablemente conservados, pues se aprecia incluso su esmalte y color. La especie más abundante es el *Planorbis praecornus* Fisher y Tournouer.

Los restos de mamíferos se han encontrado, en su mayor parte, en las arcillas del techo, algunos en las del muro, y más raramente en el lignito.

Estas son las observaciones que hemos podido recoger en estas manchas miocenas, y que concuerdan completamente, en términos generales, con las que ha publicado D. Daniel de Cortázar en sus obras *Descripción geológica de la provincia de Teruel* y *Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Valencia*. El Sr. Braun en el *Bulletin de la Société Géologique de France*, correspondiente al año de 1841, publicó un estudio minucioso del terreno de las azufreras de Libros, y con estos datos compuso y publicó el Sr. Cortázar en la primera de las obras citadas un corte del mioceno de Libros, corte que, como se ha podido determinar posteriormente, según se ha extendido la explotación e investigación del criadero, contiene algunas inexactitudes, como son el considerar pertenecientes á una sola capa los afloramientos de azufre, puesto que se ha demostrado actualmente que hay, por lo menos, seis capas distintas.

Según dijimos, las manchas miocenas de Libros y Mas del Olmo quedan separadas por una faja cretácea que corre por el valle del Riodeva.

En la orilla izquierda del río el mioceno forma un tajo casi vertical de cerca de 100 metros de altura, mientras que por la margen

derecha avanzan más los estratos cretáceos, hasta dos kilómetros al Sur de Riodeva, donde aparecen los bancos miocenos.

El cretáceo está representado únicamente por el tramo urgaptense, formado por areniscas, arenas y calizas silíceas con multitud de fósiles.

Entre las arenas abundan extraordinariamente la *O. tuberculifera* Koch y Dunk y *O. Boussingaulti* d'Orb., y en un nivel estratigráficamente inferior se encuentran bancos de caliza arcillosa cuajados de *Requienia Lonsdalii* d'Orb.

La mayor parte de esta mancha cretácea se extiende por la provincia de Valencia, y no penetra en la de Teruel más que por el término de Riodeva.

**División en pisos del mioceno.** -- Análogamente a lo que sucede en muchos puntos en los depósitos terciarios de las mesetas castellanas, quedan en esta cuenca aun indeterminados, no solamente los pisos a que corresponden los bancos que hemos estudiado, sino el sistema a que pertenecen, si bien la mayor parte de los autores que a mediados del siglo pasado estudiaron estas cuencas las clasificaron como miocenas. Sin embargo, Cortázar, en su *Descripción geológica de la provincia de Teruel* (1), ya expuso dudas sobre la edad de los conglomerados de gruesos elementos que se encuentran en la cuenca del Alfambra, creyendo, que corresponderían en general, al oligoceno.

Al mismo tiempo expone el Sr. Cortázar la imposibilidad en que se encuentra de dividir en pisos el mioceno, dada la falta de datos que aun tenía sobre este sistema.

Modernamente ha seguido la misma confusión, y aun la aumentan los recientes estudios de M. Smith Woodward (2), comisionado por el British Museum en 1903 para estudiar el clásico yacimiento fosilífero de Concud, y que atribuye estos bancos al plioceno inferior, siguiendo la clasificación moderna alemana.

Cortázar (3) consideraba el horizonte de lignito turboso

(1) *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, t. XII, pág. 174.

(2) *The Lower Pliocene Bonebed of Concud.*, Geol. Mag., vol. X, págs. 203-207.

(3) *Descripción geológica de la provincia de Teruel*, pág. 189.

de Teruel como el mismo de los huesos fósiles de Concud.

Dada la gran escasez de vestigios biológicos en los depósitos terciarios y la analogía de sus caracteres litológicos, es necesario recurrir al estudio detallado de los yacimientos de fósiles mamíferos, estudio hasta hoy harto abandonado, para determinar con precisión las edades de tan interesantes depósitos, y dentro de éstas determinar los pisos a que corresponden.

Si con el estudio del yacimiento de Mas del Olmo logramos determinar exactamente la edad de estos sedimentos, habremos dado un paso más en el conocimiento de estos enormes depósitos terciarios que con su facies y composición imprimen el principal rasgo geológico de las provincias castellanas y aragonesas.

Como resultado del examen estratigráfico de la región y del estudio de los fósiles vertebrados, podemos asegurar que en la zona de Mas del Olmo-Libros tenemos, por lo menos, dos pisos del mioceno continental.

En cuanto a la mancha de Mas del Olmo, las cuatro especies de mamíferos que hemos podido clasificar nos indican se trata de un yacimiento característico sarmático (mioceno medio superior) o nivel de las margas grises de Madrid. Este piso corresponde a un régimen lagunar, que se acusa a veces en la zona inferior del tramo de las margas por capas de lignito con multitud de gasterópodos de los géneros *Limnea* y *Planorbis*, que demuestran se trata de depósitos formados en aguas de escasa profundidad que permitían la existencia de una fauna y flora muy abundantes.

En Libros se presentan las margas yesosas y calizas del pontico, estableciendo esta edad por comparación con el mismo piso de la cuenca del Tajo, con el cual tiene grandes analogías, y cuya edad ha quedado determinada gracias a los trabajos del Sr. Hernández Pacheco (1).

Mayores dudas nos ofrece la clasificación de los depósitos in-

(1) Hernández Pacheco: «Mioceno superior de la Puebla de Almuradiel». *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, 1914.

feriores del mioceno, formadas, como hemos visto anteriormente por grandes bancos de arcillas rojas con intercalaciones de maños de cemento silíceo y de gonfolitas, algunas de elementos voluminosos.

Por sus caracteres litológicos, fósiles no hemos encontrados parece deben de incluirse estos estratos en el tortoniense; pero claro es que no hay que darle demasiada importancia a estos caracteres, y pudiera muy bien tratarse de una facies especial del sarmático.

## ESTUDIO PALEONTOLÓGICO

A pesar de no habernos especializado en este género de trabajos, hemos emprendido el estudio paleontológico de los huesos hallados en este yacimiento, supliendo, en lo posible, nuestra falta de conocimientos con una descripción minuciosa de los restos y la publicación de gran número de fotografías, con lo cual naturalistas más entendidos podrán fácilmente comprobar o rectificar la exactitud de la clasificación de las especies encontradas en Mas del Olmo.

### Carnívoros.

**Trochictis.**—Poseemos unos restos de la familia de las mustélidas, que creemos puedan pertenecer al género *Trochictis*, descrito antiguamente como *viverra*, *amphicyon* y *mustela*. Encontramos mucho parecido entre los molares que poseemos y los que describe Mayet en su obra *Mamifères miocènes des sables de L'Orleanais*, etc., como perteneciente al *Trochictis zibethoides* Blainville.

Este género tiene como fórmula dentaria un canino, cuatro premolares y dos molares.

El género *Trochictis* no se ha encontrado en España más que en el Cerro del Otero (Palencia), donde se halló el *Trochictis Taxodon* Lartet.

Los restos hallados en Mas del Olmo consisten en un trozo de mandíbula que contiene un premolar, el molar carnívoros y un molar tuberculado; y un diente suelto, al parecer el P<sup>4</sup>.

El premolar P<sup>4</sup> es de dimensiones mucho mayores que el mo-

lar carnicero; el primero tiene 19 milímetros de largo, mientras que el segundo no tiene más que 15. Esta circunstancia nos hace dudar mucho que estos restos puedan pertenecer al género *Trochicti* pero no hemos encontrado otro al cual se parezcan, y por eso lo hemos incluido en éste.

Los dos premolares P<sup>4</sup> son biradiculados, con la punta triangular, bastante aguda, y el vértice en el centro del diente, de manera que la prolongación de su eje pasa por entre las dos raíces. Tienen un talón muy marcado en la parte posterior; se eleva el borde posterior del vértice mucho más rápidamente que el anterior. El reborde basal se marca ligeramente por el lado externo del diente mucho más en la cara interna, en una línea ondulada.

La extremidad anterior del premolar está torcida ligeramente hacia fuera.

El molar M<sup>1</sup> tiene forma muy parecida al premolar, es más corto y tiene la misma elevación; el talón posterior queda reducido a un tubérculo.

El molar M<sup>2</sup> es tuberculado, muy pequeño, casi cuadrado, con seis milímetros de lado y una ligera depresión central dirigida de fuera adentro.

El esmalte, que en los otros molares está muy bien conservado, no se nota en este molar.

### Perisodáctilos.

#### *Rhinoceros (Ceratorhinus) aff. simorreus* Lartet.—

En las labores de las minas de Mas del Olmo han aparecido en distintos puntos molares sueltos de *Rhinoceros*, pero desgraciadamente no se han encontrado otros huesos y aun menos un cráneo completo, la pieza esquelética de este género que mayores caracteres específicos presenta.

Hemos intentado clasificar los molares sueltos que poseemos, pero dado el estrecho parentesco que relaciona íntimamente las especies de rinocerontidos y la falta de verdaderos caracteres di-

ferenciales entre los molares de las distintas familias, hacemos todo género de salvedades respecto de la determinación de la especie a la cual atribuimos estos restos y nos limitaremos a una descripción detallada de los dientes, así como a presentar sus fotografías.

Se han hallado restos de *Rhinoceros* en las siguientes localidades españolas: Madrid (Puente de Toledo), Alcoy, Brihuega, Barahona (Soria), Seo de Urgell, Concup (Teruel), y principalmente en el Cerro del Otero de Palencia, donde se han encontrado varios cráneos bastante completos, pertenecientes a individuos de lo menos tres especies distintas.

**Dentición.**—La fórmula de los molares del género *Rhinoceros* es:  $p \frac{4.4}{4.4}, m \frac{3.3}{3.3} = 28$ . Los incisivos, según las distintas

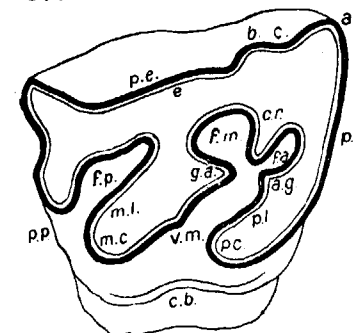


Fig. 1.<sup>a</sup>

- p. e. Pared externa-octolofa.
- p. a. Pared anterior.
- p. p. Pared posterior.
- c. Reborde exterior.
- p. l. Protolofa-collina transversa anterior.
- m. l. Metalofa-collina transversa posterior.
- g. a. Gancho.
- a. g. Antiganchito.
- c. r. Crista.
- f. a. Foseta anterior.
- f. m. Foseta media.
- f. p. Foseta posterior.
- v. m. Valle medio.
- c. b. Cingulo basal.
- a. Pericono anterior.
- b. Pericono posterior.
- c. Escotadura externa.
- p. c. Protocono.
- m. c. Metacono.

especies, faltan en muchos casos y en otros son rudimentari

Los molares superiores tienen una estructura muy complicada y para que sea más fácil comprender la descripción de los que han encontrado en Mas del Olmo, publicamos el dibujo tomado de la obra de Toulou *Das Gebiss und reste der Nasenbeine von Rhinoceros (Ceratorhinus Osborn) hundsheimensis* (1), en que se ven las partes que integran cada molar y los nombres que éstas reciben.

Los molares inferiores tienen una forma muy distinta, son más estrechos, alargados, con dos crestas en forma de media luna, colocados oblicuamente con sus convexidades hacia la parte externa y posterior del molar. La masticación desgasta el esmalte de los molares y deja al descubierto una superficie de dentina que, según aumenta la edad del animal y el desgaste de sus dientes, pierde la forma de medias lunas para convertirse en una superficie de contorno irregular.

Examinando en conjunto las piezas dentarias que poseemos se ve se trata de un individuo de talla pequeña; los molares son mucho menores que los del *Rh. Schleiermacheri* Kaup, especie encontrada en Concud y citada por Smith Woodward, y también menores que los del *Rh. Hispanicus* Dantín, especie muy afín a la anterior y establecida como resultado de los notabilísimos estudios referentes al yacimiento del Cerro del Otero (Palencia) (2).

Si comparamos los molares de Mas del Olmo con los del *Rhinoceros simmorrensis* Lartet, se observa que los superiores son de tamaño un poco más reducido, mientras que los inferiores son algo más largos y estrechos, es decir, que la mandíbula debió de ser un poco más afilada. En cuanto a los demás caracteres, son sumamente parecidos a los de esta especie.

**Descripción de los restos.**—Se han encontrado las siguientes piezas:

(1) *Abh. der K. K. Geologischen Reichsanstalt.*—Wien, 1903.

(2) Hernández Pacheco y Dantín: *Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia*, 1915.

## MOLARES SUPERIORES

- P<sup>4</sup> derecha.
- P<sup>4</sup> izquierda.
- M<sup>1</sup> derecha.
- M<sup>1</sup> izquierda.
- M<sup>2</sup> derecha.
- M<sup>2</sup> ídem; falta un fragmento.

## MOLARES INFERIORES

- P<sup>3</sup> derecha.
- P<sup>4</sup> ídem.
- M<sup>1</sup> (?) izquierda; medio diente.
- M<sup>1</sup> izquierda.
- M<sup>1</sup> derecha.
- M<sup>2</sup> izquierda.
- M<sup>2</sup> derecha.
- M<sup>3</sup> ídem.

Ninguno de estos dientes se ha encontrado en su sitio de la mandíbula y como los caracteres que describimos a continuación no concuerdan todos con los de otros autores, es fácil que alguno no esté bien clasificado.

**Dentición superior.**—Los *dos premolares* P<sup>4</sup> de forma trapezoidal tienen su superficie desgastada oblicuamente; el desgaste del P<sup>4</sup> derecha es muy desigual, dejando una superficie alabeada en dirección oblicua de atrás adelante y de fuera adentro; el desgaste del P<sup>4</sup> izquierda ha producido una superficie ligeramente cóncava.

El valle medio es muy profundo, y su foseta media se divide en dos lomas muy marcadas, principalmente en el premolar derecho, en el cual se señala un pequeño gancho.

El valle posterior, también muy profundo, tiene forma subtriangular.

El metalofo tiene casi el doble de ancho que el protolofo, forma de ambas colinas varía bastante en los dos ejemplares.

El cíngulo basal no se marca en las partes externa y posterior del diente, tiene muy escaso relieve en la parte interna, y en anterior forma un escalón muy pronunciado.

El diente es triradiculado, pero no se puede ver la forma y disposición de las raíces que faltan en ambos ejemplares.

Las dimensiones de estos premolares son:

$$P^4 \left\{ \begin{array}{l} \text{Longitud, 28 mm.} \\ \text{Anchura, 30 mm.} \end{array} \right.$$

Los dos molares primeros están en un grado de desgaste muy desigual, pues, mientras que en el izquierdo la colina del protolofo se eleva 14 milímetros sobre el seno del cíngulo basal, en el derecho esta altura queda reducida a nueve milímetros.

El  $M^1$  izquierdo tiene el valle medio ligeramente acodado, si gancho ni antiganchos; junto a la foseta media tiene una isla o foseta secundaria en forma de ocho, casi tan profunda como la foseta media.

El valle posterior es triangular y está cerrado en parte por un tabique que coincide con la pared posterior del molar.

El cíngulo basal únicamente se señala en las caras interna y anterior del diente.

El  $M^1$  derecho tiene al valle medio muy profundo, acodado, con un gancho muy marcado y una crista pequeña y rota en parte. Los demás caracteres son los mismos del  $M^1$  izquierdo ya descrito.

Las dimensiones de estos molares son:

$$M^1 \left\{ \begin{array}{l} \text{Longitud, 33 mm.} \\ \text{Anchura, 39 mm.} \end{array} \right.$$

Poseemos dos  $M^2$  ambos derechos, pero a uno de ellos le falta casi toda la parte anterior del diente, por cuya razón no lo describimos.

El  $M^2$  tiene la superficie de desgaste sumamente cóncava; el octólolofo se eleva mucho y forma una cresta elevada con dos picos muy pronunciados.

El valle medio es profundo, acodado en ángulo agudo, con un gancho muy largo y saliente, la foseta media de sección triangular tiene el contorno muy sinuoso. El valle posterior es triangular y está cerrado en la cara posterior del diente.

El cíngulo basal no se marca más que en la cara anterior y en principio del valle medio.

Las dimensiones son:

$$M^2 \left\{ \begin{array}{l} \text{Longitud, 34 mm.} \\ \text{Anchura, 38 mm.} \end{array} \right.$$

**Dentición inferior.**—*Premolares.* El premolar  $P^3$  conserva sus dos raíces, mucho más fuerte y de mayor sección la posterior.

El diente está muy desgastado y han desaparecido las lomas en forma de media luna, características de esta dentición, quedando una superficie plana de dentina con una escotadura en el lado interno. El cíngulo basal se marca levemente por el lado externo del diente.

Dimensiones:

$$P^3 \left\{ \begin{array}{l} \text{Longitud, 26 mm.} \\ \text{Anchura, 20 mm.} \end{array} \right.$$

El  $P^4$  también está muy desgastado, pero las medias lunas se señalan claramente, si bien han quedado unidas ambas superficies de desgaste en la parte externa del diente.

El cíngulo basal se marca ligeramente por la cara externa del premolar.

Dimensiones:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Longitud, 34 mm.} \\ \text{Anchura, 20 mm.} \end{array} \right.$$

Llama desde luego la atención la gran longitud en relación con la anchura de esta pieza dentaria.

Los dientes que más se han encontrado en Mas del Olmo son molares inferiores; poseemos seis, de los cuales, cinco admirablemente conservados y uno al cual le falta la mitad anterior.

Atribuimos a  $M^1$  tres molares, si bien uno, el que está roto, es

mucho más ancho que los demás y suponemos que corresponder quizás a otra especie.

Los dos molares  $M^1$  *izquierdo y derecho* tienen las medias lunas bastante desgastadas, pero éstas se encuentran en un nivel distinto, más elevada la anterior, que además es más ancha y fuerte.

Las extremidades de las lunas son redondeadas, y su esmalt sobresale ligeramente sobre la dentina, formando un reborde. El valle posterior está mucho más desarrollado que el anterior.

Las dimensiones son:

$$M^1 \left\{ \begin{array}{l} \text{Longitud, 34 mm.} \\ \text{Anchura, 21 mm.} \end{array} \right.$$

El resto de  $M^1$  ? fragmentario está mucho más desgastado, sobre todo por la parte externa, dando una superficie inclinada de desgaste. Las extremidades de las medias lunas son puntiagudas, y el tamaño del diente es mayor que en los demás ejemplares, pues la anchura, única dimensión que se puede medir, es de 24 milímetros.

Del  $M^2$  poseemos dos ejemplares; en ambos la media luna anterior se eleva considerablemente sobre la posterior; en el izquierdo, unos cinco milímetros; en el derecho, cerca de un centímetro.

La forma de las medias lunas varía mucho; las anteriores están acodadas casi en ángulo recto, las posteriores son mucho más rectilíneas. El cíngulo se marca ligeramente en la base de la media luna posterior; horizontal en la parte externa del molar, se eleva bruscamente en la cara posterior.

Dimensiones:

$$M^2 \left\{ \begin{array}{l} \text{Longitud, 43 mm.} \\ \text{Anchura, 25 mm.} \end{array} \right.$$

Se ha encontrado un molar  $M^3$  *derecho*, que no está nada desgastado; pues no aparece la dentina en las medias lunas, y la posterior conserva un borde cortante.

El valle posterior es más profundo y ancho que el anterior. El cíngulo basal, bien marcado, rodea el molar por sus caras externas y posterior.

Dimensiones:

$$M^3 \left\{ \begin{array}{l} \text{Longitud, 39 mm.} \\ \text{Anchura, 22 mm.} \end{array} \right.$$

Lo mismo los molares que los premolares son largos y estrechos, lo cual tiene que dar por resultado que la mandíbula inferior del *Rhinoceros*, al cual corresponden estos restos, debía de ser muy afilada.

### **Anchitherium aurelianense Cuv.**

Este género, muy abundante en otros países, no ha sido encontrado en España más que en dos puntos, en el Cerro del Otero (Palencia) y en Madrid, donde se encontraron unos restos de *Anchitherium* de gran tamaño, que H. von Meyer que los estudió, cita con el nombre de *Palaeotherium Ezquerrae*; Ezquerria, en su *Ensayo de una descripción general de la estructura del terreno de España en la Península*, le da el nombre de *Anchitherium Ezquerrae*, mientras que Prado, en su *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*, lo describe como *Anchitherium aurelianense* Cuv. Actualmente se admite que el *Anchitherium Ezquerrae* constituye una subespecie de mayor tamaño del *Anchitherium aurelianense*.

La fórmula dentaria del *Anchitherium*, según Mayet, es:

$$I \frac{3}{2}, C \frac{1}{1}, P \frac{4}{4}, M \frac{3}{3}.$$

Los restos encontrados en Mas del Olmo consisten en un pedazo de la mandíbula izquierda, que contiene los dos molares segundo y tercero y parte del primer molar, varios pedazos de molares pertenecientes a la dentición superior, y una tercera falange lateral, desgraciadamente rota; pues sería de gran interés poder describir minuciosamente esta interesantísima pieza esquelética.

Los pedazos de molares correspondientes a la dentición superior no tienen suficiente tamaño ni presentan caracteres que permitan clasificarlos. Se reconoce que pertenecen a este género,

porque se aprecia bien la muralla externa en forma de W, que reúne los dos denticulos externos del diente. En todos los ejemplares que poseemos, la cresta que termina la muralla externa no está desgastada y presenta un borde cortante.

El pedazo de mandíbula inferior contiene los molares  $M^2$  y  $M^3$ , y parte del  $M^1$ , roto por el valle medio.

Los dos molares inferiores tienen la misma disposición, formadas por dos medias lunas muy agudas con su convexidad hacia la parte externa de la mandíbula.

En el molar segundo las medias lunas se tocan en la cara interna del diente, formando dos montículos, mientras que en el tercer molar se unen y no dan lugar más que a un montículo; hay que advertir que las piezas dentarias no están nada desgastadas.

El reborde basal está muy poco o casi nada marcado.

En el segundo molar la media luna anterior está un poco más desarrollada que la posterior; en el tercer molar, esta diferencia de tamaño se acentúa bastante más. Adosado al tercer molar había un tubérculo posterior, del cual no queda más que el alvéolo radicular.

Las dimensiones de los dos molares son:

	Longitud. Milímetros.	Anchura. Milímetros.
Segundo molar. ....	21	13
Tercer molar. ....	22	11

Las dimensiones de los molares encontrados en Palencia son:

	Longitud. Milímetros.	Anchura. Milímetros.
Segundo molar. ....	21	14
Tercer molar. ....	24	11

Es decir, que son casi iguales; pues la mayor longitud del tercer

molar es debida al tubérculo posterior que falta en nuestro ejemplar.

Es sumamente curiosa la pieza esquelética que atribuimos a una tercer falange de un dedo lateral de los tres en que se dividían las patas de este équido. De estos dedos el medio era mucho más fuerte, mientras que los extremos más delgados y cortos no llegaban al suelo.

La falange que poseemos está rota y no se puede ver su cara de contacto superior. El pedazo conservado tiene forma prismática, muy aplastado lateralmente; la parte anterior redondeada, más ancha por arriba que por debajo se une a dos superficies planas que se tocan por la parte posterior.

La superficie inferior de la falange está cubierta de una capa de esmalte muy bien conservada, redondeada por delante, y formando una cinta que disminuye de anchura de adelante a atrás. La superficie de esmalte es ligeramente bombeada en sentido transversal y curva en sentido longitudinal.

La longitud de la banda de esmalte y su anchura máxima, únicas medidas que pueden tomarse en el fragmento que poseemos, son, respectivamente, 45 milímetros y 10 milímetros.

### Artiodáctilos.

**Listriodon splendens H. von Meyer.**—Atribuimos a esta especie tres piezas dentarias: un incisivo  $I^2$ , un canino inferior y un premolar  $P^4$ .

El *Listriodon splendens* se ha encontrado en la Península, en Palencia, en el Cerro del Cristo de Otero, y en Aveiras de Baixo (Portugal), donde Román estableció la subespecie «mayor»; el *L. Lockarti* (Pomel) o *Sus Lockarti*, se ha encontrado en el Puente de Toledo (Madrid).

La fórmula dentaria de este género es:

$$I \frac{3}{3}, C \frac{1}{1}, P \frac{4}{3}, M \frac{3}{3}.$$



El *incisivo* I<sup>2</sup> tiene una superficie de desgaste que queda limitada por la cara externa por un borde casi recto, y, por la interior por una línea ondulada con dos pequeños senos. La cara externa del diente es casi plana, ligeramente convexa y de forma trapezoidal.

La cara interna del diente tiene una cresta central rectilínea dos rebordes laterales curvos menos señalados. El diente es ligeramente asimétrico.

Las dimensiones de este incisivo son: longitud, 16 milímetros espesor, cinco milímetros.

Poseemos un *canino inferior izquierdo* al cual le falta la parte de la base; es de sección triangular, con la arista anterior redondeada, y las dos posteriores redondeadas en la mayor parte del diente y afiladas en la parte terminal.

La cara externa es algo convexa, las otras dos casi planas; en las tres caras se observan estrías longitudinales; la posterior tiene una acanaladura cóncava que ocupa cerca de la tercera parte del ancho de la cara.

La última parte de la cara interna es de una longitud de cuatro centímetros; está cortada en un ligero bisel por una superficie de desgaste completamente plana.

Las dimensiones de la parte de incisivo que poseemos son:

Longitud, según el arco del diente, 12 centímetros.

Anchura máxima en la base, 16 milímetros.

El diente está muy bien conservado, pero no se observa el esmalte, pues parece ser homogénea toda su masa.

Al *premolar P<sup>1</sup> superior izquierdo* le falta un pedazo de la corona; pero se pueden estudiar muy bien sus caracteres, que coinciden completamente con los que señala para este diente H. Filhol (1).

De las dos colinas externas, la anterior es más gruesa y alta, ligeramente desgastada en su vértice.

La cresta que une las dos colinas externas está muy marcada y tiene ligeras arrugas por su cara interna.

(1) *Étude sur les Mammifères fossiles de Sansan*, pág. 211.  
320

La colina interna es mucho más grande, su superficie está desgastada y tiene un talón prolongado que une esta colina con el borde anterior de la colina anterior externa.

Tiene un reborde basal de espesor variable que se marca mucho en la parte externa de la colina posterior, se borra mucho en las caras anterior y posterior y se señala fuertemente en la anterior de la colina interna.

Las dimensiones de este diente son:

Longitud, 18 mm.

Anchura, 17 mm.

Todas las piezas dentarias son de tamaño algo menor que las del *L. splendens*, H. von Meyer, y no tienen más que las dos terceras partes del tamaño de los dientes de la subespecie *L. splendens, mayor* Román, que describen Hernández Pacheco y Dantín en su estudio sobre los restos hallados en el Cerro del Otero.

El *Listriodon*, lazo de unión entre los Perisodáctilos y los Artiodáctilos, desaparece en el mioceno medio, y es lástima no se hayan encontrado más restos de este género que permitan señalar, sin género de dudas, el nivel geológico de Mas del Olmo, inferior al cercano yacimiento tan conocido de Concud.

### Proboscídeos.

**Mastodon longirostris Kaup.**—El *Mastodon longirostris* ha sido encontrado en numerosos puntos de la Península Ibérica, hasta tal punto, que Mallada, en su *Descripción del mapa geológico de España*, considera estos restos y los del *Hipparion gracile* como los vertebrados fósiles más abundantes en el mioceno.

Don E. Hernández Pacheco, en su obra *Los vertebrados terrestres miocenos de la Península Ibérica* (1), cita los siguientes puntos donde se ha encontrado el *Mastodon longirostris Kaup*:

(1) *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, t. IX, Memoria cuarta.—Madrid, 1914.





han encontrado en Mas del Olmo corresponden todos a individuos adultos, cuya fórmula dentaria es:

$$\frac{1-0-2-3}{1,0-0,2-3} = \frac{6}{6} = 24.$$

Los incisivos y molares de leche son reemplazados por los definitivos, mucho más robustos y grandes; se efectúa el reemplazo de atrás adelante y, según demostró Lartet, de abajo arriba, formándose los premolares en el espesor del maxilar y expulsando a los molares de leche, al mismo tiempo que sale el molar definitivo.

Los premolares y el molar después son empujados por los dos últimos molares, de modo que no hay nunca más que cuatro dientes en cada lado de la mandíbula, contando con el incisivo.

Después se cae el primer molar, y no queda en la edad adulta más que dos molares por cada lado de la mandíbula.

La media mandíbula completa encontrada en este yacimiento corresponde a este estado del animal, pues tiene dos molares, el penúltimo muy desgastado.

En los mastodontes muy viejos no suele encontrarse, como sucede con los elefantes, la mandíbula con un solo molar.

Los dos incisivos superiores del mastodonte son mucho mayores que los inferiores; su forma es cilindrocónica de sección oval y muy poco curvados; en los ejemplares hembra las defensas son mucho más gruesas, no guardando la proporción entre su diámetro y longitud.

Los incisivos superiores tienen una ligera torsión, y en la extremidad libre están algo desgastados por abajo y hacia dentro. Los incisivos inferiores son mucho más delgados, casi rectos y de sección subcircular.

Casi todos los autores que se han ocupado de los mastodontes citan la existencia de una cinta de esmalte a lo largo del incisivo; en los dos ejemplares de Mas del Olmo falta esta completamente.

Los molares tienen series de colinas descompuestas en tubérculos, o sea que pertenecen a la división *Bunolophodon*.

El *M. longirostris* es tetralophodonte, es decir, tiene en las colinas el penúltimo molar y cinco el último. Algunas veces el molar, además de las cinco colinas, tiene un talón o contrafu muy pronunciado.

El desgaste se verifica en las colinas externas de los molares inferiores y en las internas de los superiores; estas colinas han sido designadas con las letras *e* e *i*.

El desgaste de las colinas *e* de los molares inferiores y de las *i* de las superiores, produce secciones en forma de hojal de trébol. Este trébol se distingue del que se produce en los dientes del mastodonte, en que éste tiene tres lóbulos y el del mastodonte cuatro.

El desgaste de las colinas *i* de los molares inferiores y de las colinas *e* de las superiores, es sencillamente redondeado.

El ejemplar de Mas del Olmo lo hemos podido clasificar como *M. longirostris*, pues éste se distingue fácilmente del *M. angustidens*, por ser el primero tetralophodonte y el segundo trilophodonte; los tres ejemplares del último molar estudiado tienen efectivamente cinco series de colinas y un talón pequeño, es decir, que pertenecen sin duda a la primera especie.

En cuanto a la distinción del *M. longirostris* del *Arvernensis* no es tan sencilla; sin embargo, el primero tiene defensas inferiores, y el segundo, también llamado *brevirostris*, tiene el mentón más corto y carece de estas defensas; la feliz circunstancia de haber encontrado una defensa inferior, nos asegura que el ejemplar de Mas del Olmo es el *M. longirostris*.

Además se distinguen estas dos especies, según Lartet, en que las colinas de los molares del *M. longirostris* están mejor alineadas transversalmente, y los tubérculos intermedios entre las colinas de los molares son menos elevados.

**Descripción de los restos.**—*Incisivos.* Poseemos dos ejemplares: uno superior izquierdo y otro inferior derecho.

El incisivo superior izquierdo tiene forma cónica, adelgazándose hacia la punta, primero gradualmente, y en los últimos diez centímetros muy rápidamente.

Es casi recto, con una pequeña curvatura uniforme en toda su longitud.

No se nota ninguna torsión en la extremidad libre, ni estrías longitudinales; su extremidad está desgastada en un bisel ligeramente cóncavo.

No se observa la faja de esmalte que suelen tener la mayor parte de los incisivos de mastodonte, circunstancia que no es de extrañar, pues el ejemplar que describimos perteneció a un individuo muy viejo, y frecuentemente el esmalte que se encuentra en los incisivos de los animales jóvenes desaparece cuando llegan éstos a su completo desarrollo.

El incisivo superior es muy grueso para la longitud que tiene, es decir, sumamente macizo, lo que indica se trata de un ejemplar perteneciente a un individuo hembra.

El diente está formado de marfil con una capa de cemento, admirablemente conservado, de unos tres milímetros de espesor. En el marfil se aprecia muy bien la estructura en capas concéntricas.

La sección del incisivo es elíptica, sin depresión en su periferia, ni acanaladuras como tienen otros ejemplares.

El incisivo no es completo; una parte se destruyó al sacarlo del sitio donde se encontró; el pedazo que poseemos tiene 48 centímetros de longitud por 104 milímetros de diámetro.

No poseemos más que la extremidad de un *incisivo inferior* derecha. Tiene forma cónica, disminuyendo muy lentamente su sección. Ésta es oval, con una depresión bien marcada en el contorno, que hace que una de las caras sea casi plana, mientras que las otras tienen una curvatura uniforme.

Tiene un ligerísimo desgaste en la parte superior e interior de su extremidad. Su longitud es de 0,29 metros por 78 milímetros de diámetro máximo.

Se observa perfectamente el marfil y la capa de cemento que lo cubre, pero ésta es mucho más delgada que en el incisivo superior.

No se observa acanaladura en nuestro ejemplar, debido sin duda, a no poseer más que la extremidad, que siempre está más desgastada.

Como pasa con casi todos los incisivos inferiores que se han encontrado, no se nota cinta de esmalte; ésta más bien parece corresponder a los incisivos superiores, y principalmente a los animales jóvenes.

Según demostró M. Vacek, la posición de los incisivos inferiores en el *M. angustidens* y *M. longirostris* es muy distinta: en el primero, éstos eran convergentes y se tocaban en la punta, en un ancho plano de contacto; en cambio en el segundo eran divergentes.

El desgaste también es muy distinto, pues mientras en el primero es lateral, en el segundo es casi uniforme, dándole a la punta una forma cónica, excepto en la parte plana, que corresponde al lado interior y superior, donde el desgaste siempre es más intenso.

Los incisivos inferiores del *M. longirostris* no le servían para escarbar la tierra en busca de raíces, como le sucedía al *angustidens*, pues entonces el desgaste hubiera sido completamente igual en toda la superficie del diente. El ligero desgaste en la parte más plana del incisivo es debido al roce con la trompa y los alimentos que cogiese el animal.

**Molares.**—Poseemos los cuatro molares de la mandíbula superior y un último molar de la mandíbula superior, perteneciente a otro individuo distinto.

Los dos molares de la mandíbula superior izquierda se encuentran en su posición, dentro del hueso maxilar, observándose muy bien la forma y disposición de las raíces de los molares; el corchete perteneciente a este hueso maxilar también se ha encontrado, pero desgraciadamente separado del resto de la mandíbula.

Los otros dos molares de la mandíbula superior derecha están también muy bien conservados, pero al último molar le faltan las raíces.

Al último molar superior derecha le faltan las raíces, pero el resto del diente está perfectamente conservado.

Tiene cinco series de colinas y un pequeño talón posterior. Las dos colinas anteriores que corresponden al interior del molar es-

tán bastante desgastadas, comenzando a señalarse la forma de trébol de la superficie desgastada.

En los valles intermedios entre las colinas, hay mamelones muy pequeños adosados a las colinas.

El diente está bastante arqueado, circunstancia que se nota también en todos los otros molares.

Las colinas, sobre todo las *e*, están inclinadas hacia dentro.

El esmalte del diente se conserva admirablemente con su brillo característico.

Las dimensiones de este molar son:

Longitud, 225 mm.

Anchura, 92 mm.

El penúltimo molar superior derecha está completo, a falta de la extremidad de una de las raíces.

Tiene tres raíces, si bien la central casi no se ve, pues está engastada dentro del hueso maxilar que rodea en parte la base del molar.

Las dos raíces anteriores están soldadas y no presentan más que una extremidad.

La raíz posterior tiene una longitud, a partir de la superficie de desgaste del molar, de 160 milímetros.

La superficie del diente está sumamente desgastada, casi plana, con el fondo de las superficies de desgaste algunos milímetros por debajo del fondo de los valles.

El desgaste es sumamente desigual, pues mientras que en la parte anterior del diente es normal al eje de la raíz, el desgaste de la parte posterior del molar inclina casi 45° hacia la cara interna del diente.

Tiene tres colinas acusadas por las marcas de desgastes; de éstas, la anterior en su parte externa, está dividida en dos partes distintas. Las marcas de desgaste, correspondientes a las colinas internas, son mucho mayores que las que corresponden a las colinas externas; las primeras son de contorno elíptico, las segundas de forma completamente irregular.

Las dimensiones de este molar, son:

Longitud, 121 mm.

Anchura, 75 mm.

Los *dos molares superiores izquierda* están engastados en parte del hueco de la mandíbula y están completos, a falta de las últimas raíces, y parte de la base del último molar.

El último *molar superior izquierda* tiene cinco series de colinas y un talón en la extremidad posterior muy bien marcado; las dos colinas anteriores *i* están desgastadas, y una de ellas ligeramente desconchada.

En los dos valles anteriores hay mamelones pronunciados que se elevan próximamente la mitad que las colinas; el del último valle tiene su extremidad muy desgastada.

Las dimensiones son precisamente las mismas que las del molar simétrico del otro lado de mandíbula.

La raíz anterior penetra verticalmente en la mandíbula; las otras se curvan bruscamente hacia atrás y parecen reunirse en una sola.

La raíz anterior tiene rota su extremidad; la parte que conservamos tiene 170 milímetros de largo y su forma es piramidal, adelgazándose muy lentamente hacia la extremidad.

El *penúltimo molar superior izquierda* está completo, y, como hemos dicho, unido al que acabamos de describir.

Es triradiculado, con las dos raíces posteriores soldadas en una sola; la raíz anterior se curva rápidamente hacia atrás.

El molar está sumamente desgastado y sus superficies de desgaste inclinan fuertemente hacia dentro.

Las tres colinas acusadas por las marcas de desgaste tienen el contorno muy irregular. Las dimensiones del molar son las mismas que las de su simétrico de la mandíbula.

El último *molar superior izquierdo* es el ejemplar que se ha encontrado en mejor estado de conservación, tanto es así que no ha habido necesidad de silicatarlo ni tratar de conservarlo por ningún otro procedimiento.

Tiene cinco series de colinas; las últimas, mucho menos pronunciadas, podían tomarse por un talón muy desarrollado.

Entre las colinas abundan los mamelones, si bien son de pequeño tamaño, excepto los del borde exterior que son algo mayores.

Las colinas casi no están desgastadas; las dos últimas, que quizás lo estuvieren algo más, tienen sus cumbres cortadas en bisel.

Es tan escaso el desgaste del diente que aun tenemos alguna duda respecto a su clasificación, pues no se puede determinar con absoluta certeza cuál es el lado interno y cuál el externo.

Una de las extremidades de las colinas tiene un agujero de unos siete milímetros de diámetro que perfora el esmalte; es claro que no sabemos si esta perforación se efectuó en vida del animal o es posterior.

Este molar se encontró dentro de la capa de lignito que se explota en Mas del Olmo y no en las arcillas del techo como los otros de la mandíbula superior.

Las dimensiones de este molar son: longitud, 190 milímetros; ancho, 90.

**Otros trozos de molares.**—Se han encontrado siete pedazos de molares, de los cuales cuatro corresponden a últimos molares y tres a penúltimos molares. Los tres primeros tienen la superficie sumamente desgastada y al menos uno de ellos, corresponde a un individuo de mayor talla que los que hemos descrito, pues el ancho del borde anterior del último molar era de 90 milímetros, mientras que en los otros no pasa de 65 milímetros.

Los cuatro trozos de penúltimo molar están en un grado de desgaste más avanzado que los que hemos descrito. Nada más podemos decir de estos restos, pues si bien están muy bien conservados no se trata más que de fragmentos pequeños.

**Huesos de la cabeza.**—Junto con los dos molares que se han encontrado engastados en el hueso maxilar se ha encontrado un fragmento grande del *corchete de la mandíbula*, que aun conserva en su parte inferior parte de las raíces del último molar.

También se pueden referir con seguridad a la *mandíbula cua-*

tro fragmentos que tienen la impresión de las raíces de los molares. Poseemos dos extremidades de estas raíces.

Un pedazo pequeño de hueso lleno de cavidades puede quizás pertenecer al cráneo, pero es imposible clasificarlo con certeza.

**Huesos del tronco.**—De esta parte del cuerpo del animal casi no se han encontrado restos.

Se han hallado 18 pedazos de *costilla*, el mayor de 16 centímetros de longitud, sin que merezcan detallarse sus caracteres.

Las *tres vértebras dorsales* a que nos hemos referido en la lista de restos, están muy desgastadas y faltan sus apófisis.

También hemos encontrado un fragmento de vértebra, sin que tenga ningún carácter especial que merezca detallarse.

En las excavaciones de Mas del Olmo apareció un *omoplato* casi completo, pero al arrancarlo del sitio donde se encontró, y en el transporte subsiguiente se ha roto en multitud de fragmentos, pues la materia ósea es mucho más blanda y está más descompuesta que en los demás huesos.

**Huesos de las extremidades.**—La mayor parte de estos restos no son más que fragmentos consistentes en la extremidad de los huesos y resulta muy difícil y expuesta a error su clasificación.

Poseemos las *dos extremidades superiores del húmero*, que tienen una cabeza articular casi hemisférica; no se observa la impresión deltoidea, pero sí en uno de los ejemplares el comienzo del surco longitudinal.

Al carpo no referimos más que un hueso, el *escafoide*; está muy bien conservado, es casi triangular, con una profunda depresión en una de sus caras.

Del *fémur* se ha encontrado un fragmento de la extremidad superior y dos pedazos de las extremidades inferiores.

La *cabeza articular superior* es completamente hemisférica, con un cuello circular muy bien marcado.

Las *extremidades inferiores del fémur* conservan su superficie de articulación, cuya sección es próximamente trapezoidal; no se observa las impresiones musculares.

Del *tarso* poseemos dos huesos, uno de ellos el *cuneiforme*, si bien sus caracteres no están bien determinados; el otro es el *calcáneo*, bien caracterizado por su gran tuberosidad, dirigida oblicuamente hacia abajo.

Referimos también al pie un *metatarsiano*, muy desgastado y carcomido, y una *falange*. Esta última la atribuimos al pie y no a la mano, por ser todos los huesos del primero de más tamaño que los de la segunda.

### Observaciones generales sobre la fauna de Mas del Olmo.

Las especies que hemos clasificado son:

*Rhinoceros (ceratorhinus) af. simorrensis* Lartet.

*Anchitherium aurelianense* Cuv.

*Listriodon splendens* H. von Meyer.

*Mastodon longirostris* Kaup.

De éstas el *Rhinoceros (ceratorhinus) simorrensis* Lartet es una especie de tamaño pequeño muy parecido a las del mioceno inferior de Simorre.

Los *Rhinoceros* de talla reducida son muy frecuentes en el mioceno medio, mientras que en el piso superior la especie característica, el *Rh. Schleiermacheri* Kaup, es mucho mayor, si bien los caracteres de su dentición son muy parecidos a los ejemplares que hemos estudiado. Es una lástima que no se haya encontrado en Mas del Olmo una pieza esquelética completa que permita determinar más exactamente tan interesante especie.

El *Anchitherium aurelianense* Cuv. es una especie característica del mioceno medio; desaparece en el pónico, donde lo reemplaza el *Hiparion gracile* Kaup, vertebrado el más abundante en casi todos los yacimientos de este nivel.

El género *Listriodon* aumenta de tamaño según se asciende estratigráficamente, dura todo el mioceno medio y ha sido citado muy rara vez en el pónico.

El *Mastodon longirostris* Kaup se ha encontrado en multitud de



localidades correspondientes a los dos niveles en que M. Gaudry divide el pónico, el de Eppelsheim y Oeningen en la base y el superior de Pikermi, Baltasar, Monte Luberon y Concud. En España se ha encontrado en los yacimientos pónicos de Alcoy, La Garriga, Sabadell y Seo de Urgel.

Román (1) afirma que el *M. longirostris* ocupa siempre un nivel más elevado que el *M. angustidens*; no así Hernández Pacheco (2), que cita ambas especies como coexistentes en el sarmático de Madrid y el pónico de la Seo de Urgel.

Resulta muy interesante ver confirmada esta afirmación y encontrar una especie considerada generalmente como del pónico en un yacimiento donde la acompañan especies tan características del mioceno medio, como las que acabamos de señalar.

Madrid, diciembre de 1917.

(1) Roman et Torres: *Le Néogène continental dans la basse vallée du Tage*, página 67.

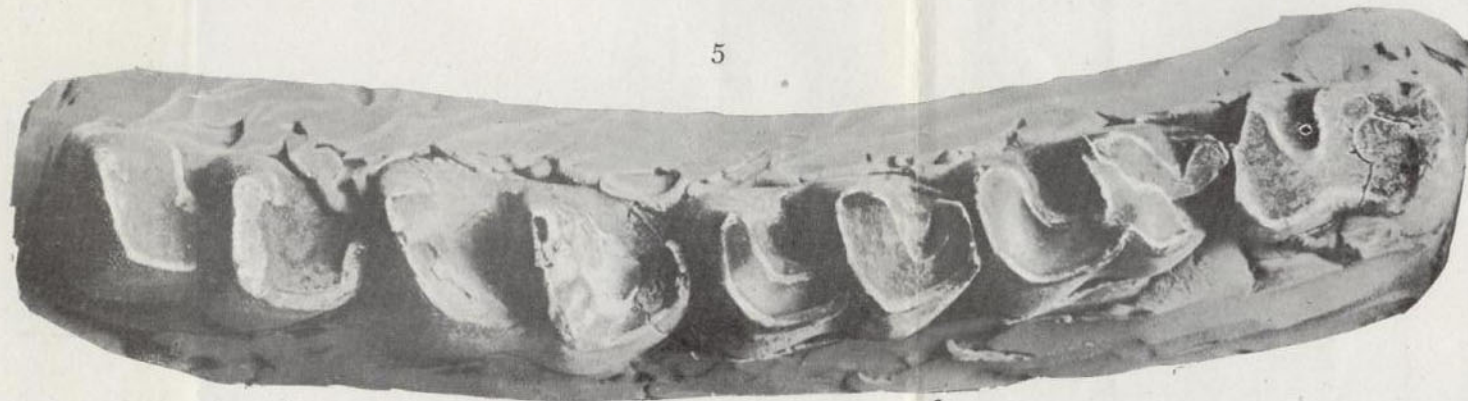
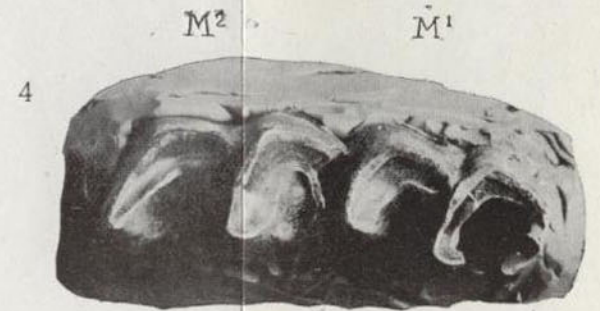
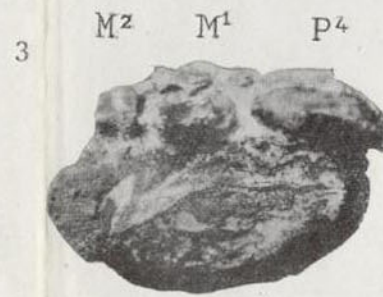
(2) Hernández Pacheco: *Los vertebrados miocenos de la Península Ibérica*, páginas 31 y 39.—Idem, *Geología y Paleontología del Mioceno de Palencia*, página 56.

## OBRAS CONSULTADAS

- ABEL.—Kritische Untersuchungen über die palaogenen Rhinocerotiden Europas.—*Abh. der K. K., Geologischen Reichsanstalt*, t. XX, c. 3, 1910.
- ALMERA.—Sobre la serie de mamíferos fósiles encontrados en Cataluña. *Memoria de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 1896.
- ALMERA.—Sobre las especies *Accratherium lemanense*, *Mastodon longirostris* y un *Elephas* de la provincia de Barcelona.—*Boletín de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 1898.
- ALMERA Y BOFILL.—Descubrimientos de grandes mamíferos fósiles en Cataluña.—*Crónica Científica*, t. X. Barcelona, 1887.
- AZPEITIA.—Restos de mastodontes en el Cerro de la Plata, junto al ensanche de Madrid.—*Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 1903.
- BLAINVILLE.—*Osteographie*, 1839.
- BOFILL.—Sobre los restos de dos grandes mamíferos fósiles de Cataluña existentes en el Museo Martorell, de la ciudad de Barcelona.—*Boletín de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, 1896.
- BOSCA Y CASANOVES.—Los Museos de París, Londres, Amsterdam y Bruselas.—*Anales de la Junta para ampliación de estudios e investigaciones científicas*, 1911.
- BOSCA SEYTRE.—Yacimiento fosilífero de Concud.—*Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 1911.
- CALDERÓN.—Catálogo de los vertebrados fósiles de España.—*Anales de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 1876.
- CALDERÓN.—Adición al Catálogo de los vertebrados fósiles de España, 1877.
- CHEVALLIER.—Note sur la cuencita de la Seo de Urgel.—*Bulletin de la Société Géologique de France*, 1909.
- CHEVALLIER.—Nouvelle note sur la cuencita de la Seo de Urgel.—*Bulletin de la Société Géologique de France*, 1900.
- CORTÁZAR.—Bosquejo físico, geológico y minero de la provincia de Teruel.—*Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 1885.
- CORTÁZAR.—Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Valladolid.—*Memoria de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 1877.

- CORTÁZAR.—Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Cuenca.—*Memoria de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 1875.
- DÉPERET ET PÉROLLE.—Note sur la géologie et sur les mammifères fossiles du bassin lacustre miocène supérieur de la Cerdagne.—*Bulletin de la Société Géologique de France*, 1885.
- EZQUERRA.—Algo sobre los huesos fósiles de las inmediaciones de Madrid.—*Anales de Minas*, 1840.
- EZQUERRA.—Ensayo de una descripción general de la estructura del terreno de España en la Península.—*Memoria de la Real Academia de Ciencias*, 1850.
- FALCONER.—On the species of mastodon and elephants.—*Quarterly Journal, Geological Society*, 1857.
- FILHOL.—Études sur les mammifères fossiles de Sansan.—*Annales des Sciences Géologiques*, 1891.
- GAUDRY.—*Animaux fossiles de l'Atique*, 1862.
- GAUDRY.—*Les animaux fossiles du Mont Leberon*, 1864.
- GAUDRY.—*Les mastodontes*, 1866.
- GAUDRY.—Quelques remarques sur les mastodontes.—*Mémoire de la Société Géologique de France*, 1891.
- GAUDRY.—*Les enchainements du monde animal. Mammifères tertiaires*, 1878.
- GERVAIS.—Description des ossements fossiles de mammifères rapportés d'Espagne, par M. M. Verneuil, Collomb et de Lorière.—*Bulletin de la Société Géologique de France*, 1853.
- GERVAIS AMEGHINO.—*Les mammifères fossiles de l'Amérique du Sud*, 1880.
- GRAELLS.—Fauna mastodológica ibérica.—*Memoria de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 1897.
- H. VON MEYER.—*Die fossilen Zähne und Knochen und ihre Ablagerung in der Gegend von Georgensgmund in Bayern*, 1834.
- HERNÁNDEZ PACHECO.—Mioceno superior de la Puebla de Almuradiel (Toledo).—*Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 1914.
- HERNÁNDEZ PACHECO.—*Los vertebrados miocenos de la Península ibérica*, 1914.
- HERNÁNDEZ PACHECO Y DANTIN.—*Geología y Paleontología del mioceno de Palencia*, 1915.
- KAUP.—*Description d'ossements fossiles de mammifères inconnus jusqu'à présent*, 1882.
- KAUP.—*Neues Jahrbuch*. Heidelberg, 1840.
- KOWALEVSKY.—*Monographie des Gattung Anthracotherium. Paleontografica*, 1873.
- LARTET.—*Notice sur la colline de Sansans*, 1851.
- LARTET.—Sur la dentition des proboscidiens fossiles.—*Bulletin de la Société Géologique de France*, 1859.
- MAYET.—*Étude des mammifères miocenes des sables de l'Orleanais et des faluns de la Touraine*, 1908.
- MAYET.—*Étude sommaire des mammifères fossiles des faluns de la Touraine*, 1909.
- MALLADA.—*Explicación del Mapa Geológico de España*, t. VI, 1907.
- MIQUEL.—Dientes fósiles de la Cistérniga (Valladolid).—*Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 1902.
- MIQUEL.—Restos fósiles de vertebrados encontrados en San Morales (Salamanca). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 1906.
- OSBORN.—Phylogeny of the rhinoceroses of Europe.—*Bull. Ame. Mus. of Nat. Hist.*, 1906.
- OWEN.—*Odontography*, 1840.
- PAULOW.—Études sur l'histoire paleontologique des Ongulés.—*Bul. de la Sc. Imp. des Nat. de Moscou*, 1892.
- PRADO.—*Descripción física y Geológica de la provincia de Madrid*, 1864.
- ROMÁN ET TORRES.—*Le Néogène continental dans le basse vallée du Tage*, 1907.
- SMITH WOODWARD.—The lower pliocene bonebed of Conclud.—*Spain Geol. Mag.*, 1903.
- STEHLIN.—Ueber Die Geschichte des Suiden Gebisses.—*Abh. d. Schwzer. pal. Gesell.*, 1900.
- TOULA.—Dass Gebiss und Reste der Nasenbeine von rhinoceros (*Cerathorhinus Osborn*) hundsheimensis.—*Abh der K. K. Geol. Reichsanstalt*, 1903.
- VACEK.—Ueber die osterreichischen Mastodonten und ihre Beziehungen zu den Mastodonarten Europas.—*Abh. der K. K. Geol. Reichsanstalt*, 1877.
- VIDAL (L. M.).—Nota sobre el *Dryapithecus* en el mioceno superior del Pirineo catalán.—*Boletín de la Real Sociedad de Historia Natural*, 1913.
- VILANOVA.—*Ensayo de una descripción geognóstica de la provincia de Teruel*, 1863.
- ZITTEL.—*Grundzuge der Paleontologie*, 1911.

LÁMINAS



M<sup>3</sup>

M<sup>2</sup>

M<sup>1</sup>

P<sup>4</sup>

P<sup>3</sup>

M<sup>1</sup>

7

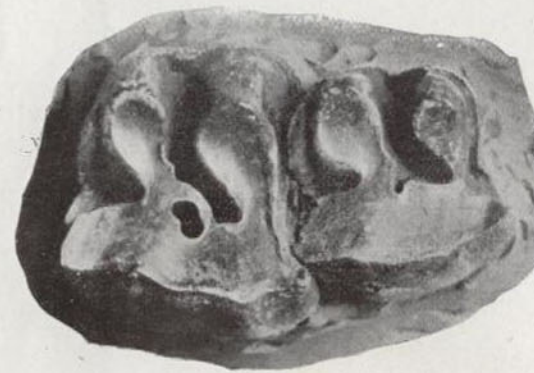
8

9

M<sup>2</sup>

M<sup>1</sup>

P<sup>4</sup>



M<sup>1</sup>

P<sup>4</sup>

M<sup>2</sup>

## YACIMIENTO DE LA MINA «SAN JOSÉ»

MAS DEL OLMO (VALENCIA)

### TROCHICTIS

Fig. 1.—Trozo de mandíbula con P<sup>1</sup>, M<sup>1</sup> y M<sup>2</sup>.

Fig. 2.—Premolar P<sup>1</sup> suelto.

Fig. 3.—Trozo de mandíbula, vista superior.

### RHINOCEROS (CERATORHINUS) OFF. SIMORRENSIS (Lartet.)

Fig. 4.—Dentición inferior izquierda, perteneciente a distintos individuos.

Fig. 5.—Dentición inferior derecha, perteneciente a distintos individuos.

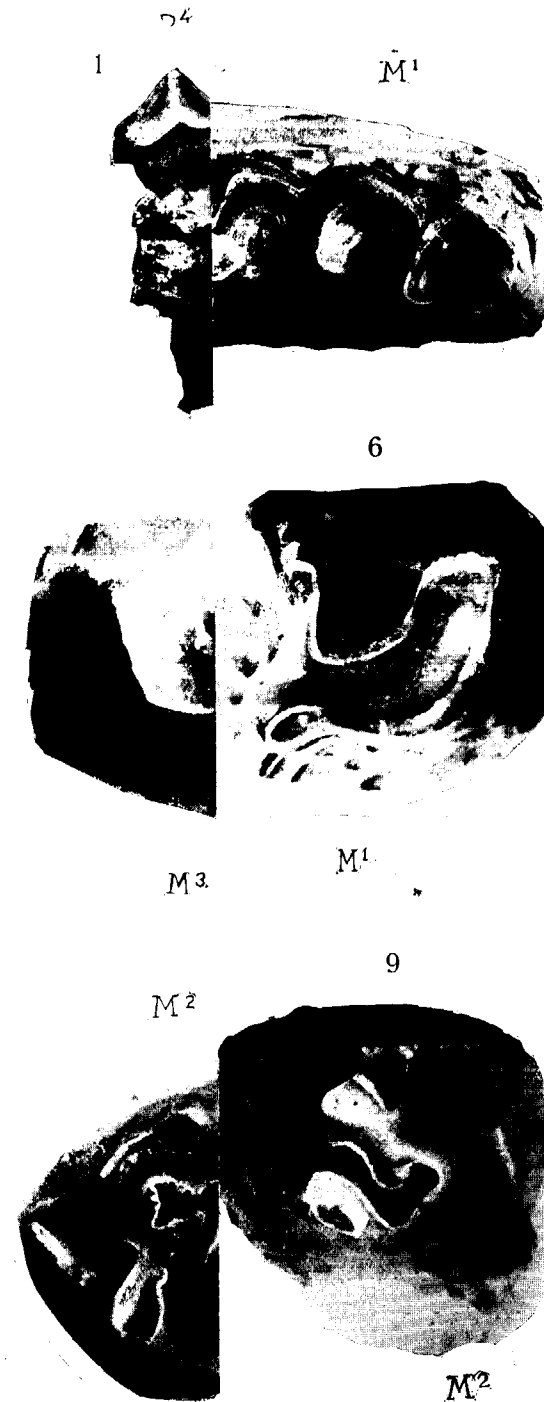
Fig. 6.—M<sup>1</sup> inferior derecho de una especie de mayor talla.

Fig. 7.—Dentición superior derecha, perteneciente a distintos individuos.

Fig. 8.—Dentición superior izquierda, perteneciente a distintos individuos.

Fig. 9.—M<sup>2</sup> superior derecho.

(Todas las fotografías de esta lámina son de tamaño natural. Los originales se conservan en las colecciones del Instituto Geológico de España.)



10



M<sup>3</sup>

M<sup>2</sup>

M<sup>1</sup>

P<sup>4</sup>

P<sup>3</sup>

11

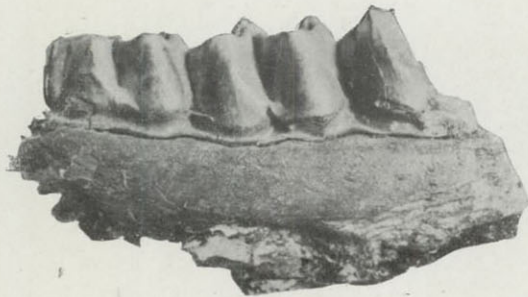


M<sup>2</sup>

M<sup>1</sup>

P<sup>4</sup>

12



M<sup>3</sup>

M<sup>2</sup>

M<sup>1</sup>

13

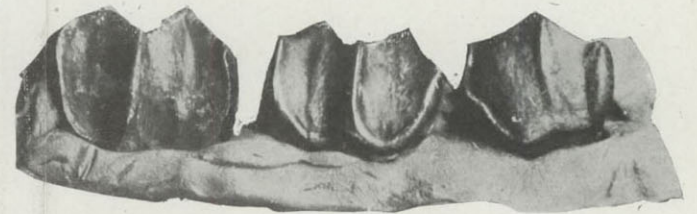


M<sup>3</sup>

M<sup>2</sup>

M<sup>1</sup>

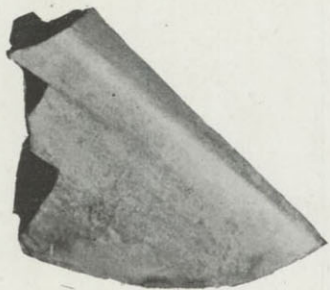
14



15



16



17



I<sup>2</sup>

18



I<sup>2</sup>

19



20



P<sup>4</sup>

21



P<sup>4</sup>

## YACIMIENTO DE LA MINA «SAN JOSÉ»

### MAS DEL OLMO (VALENCIA)

#### RHINOCEROS (CERATORHINUS) OFF. SIMORRENSIS (Lartet.)

Fig. 10.—Dentición inferior, perteneciente a distintos individuos. Cara externa del lado derecho.

Fig. 11.—Dentición superior derecha, perteneciente a distintos individuos, cara interna.

#### ANCHITERIUM AURELIANENSE (Cuv.)

Fig. 12.—Mandíbula inferior derecha, cara externa.

Fig. 13.—Cara superior de la misma mandíbula. A M<sup>3</sup> le falta el tubérculo posterior, pero queda su alvéolo.

Fig. 14.—Trozos de molares sueltos de la dentición superior, cara externa.

Fig. 15.—Trozos de molares sueltos de la dentición superior, cara externa.

Fig. 16.—Tercer falange del dedo externo, cara lateral.

#### LISTRIODON SPLENDENS H. VON MEYER

Fig. 17.—Incisivo, cara interna.

Fig. 18.—Incisivo, cara externa.

Fig. 19.—Canino inferior izquierdo, cara externa.

Fig. 20.—Pre-molar, cara superior.

Fig. 21.—Premolar, cara externa.

(Todas las figuras de esta lámina son de tamaño natural, excepto el 19, que está a escala 1 : 2. Los ejemplares originales se conservan en las colecciones del Instituto Geológico de España.)



M<sup>2</sup>

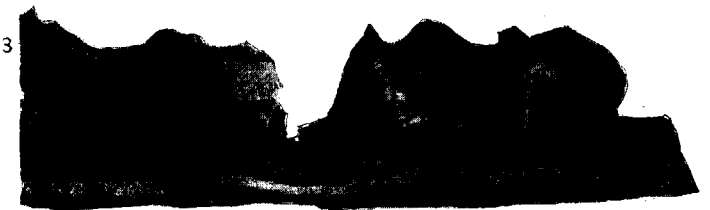
M<sup>1</sup>

P<sup>4</sup>

14



M<sup>3</sup>



P<sup>4</sup>

20



P<sup>4</sup>

21





24



23



25



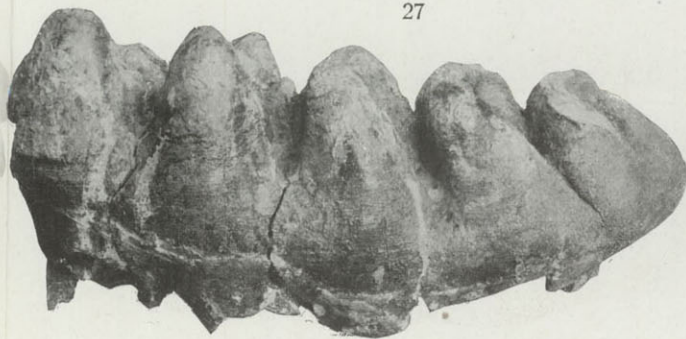
29



22



26



27



28



## YACIMIENTO DE LA MINA «SAN JOSÉ»

MAS DEL OLMO (VALENCIA)

### MASTODON LONGIROSTRIS (Kaup.)

- Fig. 22.—Penúltimo molar superior derecho, cara superior.  
Fig. 23.—Penúltimo molar superior derecho, cara posterior.  
Fig. 24.—Penúltimo molar superior izquierdo, cara superior.  
Fig. 25.—Penúltimo molar superior izquierdo, cara lateral.  
Fig. 26.—Último molar superior derecho, cara superior.  
Fig. 27.—Último molar superior derecho, cara externa.  
Fig. 28.—Último molar superior izquierdo, cara superior.  
Fig. 29.—Último molar superior izquierdo, cara interna.

(Todas las figuras de esta lámina están a la mitad del tamaño natural.) Los ejemplares originales se conservan en las colecciones del Instituto Geológico de España.

29



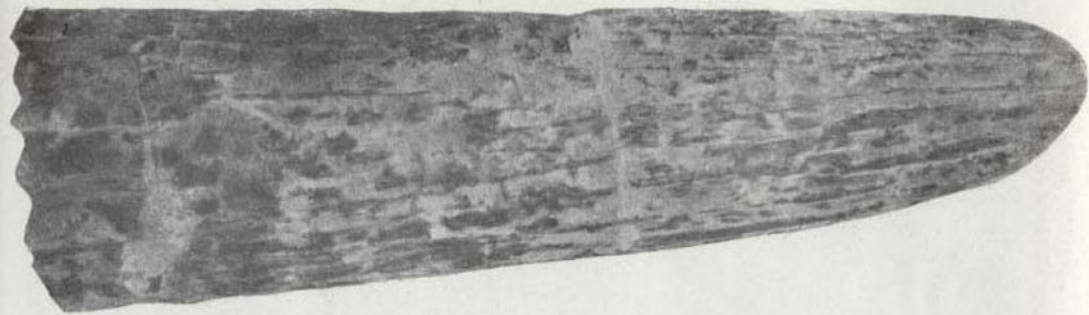
28



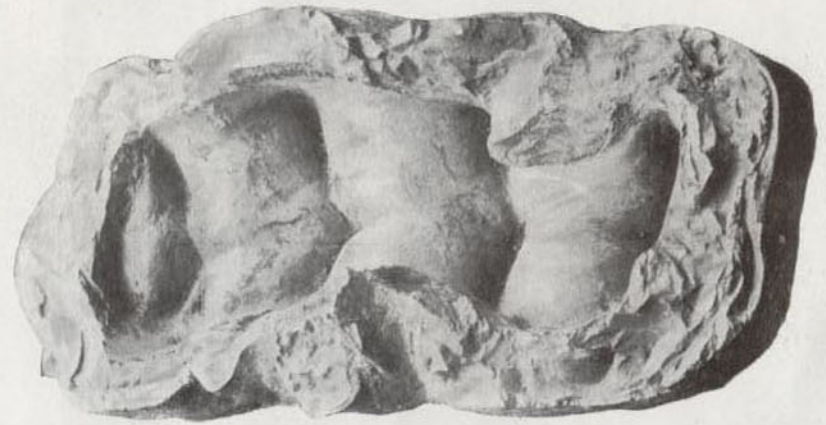
30



31



35

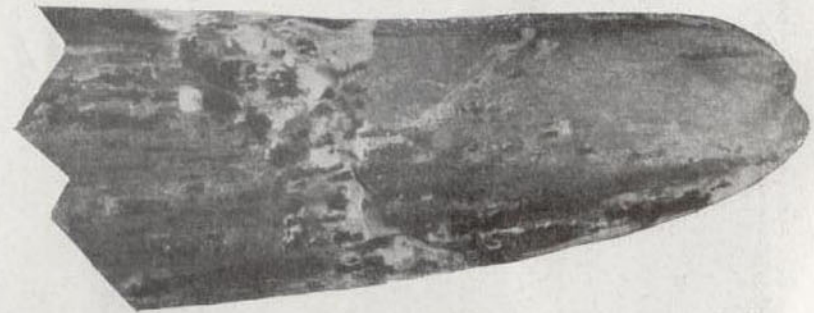


32

33



34



## YACIMIENTO DE LA MINA «SAN JOSÉ»

MAS DEL OLMO (VALENCIA)

### MASTODON LONGIROSTRIS (Kaup.)

Fig. 30. - Último molar superior izquierdo, de distinto animal.

Fig. 31. El mismo molar, cara lateral.

Fig. 32. El mismo molar, cara inferior; le faltan las raíces.

Figs. 33 y 34. — Incisivo superior izquierdo.

Fig. 35. Incisivo inferior derecho.

(Todas las figuras de esta lámina están a la mitad del tamaño natural. Los ejemplares originales se conservan en las colecciones del Instituto Geológico de España.)

36

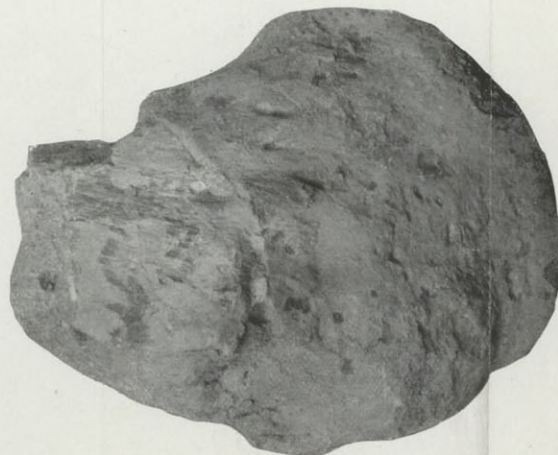


37

38



39



41



40



42



YACIMIENTO DE LA MINA «SAN JOSÉ»

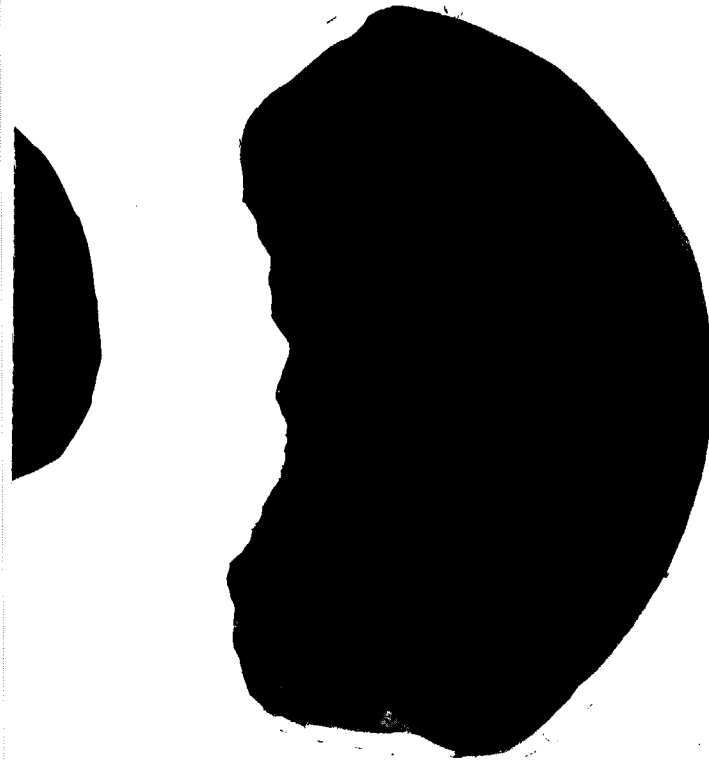
MAS DEL OLMO (VALENCIA)

**MASTODON LONGIROSTRIS (Kaup.)**

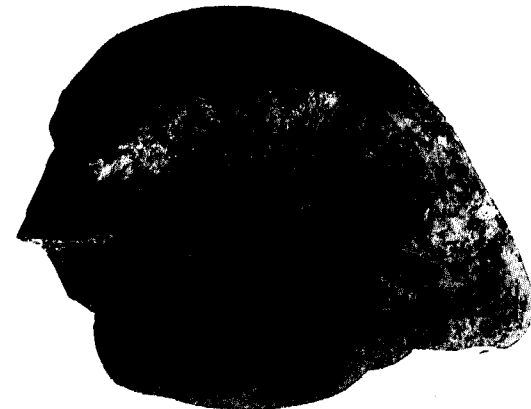
- Fig. 36.—Trozos de molares.  
Fig. 37.—Vértebra dorsal.  
Fig. 38.—Vértebra dorsal.  
Fig. 39.—Extremidad del fémur.  
Fig. 40.—Cabeza del húmero.  
Fig. 41.—Cabeza del fémur.  
Fig. 42.—Hueso de la rodilla.

(La figura 36 está en tamaño natural, las demás en escala de un medio. Los ejemplares originales se conservan en las colecciones del Instituto Geológico de España)

40



42



43



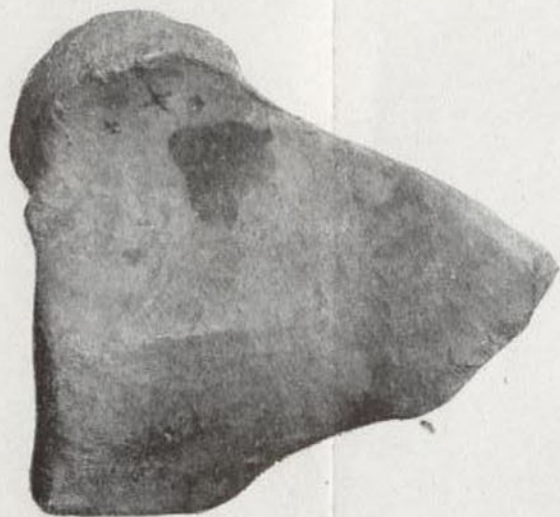
44



45



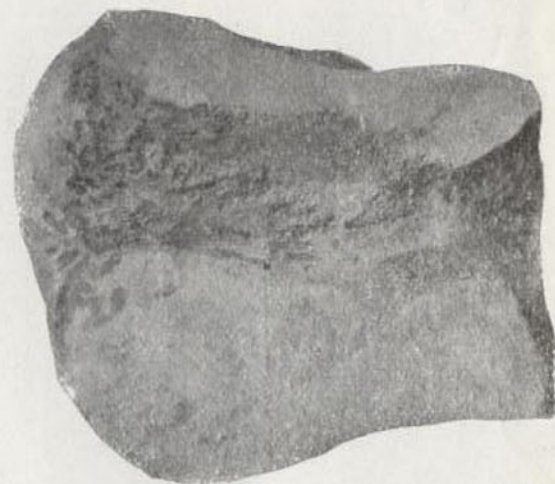
46



47



48



49



50



51



## YACIMIENTO DE LA MINA «SAN JOSÉ»

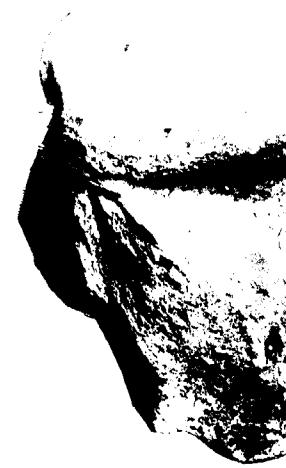
MAS DEL OLMO (VALENCIA)

## MASTODON LONGIROSTRIS (Kaup.)

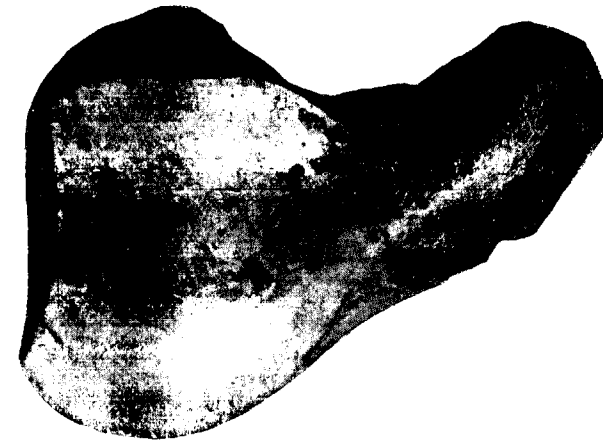
- Fig. 43. — Hueso de la rodilla.  
 Fig. 44. — Calcáneo, cara inferior.  
 Fig. 45. — Calcáneo, cara superior.  
 Fig. 46. — Escafoides.  
 Fig. 47. — Escafoides, cara lateral.  
 Fig. 48. — Cuneiforme.  
 Fig. 49. — Metatarso.  
 Fig. 50. Falange, cara lateral.  
 Fig. 51. Falange, cara superior.

(Todas las figuras de esta lámina están a la mitad del tamaño natural. Los ejemplares originales se conservan en las colecciones del Instituto Geológico de España.)

43



45



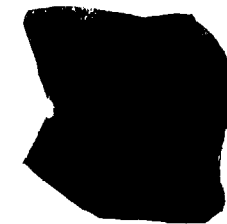
46



48



50



51

SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

POR

D. CÉSAR RUBIO y D. AGUSTÍN MARÍN

Ingenieros de minas.



## SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

El descubrimiento de sales potásicas en Suria, provincia de Barcelona, motivó a principios del año 1914 un viaje, realizado por los mismos Ingenieros que subscriben esta nota, a la cuenca oligocena que comprende parte de las provincias de Barcelona y Lérida y que parecía marcar la zona en donde pudiera hallarse una prolongación del importante yacimiento de Suria. Como consecuencia de este viaje, rápidamente efectuado, publicamos un trabajo que sólo se puede considerar como un avance de otros más importantes y detenidos que en adelante deben realizarse. Los apremios de la Superioridad, fiel reflejo de los deseos impacientes de la opinión por tener noticias concretas y oficiales del interesante descubrimiento, motivaron el que el trabajo no fuera todo lo completo que hubiera sido de desear, pues aunque en la parte que se refiere a los pormenores locales de la única labor entonces existente, a la génesis de las sales potásicas, y a la importancia del descubrimiento por la trascendencia que tendría para el fomento de la agricultura patria, nada podremos agregar a lo que entonces manifestamos; en lo que se refiere al estudio geológico de la comarca y a las circunstancias del criadero, haremos algunas manifestaciones nuevas y algunas rectificaciones, pues los datos aportados por los sondeos, y los recientes estudios que hemos realizado sobre el terreno, nos han conducido a modificar algunas de las deducciones que en nuestro trabajo anterior habíamos hecho, y que sólo tenían por objeto orientar a los investigadores de los yacimientos potásicos catalanes.

También agregaremos en este trabajo algunas nuevas consideraciones referentes a la importancia de la intervención del Es-

tado en la investigación y explotación de las sales potásicas. No sólo haciendo ver que la intervención ha de procurar un engrandecimiento de la riqueza nacional consiguiendo un precio económico en los abonos potásicos y en los primeros elementos de las industrias químicas, sino también apuntando las medidas que será preciso tomar para la conservación de la riqueza del criadero.

La extensión y complejidad de la cuenca potásica de Cataluña exige estudios largos; así que ahora, como consecuencia de algunos viajes realizados en el año pasado, únicamente daremos unas cuantas notas que contribuirán al estudio de aquella zona y que tendrán principalmente el propósito de examinar qué parte de la cuenca reservada por el Estado está indicada para la investigación por sondeos con probabilidades de éxito, y qué taladros deben ejecutarse con objeto de investigar zonas de la cuenca que, estando hoy sin explorar, traieran consigo, de tener resultado satisfactorio, un gran aumento en la riqueza nacional.

Estos sondeos, a más de la finalidad indicada de explorar en parte algunas zonas de la región que se ha reservado el Estado, pueden y deben cumplir otro cometido muy importante social y minero. En primer lugar, desde el momento en que el Estado, por la ley de 24 de Julio de 1918, ha acordado imponer a las concesiones mineras que radiquen dentro de la zona reservada la obligación ineludible de investigarlas inmediatamente y mantenerlas luego constantemente en explotación, es lógico que el Estado principie por cumplir él mismo en sus dominios mineros de la cuenca potásica las obligaciones que a los demás particulares impone. Pero además de estas razones fundadas en consideraciones de ética y buen gobierno, el programa de ejecución de sondeos por el Estado debe tener otro objetivo muy importante, y es que llevando a cabo este programa, tendría una intervención en la futura explotación de la cuenca catalana, toda vez que él dirigiría la ejecución de un plan armónico de investigación que respondiese al interés de todos los concesionarios y principalmente del Estado; intervención que traería consigo economizar enormes esfuerzos y capitales de los que hubieran de consumirse en estudios aislados

parciales. Puede, en fin, determinar la intervención del Estado la formación de una sindicación a efectos muy diversos y difíciles de concretar en la actualidad, pero que tal vez futuras contingencias internacionales pudieran imponer, y para las cuales, previsivamente, habría ya el Estado fijado orientaciones al inaugurar la ejecución de un plan de sondeos.

### **Algunas observaciones sobre la geología de la comarca potásica.**

En nuestro primer trabajo hicimos un resumen de la geología de la cuenca oligocena catalana con enumeración de los diferentes pisos en que ésta se puede dividir. Haremos solamente algunas observaciones que puedan contribuir al estudio geológico de aquella región.

Encima de la sal potásica, en unas margas que le sirven de techo, hemos hallado la fauna lacustre oligocena, constituida por *Planorbis*, *Melania*, *Limnea*, etc., y que demuestran que los depósitos situados inmediatamente encima de la sal son los oligocenos lacustres del tramo inferior, cuya edad ya discutimos en nuestro citado trabajo.

Es interesante hacer también constar que en la zona de Suria, el tramo de las margas encima de los yesos son alternantes con las calizas, mientras que en Vilanova la Aguda y Cardona son alternantes con las areniscas. Sin embargo, ni las calizas son puras, ni las areniscas tampoco. Las primeras son silíceas, y las segundas, muy calcáreas, pudiendo clasificar las calizas de molasas y las areniscas de maciños. Esta diferencia se puede explicar por dos razones: por ser distintos los materiales que las han integrado y por ser distintas la profundidad a que han sido formadas. La región de Suria debió estar en el centro del lago y las otras regiones en las orillas. La región de Suria se apoya sobre una marga muy caliza fosilífera, y las segundas puede ser se apoyen sobre otra clase de materiales, tal vez procedente del triás.

Para fijar la edad de la sal nos servirá de dato la marga marina fosilífera encontrada por debajo de la sal en los sondeos de Suria. Examinada al microscopio se ve que está constituida por una masa general formada por arcilla y caliza, con algunos granos de cuarzo y algunos productos ferruginosos, constituidos éstos por hematites parda, magnetita y un poco de hematites roja. Contiene algunos restos calizos procedentes de foraminíferos fósiles. Petrográficamente no es característica de ningún terreno, pero desde luego parece posterior al triás.

En los trozos de los testigos de esta roca, que tan amablemente nos entregó el Sr. Filip, que se halla al frente de los sondeos de Suria, hemos visto restos fósiles, sin que hayamos podido tener ningún ejemplar completo o, por lo menos, determinable. Sin embargo, parece ser muy frecuente un equínido regular que por su forma y áreas ambulacrales debe corresponder a la familia de los espatángidos; puede ser que al género *Eupatagus* o *Periaster*, que son característicos, el primero, del eoceno, y el segundo, de cretáceo superior y terciario. De todos modos, la familia de los espatángidos cuando tuvo su desarrollo fué en el cretáceo superior y en el terciario. Los Sres. Vidal, Thos y Maureta citan el primer género en la provincia de Lérida, y los dos segundos citan en la de Barcelona el *Eupatagus Ornatus Agass.*

Existen también en los referidos testigos algunas facillas de lamelibranquios con estrías interiores; pero los ejemplares que poseemos son tan incompletos, que es imposible determinar ni el género. Hemos visto, sin embargo, dos especies distintas: una que parece corresponder al género *pecten* y otro a la *janira*; pero con estos solos datos es difícil determinar la edad a que corresponden.

Por último, hemos podido observar al microscopio la existencia de foraminíferos fósiles. En una preparación hemos examinado un ejemplar incompleto que corresponde a la familia de los nummulinidos, que alcanzaron tanto desarrollo en el eoceno, probablemente de género *operculina*, atendiendo a tener pocas vueltas y las primeras no ser perceptibles.

Por tanto, por la familia a que corresponden y por sus caracteres, sólo puede ser del cretáceo superior o del eoceno, preferentemente de éste último.

Por todas las consideraciones anteriores, creemos que el tramo marino cortado en los sondeos debe pertenecer al eoceno inferior, sin negar la posibilidad de que pueda ser de cretáceo superior. Demuestra esta deducción de un modo claro que la sal potásica de Cataluña corresponde al oligoceno inferior, confirmando la suposición hecha en nuestro primer trabajo.

También la cuenca potásica de Wittelsheim, en la Alta Alsacia, es oligocena y se apoya sobre el eoceno. También en esta cuenca, como en la de Cataluña, el buzamiento y dirección de los estratos varía mucho de unos sitios a otros, y para que la semejanza sea más completa, la profundidad a que se ha encontrado la sal también ha variado, mucho de 200 a 800 metros, aunque en ningún sitio ha llegado a aflorar, como ocurre en Cardona y Suria.

Fuera de la zona reservada por el Estado y coincidiendo en la mayoría de los casos con afloramientos triásicos, se observan en toda la región pirenaica manifestaciones salinas.

Al Norte del pueblo de Comá, en un afloramiento triásico rodeado de depósitos cretáceos, aparecen en unas margas rojizas, oscuras, yesosas, indicaciones salinas. Un pozo realizado cerca de Casa Sarni cortó la sal común en grandes bancos a 10 metros de profundidad, siguiendo el pozo en este mineral en toda su hondura, que alcanzó 100 metros. Cuando fué visitado por nosotros estaba tapado y ya no se trabajaba en él, habiéndonos sido imposible determinar si la sal contenía indicios de potasa. Los ríos Cardona y Agua de Valls corren por un anticlinal cretáceo que dan lugar en muchos sitios a la aparición de las margas triásicas.

La importancia de la determinación de los accidentes geológicos para la futura explotación industrial de los yacimientos potásicos, nos ha hecho fijarnos más detenidamente en la marcha de los anticlinales más importantes, que al formarse, han traído como consecuencia, el aproximar la sal potásica a la superficie,

colocándola a honduras explotables. Los datos que siguen servirán como rectificación, en algunas partes, a los que dimos en nuestro primer trabajo.

**Anticlinal de Suria.**—Partiendo de Suria al Oeste, el eje del anticlinal pasa al Norte e inmediato al pueblo de Suria, al Sur de Casas Ribera y Serra, por el sitio denominado Salipota, en donde los estratos se hallan sumamente alterados. Sigue el anticlinal por Pudadas, al Sur del sondeo del Samís, por las casas de Maslosch, de Sot y de Puiggrós, a un kilómetro al Norte de Castelltallat, en donde las dos ramas del anticlinal se encuentran distantes y la cúpula presenta un pequeño seno que parece dividir las en dos. Pasa por casa de Cubera, y muy próximo y al Norte del sondeo de Boxadors, sigue el eje por la provincia de Lérida y próximamente por el curso del Llobregós, dejando al Norte Molsosa y Anfesta, y pasando un poco al Norte de la casa del Marqués y luego al Norte y muy cerca de Castellfullit, siguiendo después con el corchete anchísimo todo el curso del río Llobregós hasta más allá de Pons.

El anticlinal, al Este de Suria, pasa al Norte del sondeo número 11 realizado por el Sindicato Franco-Belga y al Norte de los primeros kilómetros de la carretera de Suria a Balsarey. La casa de Saladrigas de Argensola está un poco al Sur del eje. Pasa éste por las casas de Masenés y Guimerá y cruza la carretera por el kilómetro 9, dejando al Norte la capilla de Santa Margarita y la casa de Puis de Villa la Post. Pasa el eje al Norte de las casas de Puig y Ventosa y La Selvá, cruza otra vez la carretera por el kilómetro 11, pasa por las casas de Cortés y Subirana, atraviesa la carretera de Manresa a Berga en las inmediaciones de la casa de Cansalada, cruza el río Llobregat junto a la fábrica de San Esteban y pasa junto a las casas de Torres, Sardá, El Mas y Nova. Sigue por la Abeya de Abás, y allí el pliegue se convierte en ligera ondulación, muy difícil de fijar en el terreno, pero que aproximadamente debe pasar por la capilla de *San Yordi*, casa *La Pese*, y al Sur, como a un kilómetro del pueblo de San Feliú, siguiendo la dirección Este 30° Norte.

**Anticlinal de Cardona.**—El eje del anticlinal al Oeste de Cardona presenta las ramas muy abiertas, y pasa próximo a la casa de Muchal y de Guix, al Sur de la casa de Llardella, y al Sur también de la casa del Vironés, de la provincia de Barcelona, y de Yop, de la de Lérida. Pasa el eje al Norte de *Matamargot*, situado sobre el tramo de las margas rojas. A unos 100 metros al Noroeste del molino de Torros Quesana se ve bien manifiesto el anticlinal en el tramo rojo, presentando una pequeña falla en su eje y siendo abundantes en aquel paraje las eflorescencias salinas. El pueblo de Bergús queda en la rama Norte del anticlinal. Sigue después el anticlinal por Pinós y Sellés, formando sus dos ramas las dos laderas de un arroyo que pasa cerca del primero de dichos pueblos, y se une, al parecer, en Torá con el anticlinal del Llobregós. Por bajo del santuario de Pinos se aprecian manifestaciones salinas.

El anticlinal de Cardona al Este de las Salinas se le ve muy bien en la casa de Pinell, sobre el río Cardona. Allí el eje del anticlinal parece buzar al Este, observándose que en la sierrecilla situada cerca y según este rumbo de la referida casa, el pliegue se convierte en una suave ondulación.

El eje del anticlinal pasa cerca y al Sur de la Capilla de Santa María de Serrateix, y por la casa de San Just y al Norte de Castelledràl y con dirección Este - 20 Norte, pasa al Norte de Puig Reig, teniendo aquí sus ramas muy poca inclinación. Por último, pasa por Bonaire y Sayás, hallándosele muy marcado en la carretera de Gironella a Prat de Llusanés.

**Anticlinal de Vilanova la Aguda.**—Al Este de la capilla del Santas Creux, el eje del anticlinal parece buzar hacia el Este y el pliegue se hace mucho más suave.

Al Oeste de ese santuario, el anticlinal pasa próximo a la salina denominada María, y al Norte de donde se ejecuta actualmente un sondeo, atraviesa después el pueblo de Vilanova la Aguda y pasa por donde se realizó un importante sondeo, uniéndose luego al río Llobregós.

**Otros anticlinales.**—No hemos podido aún determinarlos

bien, pero hemos reconocido el que pasa por el pueblo de Callús, paralelo al de Suria, y que debe pasar por Aviñó.

Al Norte de Vilanova, entre el anticlinal de este nombre y el de Oliana, muy próximo al cretáceo, se pueden ver dos anticlinales con direcciones aproximadas a las de aquéllos: uno que pasa por Gualter y otro por Tiurana.

Los grandes afloramientos de yesos impiden reconocer a veces la continuidad de los pliegues. Así, el pliegue cuyo eje pasa al Norte de Cubells, al Sur de Marcoban, por Tudela y al Sur de Cepo, es difícil de apreciar si es continuación del de Vilanova la Aguda, y el que pasa por Almenara y Bellmunt, si lo es del de Torá.

Se deduce de lo expuesto que los pliegues no siguen la línea recta, sino que forman una curva cuya parte cóncava mira al Norte; que no son paralelos, aunque todos ellos tienen tendencia a serlo y, por último, que además de estos pliegues principales hay otros en dirección Norte-Sur, que determinan en los primeros cierto bombeo a modo de cúpulas, como se puede apreciar en Santas Creus y en Cardona, y que hacen el efecto como si el eje de los anticlinales principales formara otro pliegue cuyas ramas buzaran también a distinto lado. Claro es que en el sitio donde se forman estas cúpulas se aproxima a la superioridad. En Cardona, Vilanova la Aguda, Matamargot, ocurre esto. Lo de Suria es fenómeno más complicado, pues como hemos explicado en trabajo anterior, la falla del Tordell intervino también para producir casi el afloramiento de la sal que originó el descubrimiento de la cuenca potásica.

### **Trabajos de investigación realizados.**

El Sindicato Franco-Belga ha realizado en término de Suria once sondeos profundos que arrojan mucha luz sobre la importancia del criadero potásico. En el momento de nuestra última visita estaban ejecutando el duodécimo, y piensan perforar algunos más,

con objeto de conocer bien la marcha del criadero en profundidad y poder instalar los pozos maestros en el sitio conveniente para llevar a cabo una explotación conforme a las reglas de un buen laboreo.

El *sondeo número 1* estuvo emplazado en la mina *Saladita*, en sitio próximo al río Cardoner y a la casa Salf. Alcanzó una profundidad de 370 metros, y cortó una capa de sales potásicas mezclada con sal común.

El *sondeo número 2* se halla situado también junto al río, cerca del pueblo de Suria, en la mina *Roumanie*. Encontró también una importante capa potásica.

El *sondeo número 3* se situó en la mina *Saladita*, junto a la casa Regnant. Alcanzó una hondura de 400 metros. La capa de sal potásica, mezclada como siempre con sal común, tuvo aquí gran espesor.

El *sondeo número 4* está también en la mina *Saladita*, a 300 metros al Oeste del río Cardoner. Llegó a la profundidad de 590 metros. El criadero tuvo allí su ancho normal.

El *sondeo número 5* se halla enclavado en la mina *Gersoise*, junto al río, e inmediato a la fábrica de Caballé, y cerca del pueblo de Callús. Se atravesó todo el terreno lacustre, llegando a las calizas marinas, que forman el fondo de la cuenca. Tuvo una profundidad de 651 metros, y aunque en la zona salina se atravesaron algunas vetillas y nódulos de carnalita, no se puede considerar al manto potásico como explotable en aquella zona.

El *sondeo número 6* se halla situado en la mina *Sagazán*, junto al río, y próximo a la casa La Pobra. Se cortaron las sales potásicas a bastante profundidad. Presentó una sucesión de estratos normal y atravesó todo el manto salino, llegando a las calizas de la base. En total tuvo una profundidad de 880 metros.

El *sondeo número 7* se situó en la mina *Resguardo*, junto al río y junto a la fábrica Giró. También se encontró profunda la sal, y también alcanzó gran hondura, 870 metros. Se cortó el criadero en buenas condiciones.

El *sondeo número 8* se halla situado en la mina *Sagazán*, a 130

metros al Este del río Cardoner, junto a la falla del Tordell. La sal se cortó profunda y presentó la particularidad de que se cortaron dos capas de sal potásica, separadas por 100 metros de sal común. La de arriba, mucho más importante. El sondeo alcanzó una profundidad de 650 metros.

El sondeo número 9 se emplazó en la mina *Sagazán*, a un kilómetro al Oeste del río Cardoner, y junto a la casa de Torres. Se cortó la sal potásica con el mismo espesor y a la misma profundidad próximamente que en el anterior sondeo. Detalle muy significativo, por hallarse ambos equidistantes y a distintas orillas del río Cardoner.

El sondeo número 10 es el único en la rama Norte del anticlinal. Se emplazó al Noroeste y cerca del pueblo de Suria, inmediato a la carretera y en una curva rápida de ésta. Cortó abundante sal potásica.

El sondeo número 11 se ejecutó al Norte y en sitio próximo a la carretera de Suria a Balsareny, como a unos tres kilómetros al Este del empalme de la carretera con la general de Manresa a Cardona. Se empezó en el tramo de las areniscas y margas rojas de la rama Sur del anticlinal, y como a unos 600 metros del eje. Tuvo una profundidad superior a 1.000 metros y cortó la sal potásica.

El sondeo número 12 (1) está separado unos 200 metros de la carretera de Suria a Cardona en el lugar denominado Polá Nuevo. Está empezado en las margas y areniscas rojas, en la rama Norte del anticlinal, lo que le da un interés muy particular. Está muy distante del eje, y, por consiguiente, tiene que ser muy profundo. En nuestra última visita no estaba más que comenzado.

Además de estos sondeos, en nuestro primer trabajo está descrito con todo detalle el pozo y galería que fueron las primeras labores ejecutadas y los sondeos poco profundos realizados por aquel entonces.

(1) Posteriormente, este sondeo fué realizado, habiendo encontrado la sal a gran profundidad. La Sociedad Solvay ha empezado la perforación del pozo maestro con siete metros de diámetro interior en la proximidad del pueblo de Suria, y tenía a fin de Septiembre unos 40 metros.

Del estudio comparativo de estos trabajos de investigación se deduce que la dirección y buzamiento de los estratos varía mucho de unos sitios a otros, como si además de los trastornos tectónicos amplios, existieran otros locales, tal vez debidos a formación de yesos y hundimientos parciales ocurridos en otro tiempo por disolución de sales y transportes de éstas de unos sitios a otros. Sin embargo, parecen demostrar los sondeos que la capa salina en grandes líneas sigue los grandes accidentes claramente definidos en la superficie. Así resulta que al anticlinal de Suria y falla de Tordell corresponden las profundidades menores para cortar la sal; que en el sondeo número 6 la hondura a la que se cortó la sal fué la mayor, debido a estar situado en el sinclinal comprendido entre los anticlinales de Suria y Callús, y que el sondeo de este último sitio cortó la sal a menor profundidad que en el 6, pero a bastante más en Suria, porque el anticlinal es mucho menos violento. Parece también desprenderse de las investigaciones realizadas que la capa, a partir del río que sigue una dirección Norte-Sur aproximada, presenta un ligero buzamiento hacia Levante y Poniente. Hacia el Este está comprobado por el sondeo número 8, y hacia el Oeste por el número 4, y por el de Samis efectuado por otra Compañía.

Tampoco la naturaleza y espesor de los terrenos atravesados es el mismo en los diferentes sondeos; por el contrario, varía mucho de unos a otros. A grandes rasgos se puede decir que primeramente se corta unas margas y areniscas rojizas y calizas grises. En muchos sondeos no han sido cortados por haberse comenzado el sondeo debajo de este tramo. El espesor es de unos 200 a 300 metros, término medio. Luego se corta el tramo de las margas con yesos y anhidritas grises azuladas, apareciendo algunas manifestaciones salinas. Hay también algún pequeño tramo de caliza. Este tramo en Suria tiene unos 150 a 200 metros. Luego aparecen las margas saladas con anhidrita con banquitos de sal común, y a medida que la profundidad es mayor, los tramos de sal son más frecuentes y de más espesor y presentan coloraciones diversas, muchas veces roja. Es frecuente también que aparezcan algunos

tramos de arenisca con hidrocarburos. Tiene este tramo salino un espesor de unos 100 metros. Después aparece la zona potásica, constituida por capas alternantes de muy diverso espesor, formadas unas por sal común gris y roja, mezcladas con sal en una proporción media del 50 por 100 de cada una.

Es muy interesante una particularidad que suele presentar esta zona, y es que en la parte alta, con un 60 por 100 del espesor del total, está constituida la sal potásica por carnalita muy mezclada con sal común, y que en la parte baja de la zona la sal potásica es silvina en capas bastante puras de uno a tres metros de potencia, aunque la cantidad existente de potasa sea menor que en la parte superior del manto.

Los sondeos después atraviesan un tramo de sal gris casi pura con pequeñísimas intercalaciones de anhidritas y margas de unos 200 metros de espesor, y en un sondeo se cortó un segundo manto salino conteniendo sal potásica y presentando las mismas particularidades que el principal, que ya hemos descripto. Después se corta un pequeño banco de anhidrita de 0 a 10 metros de potencia y que se la puede considerar con un espesor medio de tres metros, y por último, se cortó una caliza azulada marina fosilífera, de la que ya hemos hablado. En el sondeo número 6 se cortaron toda esta sucesión de tramos muy bien, no hallándose más que un manto potásico.

Resulta, por tanto, que con los sondeos del Sindicato Franco-Belga se ha reconocido una zona de unos 10 kilómetros cuadrados, que han puesto de manifiesto la existencia de una importante capa potásica a profundidad explotable. La terminación del manto potásico al Sur, por el resultado negativo del de Samis ya citado, nos hacen ratificar en la idea que emitimos en nuestro primer trabajo, de que las sales potásicas no se presentan de un modo continuo en Cataluña, sino en concentraciones que tienen, sin embargo, un gran valor industrial por sus grandes dimensiones y excepcional riqueza; concentraciones que fueron motivadas por enriquecimientos secundarios, ligados con accidentes geológicos o por simple traslación de las sales a consecuencia de diferencias de densidad en las aguas.

La Sociedad Española Fodina ha realizado importantes trabajos de investigación y tiene en marcha al mismo tiempo dos trenes de sondeo. Ha realizado hasta el día cinco sondeos importantes, muy separados unos de otros, y está ejecutando otros dos.

El de Samis estaba emplazado en la mina *Alpha*, cerca del pueblo de Samis, sobre la rama Norte del anticlinal de Suria. Alcanzó 729 metros de profundidad. En este sondeo se cortó un tramo de areniscas algo calcáreas de un espesor de más de 600 metros. Las areniscas presentan varios colores, predominando el color gris, aunque con frecuencia son abigarradas. Alternan con ellas margas sabulosas de varios colores, preferentemente rojas. Las margas se presentan con más frecuencia en la parte honda. Es infrayacente a este tramo, otro constituido por margas con anhidrita y yesos con algunos lechos salinos, entre ellos uno de carnalita de 0,70 metros de espesor, cortado a 654 metros de hondura. El sondeo se suspendió en este tramo. No parece que se llegó aún al banco grande de sal, y por consiguiente, es posible que existiesen algunos bancos más de carnalita. Este sondeo, aunque industrialmente haya tenido un resultado negativo, no se puede considerar como concluyente para afirmar que no exista en profundidad sal potásica. El haberlo comenzado en la rama Norte del anticlinal y haber tenido que atravesar muchos más terrenos que en el eje del anticlinal, juntamente con estar precisamente emplazado el sondeo en uno de los hoyos a que nos hemos referido al describir la marcha de los anticlinales, ha sido causa de que la sal se encuentre a gran profundidad.

El sondeo de Boxadors está situado en la mina *Xi*, cerca del pueblo de Boxadors y casi en el eje del anticlinal de Suria. Se llegó a una profundidad de 861 metros. Primeramente se cortó el tramo de las areniscas grises alternantes con margas en un espesor de 125 metros. Luego se presentaron las margas con yesos, anhidrita, arcilla y algunos banquitos de sal hasta los 690 metros. Aunque desde esta hondura para abajo se consiguieron cortando los mismos materiales, varía mucho la proporción relativa de ellos, presentándose, sin embargo, como predominante, la sal común.

Se suspendió el sondeo en un banco de margas y anhidritas. Aunque, a nuestro juicio, este sondeo parece demostrar que no hay sal potásica explotable, sin embargo no se llegó a la suficiente hondura ni se paró en capas geológicas que confirmen de un modo absoluto tal apreciación. Dificultades técnicas en la ejecución del sondeo, agravadas por la presencia de abundante agua a 128 metros de profundidad, o sea en el contacto del tramo de las areniscas con los yesos, hicieron también que se suspendiera el sondeo antes de lo que hubiera sido el deseo de los sondeadores.

El sondeo de Sanahuja está emplazado en la mina *Omikron*, en el sitio inmediato a la carretera de Calaf a Pons y como a 1.200 metros al Sur-Sudeste del pueblo de Sanahuja. Está enclavado en el anticlinal ancho que determina el curso del río Llobregós. Se comenzó en los yesos con margas y anhidrita, y al principio algún pequeño lecho de arenisca. Tenía un espesor este tramo de unos 200 metros. Infrayacente a él se presentó un tramo de sal común con yesos y margas, que siguió en toda su hendidura, aunque predominando la sal.

La sociedad Fodina ha hecho un cuarto sondeo inedito al pueblo de Vilanova la Aguda, en la mina *Pi*, en el eje del anticlinal de Vilanova. Tuvo éxito satisfactorio y se llegó a la profundidad de 737 metros. Se comenzó este sondeo en los yesos con alternancias de arcillas rojas y algún pequeño banco de arenisca, margas y anhidrita, y con estos materiales un poco salinos se llegó a la profundidad de 288 metros. Debajo se cortó ya algún banco de sal ancho y a los 303 metros se cortó el manto potásico, pero presentándose los estratos con un buzamiento de 50°, lo que disminuye el espesor real de la capa. Por bajo de la sal potásica se cortó el tramo salino impuro hasta los 654 metros que apareció otro manto potásico. El tramo entre las dos capas potásicas es de 339 metros y está constituido por sal común blanca con algunas intercalaciones margosas y de anhidrita. Infrayacente a la capa potásica inferior se cortó la sal común pura, y llevando cortados 53 metros de este banco se suspendió el sondeo.

La sal cortada es bastante pura, y nos han hecho observar que la sal potásica, aunque con mucho parecido a la carnalita, no tiene exactamente la composición química, estando substituida el agua de constitución por cloruro sódico. Según el Sr. Muller, a quien tantas atenciones debemos, la sal potásica está constituida por los tres cloruros: potásico, sódico y magnésico, con algo de sulfato cálcico, un poco de agua y un pequeño residuo insoluble.

La sociedad Fodina realizó otro sondeo sobre el mismo anticlinal de Vilanova la Aguda, casi en el eje, sobre la mina *Pi*, y a un kilómetro a Levante del anterior. La sal se cortó un poco más profunda que en el anterior sondeo, pero también con bastante potencia. Está inmediato a este sondeo la antigua salina *Maria*, que ya describimos en nuestro anterior trabajo, y cuyas aguas encierran una fuerte proporción de sal potásica.

Otros dos sondeos tiene también comenzados esta Sociedad: uno al Oeste del pueblo y como a unos dos kilómetros del empalme de la carretera de Calaf a Pons en el ramal del pueblo de Vilanova la Aguda, y el otro a un kilómetro al Oeste del ejecutado en sitio próximo a la mina *Maria*.

La Sociedad general de Industria y Comercio ha empezado a realizar tres pozos maestros en las inmediaciones de las salinas de Cardona, que han encontrado para su ejecución grandes dificultades a causa de la abundancia de agua. Se han perforado dos pozos en la mina *Manuela* y uno en la mina *Nieves*, y se han hecho grandes instalaciones eléctricas para continuar la ejecución de los pozos, y que demuestran la gran fe de la Sociedad en que encima de la sal blanca de Cardona se ha de cortar un importante yacimiento potásico, como parece indicarlo las aguas tan cargadas de potasa que circulan por el arroyo en donde están enclavadas las antiguas salinas, y las vetas y nódulos de sal potásica, principalmente silvinita, halladas en la montaña roja situada encima de la sal blanca.

Las tres Sociedades que hasta ahora han realizado trabajos, a pesar de las dificultades creadas por la actual guerra, merecen distinción muy honrosa, que sentimos no poder hacer extensiva a



las otras Sociedades que tienen concesiones importantes sobre la cuenca potásica de Barcelona a Lérida, y que no sólo hasta ahora no han realizado investigación alguna, sino que no se nota ningún indicio por el que se deduzca que piensan variar de conducta.

A los Directores, Ingenieros y empleados de las sociedades Franco-Belga, Fodina e Industria y Comercio les debemos profundo agradecimiento por las atenciones que con nosotros han tenido y por el buen deseo que han puesto en facilitarnos los datos de sus trabajos de investigación, haciéndose perfectamente cargo de cuáles son sus deberes con el Estado, a quien en todo momento tienen obligación de ayudar.

### **Emplazamiento de los sondeos.**

Para fijar la situación de los sondeos para investigar la cuenca potásica de Cataluña es preciso no sólo tener en cuenta los fines industriales que se persiguen con su ejecución, sino también las condiciones geológicas y topográficas de la zona, con objeto de que los sondeos que se ejecuten investiguen el criadero en condiciones económicamente explotables.

Atendiendo a consideraciones industriales, indudablemente debemos situar los sondeos en aquellos sitios donde sea más probable el hallazgo de las sales potásicas, y con este solo objeto hemos proyectado alguno de los sondeos.

Pero el Estado, al ejecutar por su cuenta investigaciones en Cataluña, debe también estudiar toda la cuenca oligocena donde sea posible el hallazgo de sales potásicas, con objeto de aprovechar debidamente la riqueza que encierre, investigando todos los anticlinales y procurando repartir los sondeos en toda la extensión de la cuenca. Tiempo habrá, si el éxito acompaña a alguno de los sondeos, de ejecutar mayor número de éstos en la zona en donde se hubieran encontrado las concentraciones de sal potásica, con objeto de poder determinar la forma y dimensiones de la masa hallada y poder fijar su sistema y modo de explotación.

Son muy importantes las condiciones geológicas que debe reunir el sitio elegido para situar un sondeo. Desde luego los anticlinales, como repetidamente hemos manifestado, han motivado que se aproxime la sal potásica a la superficie del suelo y en algún caso, como en Cardona y en Suria, que aflore. Por consiguiente el colocar los sondeos en los anticlinales o en sitios próximos a ellos traerá consigo disminución en la profundidad del sondeo. Esta consideración ha motivado que casi todo el terreno ocupado por los ejes de estos accidentes geológicos y el inmediato a ellos fuera solicitado por las Compañías particulares, antes que el Estado se reservara la zona que hoy posee según el Real decreto de 1.º de Octubre de 1914.

Los bancos en la proximidad de los anticlinales se levantan mucho llegando a inclinaciones de 70° y más; pero a medida que los estratos se van alejando del eje, la inclinación varía, llegando a ser de 10° en las inmediaciones de los sinclinales; se puede considerar una inclinación media de 15°, y esto implica el que, suponiendo idéntica cota a dos sitios elegidos para sondeos, uno en el mismo eje, y otro a un kilómetro de él, resulte un aumento en la profundidad del taladro del segundo comparado con el del primero, de unos 265 metros, y que en los sinclinales comprendidos entre los anticlinales de Cardona y Suria o de este último y Callús, los sondeos tengan que alcanzar, atendiendo sólo a la consideración que nos ocupa, profundidades de 800 metros más que en los ejes; lo que equivale en la mayoría de los casos (en los que la sal se encuentre a 400 y más metros de profundidad en los anticlinales) el que se halle el criadero en los sinclinales a honduras difícilmente explotables. Sólo en la región de Suria y Cardona, en que la sal aflora a la superficie se puede encontrar a ésta, en los sinclinales, a profundidades convenientes para un económico arranque.

Otra ventaja muy importante presenta también el ejecutar los sondeos en la proximidad de los ejes de los anticlinales, y es que las concentraciones de sal potásica parecen tener relación con estos accidentes. En los sondeos ejecutados en la zona de Suria

se ha podido comprobar una disminución de la riqueza de la sal potásica a medida que ésta se halla más distante del pueblo de Suria, atravesado por el eje del anticlinal.

El sinclinal comprendido entre los pliegues de Cardona y Vilanova la Aguda presenta la sal a una mayor profundidad, puesto que la distancia de los ejes de los anticlinales es mucho mayor que la que existe entre los de Suria y Cardona, y las capas se las pueda considerar con iguales inclinaciones.

Demostrada la importancia grande de aproximar los sondeos lo más posible a los ejes anticlinales, se comprenderá perfectamente las razones que nos han llevado a situarlos en los huecos que han dejado sin solicitar los particulares, bien sea en los ejes de los anticlinales, o en sitios próximos a ellos.

Ya hemos indicado que existen además otros pliegues normales a los anticlinales principales, que tienen mucha importancia para fijar la situación de los sondeos, por producir en los estratos la formación de cúpulas y hoyas. Un sondeo ejecutado en una de estas cúpulas necesitaría mucha menos profundidad que otro ejecutado en una hoya a igualdad de las otras condiciones. Creemos que sólo por esta causa puede haber variaciones en la profundidad de los sondeos de 300 y 400 metros. Cúpulas muy claras dieron origen al afloramiento de la sal en Cardona y Suria, y hoyas muy marcadas se ven en el alto de la carretera de Suria a Balsasareny y al Este de Cardona.

Por último, es muy interesante observar las manifestaciones salinas que existen en la región, como son el examen de los manantiales, determinando si llevan sales potásicas en disolución, el estudio de las eflorescencias, etc., etc.

Las condiciones topográficas de la región también hay que tenerlas muy en cuenta al fijar la situación de los sondeos. Es muy importante para ahorrar longitud de sondeo que la cota sea lo más baja posible, procurando colocar el sondeo en la proximidad de los barrancos.

La topografía está íntimamente relacionada con la geología, y así resulta que los ejes de los anticlinales siguen generalmente el

curso de los ríos y barrancos, como en el río Llobregós, en el barranco de Vilanova, en el arroyo de Torá y otros. Esta consideración nos lleva nuevamente a procurar ejecutar los sondeos en la proximidad de los ejes de los pliegues anticlinales. La mayoría de los ejes de los sinclinales coinciden con las cumbres de las montañas; únicamente esto no es así, cuando los pliegues secundarios normales a los pliegues han motivado la formación de ríos o barrancos, como sucede con el río Cardoner que pasa por Suria y Cardona.

Es importante colocar el sondeo en la proximidad de ríos, arroyos o manantiales que faciliten el agua necesaria para la ejecución del sondeo.

Es preciso también elegir el sitio para el taladro en la proximidad de carreteras o de buenos caminos de carro para que sea fácil el transporte de la maquinaria de la sonda.

Hemos procurado, al elegir los sitios para sondeos que proponemos en el presente informe, en la medida de lo posible, cumplir con las condiciones industriales, geológicas y topográficas, que hemos enumerado anteriormente; sin embargo, en cada caso examinaremos las razones que nos han inducido a la elección del sitio.

**Sondeo número 1 de casa Botines.**—Este sondeo se piensa realizar en término municipal de Vilanova la Aguda, a un kilómetro al Sur 10° Este del pueblo de Vilanova la Aguda, como a unos 50 metros del barranco de Botines, en el espacio franco comprendido entre las concesiones *Pi*, *Llobregós III* y *Filadelfia*. Está representado en el plano general con el número 1.

**Condiciones industriales del sondeo.**—Este sondeo es propuesto atendiendo a que, por su proximidad a los sondeos efectuados con éxito en Vilanova la Aguda por la Sociedad Fodina y por las manifestaciones salinas abundantes, presenta muchas probabilidades de encontrar la sal potásica, y, por tanto, puede tener el Estado una riqueza positiva descubierta. Sin embargo, el éxito negativo del sondeo de Sanahuja y las variaciones en la riqueza del criadero que ha habido en los sondeos próximos

efectuados en Suria, hacen nacer dudas que es preciso disipar con la realización del sondeo. Además, conviene hacer presente que el sondeo no es sólo una labor de investigación, sino que es también de reconocimiento de las condiciones del criadero. Es decir, que después de haber tenido un éxito satisfactorio con un sondeo, es preciso realizar muchos en la misma región para determinar la forma y condiciones del criadero y adoptar después el sistema de explotación conveniente.

**Condiciones geológicas.**—Como en la zona en que el anticlinal está bien de manifiesto, su eje está comprendido dentro de las concesiones *Pi* y *Llobregós III*, no hemos podido situarnos en él, pero sí hemos procurado acercarle lo más posible, teniendo en cuenta la topografía. Lo hemos colocado en la rama Sur, afectado también por el anticlinal del Llobregós, aunque en menor escala, es decir, que se encuentra próximo a una de las cúpulas citadas anteriormente.

Teniendo en cuenta la diferencia de cota, el buzamiento de los estratos y la naturaleza de los terrenos cortados en el sondeo del pueblo de Vilanova la Aguda, creemos se debe encontrar la sal potásica a profundidades de unos 600 metros, siendo posible la existencia de una segunda capa a profundidad de unos 900 metros. En los 600 metros primeros creemos se deben cortar 200 a 300 metros de margas grises y rojizas con bancos de arenisca, 250 a 300 metros de margas con yesos, anhidrita y algún banco de arenisca, y unos 50 metros de margas salinas con pequeños bancos de sal, yeso y anhidrita, y, por último, se atravesará el tramo salino, que contendrá en la parte superior la sal potásica, si es que existe. Entre las dos capas potásicas, si las hubiera, los bancos que se atravesarían en el sondeo serían de sal común, con intercalaciones de margas y yesos, principalmente.

**Condiciones topográficas.**—El sondeo está próximo al arroyo de Botines, en una cota baja, con el agua suficiente en todo tiempo para las necesidades del sondeo y en la proximidad de un camino de carro bastante bueno que sale a la carretera de Calaf a Pons, distante 1 1/2 kilómetros del sitio elegido para el sondeo.

**Sondeo número 2 de Llardella.**—Proyectamos situarlo como a cinco kilómetros al Oeste de las salinas de Cardona, a 525 metros al Oeste de la casa El Ratera de Bargús, próximo a un barranco, y en el espacio franco comprendido entre las minas *Alpha*, *5.ª Nueva Cardona*, *7.ª Nueva Cardona*, *3.ª Nueva Cardona*, *Nueva Cardona III*, *Nueva Cardona* y *Pinós I*.

**Condiciones industriales.**—Este sondeo tiene por objeto investigar la zona de Cardona en las proximidades de este pueblo. Los trabajos emprendidos hasta el presente por la Sociedad general de Industria y Comercio, por pozos, no han podido llegar aún a los bancos salinos; así que no hay más datos posibles positivos sobre la riqueza potásica de la zona, atravesada por el importante anticlinal nombrado de Cardona que el hallazgo de sal potásica en la Montaña Roja, situada inmediata a las famosas salinas. La importancia que tendría para la riqueza nacional el descubrimiento de sal potásica en esa zona nos ha inducido a proyectar este sondeo.

**Condiciones geológicas.**—Aprovechando un espacio franco importante existente próximo a la divisoria de las provincias de Barcelona y Lérida, proyectamos el sondeo en el mismo anticlinal, cuyo eje sigue aproximadamente la dirección del barranco. En esta zona del anticlinal se le observa perfectamente, y en Cardona y Matamargot forma las cúpulas a que antes nos hemos referido. Nuestro sondeo se halla más cerca de la cúpula de Matamargot que de la hoya comprendida entre las dos citadas cúpulas. Teniendo en cuenta la diferencia de nivel entre las salinas de Cardona y el sitio donde situamos el sondeo, creemos que debemos cortar el manto salino como a unos 500 o 600 metros, y que lo empezaremos en el tramo de las areniscas rojas, teniendo que atravesar el de las margas rojas y grises y el de los yesos, que en los últimos metros se hace salino.

**Condiciones topográficas.**—No son todo lo buenas que fuera de desear, pero la importancia que para la riqueza nacional tendría obtener un éxito satisfactorio en la ejecución de este sondeo, nos mueve a proyectarlo; el agua en verano será difícil obte-

nerla, como no sea con un pequeño embalse, pero en invierno la debe haber suficiente. El camino de carro de Cardona a Pinós se encuentra un poco distante, lo que obligaría a la construcción de un camino de unos dos kilómetros.

**Sondeo número 3 de casa del Marqués.**—Lo situamos como a unos 200 metros al Este de la casa del Marqués. Se halla próximo al pueblo de Castellfullit e inmediato al río Llobregós, en el espacio comprendido entre las minas *Llobregós IV*, *Llobregós I*, *Llobregós II*, *Pinós II*, *Sampasalás* y *Sampasalás III*.

**Condiciones industriales.**—Con este sondeo se persigue la investigación del anticlinal de Suria en su parte occidental. El sondeo realizado por la Sociedad Fodina en Boxadors, a 10 kilómetros al Este próximamente del que proyectamos, no arrojó toda la luz que fuera de desear acerca de la naturaleza del manto salino que se cortó, por no haber acabado de atravesarlo y quedar siempre la duda de si a profundidades mayores existirá algún banco potásico. Con el sondeo de casa del Marqués es preciso atravesar todo el manto salino para verificar si existe o no concentración potásica en la parte occidental del anticlinal de Suria.

Además, la gran distancia que existe entre el emplazamiento de los dos sondeos justifica la ejecución del que proyectamos, porque muy bien puede suceder que, aun no existiendo sal potásica en Boxadors, exista en casa del Marqués, en donde existen razones geológicas y topográficas muy interesantes que aconsejan la realización de este sondeo.

**Condiciones geológicas.**—El lugar elegido para este sondeo se encuentra en el mismo eje del anticlinal de Suria, próximo al recodo que presenta este accidente geológico en las inmediaciones del pueblo de Castellfullit. Se empezará su perforación en los yesos, que en las márgenes del río Llobregós adquieren un gran desarrollo. Considerando que sólo una parte de este tramo tendríamos que atravesarlo con el taladro, y teniendo en cuenta la naturaleza y espesores de los bancos atravesados en el sondeo de Boxadors, creemos que el manto salino se debe cortar a profundidades de 200 a 300 metros; pero, como ya se ha indicado anteriormente, el

sondeo se debe prolongar hasta cortar todos los bancos con sal, así que habrá que llegar a gran profundidad, puede ser que cerca del kilómetro.

La proximidad a casa del Marqués del manantial de Sampasalás, cuyas aguas llevan en disolución sales potásicas, es consideración que hemos tenido en cuenta al aconsejar este sondeo.

**Condiciones topográficas.**—El sitio donde situamos este sondeo está inmediato al río Llobregós, de donde se deduce que hemos de tener toda el agua necesaria para la ejecución del taladro.

La casa del Marqués está a unos 400 metros de la carretera de Calaf a Pons, y existe un buen camino de carro que comunica a una con otra, de modo que los transportes de la maquinaria han de ser fáciles.

Por último, el lugar del emplazamiento del sondeo tiene cota baja, puesto que está situado en el mismo valle del Llobregós.

**Sondeo número 4 de casa de Vila.**—Lo proyectamos situar como a 550 metros al Este 40° Norte de la casa de Vila, término de Balsareny. Al Sur del sondeo, el espacio es franco en bastantes kilómetros. Por el Norte y Oeste son próximas al sitio del sondeo las minas *Silvina* y *Sallent*, respectivamente. Es próxima por el Nordeste la mina *Luis*.

**Condiciones industriales.**—Hemos considerado al proyectar este sondeo la importancia que tendría para el Estado el hallazgo de sales potásicas en la parte oriental del anticlinal de Suria. En primer lugar, por reconocer una zona hasta ahora nada investigada y que presenta muy marcado el pliegue anticlinal, y además porque en esa zona tiene el Estado reservadas grandes extensiones de terreno. Así que, de tener éxito satisfactorio el sondeo que proyectamos, que reúne buenas condiciones geológicas, como después veremos, convendría hacer después otro sondeo al Este de la mina *Luis*, por las inmediaciones de la casa de Pose.

**Condiciones geológicas.**—Ya hemos indicado que el anticlinal de Suria se le aprecia perfectamente en el terreno, en su cruce con la carretera de Manresa a Berga y en el río Llobregat,

después sigue por la casa de Mas y Nova por un valle, en donde se hallan situadas esas casas, siendo difícil de seguirle al Este de la Abayá de Abás. En las proximidades de la casa de Culladas se ven los bancos fosilíferos lacustres, que también hemos visto en Suria. Fuera de las concesiones particulares, hemos procurado elegir el sitio en aceptables condiciones topográficas y lo más próximo posible al eje del anticlinal en la zona donde éste es claramente perceptible. El sondeo lo proyectamos ejecutar en la rama Sur del anticlinal. Atendiendo a su posición y a su cota, tendría que ser un sondeo bastante profundo. Creemos que cortaría el manto salino a honduras de 600 a 700 metros. Se cortarían primeramente los bancos de margas y areniscas rojas. Se hallarán infrayacentes las margas con yesos y anhidritas, apareciendo algún banco calizo y en la base algunas manifestaciones salinas. Luego principiarán a aparecer las capas salinas, y, por último, los grandes bancos de sal, y en la parte alta, la sal potásica, si la hubiera. Esta sucesión de estratos es la que ha aparecido en casi todos los sondeos hasta ahora realizados, con la particularidad que, en la zona de Suria, que es la más próxima al sitio donde proyectamos este sondeo, se encuentran algunos bancos calizos.

Con el sondeo se debe perforar todos los bancos salinos y llegar a las margas fosilíferas marinas que hemos supuesto eocenas y que consideramos como el *substratum* de la cuenca oligocena salina que tratamos de investigar. Esto representa llegar a profundidades de un kilómetro o más.

**Condiciones topográficas.**—Este sondeo, como ya hemos indicado, se precisa comenzar en una cota alta, con relación al río Llobregat, por estar obligados a situarlo dentro de la zona reservada por el Estado, aunque hemos procurado elegir uno de los sitios más bajos.

El agua es escasa, pero existen en las inmediaciones del sondeo norias con agua abundante que pueden proporcionarla para las necesidades del sondeo. Está inmediata al lugar designado para el sondeo la carretera que va de Balsareny a Aviñó.

**Sondeo número 5, de Torá.**—El sondeo de Torá se pro-

yecta ejecutar a 1.130 metros al Nordeste de la iglesia de Torá, en términos de este pueblo, próximo a un barranco, y en el espacio reservado por el Estado al Norte de la mina *Llobregós II*. Tiene próximas por Levante y Poniente, respectivamente, las minas *Sellés* y *Omikrón*.

**Condiciones industriales.**—Al proyectar este sondeo se persigue la idea de investigar el anticlinal de Cardona en su parte occidental. Con los dos sondeos que proyectamos sobre este anticlinal y con los trabajos que está realizando la Sociedad General de Industria y Comercio quedará reconocido este pliegue importante desde Cardona a su terminación occidental. Una vez realizados estos trabajos y según las deducciones que de ellos se hayan podido sacar, se verá si conviene ejecutar otros sondeos intermedios o alguno a Levante de Cardona, en la zona en donde el anticlinal pierde violencia y se convierte en una ligera ondulación muy poco perceptible en el terreno.

**Condiciones geológicas.**—Según el croquis adjunto, se puede apreciar que el sondeo se proyecta realizar en la rama Norte del anticlinal de Cardona y próximo a su unión con el anticlinal de Llobregós y algo afectado por él.

En el barranco de Torá hacen su aparición los yesos, pero en el de Fontanet hay que comenzar el sondeo en las margas y areniscas rojas, aunque sea pequeño el espesor de estos bancos que es preciso atravesar. El barranco de Torá está comprendido dentro de la mina *Llobregós II*. Por tanto, el sondeo que proyectamos en Torá tendrá una profundidad un poco mayor que el de casa del Marqués y se deben atravesar análogos bancos. Hay que proseguir el sondeo hasta que desaparezcan todas las manifestaciones salinas.

**Condiciones topográficas.**—Este sondeo presenta la cota bastante baja y tiene agua en sus proximidades. Por el pueblo de Torá pasa la carretera que va de Calaf a Pons.

### **Ayuda que deben prestar al Estado los dueños de concesiones de sales potásicas en la ejecución de sondeos.**

El plan inicial de sondeos que se propone en este informe (al cual deben seguir otros proponiendo análogas investigaciones), debe ser ejecutado por el Estado en los sitios indicados; mas como quiera que los datos que se obtengan, aparte del interés general que encierran, han de ser muy beneficiosos a los dueños de las concesiones particulares limítrofes, nada más justo que que éstos contribuyan en cada caso especial a los gastos de perforación propiamente dichos. No sabemos, sin embargo, hasta qué punto la Administración pueda imponer este gravamen a esos concesionarios, toda vez que la situación de los sondeos en proyecto se elige con vistas, muy principalmente, al reconocimiento de las zonas reservadas al Estado, y a raíz de haberse gravado esas concesiones con condiciones especiales de pueblo y limitación en la libre disposición de los productos; pero de todos modos podría declararse potestativo para esos concesionarios limítrofes, la cooperación en los gastos de investigación, supeditando en lo posible el orden y, en general, el plan de ejecución de los trabajos a la ayuda que presten las sociedades particulares.

A este fin, y por si el Estado juzgara acertado el proponer esa cooperación, conviene orientarse respecto a la norma que habría de aceptarse, para la distribución equitativa de los gastos de un sondeo entre el Estado y los diversos concesionarios de las minas a que ese trabajo de investigación afectase. Y aun cuando esta distribución, para ser equitativa, no pueda fundarse en bases enteramente indiscutibles y matemáticas, cabe, sí, tratar de establecerlo, conforme a una fórmula que se apoye en características relacionadas con la situación topográfica de cada concesión, respecto al sondeo y a los accidentes geológicos y del provecho industrial que, en conjunto, pueden obtener los concesionarios.

Ante todo, y siendo actualmente corriente para trabajos de

sondeos hechos por particulares, el auxilio del Estado hasta un 50 por 100 de su gasto total, es natural que, en el caso de la proyectada investigación en la cuenca catalana y en terrenos del Estado, corra la Administración con el importe de la mitad de los gastos de perforación, a más de los generales que absorban la inspección y estudios llevados a cabo por su personal técnico. Con arreglo a este criterio debe distribuirse entre los concesionarios limítrofes una participación en los gastos de la perforación que puede llegar al 50 por 100, o podrá, en ciertos casos, ser inferior a ese límite, si la superficie afectada por el Estado es mayor que la suma de las superficies afectadas en las concesiones particulares. Habrá que fijar, por lo tanto, en cada sondeo y como base previa, esta relación entre la superficie reservada al Estado y la suma de las análogas de particulares que estén comprendidas dentro de un cierto círculo de afectación descripto, tomando el sitio del sondeo como centro, y con un radio cuya longitud convendrá fijar con arreglo a ciertas características geológicas, fundamentales de la cuenca catalana.

Terminada así la cooperación total, procede fijar la base para su distribución, o, en otras palabras, la cooperación parcial potestativa de cada concesión.

Entienden los que subscriben que esta participación debe depender en primer lugar de la situación topográfica, respecto al sondeo, o característica geométrica, digámoslo así; pero además habrá que tener en cuenta otras características fundadas en las especiales circunstancias geológicas o industriales que concurren en cada concesión.

Las características geológicas son difíciles de apreciar en la mayoría de los casos, y dependen también de la distribución de la riqueza de las sales potásicas en el manto salino. Pero si se admite la hipótesis que se ha sustentado desde un principio por los que este informe subscriben, de un enriquecimiento del criadero en las partes cercanas de los anticlinales por depósitos secundarios ocasionados por el traslado interior de las sales potásicas, y además si se considera que cualquier dato de explotabilidad del manto

adquirido por un sondeo, en lo que se refiere a la riqueza del criadero, tiene tanto valor industrial cuanto más cercana a la superficie se encuentra la porción del manto reconocido en cada concesión, justo será admitir que los concesionarios, a más de la parte con que deben contribuir a una investigación mancomunada por su situación topográfica, deben hacerlo también con una cuota adicional en el caso de que la atravesase un anticlinal cuya rama sea objeto de reconocimiento por el sondeo que se considera.

Otras razones geológicas e industriales hemos tenido también en cuenta en cada caso para la distribución que hemos propuesto a la Superioridad de los gastos de sondeos.

Fundándose en estas consideraciones, parece equitativo distribuir la mayor parte de la cooperación total, atendiendo a las características geométricas de las concesiones, y el resto, la menor parte, atendiendo a las cuestiones geológicas e industriales; puede admitirse, por ejemplo, una distribución del 80 por 100 de la participación total de particulares según la situación topográfica, y reservar el 20 por 100 para participación extraordinaria y adicional por diferentes causas.

La cuota o participación topográfica, partiendo del círculo de afectación de un sondeo, a que queda hecha ya referencia, es natural que sea proporcional a la superficie de cada concesión, encerrada en el círculo de afectación. Pero, por otra parte, una misma superficie será afectada de un modo más o menos intenso, según su distancia al sondeo, o, mejor dicho, según la distancia de éste al centro de gravedad del sector afectado. Por lo tanto, se podrá regular la relación entre las cooperaciones por situación topográfica de las diferentes concesiones afectadas en un sondeo, por una fórmula extremadamente sencilla, representada por una fracción cuyo numerador sea la superficie del terreno afectado, y el denominador la distancia de su centro de gravedad al sondeo. Conocidas así las relaciones entre las cooperaciones parciales y la suma de todas ellas (basada en la relación de la superficie total de sectores y la reservada al Estado dentro del círculo de influencia) es fácil calcular la ayuda parcial por situa-

ción topográfica que puede proponerse a los concesionarios en cada caso.

Para todos estos cálculos, precisase ante todo determinar el diámetro del círculo de influencia; dato que depende casi exclusivamente de las características de la cuenca, y que parece racional sea aproximadamente igual al promedio de la distancia entre un anticlinal y su sinclinal correspondiente, es decir, a la mitad de la anchura de su pliegue, o en otras palabras, a la anchura de la rama del manto que se considere tomada normalmente al eje del anticlinal.

Parece racional adoptar este diámetro atendiendo a que los enriquecimientos secundarios (que después de todo son los que parecen hacer *explotables* esos criaderos) se producen por movimientos internos, y parece natural que los interesados en cada sondeo procedan de la misma vertiente geológica del manto, y no de otras ramas que pueden tener circulación separada e independiente.

Basados en estas condiciones, y otras de detalle que es ocioso enumerar, los que subscriben entienden que debe fijarse para el caso presente el radio de influencia o afectación en 1.500 metros, considerando que la distancia entre los anticlinales principales es de seis kilómetros aproximadamente.

De esta cifra se ha partido para los cálculos que han servido para determinar la participación con que cada Sociedad debe cooperar a la realización de cada sondeo (1).

### **Intervención del Estado en la investigación y explotación de sales potásicas.**

Es de innegable necesidad que el Estado inspeccione y regule de un modo indirecto la investigación y explotación de las sales

(1) Los planos del emplazamiento de los sondeos se hallan en el Instituto Geológico, y han sido ejecutados bajo nuestra dirección por el auxiliar facultativo del Instituto Geológico D. Rodrigo Varo, cooperando a las operaciones geodésicas los ingenieros D. Manuel Cincúnegui y D. Joaquín Mendizábal.

potásicas y ayude a que se obtenga de esta riqueza española el máximo de beneficio nacional; y a estos efectos, urge de un modo conminatorio el que se oriente y se organice esa ingerencia y se intensifique la investigación y preparación de la cuenca potásica, antes de que los mercados mundiales se normalicen por efecto de la deseada paz general.

No hay que perder de vista que, *fatalmente*, la creación de una gran industria de esta clase en Cataluña tiene que constituir de hecho un gran, y tal vez único, competidor, al Monopolio Alemán, aun cuando de ese gran Sindicato, por imposiciones de la paz general, tuviese que separarse algunas de sus minas que actualmente la integran; y esa competencia de las sales españolas puede ser más temible de lo que a primera vista parece, aun en el caso de que, técnicamente, los criaderos de Stassfurt sean prácticamente inagotables y susceptibles de una gran intensificación en la explotación.

El Monopolio Alemán, ya en 1911, al renovarse por una ley especial, que regirá hasta abril de 1930, tuvo momentos críticos, en los cuales algunas minas, las de mayor riqueza y capacidad, se separaron del Sindicato e hicieron ventas de productos en los Estados Unidos, a precios mucho más reducidos de los que se imponían por la Mancomunidad del Monopolio, compensando esta baja en el precio de venta, con la exención de tener que ceder sales de baja ley para el abono agrícola a los precios reducidos impuestos por el Estado.

Esta separación del Sindicato de algunas entidades, en pequeño número, pero de importancia, unida a la vida precaria que llegaron a soportar algunas minas de minerales pobres, que no podían compensar los beneficios reducidos del producto destinado a la Agricultura con los precios altos que adquieren las sales ricas destinadas en el país a la industria química, tuvo en Alemania gran resonancia, pues amenazaba hasta con desaparecer la nacionalización actual de esta industria minera especialísima. La libre competencia, la rotura del Sindicato, podría sí, tal vez, traer con el tiempo una mayor perfección en la explotación encaminada a

obtener una reducción del coste, pero podía producir y traería inevitablemente, no sólo un cataclismo financiero en las entidades que no gozaran de una parte especialmente rica de criadero, sino que una vez desprestigiadas esas zonas o cotos relativamente pobres, podrían éstos caer en manos de los que tuvieran los lotes privilegiados del criadero o indirectamente en manos extranjeras, convirtiendo el Monopolio Nacional en monopolio privado o des-nacionalizándolo.

Estas razones que el Estado alemán tenía en 1911 para evitar a todo trance cualquier competencia de sus criaderos potásicos, subsistirán después de la guerra, y aun con mayor intensidad, pues el consumo de sales se ha de seguir haciendo, en gran parte, en países en los cuales es de temer no se formalice fácilmente su comercio.

Es, pues, indiscutible que la cuenca catalana puede estar llamada a hacer un papel importantísimo en el mercado mundial de sales potásicas, entrando en lid como competidora del Monopolio actual; pero conviene, por lo mismo, que el Estado español no pierda de vista el enorme interés que pueda haber, por algunas entidades extranjeras, en que no se desarrolle esta industria nacional.

Por todas estas razones es llegado el momento de que la Superioridad no sólo ejecute trabajos de sondeo que contribuyan a la investigación de las zonas que se ha reservado, sino que intervenga en las que llevan a cabo los actuales concesionarios. Pero también procede que por la Superioridad se decreten los Reglamentos que no sólo han de fiscalizar las investigaciones que hagan los particulares, sino las explotaciones a que en su día den lugar las minas.

Todos estos Reglamentos deben inspirarse, sobre todo, en dos principios básicos. Por una parte, la necesidad del Estado de conocer en todo momento (aunque sin darle publicidad) los datos de los criaderos que se obtengan en las investigaciones privadas, lo cual implica la necesidad de cierta ingerencia del Gobierno en esas labores y la obligación en los concesionarios de participar a



la Superioridad los resultados de su investigación. Por otra parte, debido a la gran solubilidad, en agua, de las sales potásicas catalanas (casi exclusivamente carnalita y silvinita), la facilidad, por lo tanto, de que cualquiera irrupción de agua en el criadero empobrezca ciertas zonas del mismo, y hasta que esa misma corriente subterránea produzca luego depósitos secundarios que enriquezcan otras. Esta movilidad, por decirlo así, en las sales, obliga en esa región española, más que en otras análogas (Alemania) a exagerar, si cabe, las prescripciones y precauciones del Estado para que se evite la afluencia involuntaria de capas acuíferas de las formaciones superiores al manto potásico y se abran los sondeos de tal modo, que no se influyan mutuamente, sobre todo, si radican en concesiones distintas.

Todo esto implica la necesidad del entubado hermético en los taladros, la captación de manantiales de las formaciones superiores (o al menos su aislamiento del criadero salino), y su relleno perfecto, en caso de extraer las tuberías y dejar desnudos los sondeos. De efectuarse otra clase de labores, como pozos, galerías, etc., la misma necesidad de aislamiento y captación de manantiales debe imperar con rigor en los Reglamentos.

Como consecuencia de lo anteriormente manifestado se aprecia también la necesidad de fijar en cada región, y según la situación y características geológicas de las concesiones, los macizos de *protección* a que se ha de sujetar el emplazamiento de sondeos y labores en las propiedades particulares.

Estos principios fundamentales deben imperar en cualquier reglamento que se decreta para la policía minera del yacimiento catalán; obedecen estas precauciones, no ciertamente a un afán de ingerencia burocrática del Estado, sino a una elemental e ineludible previsión, para evitar que se malogre esa minería, que puede estar llamada a adquirir inmensa importancia industrial y social.

Es, sobre todo, fundamental que de un modo riguroso y categórico se evite que las minas queden improductivas.

Los reglamentos sobre sales potásicas, urgentes de por sí, en lo referente a la investigación y laboreo de la cuenca, lo son aún

s en lo que se relaciona con el destino de los productos mineros laborados.

Sin coartar la libertad de cada concesionario para disponer sus productos y poderlos exportar en tiempos de paz, es preo, sin embargo, prever los tiempos de anormalidad y establecer principio de incautación por el Estado de los productos, o al menos la prohibición de su importación. Al mismo tiempo es indudible fijar anualmente a cada concesión en explotación el tanto por ciento de los productos que haya de destinarse al consumo agrícola nacional y su tasa máxima, así como su riqueza en potasa.

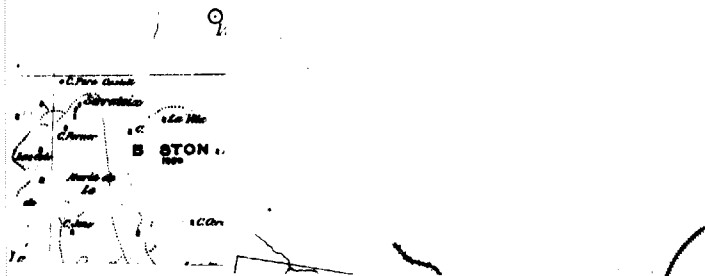
Todas estas prescripciones y su reglamentación son tanto más necesarias desde su principio, cuanto que parte importante de la enca está en manos indirecta o directamente extranjeras, cuya explotación a contribuir al desarrollo del yacimiento catalán puede ser más o menos verdadera, y cuyo interés por el de la Nación es el particular propio, tal vez secundario.

A cambio de estos gravámenes e ingerencias de la Administración, el Estado debe estudiar un plan armónico para aliviar en lo posible los gastos extraordinarios que han de representar la explotación de las sales en Cataluña. En efecto; la profundidad a que ésta habrá de hacerse, la investigación previa costosísima, la necesidad de aislar los niveles de agua, que trae consigo la apertura de pozos con revestimiento hermético, harán en Cataluña, como lo hacen en Stassfurt y en Alsacia, una de las industrias más costosas en la minería de *altos vuelos*, de mayores dificultades aún que la explotación hullera de niveles profundos.

Impónese, por lo tanto, que el Estado trate de aliviar esta industria, dulcificando las medidas fiscales de impuestos y rebajando las cifras de éstos para las concesiones en trabajos, por el momento. Y además (y esto es importantísimo) estudiando todo el plan de obras públicas y mineras que hayan de afectar a varias o a todas las concesiones de una región, y que por su importancia no puedan ser afrontadas por un solo concesionario. Las obras deben ser del Estado o subvencionadas de un modo intenso y directo. Tales obras son, por ejemplo, las vías de comunicación ne-

cesarias, los transportes de energía, los desagües colectivos de aguas salinas, después del tratamiento metalúrgico de extracción de la potasa, y que racionalmente no podrán ser vertidos en los cauces públicos, requiriendo, por lo tanto, una canalización especial: tantos otros trabajos que requiere esta industria de la potasa, que encierra en sí dificultades en consonancia y relación con su inmensa importancia.

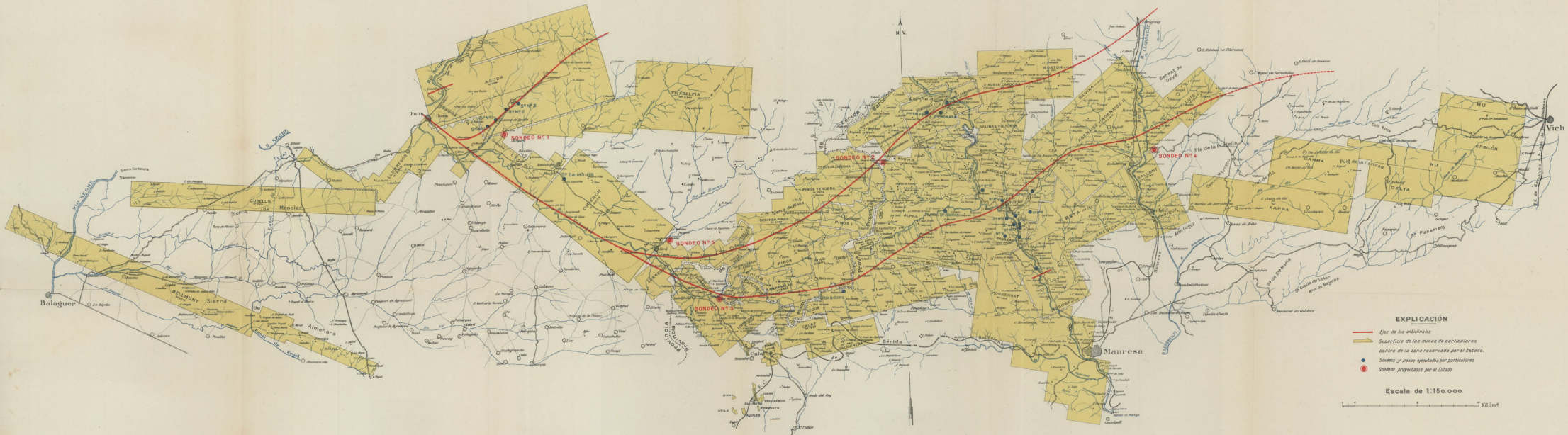
Es más; esta ayuda directa del Estado puede y debe ser la base, el núcleo alrededor del cual haya de cristalizar en lo futuro una verdadera y bien entendida mancomunidad nacional de la potasa.



LFIA  
3

# MAPA DE LA CUENCA DE SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

por  
D. César Rubio y D. Agustín Marín.  
INGENIEROS DE MINAS

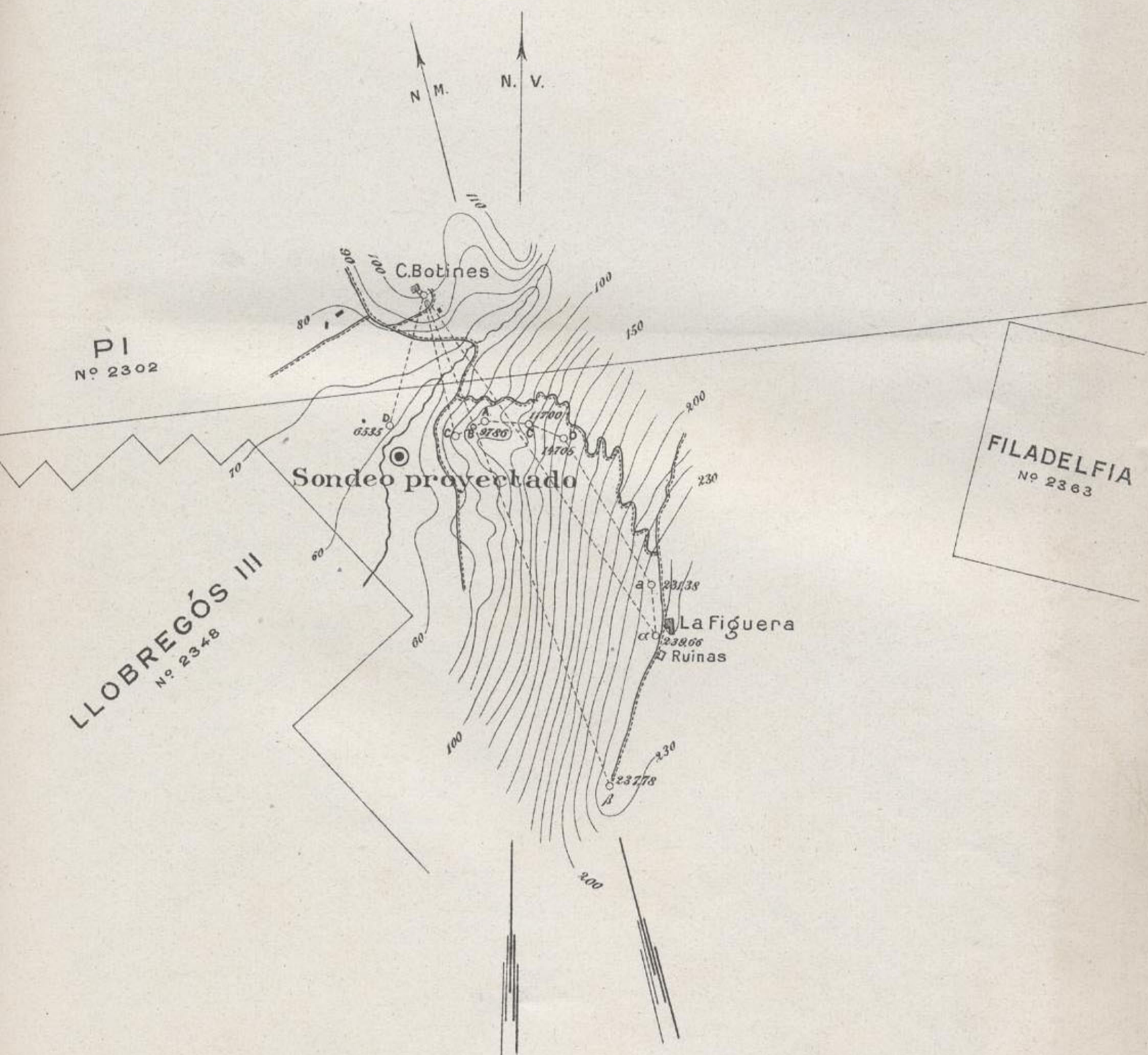


SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

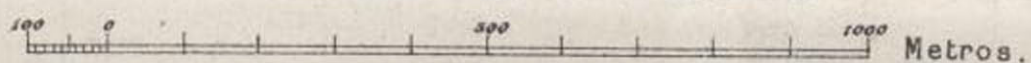
PLAN DE SONDEOS EN PROYECTO POR EL ESTADO



Emplazamiento del Sondeo N° 1 de Casa Botines



Escala de 1:20,000

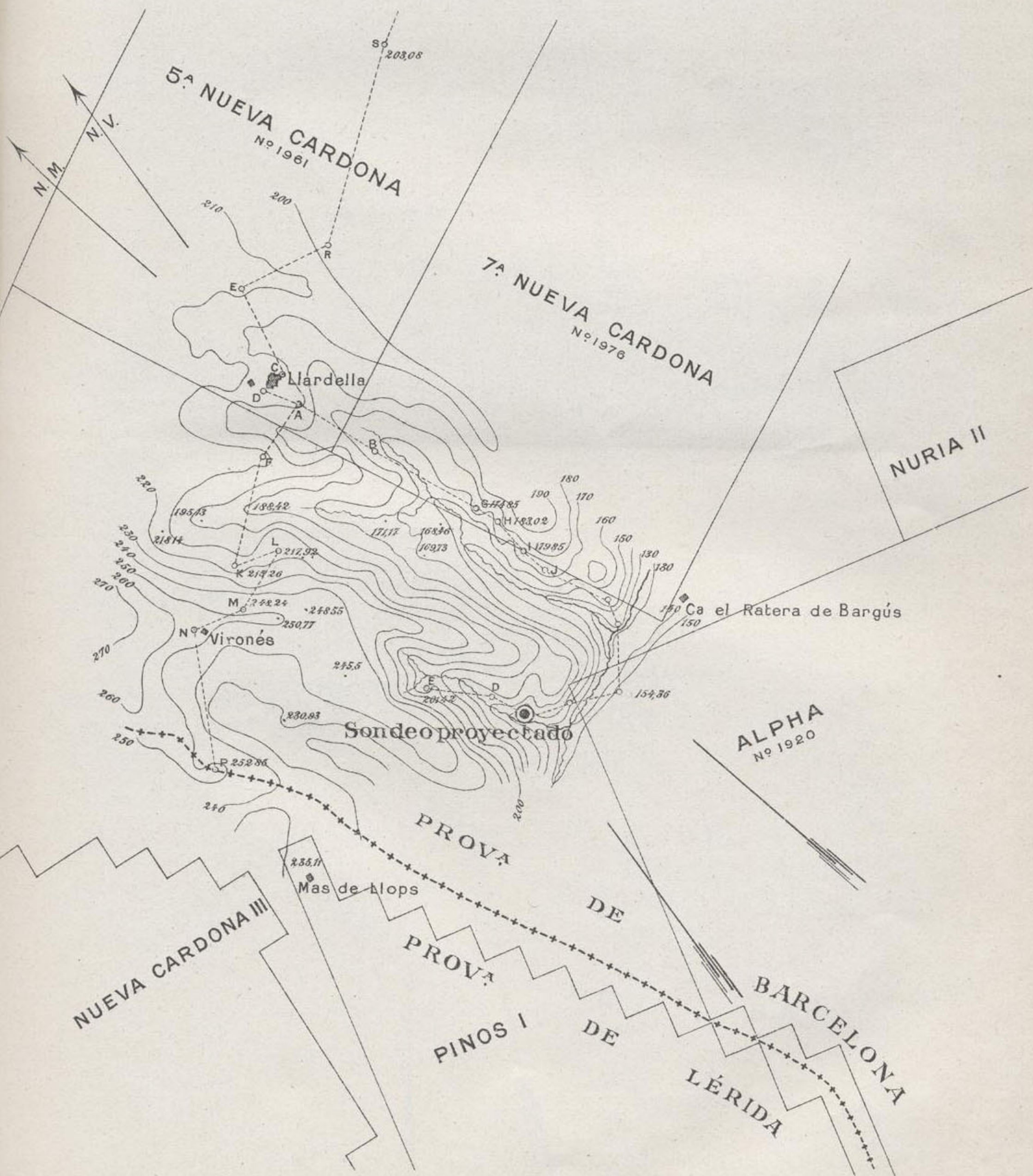


SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

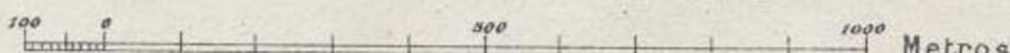
PLAN DE SONDEOS EN PROYECTO POR EL ESTADO



Emplazamiento del Sondeo N°2 de Llardella



Escala de 1:20,000

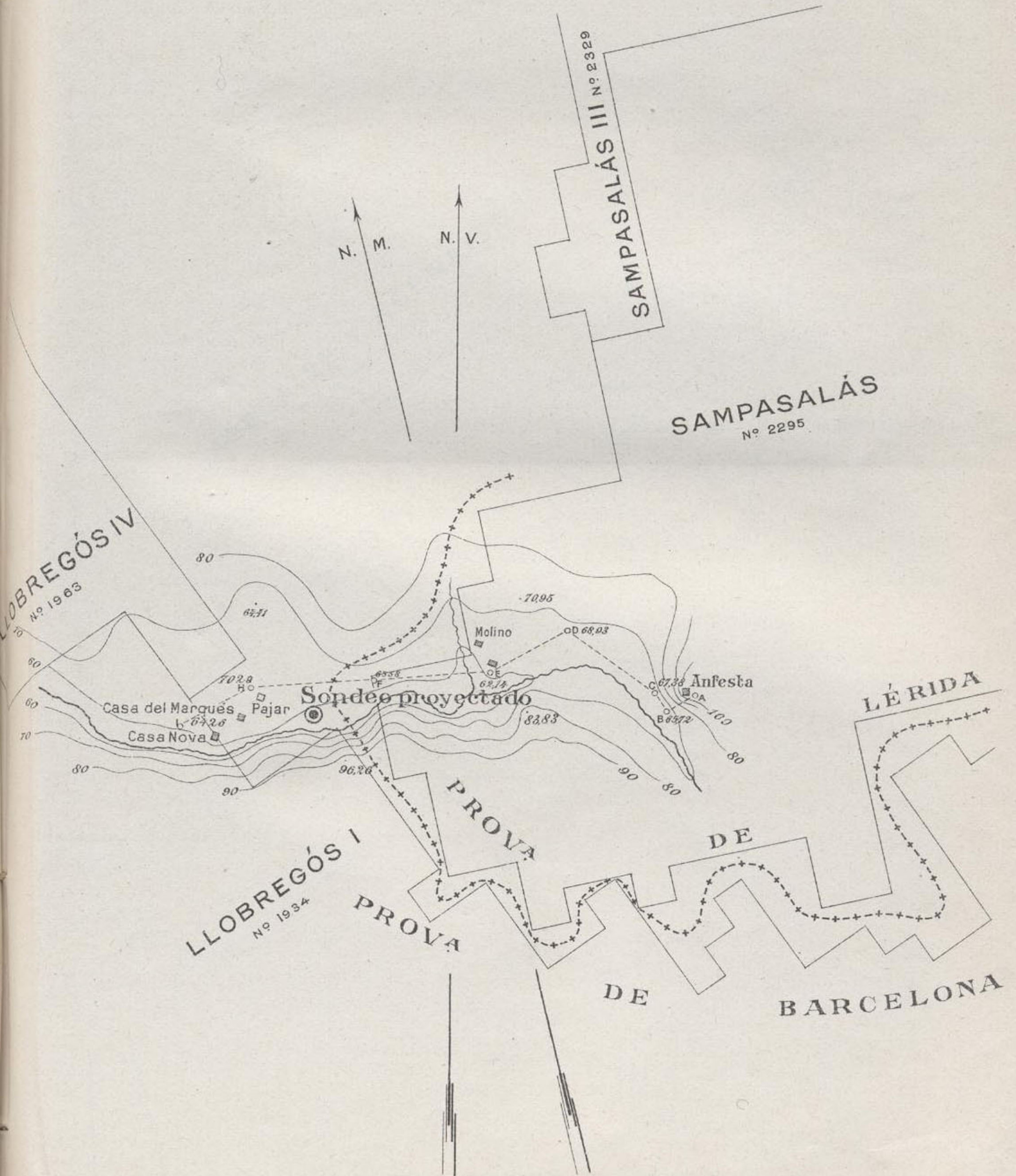


SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

PLAN DE SONDEOS EN PROYECTO POR EL ESTADO



Emplazamiento del Sondeo Nº3 de Casa del Marqués

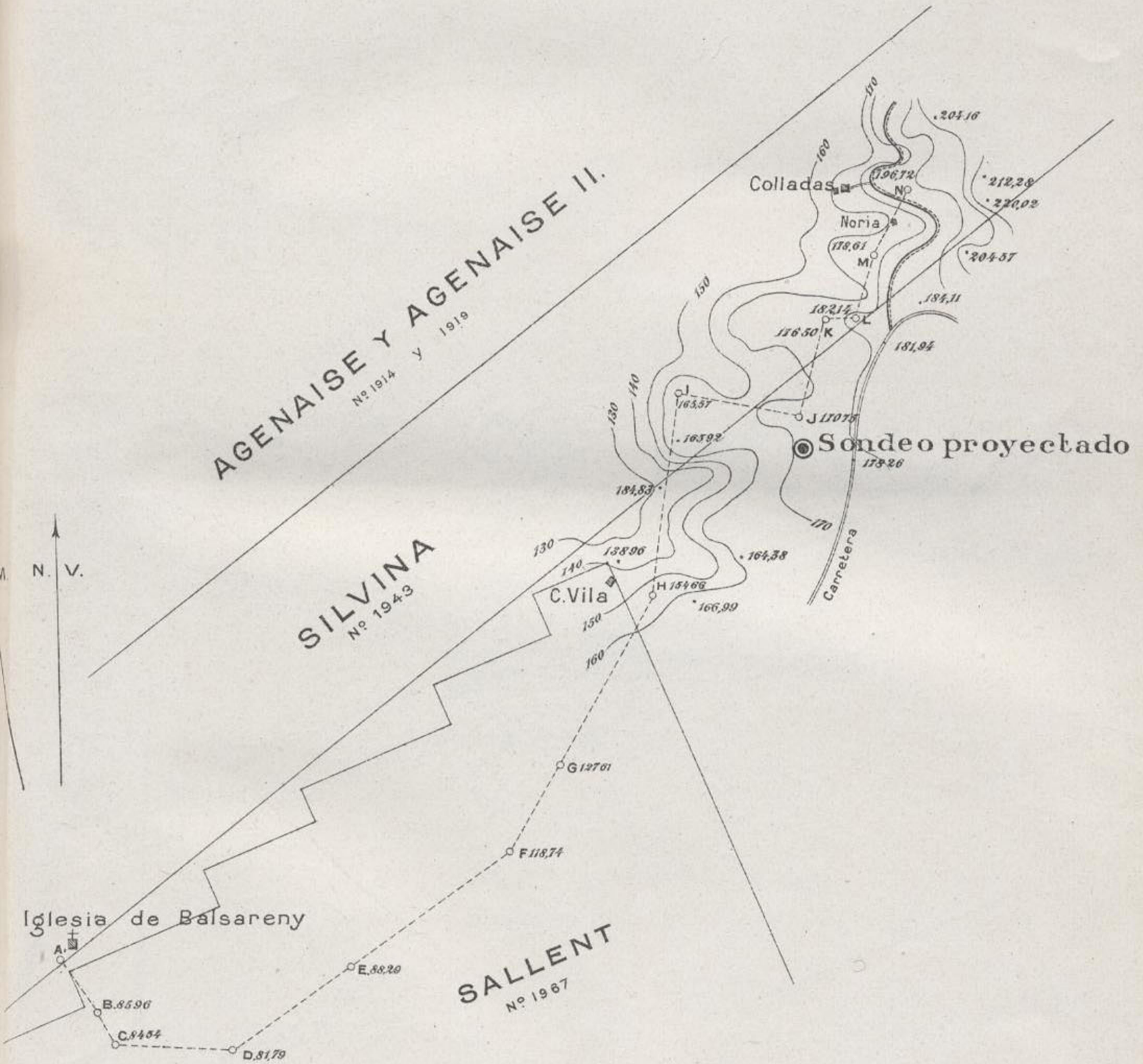


SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA

PLAN DE SONDEOS EN PROYECTO POR EL ESTADO

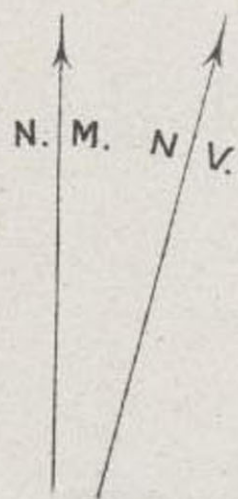


Emplazamiento del Sondeo Nº 4 de Casa de Vila



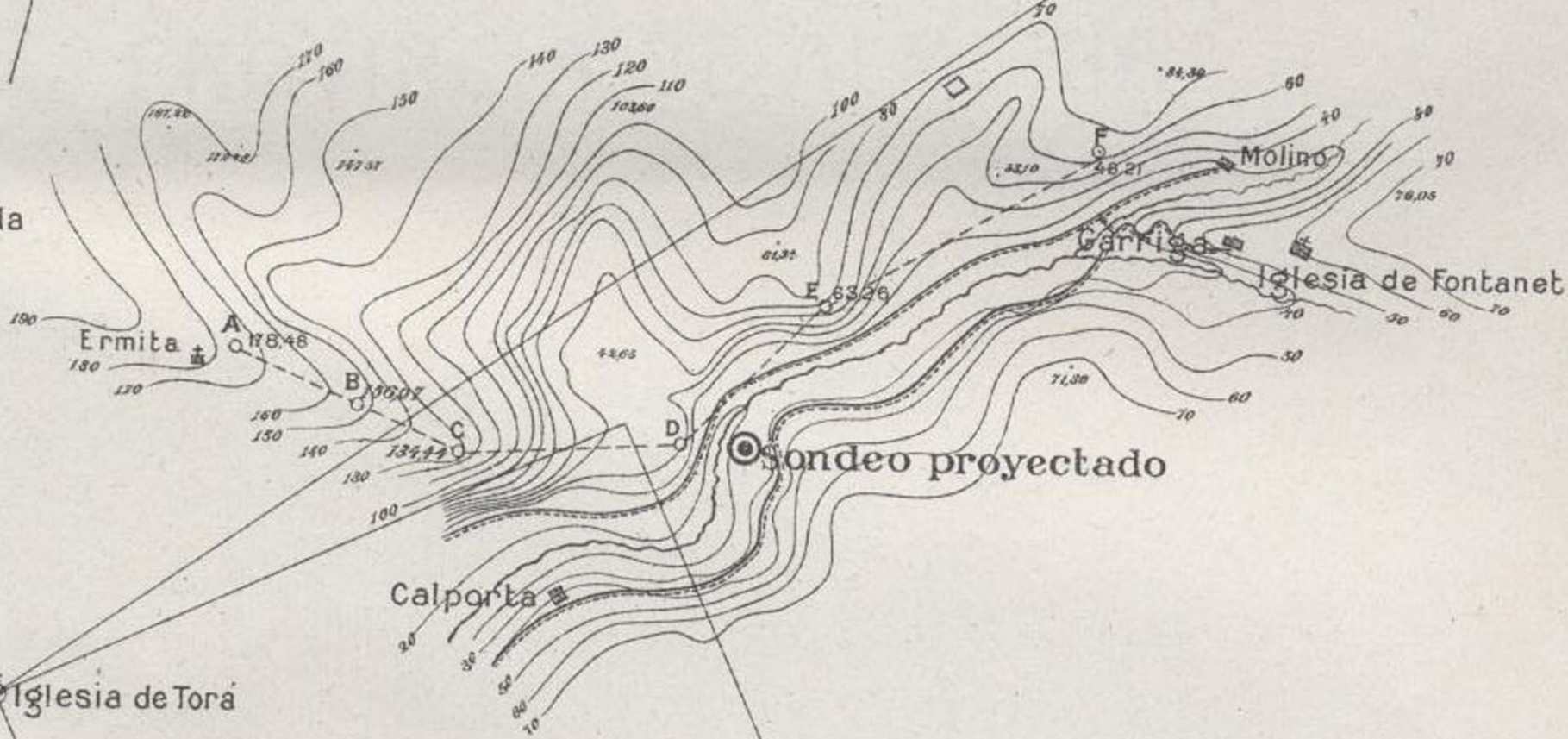
SALES POTÁSICAS DE CATALUÑA  
PLAN DE SONDEOS EN PROYECTO POR EL ESTADO

Emplazamiento del Sondeo N.º 5 de Torá



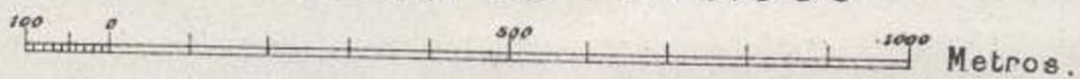
OMIKRON  
N.º 2.303

Torre de la Aguda



LLOBREGÓS II  
N.º 2.308

Escala de 1:20.000





NOTAS  
DE HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA

EN LA

PROVINCIA DE ALMERÍA

POR

D. JOSÉ MARÍA RUBIO

## Notas de Hidrología Subterránea.

**EXTRACTO DE VARIOS ESTUDIOS HIDROGEOLÓGICOS EN LA PROVINCIA DE ALMERÍA CUYO OBJETO PREFERENTE ERA LA FIJACIÓN EN AQUÉLLA DE SITIOS ADECUADOS DONDE UTILIZAR CON ESPERANZAS DE ÉXITO UN TREN DE SONDEOS DESTINADO AL ALUMBRAMIENTO DE AGUAS ARTESIANAS.**

A fines del año 1914 se dispuso por la Superioridad que el tercer tren de sonda adquirido por el Instituto Geológico de España, y dedicado exclusivamente al alumbramiento de aguas artesianas, se destinase a la provincia de Almería, en vista de que en ella, con preferencia a otras, era más apremiante la necesidad de aguas de riego que vinieran a remediar la angustiosa situación en que se ve la agricultura almeriense por la sequía general que, de varios años acá, viene reinando.

A aquellos fines, se dispuso también que por dicho Instituto, y de acuerdo con la Diputación provincial de Almería (quien indicaría dónde las necesidades eran más apremiantes) se estudiasen las principales regiones de dicha provincia, con objeto de escoger los puntos donde la técnica aconsejara que habían de ser más beneficiosos los alumbramientos.

\* \* \*

Al desempeñar este cometido juzgó el Instituto Geológico conveniente concentrar sus estudios en las partes central y Sur de la provincia, pues aunque la abundancia de aguas de las calizas jurásicas en las Sierras de Periate María y otras de la región septentrional, era de esperar que facilitara el éxito de un sondeo ar-

tesiano en los valles del Chirivel o río María, etc., bien al llegar a las margas del terreno terciario, o bien a las arcillas margosas del Jurá (que quizás se alcanzaran a no gran profundidad), no se ha insistido en el estudio de aquella región Norte, por considerar que, dado el fin que se persigue, debe posponerse la relativa seguridad con que pudieran alumbrarse las aguas artesianas a la mayor necesidad que de éstas se sintiera en la agricultura almeriense, y dentro de este criterio estaba tácitamente indicado que el futuro sondeo habría de situarse en alguna de las zonas centrales o meridionales de la provincia, en las que la escasez de fuentes y falta de lluvias han creado a los agricultores la crisis actual.

Claro es que esta misma escasez de lluvias y fuentes era un dato poco favorable para el objeto que se perseguía, pues no sólo resulta que la cantidad de agua media y anual que cae en la parte central y Sur de la provincia de Almería parece haber descendido en los últimos dos quinquenios de 400 milímetros a escasamente 200 milímetros, sino que además, y en general, la composición del terreno, así como la desnudez de sus montañas, son causa de esa escasez y pobreza de los manantiales, pudiéndose calcular que por lo erizado del relieve, por lo pelado de sus montes y por la temperatura elevada, el 80 por 100 de las aguas de lluvias, ya escasas, vuelve a la atmósfera por evaporación o al mar arrastrada por los ríos.

A este resultado contribuye además la escasa permeabilidad de los terrenos, porque (exceptuando la parte más septentrional de la provincia) no hay en las regiones centrales y del Sur «esas calizas compactas y puras del secundario superior, que son donde, por lo general, nacen los manantiales más caudalosos, sino que sólo se presentan las triásicas, y éstas, con no gran espesor, dominando en el terreno estratocristalino las rocas impermeables como las pizarras cloríticas y talcosas, a la vez que, por lo general, escasean las calizas marmóreas de la parte superior del sistema».

Contando, pues, con la desfavorable influencia de estos datos, y descartada por las razones indicadas la región más septentrional de la provincia, los estudios hidrogeológicos en general, y más es-

pecialmente los que tendían a fijar la situación más favorable de los futuros sondeos, se extendieron a otras zonas, y entre las más importantes citaremos:

La que designamos como *del Norte*, y ocupa las márgenes del río Almanzora (especialmente la septentrional) en las solanas de las sierras de Oria, Estancias, etc., desde los términos de Cantoria, Fines, etc., hasta el del Huércal-Overa, lindando ya con la provincia de Murcia; la *de Levante*, que comprende otro gran manchón terciario, que arrancando del término de Pulpi y recorriendo los de Cuevas, Vera, Bédar y otros, estrecha notablemente en este último, para luego de nuevo ampliarse en la cuenca que llamaremos *Central*, y que está limitada al Norte por la Sierra de los Filabres, y al Sur por la de Alhamilla, abarcando el término municipal de Tabernas y otros menos importantes.

Otra zona de las reconocidas es la del *Sudeste* de la provincia, que comprende principalmente el término de Níjar, o sea la estribación meridional de Sierra Alhamilla, completándose los trabajos con el estudio de la región costera al Oeste de la capital (término de Dalías) y el de la zona de Gádor, etc., que ya con anterioridad había sido reconocida.

Respecto a la región que hemos llamado Norte, dos zonas fueron objeto de preferente estudio, la que denominaremos de Albox, que abarca una extensión de unos 300 kilómetros cuadrados y constituye la falda meridional hasta el río Almanzora de las sierras de Oria y parte occidental de la de las Estancias, y la que tiene como base Huércal-Overa, de análoga extensión a la anterior, y situada al Este de aquélla, abarcando por el Sur hasta la Sierra de la Torre de la Vallabona en la margen derecha del río Almanzora.

En la zona del Oeste y en la Rambla de Albox (principal curso de agua, y al que como afluentes concurren las denominadas de Oria y Rollo de Olías), se reúnen las aguas fluviales de una gran extensión de terreno que comprende, a más del término municipal de Albox, parte muy importante de los de Oria, Partalao, Taberno, Arboleas, etc.; pues la divisoria de aguas, en la que tienen

su origen las citadas ramblas, linda ya con Chirivel y Vélez Rubio, de la provincia de Almería, y aun con algunos de la provincia de Granada.

Durante muchos años, y mientras no se inició, y menos acentuó la actual sequía, la Rambla de Albox contenía en abundancia las aguas subálveas, y eran en gran número las fuentes que, surtiéndose de ellas, aparecían escalonadas desde las inmediaciones del pueblo, aguas arriba, hasta cerca de los caseríos de los Chacones y el Estrecho por un lado, y por encima de Santa Bárbara por otro, cuyas fuentes bastaban para el riego de los ricos pagos que en toda esta zona central del término se habían creado.

En los primeros siete años del siglo actual la lluvia anual caía en esta comarca (que pertenece, como es sabido, a una de las regiones más secas de la Península), pasaba de 400 milímetros, pero más tarde, y de 1908-11 bajó a 300 milímetros, registrándose en estos últimos tres años, como ya hemos indicado, escasamente 200 milímetros.

Al variar, pues, el régimen de las lluvias y mermarse paulatinamente la cantidad anual de aquéllas, las fuentes del río redujeron también sus caudales hasta llegar al estado actual, y a pesar de los crecidos gastos que en ellas recientemente se han hecho, intentando ampliar su zona de captación, es tal la escasez reinante, que el pueblo de Albox llegó, y con razón, a estimar ineficaz el procedimiento y a persuadirse de que para proveerse de nuevo caudal de aguas, que bastara al riego de las vegas creadas, hacía falta ampliar los estudios y trabajos a zonas más lejanas, incluso fuera de su término municipal; y con objeto de orientarse debidamente para la ejecución, si hubiera lugar, de aquellas obras, pidieron que se extendieran los estudios hidrogeológicos oficiales a su término; así se hizo, y del informe correspondiente extractamos lo siguiente:

La zona estudiada abarca una extensión de unos 300 kilómetros cuadrados y constituye la falda meridional hasta el río Almanzora de las sierras de Oria y de las Estancias.

Hállanse representados en esta zona los terrenos diluvial y ter-

ciario en la parte central, mientras que por la del Norte y la del Sur, y aun también por el Sudeste, aparecen los de la serie secundaria, y además, el estrato cristalino, que abarca la mayor parte de la región Noroeste.

El terreno cuaternario se extiende formando una faja orientada sensiblemente de Este a Oeste, y de unos cuatro kilómetros de anchura, por toda la parte central de la región estudiada, ocultando, salvo en el extremo Oeste, el contacto entre la formación terciaria, que aparece al Sur, y los terrenos más antiguos que constituyen las sierras antes citadas.

La formación terciaria está representada por el mioceno, y aparece cubriendo una gran mancha, que también sensiblemente orientada de Este a Oeste, y con una anchura variable de unos siete kilómetros como término medio, se interna por Levante en los términos de Taberno y Huércal-Overa, penetrando más tarde en la provincia de Murcia.

Aparte de esta faja principal, se ven también manchones terciarios y aislados en varios otros puntos, salpicando los terrenos más antiguos, cual sucede, por ejemplo, con el islote mioceno en las inmediaciones del pueblo de Oria.

La formación secundaria asoma a su vez representada por el terreno triásico, tanto al Nordeste, en las sierras del Estrecho y de las Estancias, como en la parte Sur de la región estudiada, donde forma varios islotes, entre los que deben principalmente citarse el situado al Sudoeste, en el término de Cantoria, y el importante al Sudeste, que constituye la parte principal de la Sierra de Limaria, en la jurisdicción de Arboleas.

Por fin, los terrenos más antiguos, o sean los de la formación estratocristalina, ocupan el resto de la zona estudiada, cubriendo, tanto en la solana como en la umbria, las sierras de Oria y de las Estancias, excepción hecha de la parte ocupada en esta última por la mancha triásica ya citada.

Pasando ahora a concretar los materiales que forman los diferentes terrenos, los que constituyen el posplioceno son principalmente cantos sueltos de cuarzo, calizas, filadidos, etc., así como

brechas cimentadas por una pasta arcillocalifera de color rojo, que se mezclan o alternan con arenas y arcillas de color pardusco o amarillento.

Por lo general, hay sólo indicios de estratificación, constituyendo la base de formación la arcilla citada. El espesor de esta masa diluvial no excede de unos 20 metros, y la disposición de las capas es sensiblemente horizontal o con ligero buzamiento meridional.

Al Sur del diluvium aparecen, como hemos dicho, las rocas del sistema medio de la serie terciaria, siendo el espesor de los depósitos miocenos de unos 30 metros. El espesor disminuye sensiblemente en la zona de Poniente, hacia Partalao.

El buzamiento de las capas terciarias es poco acentuado al Sur, y los materiales que las forman son principalmente maciños y gonfolitas (de origen marino) y de color, por lo general, claro, descansando sobre arcillas amarillorrojizas o margas azuladas acompañadas de algún yeso.

Los maciños y gonfolitas que forman la parte superior del sistema alcanzan espesores de 30 a 40 metros, y las arcillas o margas (primero bastante calíferas y más abajo yesosas) pasan de 25 a 30 metros, según hemos podido observar en algunos puntos.

Los manchones aislados que antes hemos citado están en cambio constituidos principalmente por una caliza oscura que, en bancos bastante potentes y aproximadamente horizontales, descansan sobre pizarras antiguas muy trastornadas.

En cuanto a la época secundaria, representada por el terreno triásico, los materiales correspondientes son: en la base, areniscas con arcillas y margas que frecuentemente alternan entre sí, y, sobre ellas, calizas más o menos magnesianas que llegan a medir grandes espesores.

En la mancha de la Sierra de las Estancias, y especialmente en su zona más a Poniente, las margas y areniscas rojas y micáceas aparecen metamorfoseadas y cubiertas por verdaderos cipolinos semicristalinos y de colores claros.

Por el contrario, en la región del Cerro Limaria, sobre las

pizarras, viene una serie de bandas de yesos sacaroides y margas arcillosas, cubriendo a aquéllas y a unas areniscas abigarradas, sobre las que aparecen las calizas magnesianas de escasa potencia.

Respecto al buzamiento, es difícil hacer indicaciones de carácter general por los frecuentes trastornos que afectan a toda la zona triásica; sin embargo, y en general, domina uno muy acentuado al Noroeste, apareciendo como excepción, y casi horizontales, las calizas en toda la umbría de la Sierra de las Estancias.

El resto de la región estudiada debe clasificarse como estratocristalino, y dominan en la formación las pizarras talcosas en grandes bancos, atravesadas por gran número de vetas de cuarzo, y tan impregnadas en algunas ocasiones de esta substancia, que llegan a tomar aspecto y caracteres de verdaderas cuarcitas.

Éstas, discordantes en el buzamiento con las pizarras, tienen estructura, por lo general, compacta y aspecto semicristalino.

La dislocación de estas pizarras es tan acentuada, que la determinación de su buzamiento medio resulta muy difícil, aunque, sí, parece dominar uno más o menos occidental.

Frecuentemente se encuentran verdaderos diques (especialmente de cuarcita) que, corriendo sensiblemente de Este a Oeste, acusan una fuerte inclinación al Norte, cortando transversalmente los principales cursos de agua cuya orientación general es de Norte a Sur.

Sobre las pizarras descansan las calizas cristalinas metamórficas, que alcanzan en algunos sitios grandes espesores, y el color de ellas suele ser oscuro en la parte superior, y blanco azulado en la base, con textura brechiforme.

En toda la zona Nordeste del estratocristalino las calizas llegan a faltar, predominando por completo las pizarras antiguas, y éstas asoman también por debajo del manchón triásico señalado en el Cerro Limaria, siendo más micáceas que las de las Sierras de las Estancias y de Oria, donde la dirección general de las capas es de Nordeste a Sudoeste.

Del estudio topográfico del terreno se deduce que en la vertiente meridional de las ya citadas Sierras de Oria y de las Estan-

cias, enlazadas por la llamada de los Estrechos, las aguas pluviales (salvo las infiltradas y las que la evaporación resta) llegan a encauzarse en tres ramblas principales: las llamadas de Oria, de Olías y del Saliente, que, reunidas por bajo del caserío de los Olleiros, y después de pasar por la población de Albox, desembocan con este nombre en el río Almanzora.

En épocas pasadas y aun no lejanas, en que el régimen de lluvias era en este país más favorable que lo es hoy, el agua que afluía a estas ramblas y la que en sus cauces se infiltraba era tal, que las numerosas fuentes de que antes se ha hecho mención bastaban no sólo para todas las necesidades de la villa de Albox y caseríos cercanos, sino también para regar las fértiles tierras y huertas de este pago.

En la llamada de Santa Bárbara, que aun hoy es la más importante, pasaba su caudal de 300 litros por segundo, cuando hoy escasamente llegará a la cuarta o quinta parte, y en análoga proporción han disminuido todas las demás, habiendo bastantes que han llegado prácticamente a quedarse en seco, a pesar de los trabajos de ampliación que en ellas se han intentado recientemente. Fuera de estas fuentes llamadas de crecida, son insignificantes las demás que en esta región se han tratado de establecer, pudiendo citarse como únicas excepciones las llamadas del Nacimiento, en el Rello de Olías, y la situada al pie de la ermita del Santuario del Saliente, en la rambla del mismo nombre. Ambas parecen susceptibles de mejora y nacen en las calizas triásicas. En ellas, y sin necesidad de trabajos de alumbramiento, al descarnarse el terreno en las citadas ramblas se pusieron al descubierto fisuras importantes de las calizas, por las que surgieron las aguas.

Esto comprueba que fuera del terreno triásico, en el que por la «permeabilidad en grande» de las calizas fisuradas que en él dominan, por el gran espesor de éstas, por la impermeabilidad de las margas que en general les sirven de base y por la gran extensión de la cuenca de recepción que aquéllas abarcan, es factible que lleguen a reunirse importantes cantidades de agua infiltrada en el resto de la zona estudiada pasa lo contrario, pues ni en el terreno

stratocristalino, donde dominan las pizarras, ni en la gran mancha miocena de la parte meridional de la comarca, en la que los aciños y gonfolitas, bastante compactas, tienen el cemento más menos arcilloso, abundan las rocas permeables.

Alguna probabilidad, sin duda, de mejor éxito para encontrar guas subterráneas pudiera haber en la mancha diluvial ya citada, y, en efecto, tanto las fuentes del Mojón y de Santa Bárbara como otras, en los Chacones, etc., están enclavadas en dicha formación, aunque el poco espesor de ésta, y muy especialmente el de la parte superior del sistema (compuesta de los cantos sueltos y arenas permeables) hace que la importancia de estas fuentes sea muy relativa.

Todo ello explica, pues, el por qué al tratar de efectuar nuevos alumbramientos de agua en esta zona se sintiera, como hemos indicado, la necesidad de llevar los estudios a la región alta y septentrional, ya fuera de los límites del término municipal de Albox.

Los datos recogidos acusan, especialmente para trabajos que se intenten en la parte superior de la rambla de Oria, por encima del paraje llamado del Estrecho, una cuenca de recepción importante (que puede estimarse en cerca de 70 kilómetros cuadrados), y asimismo, en el Rollo de Olías y en la rambla del Saliente (hacia las fuentes actuales), la extensión superficial, como zona de captación de aguas pluviales, es, relativamente, extensa.

Respecto a la rambla del Saliente, las nuevas labores deben tender a ampliar el manantial existente, y, sin perjuicio de lo que aconsejen estudios más detenidos, deben situarse aquéllas a unos 800 metros al Oeste del santuario del mismo nombre, entre los molinos de Los Lorquinos (aguas abajo) y el de Martínez (aguas arriba), pues utilizando el gran declive de la rambla en este sitio cabe, con galería dirigida sensiblemente al Norte y de unos 400 metros de longitud, alcanzar el manantial actual con un desnivel de más de 25 metros hacia el contacto de las calizas triásicas con la capa arcillosa que le sirve de base, y que se manifiesta claramente al Este del manantial actual.

El contacto de ambas rocas, que se dirige de Este a Oeste,

desde las inmediaciones de la ermita hacia la rambla, bordea a ésta más tarde y se pierde al Sur del Molino de Los Lorquinos, para reaparecer en la margen derecha de la rambla, cual puede verse en ciertos sitios de los barrancos de los Madroños y de los Pelaos. Ya más arriba, hacia la peña Lobera, dominan de nuevo las calizas.

Como éstas son muy cavernosas y fisuradas (tanto en la Peña Lobera como, y muy especialmente, hacia Levante, en el Roel y en toda la Sierra del Saliente), y como, además, acusan gran espesor, pueden y deben ser susceptibles de alojar en sus huecos y grietas cantidades importantes del agua de lluvia, que por ellas penetra y que, descendiendo, se acumulará y deslizará sobre la capa impermeable subyacente.

Es, pues, más que probable, que si se consiguiera sangrar el actual manantial (cuyo brote es marcadamente ascensional) cerca del, o en el mismo contacto de la capa margosa, el caudal de agua disponible aumentaría de un modo sensible, y para ello se prestan, afortunadamente, las condiciones topográficas, no sólo por el gran desnivel (con varios saltos) de la rambla, sino también por la fuerte inflexión que ésta forma al Oeste.

Además (y sin perjuicio de comprobar el hecho con algunos taladros), la marcha aparente del citado contacto parece garantizar el que la mayor parte de la galería proyectada se abriría en las margas, si bien tanto su emboquillado como parte Sur estarían dentro de las calizas.

En cuanto a futuros trabajos en la zona de los Estrechos, o sea en la parte septentrional del rollo de Olías, conviene hacer constar que allí dominan en absoluto las calizas triásicas, que, si bien menos cavernosas que las de la región de Levante, están en cambio mucho más fisuradas. Sólo en la parte más alta, o sea en el Barranco de Topar, es donde asoman por bajo de las calizas las margas triásicas, coincidiendo el contacto visible de ambas rocas con la fuente de aquel nombre.

Desde aquí y aguas abajo son muchos los surtidores de aguas que en varios sitios del Rollo surgen por las fisuras de las calizas,

y estas grietas deben ser tan numerosas y abundantes (cubiertas muchas de ellas por aluviones de la rambla), que con la misma facilidad con que las aguas se presentan vuelven éstas a desaparecer, secándose de pronto el lecho del Rollo, por donde aquéllas discurren, sin duda a consecuencia de sangrarse aquél por medio de alguna grieta de importancia. La presencia y desaparición alternativas de las aguas se repite varias veces en el Rollo y aguas abajo hasta llegar a los parajes del Cañarico y los Bancalicos, y en la fuente principal, llamada del Nacimiento, una gran quebrada, que de Este a Oeste atraviesa la rambla, produce un caudal de aguas bastante importante. Aun más al Sur aparecen ya las pizarras antiguas y la sequedad del terreno es absoluta.

Aunque la cuenca de captación que corresponde a esta región es también importante, y por más que el gran espesor que aquí acusan las calizas, así como su abundante agrietamiento, pudieran invitar a hacer labores de alumbramiento, el éxito de éstas es por demás aleatorio, a causa de la gran irregularidad con que se presentan las fisuras, debiendo también tenerse en cuenta que la estructura compacta y la gran dureza de la roca elevaría exageradamente el coste del trabajo.

Por estas razones no cremos indicado el practicar en esta región labor alguna de importancia.

En cuanto a la región alta de la rambla de Oria, las circunstancias son distintas de las señaladas para las ramblas del Saliente y Olías. En efecto, en el sitio aludido de la rambla de Oria, el terreno es el estratocristalino, y en éste, no sólo predominan las pizarras, sino que, además, las calizas sacaroideas son de escaso espesor; sin embargo, circunstancias especiales de carácter estratigráfico, y ciertas condiciones topográficas pudieran aconsejar el practicar algunos trabajos con esperanzas de poder alumbrar aguas subterráneas.

En primer lugar, debe tenerse en cuenta que, aunque en general aquéllas proceden de las calizas, no dejan también de contribuir otras rocas accesorias, como lo son, por ejemplo, las vetas de cuarzo que atraviesan las capas azoicas.

Además, y por lo mismo que en esta zona septentrional de la rambla de Oria, la proporción de aguas infiltrada a grandes profundidades ha de ser escasa (no sólo por la impermeabilidad dominante del terreno, sino por lo erizado del relieve y lo pelado de sus montes), resulta que, aun contando con el fuerte tributo debido a la evaporación, es importante la cantidad de agua que de la amplia cuenca de captación (superior a 60 kilómetros cuadrados), tiende a discurrir por la aludida rambla, infiltrándose en sus arenas; pero como el cauce de aquélla se ve en varios sitios interrumpido de una manera absoluta por fuertes bancos de cuarcita (que más que como roca natural parecen mostrarse cual importantes muros, que sirviendo de diques contienen las aguas que por bajo la rambla discurren), se comprende que puede haberse formado aquí una especie de pantano natural y subterráneo que periódicamente realimentado, no sólo abarca las arenas de la rambla, sino también las fisuras que presentan los contactos en todas direcciones, de las numerosas vetas de cuarzo y cuarcitas con las pizarras, y acaso tengan íntima relación con estos probables depósitos acuíferos los grandes derrumbamientos que especialmente en la zona de Levante de la rambla, al Norte del Barranco de la Balsa Vieja y en el paraje denominado de la Sosía, llaman la atención, y en los que, a pesar de su altitud, se manifiestan a raíz de lluvias importantes, ciertos manantiales que pasajeramente aparecen, sin duda a consecuencia de la rápida alimentación del aludido depósito.

De acuerdo, pues, con lo que dejamos expuesto, estaría quizás indicado el sangrar los citados depósitos (pues son varios los diques de cuarcita que escalonadamente interrumpen la rambla) con galerías convenientemente dispuestas, y que, a juzgar por el antestudio que hemos hecho, debieran ser, por lo menos, tres: una cerca de la citada Sosía; otra, más aguas abajo, en el paraje denominado Daimuz, y la más meridional, hacia el cortijo de Reche Martínez.

La longitud de estas galerías no pasaría en junto de 1  $\frac{1}{2}$  kilómetros, correspondiendo cerca de dos terceras partes a la galería

septentrional, y debiendo advertir que sería conveniente hacer estos sitios ciertos taladros verticales, que previamente aran respecto a la profundidad a que en el lecho de la rambla encuentran las pizarras, para no exponerse a que las labores proyectadas tengan una longitud innecesaria al pretender ganar desnivel, no sólo excesivo, sino quizá perjudicial.

todo lo expuesto se deduce que las únicas probabilidades de encontrar aguas subterráneas en esta región consisten en buscar, o bien en la mancha diluvial ya citada (aunque el poco es del sistema, y especialmente su parte superior, compuesta de arenas sueltas y arenas permeables, haga que la importancia de las fuentes sea muy relativa) o en el reducido espacio cubierto por el terreno triásico, en el que, por la existencia de las margas en general le sirven de base, así como por la extensión de la zona de recepción que aquéllas abarcan, es factible que lleguen a obtenerse cantidades relativamente importantes de agua infil-

trada en todas maneras, y como el terreno que predomina es en la zona alta el estratocristalino, compuesto principalmente de pizarras, y en la región baja el mioceno, en el que abundan los margas y gonfolitas (bastante compactos y con cemento arcilloso), se comprende que no sólo el campo donde pudieran intentarse los trabajos de agua es muy limitado, sino que, además, queda reducida la probabilidad de aguas artesianas de importancia en la zona alta miocena, existiendo además otros factores desfavorables para aquel intento, como son, por un lado el gran espesor proyectado del terreno terciario y la cota media relativamente baja del terreno de aquél con las formaciones más antiguas.

En embargo, hacia el límite Oeste de la región que venimos considerando y ya en las inmediaciones del pueblo de Cantoria, las circunstancias locales y relativamente favorables han aconsejado a mucho la práctica de ciertos trabajos de alumbramiento, cuyos resultados merecen citarse.

Este pueblo, situado en la margen izquierda del río Almanzora, está geológicamente sobre un islote triásico que estrangula



la gran mancha terciaria del Almanzora, limitada al Norte por Lúcar, Somontín, Urracal, Partalao, etc.; al Poniente, por la divisoria, con la provincia de Granada; al Sur, por la margen derecha del río Almanzora y al Levante, por el citado dique triásico de Cantoria; toda esta mancha pertenece al Helvético y tiene una extensión superficial de, aproximadamente, 200 kilómetros cuadrados.

En ella los materiales que la integran son distintos, según existe la facies costera o bathial, predominando en la primera maciños y calizas, con algún episodio margoso en el centro, y conglomerados en la parte alta, y en la segunda los elementos margosos. El espesor de la costera no pasa de 40 a 50 metros, mientras que el de la bathial parece superior a veces a 200 metros. Esta cuenca terciaria se apoya por sus bordes sobre sedimentos triásicos, constituidos en su base por pizarras satinadas y apiladas, representando las margas irisadas y encima una caliza dolomítica negruzca.

El borde Norte de la referida cuenca terciaria descansa sobre el terreno estratocristalino, compuesto en su base por micacitos granitíferos, mármoles en medio, y cipolinos y pizarras que son los que sirven de asiento a los estratos triásicos.

Existe además, todo a lo largo del río, y excediendo como nivel muy poco del cauce de crecida, una faja estrecha de terreno cuaternario, compuesta en su base por un conglomerado silíceo de cantos grandes y encima por un tramo de aluviones sueltos, que dan un espesor total de unos 40 metros, de los cuales 10 corresponden a la base.

El terreno estratocristalino está muy dislocado y el triásico bastante plegado y trastornado. El mioceno también demuestra haber sufrido el mismo esfuerzo orogénico, resultando de ello que el valle terciario del Almanzora aquí no sólo está estrujado de Sur a Norte e inclinado en los bordes, sino además estrangulado en Cantoria, donde su continuidad se ve interrumpida por un dique triásico que deja aislada una mancha terciaria entre valle y sierra.

Por esto termina frente a Cantoria el terciario en un verdadero fondo de saco recubierto por el terreno cuaternario, y precisa-

mente en ese fondo de saco (o sea sobre el borde Oeste del dique triásico), ya fuera de la cuenca general terciaria, se han situado los trabajos a que antes hemos aludido.

Desde tiempo de moros existe allí una alberca circular (Balsa Aznalfaraz), alimentada por varios manantiales que brotan entre aluviones, y que dan, con carácter ascensional, un caudal de agua de unos 12 litros por segundo a 21 grados de temperatura.

En las inmediaciones de la balsa se han situado, no ha mucho, y por la Sociedad llamada Hidráulica Aznalfaraz de Cantoria, varios pozos artesianos, algunos de los cuales han obtenido relativo éxito.

Así, por ejemplo, uno de ellos, situado como unos 300 metros al Suroeste de la alberca y emplazado sobre aluviones (a dos o tres metros de altura sobre el nivel de la balsa), ha dado, a los pocos metros, agua artesiana, continuándose hasta unos 60 metros de profundidad sin encontrar otra capa filtrante, atravesándose en él, después del terreno de aluvión, los conglomerados en que apareció el agua y llegando luego a la margen del triás.

En otro pozo, más al Oeste del anterior, y emboquillado a un nivel aun más alto, también se atravesaron los aluviones (recubiertos de cubrimientos arcillosos) y algún conglomerado, cortándose hacia los 40 metros de profundidad la capa acuífera ascendente. En cambio, otros tres pozos que se han situado sobre margas del triás y han alcanzado 25, 35 y 40 metros, respectivamente, de profundidad no han dado resultado alguno.

El éxito, pues, hasta ahora, de estos trabajos es muy relativo, pero no cabe dudar del artesianismo del agua aforada (que es de unos ocho litros por segundo en cada pozo), pues surge en el cauce de crecida del río (a mayor altitud que la del lecho de medianas aguas), y, sin embargo, el volumen de aquéllas no ha sufrido variaciones desde que aparecieron (hará ya unos tres años) hasta la fecha.

De todas maneras, y si bien es de esperar que estos trabajos se reanuden insistiendo en ellos la iniciativa particular que los emprendió, esta misma circunstancia es una razón más para descar-

tar esta zona entre las afectadas por el proyectado sondeo oficial de que nos venimos ocupando.

Al Este de la extensa zona a que nos venimos refiriendo se extiende otra análoga, cuya base la constituye el llamado Campo de Huércal, y que se puede considerar limitada al Norte por las Sierras del Taberno (estribaciones más al Levante de la de las Estancias) y del Cabezo de la Jara, al Este por la Sierra de Enmedio y varios montículos (Montesinos, Machos, Santos, Quemados, etc., de menor importancia), y por el Sur por la Sierra de Almagro, aunque el término municipal alcance en esta dirección hasta el río Almanzora y Sierra de la Vallabona.

La orientación de esta zona es sensiblemente de Suroeste a Nordeste, y su parte más importante y central pertenece, bajo el punto de vista geológico, al terreno mioceno, siendo, por lo general, el orden de superposición de los estratos el siguiente: Una capa superior, formada por caliza tobácea de color blanco amarillento que descansa sobre un banco de conglomerado calizo, dividido en varias zonas que se distinguen, no sólo por sus planos de estratificación, sino por el tamaño de los cantos rodados que encierran, llegando a ser tan pequeños que la roca se convierte en un maciño, formando la base unas arcillas o margas de color azulado.

A los bancos de maciño, muy calíferos y cubiertos por otros de gonfolita, cabe asignarles un espesor de unos 100 metros; a las arcillas más o menos azuladas y blanquecinas, por lo menos 20, y a las margas yesosas subyacentes, escasamente cinco o seis. En cambio, las rojas que forman la base llegan a alcanzar espesores superiores a 100 metros.

Las capas yacen, por lo general, horizontales o con ligero buzamiento al Sudeste.

Esta zona miocena está surcada por diferentes ramblas formando grandes cortes, alguno de los cuales (como el de la rambla del Saltador, al pie de la Sierra del Castillo) alcanzan 20 y más metros de desnivel.

Conviene hacer notar que en el extremo de Levante de esta re-

gión terciaria, y ya en los límites de la provincia con Murcia, el terreno parece más bien corresponder al período plioceno representado principalmente por maciños con intercalaciones de estrechas fajas de arcilla y cubierto por una gonfolita de grandes elementos.

Al Norte de la faja terciaria descrita aparece otra formada de aluviones cuaternarios y que en forma de cuña va reduciéndose en amplitud hacia el Este hasta desaparecer totalmente poco antes de llegar al límite de la provincia de Murcia.

Aun más al Norte de esta mancha cuaternaria, y comprendiendo la Sierra de las Estancias y sus estribaciones, se presentan las pizarras sabulosas del estratocristalino. Éstas forman grandes bancos atravesados por vetas de cuarzo que a veces se cargan de sílice hasta el punto de tomar el aspecto de verdaderas cuarcitas, pudiendo sospecharse que a no gran profundidad, y cual ocurre en la cercana Sierra Almagrera (cuya constitución geológica es análoga a la de esta zona), se encontrarán las verdaderas cuarcitas.

Nada concreto puede afirmarse respecto al buzamiento general de estas pizarras, cuyo color es gris de humo, pues están tan dislocadas que aquél es sumamente variable.

La época secundaria está representada en esta región por el triásico, el cual forma varias colinas, de forma prolongada de Norte a Sur, en los Cabecicos, que están constituidos exclusivamente por areniscas abigarradas, lo mismo que el manchón en el extremo Nordeste del Cabezo de la Jara, que alcanza la altitud de 1.300 metros sobre el nivel del mar.

Aquí el triásico está representado en su base por unas areniscas rojizas de granos cuarzosos, siendo aquéllas más o menos duras, según que el cemento sea silíceo o arcilloso, y sobre estas areniscas descansan calizas de color azulado, en parte más o menos metamorfoseadas, y que alternan, a veces, con dolomías, todas ellas en estratificación concordante, con buzamiento general, y bastante acentuado, al Sudeste.

Otra gran marcha triásica de este término es la que se extiende

desde la parte Sur de la Sierrecica y Sierra del Castillo, cogiendo las Sierras de Almagro y Fuente del Marqués hasta la Torre de la Vallabona, ya en la margen derecha del río Almanzora. En esta región los pliegues y roturas del terreno, así como las pruebas de metamorfismo (relacionadas indudablemente con la presencia de una importante masa diorítica que abarca toda la parte Sur de la comarca) están aún más acentuados que en la mancha triásica septentrional del Cabezo de la Jara.

Las rocas que forman esta región de Sierra Almagro son areniscas micáceas rojas, pizarras talcosas, micacitas y calizas metamórficas, entre las que asoman algunas ofitas.

En ciertos sitios, aparece también un conglomerado silíceo de pequeños elementos, con trozos de pizarra talcosomicácea, y cimentado por carbonato de cal y materia silícea, y otros brechiformes, también silíceos y con cemento, bien silíceo, bien calizo rojizo, que revelan asimismo indicios del metamorfismo producido también por la referida ofita.

En la Sierra de Almagro merece consignarse la enorme masa de yesos que en ella se presenta y que, tanto por sus caracteres mineralógicos como por la relación en que están con los focos dioríticos, denuncian un origen eruptivo.

En toda esta zona, cuyos caracteres geológicos hemos esbozado, son varias las fuentes que existen, pero salvo las excepciones de los nacimientos del Saltador y del Cabezo de la Jara, los demás tienen escasa importancia. Se trata, en general, de alumbramientos en los que después de atravesar las margas miocenas y aprovechando condiciones locales de topografía se internan las labores en los aluviones cuaternarios. Esto ocurre, por ejemplo, en la Fuente de la Parata, en la de Almajalejo, en la de la Rambla de la Perulera, la de Santa María de Nieva, Urcal, Giviley y otras.

Ya en las estribaciones de la Sierra de las Estancias y en las fuentes del Puertecico, Cabrerías, Fuensanta, etc., aunque revisten análogo carácter, las labores se inician en el terreno estratocristalino para ir a sangrar también los aluviones modernos.

En la cortijada de Las Norias, aparte del alumbramiento del Rosario, análogo a los ya citados, se está ejecutando otro, por medio de una galería que mide ya 500 metros, y que, practicada en terreno mioceno, se propone cortar las calizas del triás de Sierra de Enmedio.

Todas estas fuentes son de un caudal muy modesto, alcanzando por excepción algunas, como la de Santa María de Nieva, el de seis o siete litros por segundo.

Aparte de estos alumbramientos por galería existen, especialmente en el poblado de Overa, un gran número de pozos (de profundidad variable, oscilando entre 20 y 30 metros), practicados dentro del terreno triásico, y en los que el agua mana por una capa de arena rojiza sumamente suelta, que engloba trozos de micacitas y gneis de hasta tres y cuatro centímetros.

Estos pozos producen bastante cantidad de agua, que está, indudablemente, en relación con las subálveas del Almanzora, puesto que las riadas de éste hacen aumentar el nivel de aquéllas.

Ya hemos indicado antes que los alumbramientos del Saltador y del Cabezo de la Jara revisten mayor importancia. El primero, en la rambla del mismo nombre e inmediato a la población de Huércal Overa, forma un anfiteatro de más de 30 metros de ancho por cerca de 20 de alto, y del que brota el agua en cantidad de unos 20 litros por segundo entre unas capas de areniscas miocenas y amarillentas que alternan con otras de gravas. Sin embargo, el llamado campo de Huércal Overa no puede aprovechar estas aguas, por estar dicho manantial más de cien metros por bajo de aquél, sucediendo lo contrario con el alumbramiento del Cabezo de la Jara, que es a la vez el más importante de la región.

En el extremo Norte de la mancha miocena, y muy cerca ya de su contacto con el triás del Cabezo de la Jara, está la trancada de bajada a la traída de aguas, y a unos 10 metros más baja, la verdadera galería que, con una dirección aproximada al Norte-Nordeste, mide más de mil metros de corrida.

La altura de estos trabajos sobre el nivel del mar es, aproximadamente, de 670 metros.

Los primeros 600 metros de la galería están abiertos dentro del terreno mioceno superior (helvético), y todos ellos fortificados, pues las molasas margosas que lo constituyen son blandas, y además la roca está bastante agrietada.

A partir del punto aludido, la galería sigue por el contacto de las molasas miocenas (que buzán unos 40° al Oeste-Sudoeste) con el triás, que sirve de base a la Sierra del Cabezo, y que aquí está formado por un conglomerado rojizo de cantos silíceos trabados por un cemento calizo; dicho conglomerado buza acentuadamente (unos 60°) al Sudeste y está bastante resquebrajado, viniendo por las grietas la casi totalidad del agua alumbrada, pues a unos 200 metros del frente de los trabajos vuelve a presentarse hacia el Norte el terreno mioceno, quedando en él la galería y el frente del trabajo, por el que apenas mana agua.

A continuación de la galería principal citada hay otras que, en conjunto, miden cerca de tres kilómetros de longitud, y por las que el agua alumbrada se conduce a la balsa, de donde se distribuye, no sólo para el riego del campo de Huércal, sino también para el abastecimiento de la población, aprovechándose previamente (al utilizar parte del desnivel disponible) para la creación de energía eléctrica.

El caudal medio de este alumbramiento puede estimarse en unos 50 litros por segundo.

De todo lo que precede y de las condiciones topográficas de esta región, se deduce que el vaso de recepción que esta cuenca tiene es el limitado al Norte por la Sierra triásica del Cabezo de la Jara y la Sierra de las Estancias, que hemos clasificado como del terreno estratocristalino.

Es cierto que, dada la altura sobre el nivel del mar de la Sierra de la Jara, esta zona está menos sometida a la sequía que en general afecta a esta región, pues en los inviernos cuenta con las aguas que provienen de las nieves, más las torrenciales que, aunque de tarde en tarde, caen, y no siendo sus laderas muy pendientes y abundando las cañadas de relativa extensión, forma una cuenca de recepción de relativa importancia, como lo prueba el alumbramiento

miento que hemos descrito, mientras que la Sierra de las Estancias, por su menor altitud (800 metros como término medio), por la constitución del terreno y por la mayor inclinación de sus laderas, constituye una zona de importancia mucho menor.

La topografía del terreno prueba claramente que la fuente del Saltador, donde van a concurrir todas las ramblas que surcan el campo de Huércal, son el drenaje natural de la cuenca general por donde la mayor parte del agua escapa, y únicamente una pequeña cantidad, filtrándose por algunas capas de maciños, puede dar lugar a los escasos manantiales que aparecen en la mancha miocena; esto explica, junto con la escasa permeabilidad de esta clase de terrenos, la insignificante cantidad de aguas que cabe recoger en él, porque además debe tenerse en cuenta que aquéllas, sujetas por la capa de arcillas (láguenas) que a escasa profundidad y con ligero buzamiento al Sudeste se encuentra en la casi totalidad del campo de Huércal-Overa, tienen su desagüe natural (como lo comprueban ciertas fuentes) en la rambla del Saltador, y el resto, ya escaso, se reuniría probablemente (dado el espesor medio del terreno terciario) a considerable profundidad, lo que las haría prácticamente no aprovechables para fines agrícolas.

Por otro lado, y refiriéndonos a las aguas del triás, que aunque profundas pudieran encontrarse, debe no olvidarse que la permeabilidad relativa de esta clase de terrenos fisurados disminuye generalmente con la profundidad, y que en ellos el agua, al circular por grietas o quebradas muy irregulares, sólo eventualmente puede ser alcanzada por sondeos, y por estas razones se ha descartado también en principio la utilización de trenes de sondeo en esta región Norte de la provincia de Almería.

La segunda zona de las estudiadas es la que hemos denominado de Levante, o sea la que, abarcando los pueblos de Pulpi, Cuevas, Vera, Antas y pueblos del Río de Aguas, está limitada al Norte, por la provincia de Murcia; al Levante, por las Sierras del Aguilón, Almagrera y costa del Mediterráneo; al Sur, por la Sierra Cabrera, y al Oeste, por las estribaciones de Sierra de Filabres, que constituyen las de Bédar, Lubrín, etc.

En el primero de los términos citados, la cuenca terciaria, situada entre las formaciones más antiguas de Sierra de Almagro por un lado, y del Aguilón por otro, se presta en principio, por su disposición topográfica y por la naturaleza de sus estratos, al intento de establecer, en el llamado Campo de Pulpi, un pozo o taladro artesiano.

Rodeada de rocas triásicas relativamente permeables, es muy probable (como ya en tiempos lo indicó D. Daniel Cortázar) que contenga aguas subterráneas más o menos abundantes, que la sonda pondría al descubierto en cuanto se atravesase el terreno terciario y penetrando en las rocas triásicas se llegase a las capas impermeables de las rocas metamorfoseadas. Es más: quizás no fuera preciso completar este programa, sino que baste el corte en los taladros de una capa de arenisca bastante permeable y de relativo espesor, cuyo afloramiento puede verse especialmente al Nordeste de la cuenca y en las inmediaciones del túnel llamado Grande, en la línea férrea de Almendricos a Águilas.

En la región Norte (ya en los confines de la provincia de Murcia), y hacia el paraje de Galián, el terreno estratocristalino subyacente a las calizas triásicas de la Sierra del Aguilón, avanza bastante y aflora de nuevo al Oeste de la población, dejando aislado un manchón terciario de escasa importancia. Aun más a Poniente y antes de llegar a la capa de arenisca antes citada, vuelve a presentarse otra pequeña mancha terciaria enclavada entre el terreno estratocristalino y un asomo triásico, adosado al cual aparecen las areniscas aludidas, recubiertas por las margas azuladas y blanquecinas francamente terciarias, que cubren ya gran extensión hasta las estribaciones triásicas de Sierra de Almagro.

Es, pues, muy probable que un taladro puesto en esta zona de Poniente de la cuenca terciaria, que ya sin interrupción se extiende hacia el Sur penetrando en el término de Cuevas de Vera, alumbrase aguas ascendentes al acabar de atravesar las margas yesosas o azules que constituyen la base de la formación terciaria, sin necesidad de profundizar hasta los terrenos metamorfoseados.

Por otro lado, y por muy trastornadas que se presenten las

rocas, tanto las de los manchones triásicos, como las del terreno estratocristalino, las capas terciarias, por el contrario, parecen conservar gran regularidad, y no es de suponer que puedan afectar a esta región Norte de la cuenca los asomos eruptivos, que ya en el término de Cuevas forman los cabezos de Pedrosa, Alifraga y otros.

El afloramiento de la capa de arenisca ya citada está a una altitud media de unos 220 metros, y, por lo tanto, en relación con este dato, se elegirá, en lo futuro, la situación del sondeo para que las aguas que se encuentren puedan emerger a la superficie.

En cuanto al espesor de la formación terciaria en esta zona, aunque no hay datos suficientes para concretarlo, cabe deducir, por estudios geológicos anteriores de indiscutible autoridad, que su potencia no pasará (especialmente en la región adosada a las estribaciones de Sierra de Almagro) de unos 150 metros, correspondiendo la mayoría de éstos a las margas azules, acompañadas de algún yeso, que parecen constituir la base de la formación.

En los términos municipales de Vera y Antas se han hecho también varios intentos de perforación de taladros artesianos; pero en parte por lo defectuoso de la maquinaria empleada, y también, indudablemente, por el exagerado espesor que en esta zona demuestran tener las margas miocenas, los resultados hasta ahora han sido negativos, aunque alguno de los taladros haya alcanzado la respetable profundidad de más de 250 metros.

Sin embargo, y entre los sitios que de esta región se han estudiado por el Instituto Geológico, hay alguno como, por ejemplo, el del paraje llamado Alcornia, en el que existe la probabilidad de alumbrar aguas subterráneas, y posiblemente artesianas, por medio de un sondeo que, atravesando las tantas veces citadas margas terciarias, corte los maciños o capas de areniscas filtrantes a aquéllos subyacentes, y cuya existencia ha sido comprobada tanto al Norte en el alumbramiento de la cortijada de los Gallardos, como al Sur en las márgenes del Río de Aguas.

La capa acuífera que estas fuentes acusan parece, en efecto, extenderse, no sólo por esta parte, sino también hacia el Suroeste

en un sondeo de la Rambla de Serena, que hemos tenido ocasión de visitar, y asimismo en los pozos profundos de las minas del Pinar de Bédar, en los que el nivel del manantial correspondiente parece tener relación con el de los descubiertos en las inmediaciones del Río de Aguas.

Los estudios hechos permiten esperar que en este relativo estrangulamiento de la taza terciaria sea fácil alcanzar, a no exagerada profundidad, los terrenos acuíferos de la formación triásica, emergiendo en sitios adecuados las aguas alumbradas, dada la cota media a que se efectúa el contacto entre el terreno terciario y las formaciones más antiguas.

Según puede verse en algunos cortes del Río de Aguas (y especialmente en uno frente al molino nuevo), el terreno terciario se presenta en su parte superior con una capa de caliza margosa, de no gran espesor, que descansa sobre las margas amarillentas, las que, si bien en esta región tampoco parecen alcanzar grandes profundidades, crecen en espesor hacia el Este, puesto que en la región de Moro-Manco miden por lo menos el respetable de más de 250 metros, según se ha comprobado en uno de los sondeos a que antes hemos hecho alusión, y que ejecutó la casa Chavarri.

Por bajo de estas margas asoman, en los cortes citados, las areniscas filtrantes, que, a su vez, descansan sobre las calizas triásicas, cuya dirección media en esta zona es de, aproximadamente, Noroeste, con escaso buzamiento al Nordeste.

En el paraje de Alcornia, ya citado, es de esperar, por un lado, que el espesor de las margas terciarias no pase de 100 metros, y por otro, que el agua que se alumbre tenga la suficiente presión para emerger a la superficie, dada la altitud del emplazamiento adecuado y las cotas relativas de los demás puntos, en los que se ha alumbrado ya la misma capa acuífera.

También se ha estudiado la zona del campo llamado de Tabernas, población situada a 420 metros de altitud, y cerca de la cual aparece el terreno estratocristalino. Éste, por lo tanto, avanza hacia el Sur, bastante más de lo indicado en el mapa geológico (cuya rectificación se está llevando a cabo), pues el cerro, o Se-

rrata, del pueblo, de una cota de unos 500 metros, está todo constituido por la citada formación, que continúa presentándose hasta las inmediaciones del cerro Montero, donde ya aparece el triás. Desde la orilla izquierda del barranco de aquel nombre se prolonga el terreno secundario por las cabezas de los barrancos Cañuelo, Inquisidores, Calares, etc., dando la impresión de estar alojado en un pliegue del estratocristalino, análogamente a lo que ocurre en muchos sitios de la falda meridional de Sierra Alhambilla.

En las inmediaciones de los Calares, y hacia el Norte, ya no es el estratocristalino el terreno que se presenta, sino el terciario, tratándose, probablemente, del eoceno que figura en el mapa de rectificación de esta provincia.

Como las bolsas de agua que se encuentran en esta región en las masas de calizas triásicas, a pesar de inundar temporalmente las labores mineras que en aquellas rocas se practican, son de escaso caudal, y como además, bien que se apoye el terreno triásico sobre la rama inferior de un pliegue eoceno, sobre el que descansa a su vez el terciario superior, bien que sea este terciario, representado por el piso eoceno, el que descansa directamente sobre el terreno triásico; de todos modos resultará que en la cuenca de la Rambla de Tabernas sólo se puede principalmente contar con las aguas que escurran del terreno estratocristalino, las cuales van a embalsar directamente en el cuaternario; y esto explica el origen de las varias fuentes que se encuentran en el aluvial de la Hoya de Tabernas.

Si, por el contrario, y en vez de tratarse del supuesto eoceno, correspondiera al terreno en cuestión un nivel más alto del terciario, el mioceno, por ejemplo, las circunstancias variarían en sentido favorable, pudiendo además tener el pliegue citado del estratocristalino un carácter puramente local.

En este caso, desaparecería el doble inconveniente, no sólo de la interrupción de la formación triásica, sino también el representado por el gran espesor e inclinación de las capas del «flisch eoceno», que se señala en la rectificación del mapa antes aludida.

El contacto del terreno triásico con el eoceno en unos sitios, y con la rama inferior del pliegue del estratocristalino, en otros, se mantiene, por lo general, a unos 600 metros de cota, o sea a cerca de 200 metros sobre la población de Tabernas.

Más hacia Levante, y desde los Calares hasta la venta de los Yesos, nada notable hay digno de señalarse: las calizas triásicas siguen formando la ladera septentrional de Sierra Alhamilla, por cierto en bastante mayor extensión de la que hasta hoy marcaba el mapa geológico.

En la parte Norte se alza la Serrata del Marchante, en la que se encuentra, sí, muy bien caracterizado, el flisch eoceno, y delante de esta formación aparece la miocena, con gran abundancia de yesos (cerca de la venta del mismo nombre), que cierran por este lado, y a una altitud de unos 500 metros, la cuenca estudiada.

A mayor cota (580 metros) se encuentra la fuente del Vicario: aparece en una caliza eocena, cuya estructura induce a considerarla como de formación costera, viéndose en ella frecuentes trozos de pizarra estratocristalina, que indican que la fuente no debe haber brotado lejos del contacto del terreno mioceno con el estratocristalino, siendo más que probable que la caliza de dicho tramo terciario esté empapada por las aguas que escurren de las pizarras subyacentes de la Sierra Bermeja.

Como resultado del estudio que venimos extractando y referente a esta zona de Tabernas, se localizaron para la ejecución de futuros sondeos artesianos, y como sitios viables, varios puntos a una altitud conveniente (unos 470 metros), entre los que citaremos: el de la Rambla de Oña, junto al puesto de peones camineros; otro entre los cortijos de Oña y Vilches, y, el tercero, en la Rambla de Espelúy, frente al kilómetro 105 de la carretera de Almería.

Otra de las regiones estudiadas es la de Níjar. Este término, situado a Levante de Almería, comprende tres zonas muy diferentes entre sí, lo mismo desde el punto de vista geográfico que desde el geológico. La más septentrional de estas zonas forma parte de las Sierras de Alhamilla y de la Cabeza; la central es una gran ex-

tensión de terreno llano que compone la mayor parte del término de Níjar, y la meridional está ocupada por el macizo eruptivo de Cabo de Gata.

Para el objeto que se perseguía, o sea la elección de un punto a propósito para la apertura de un pozo artesiano, sólo había que tener en cuenta la parte central del término, y ésta fué la que se estudió, haciendo referencia a las otras dos únicamente por la relación que inevitablemente tengan con ella, ya que las condiciones hidrológicas de una comarca, en lo que se refiere a aguas subterráneas, dependen de las que reúnan las comarcas que la rodean, y más aún en el caso, como el presente, en que la zona cuyo estudio interesa está topográficamente dominada por las circundantes.

La parte central del término de Níjar es un terreno llano de gran extensión; su suelo está constituido por la formación terciaria (mioceno y plioceno), cubierto por mantos de espesor variable de aluviones y travertino, y todo él está cruzado por ramblas que, en su mayoría, se hallan tan poco definidas a causa de lo poco accidentado de aquel terreno, que cuando llevan mucha agua se confunden varias en una, por inundarse la divisoria de ellas, y cuando no llevan agua ninguna por la superficie (lo que muy a menudo ocurre), apenas si se distingue su cauce del resto de la llanura.

Dentro de esta zona central que consideramos, aun se puede restringir más la extensión dentro de la cual se debe con algún fundamento intentar una perforación.

A Levante de la vía férrea de Lucainena se eleva insensiblemente el terreno, y forma una especie de arista que se prolonga de Norte a Sur en una serie de cerros: el Caballón, el Tablazo, etcétera. Esta parte oriental tiene, por lo general, una cota superior a 260 metros.

Desde esta arista, y en dirección al Sudoeste, aproximadamente, se extiende La Serrata, que corta y limita una cuenca dentro de la zona terciaria central, a que nos venimos refiriendo.

Las aguas que proceden de las faldas de Sierra Alhamilla (por lo menos desde Níjar, hacia Levante, y desde Camarillas, hacia

Poniente), se dirigen, bordeando la citada línea de cerros y La Serrata, hacia el mar, por la extremidad occidental del macizo eruptivo del Cabo de Gata. Las que procedan de Sierra Carbonera se reparten según la divisoria, cuyo mayor relieve es La Serrata, y acuden al mar, en su mayoría, por el Poniente de dicho Cabo.

Se trataba, pues, de buscar en estas líneas de vaguada, tan poco precisas, un punto que se hallase lo bastante bajo para que el agua que en él se pudiera alumbrar tuviese probabilidades de ser surgente y lo bastante alto para que el agua alumbrada dominase un campo de riego suficiente.

Al efecto, se fijó la atención en tres puntos: uno situado en la confluencia de las ramblas Segura y Garillos, y cuya altitud es de 190-200 metros; otro, muy próximo al primero, que se encuentra en la unión de las ramblas de Matarines y la citada de Garillos, junto a los cortijos de Miserias y Salazar, y cuya altitud es de 170-180 metros, y un tercero, muy alejado de los anteriores, y que se halla junto al cortijo del Cautivo, en la rambla de Artal, donde ésta se une con la de Inox, y en altitud de unos 140 metros.

Los primeros puntos mencionados presentan la ventaja de hallarse a bastante altura sobre el resto del campo de Nijar, asegurando a las aguas que en ellos se pudieran alumbrar extenso campo de riego, mientras que el tercer punto (situado en la rambla de Artal) tendrá la ventaja de necesariamente recoger mayor cantidad de agua de las diferentes ramblas, que se van sumando a la de Artal desde su comienzo, o sea en la unión de la de Matarines y Garillos, donde se halla el segundo punto en que nos hemos fijado. La altitud a que se encuentra este tercer punto no es muy baja tampoco, pero habrá quizás el inconveniente de que el terciario alcanzará allí bastante mayor espesor que en los puntos anteriores.

Más a Poniente del tercer punto elegido queda limitada la cuenca por unos asomos eruptivos que, aunque no los hemos podido encontrar en nuestra expedición, están marcados con toda precisión en el mapa geológico de Almería, recientemente rectificado por el ingeniero Sr. Fábrega, y sin juzgar en absoluto sobre

la importancia que estos asomos eruptivos puedan representar, desde luego no será conveniente emplazar el sondeo en sus inmediaciones, pues es muy posible que se halle alterado el régimen de las aguas subterráneas a causa de los trastornos que en los estratos de las rocas sedimentarias producen siempre las hipogénicas que las atraviesan.

En cuanto al nivel probable de las aguas subterráneas, hay que tener en cuenta que el contacto del terciario con el terreno triásico (o con el estratocristalino) se halla a los 400 metros de altitud, como término medio, y que a esta altura se encuentra una galería en las inmediaciones de Nijar, en la cual se ha cortado un depósito de agua que se agotó al poco tiempo, lo que indica que el nivel hidrostático se halla aun más bajo, es decir, que la altura de 400 metros se puede tomar para proceder por exclusión y como superior a la del nivel hidrostático.

En la imposibilidad, pues, de determinar exactamente dicho nivel, cabe fijarle la altitud de 350 metros como término medio, con lo cual no es de temer se cometa gran error, y en este supuesto el nivel hidrostático en la sierra se hallará a unos 140 metros sobre los dos primeros puntos señalados y a más de 200 metros sobre el tercero.

En cuanto a la profundidad que deberán alcanzar los sondeos, es muy probable que no pase de 200 metros para atravesar el terciario, sobre todo en los dos primeros puntos; y en cuanto a la cantidad de agua que se pudiese alumbrar, depende, naturalmente, de la que contenga la Sierra Alhamilla exclusivamente, pues no hay enlace fácil entre las formaciones de las sierras en esta parte de la provincia, con las que se extienden más al Norte en comarcas donde la lluvia es mucho más abundante.

La Sierra Alhamilla, en resumen, presenta, en lo que se refiere a las aguas subterráneas, y entre otras condiciones desfavorables, las siguientes: la de recibir pocas aguas de lluvia, la de estar constituida en casi su totalidad por pizarras estratocristalinas, formación que, como es sabido, sólo da lugar a la presencia de manantiales poco profundos, procedentes del agua, generalmente escasa,



que escurre por los lisos de las pizarras, y no de depósitos grandes y abundantes; además el terreno triásico, que también constituye parte de la sierra, está representado únicamente por varias manchas de calizas independientes unas de otras, y aunque aquellas son rocas muy aptas para almacenar el agua en su masa, la que contenga cada uno de esos macizos triásicos que aparecen sobre la formación estratocristalina sólo será un depósito aislado, y cabe asegurar que el nivel hidrostático en dichas masas del triás sufre la influencia desfavorable de las pizarras subyacentes, que, con respecto a las primeras, hacen el oficio de sifón de descarga.

En cuanto a la comarca de Dalías, sólo hay que tener en cuenta para el estudio del emplazamiento de un sondeo artesiano la parte conocida con el nombre del «Campo». Esta denominación, algo arbitraria, se refiere a toda la zona perteneciente al término municipal de Dalías, comprendida entre la Sierra de Gádor y la orilla del mar.

La parte Norte de esta región pertenece a la Sierra de Gádor, la cual está constituida por calizas negras magnesianas pertenecientes al sistema triásico. En toda esta zona del término que corresponde a la sierra, claro es que no hay que pensar en la perforación de pozos artesianos, aunque sí en el alumbramiento de las aguas que se hallen contenidas en la masa de las calizas, bien por medio de pozos ordinarios, en los que el agua que se hallase habría de ser elevada a la superficie por motor, ya por medio de largas galerías practicadas en la base de la sierra, a conveniente altura, para conseguir aguas de riego que salgan a la superficie por su pie. Esto último es lo que ya se ha hecho en varios puntos de esta comarca y con bastante éxito por cierto.

Desde las primeras estribaciones meridionales de la Sierra de Gádor hasta el mar se extiende una llanura, o más bien una gran extensión de terreno entrellano, de formación terciaria. En esta zona es donde se puede intentar, con probabilidades de éxito, la ejecución de una perforación artesiana. Es, en efecto, indudable, que las aguas contenidas en la masa caliza de la Sierra de Gádor

pueden surgir a la superficie del suelo en la llanura, si un sondeo practicado en ésta alcanza a dichas calizas a una profundidad en que la presión de las aguas procedentes de la sierra sea la suficiente, aunque no debe olvidarse que es una circunstancia desfavorable la de ser bancos de caliza los que contienen el agua, pues, como ya hemos dicho, el agua discurre en esta clase de rocas por las fisuras y oquedades que presenta su masa, y el sondeo corre riesgo de no encontrar esos conductos naturales. Asimismo pudiera ocurrir que el nivel hidrostático fuera profundo y que la presión no sea, en ningún punto del llano, la suficiente para que se produzca el ascenso de las aguas hasta la superficie, dependiendo esto del modo y profundidad con que se presenten y afloren las capas triásicas en la orilla del mar.

En cuanto a puntos especiales para el mejor emplazamiento del sondeo, no hay ninguno que se destaque, a diferencia de lo que sucede, como hemos dicho, en la región de Níjar.

En general, todos los de la llanura, desde la sierra al mar, están en idénticas condiciones stratigráficas, y en cuanto a las diferencias de altitud, claro está que lo que en algunos sitios se ganase en presión se perdería en extensión del campo de riego dominable. Sólo hay, pues, que tener en cuenta las desigualdades locales del suelo, debidas a la presencia de algunas pequeñas colinas, en las que se manifiesta claramente la formación terciaria, que por lo general está oculta por completo bajo los mantos cuaternarios.

Por lo tanto, y en lo que se refiere al posible alumbramiento de agua artesiana en esta comarca de Dalías, lo que cabe concretar es que sólo debe fijarse la atención para escoger el sitio en aquella parte del término, situada junto al Campo de Dalías, al Levante del Egido y entre éste y Roquetas. Además, cabe indicar que dentro de esta zona (que sin mucho error se puede fijar como ocupando un semicírculo de un radio de, por lo menos, cinco kilómetros desde el Egido al Sur) se puede elegir cualquier punto entre las colinas terciarias, y dentro de esta regla general parecen los más indicados: uno a los 40 metros de altitud al Norte de la

Loma del Viento y Oeste de la Cañada del Puerco; y otro a 70 metros de altitud, al Noroeste de las Marinas, a dos kilómetros al Suroeste del Egido.

El contacto del triásico con el terciario se verifica a unos 200 metros de altitud, como término medio, lo que en principio hace suponer que existe desnivel más que suficiente para que pudieran ser surgentes las aguas alumbradas en los puntos antes citados.

En cuanto al espesor del terciario, ha de ser muy inferior al que tenga este mismo terreno en Gádor, en Tabernas o en Níjar, y, por lo tanto, es más que probable que no alcance a 150 metros en esta región, donde en su parte Sudeste (términos de Enix, Dalias y Roquetas), gran número de pozos de escasa profundidad (lo que demuestra la gran demudación que aquí ha sufrido el terreno terciario) han puesto al descubierto, debajo de una capa acuífera de mediano caudal y mala calidad, otra inferior abundante y semipotable (separada de la primera por una capa de arcillas) y de la que se extraen no menos de 350 litros de agua por segundo, aprovechando ésta en el riego de más de 300 hectáreas.

Esta importante capa acuífera, cuya continuidad parece extenderse hasta el mar (Agua Dulce), debe existir o en el contacto de los terrenos terciario y triásico o en los estratos más inferiores de aquél.

En resumen, pues, los estudios hidrogeológicos encaminados a fijar, dentro de la provincia de Almería y en zonas agrícolas donde la falta de aguas de riego se hace más sentir, sitios adecuados para el intento de taladros artesianos, se han llevado a efecto en la región de *Albox*, en la del campo de *Huércal-Overa*, en el de *Pulpi*, en el término de Vera y sus limítrofes al Sur de *Bédar* y *Turre*, en los llamados campos de *Tabernas*, en la región de *Níjar* y en el campo de *Dalias*, además de los estudios que anteriormente efectuó el Instituto Geológico en el llamado Estrecho de *Gádor*, decidiéndose, de acuerdo con el consiguiente dictamen, que el ya mencionado tren de sondeo se inaugurara, cual

así se ha hecho recientemente, con un sondeo en las inmediaciones del que tuvo que abandonar la Sociedad de Nuevos Riegos de San Indalecio de Almería.

Aparte de que respecto a las condiciones de este paraje había ya informado el Instituto Geológico de una manera favorable, contribuyó a dar la prioridad a este sitio sobre los demás citados a circunstancia, digna de tenerse en cuenta, de que con esta solución se conseguiría que, en caso de éxito, los beneficios del sondeo no fueran, como resultado directo, a redundar en favor de un particular, sino que afectarían a una entidad importante directamente interesada en la agricultura almeriense y a la cual pertenece gran parte del vecindario de aquella capital.

En vías, pues, de cumplimentarse la Real orden del Ministerio de Fomento de 27 de junio de 1914, el Instituto Geológico completará en su día la misión que aquélla le marca en su párrafo tercero, disponiéndose, una vez terminados los trabajos de Gádor, a continuar sus sondeos en las zonas de la provincia de Almería que se han señalado como viables, o sean: las de los campos de Dalias, Níjar, Tabernas, Turre y Pulpi.

\* \* \*

No debemos terminar estas notas sin hacer constar que en varios de los trabajos hidrogeológicos a que aquéllas se refieren han auxiliado eficazmente al Ingeniero-Jefe que suscribe, los ingenieros agregados a este Instituto Sres. Novo y Fernández Iruegas.

# NOTA

ACERCA DE UN YACIMIENTO DE LIGNITO  
EN TÉRMINOS DE ARENAS DEL REY, JÁTAR Y JAVENA  
(GRANADA)

por

D. Alfonso de Alvarado,

Ingeniero de Minas.

## NOTA

### **acerca de un yacimiento de lignito, en términos de Arenas del Rey, Játar y Jayena (Granada).**

En la parte occidental de la provincia de Granada, entre la cordillera bética y el río Genil, se extiende una comarca ondulada que atraviesan varios riachuelos afluentes del mencionado río cuya dirección dominante es la Sur a Norte, formando valles poco profundos que separan varias mesetas de escasa elevación; sus caracteres topográficos y litológicos ofrecen gran contraste con las sierras de Alhama, Tejeda, Almirajara y Nevada, que formando escarpado anfiteatro limitan el horizonte al Suroeste, Sur y Este.

Ha sido estudiada esta región por varios ilustres geólogos, entre ellos los Sres. Gonzalo Tarín, de Botella, Silvertop, von Drasche, Bertrand y Kilian, miembros estos dos últimos de la comisión enviada a Andalucía por la Academia de Ciencias de París; en muchos puntos esenciales de tectónica y orogenia coinciden las opiniones emitidas como resultado de sus trabajos, pero no ocurre así en cuanto a la edad de la formación en que arman las capas de lignito objeto de esta breve noticia y a otros varios extremos de manifiesto interés.

No parece, sin embargo, difícil resolver estas contradicciones mediante un estudio más detallado y minucioso.

En su notable *Reseña física y geológica de la provincia de*

Granada, el Sr. Gonzalo Tarín, como resumen de los anteriores trabajos y de los suyos propios, considera la cuenca terciaria Sur del Genil como distinta de la que se extiende al Este de Baza y mientras atribuye a esta última edad pliocena, designa como perteneciente al mioceno la formación igualmente sulfo-yesos lignitífera que desde Alhama a Játar, Arenas del Rey y Jayena hemos recorrido hace poco tiempo.

Según dicho autor, pueden allí observarse plegamientos fracturas de los estratos, así como alternancia repetida de sedimentos marinos y lacustres, que son prueba de importantes movimientos orogénicos ocurridos con posterioridad al depósito de estos sedimentos y antes de formarse las capas horizontales que constituyen la estepa de Baza; nuestras observaciones personales nos llevan a conclusiones que no coinciden con esta autorizada opinión, en lo que se refiere a la parte Sur de la mancha terciaria, única que hemos recorrido.

Creemos que estos trastornos estratigráficos sólo tienen importancia en los bordes de la cuenca, y que, por el contrario, es notable la regularidad de las capas en la zona central.

Por su parte, los Sres. Bertrand y Kilian sostienen que la mola marina helvética debe formar el fondo de esta cuenca, estando el centro de ella cubierto por depósitos lacustres más modernos, de los tramos tortonés, sarmático y messinense.

La presencia en las margas sabulosas y yesíferas que integran el tramo más alto de esta formación lacustre de diversos gasterópodos característicos del mioceno superior, entre los cuales se han clasificado *Melanopsis Impressa*, *Limnea Forbesi*, *Hydrobia etrusca*, y otros varios, indujo a los geólogos franceses a designar como messinense la formación de margas y arcillas yesíferas en que arman las capas de lignito.

Por otra parte, la notable regularidad de las capas horizontales que se extienden desde Arenas a Jayena, indicando claramente formación en aguas tranquilas y no haber sido en nada afectadas por los últimos movimientos alpinos que coincidieron con el final de la época miocena, inclina a considerar como más verosímil la

edad pliocena que se asigna a esta formación en el Mapa del Instituto Geológico de España, tanto más cuanto el solo carácter paleontológico no es bastante terminante para separar los tramos sucesivos messinense y placentino.

Aunque la exacta determinación del período a que pertenecen estas capas exija estudio mucho más detenido, creemos necesario hacer resaltar nuestra opinión de que el depósito de las capas de residuos vegetales tuvo lugar después de los últimos plegamientos de la región, formándose, aparte de otras u otras secundarias, una muy potente y extensa capa de lignito no afectada en su zona central por ningún accidente estratigráfico de importancia, y cuyo contenido de combustible fácilmente explotable no parece aventurado asegurar que alcanza cifras muy elevadas, bien al contrario de lo que antes se había supuesto.





Expuestas ya las anteriores consideraciones de carácter general, vamos a enumerar algunos datos recogidos en nuestra breve expedición por aquella comarca.

Desde los baños de Alhama, en dirección Sur y Sureste, recorrimos tres itinerarios hasta las primeras escarpas de la cadena estrato-cristalina, que separa esta cuenca de la zona extrema oriental de la provincia de Málaga; los diversos terrenos que se manifiestan en los quebrados alrededores de Alhama han sido muy bien estudiados y descritos, tanto por el Sr. Gonzalo Tarín como por los ya citados geólogos franceses, y sólo diremos por nuestra parte, que en este borde de la cuenca se ofrecían muy claramente los violentos movimientos de báscula y plegamientos ocurridos al final de la época miocena, pues no sólo afectan a las calizas con belemnites liásicos, que forman delgados bancos casi verticales cuya estratificación se observa muy clara en la estrecha garganta que en el kilómetro dos atraviesa el ramal de carretera de Alhama al Bañerario, sino que también han separado notablemente de la horizontal las calizas fosilíferas miocenas que cruza la carretera de Zafarraya.

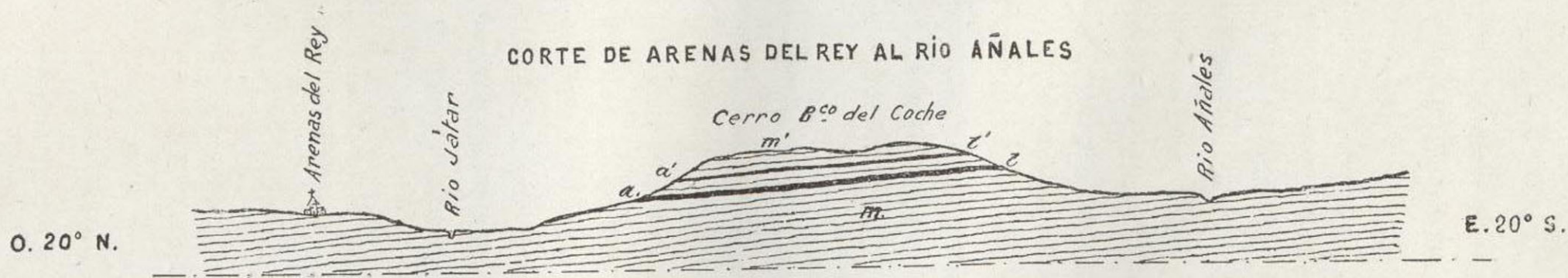
Por el contrario, las calizas, conglomerados y areniscas groseras del tramo helvético, presentan menor inclinación en las laderas

CORTE DE N.O. À S.E. SIGUIENDO EL CAMINO DE ALHAMA



- |   |                                  |   |                          |           |                                       |
|---|----------------------------------|---|--------------------------|-----------|---------------------------------------|
|  | Caliza grosera transito à molasa |  | Arenisca de grano grueso | <i>m'</i> | Margas sabulosas                      |
|  | Conglomerados de cantos pequeños |  | Yesos y margas yesíferas | <i>z</i>  | Arcillas y margas grises lignitíferas |

CORTE DE ARENAS DEL REY AL RÍO AÑALES



- |           |                                 |               |                                 |
|-----------|---------------------------------|---------------|---------------------------------|
| <i>m'</i> | Margas sabulosas                | <i>a. z.</i>  | Afloramiento potente de lignito |
| <i>m.</i> | Margas grises, arcillas y yesos | <i>a' z'.</i> | Afloramiento estrecho de id.    |

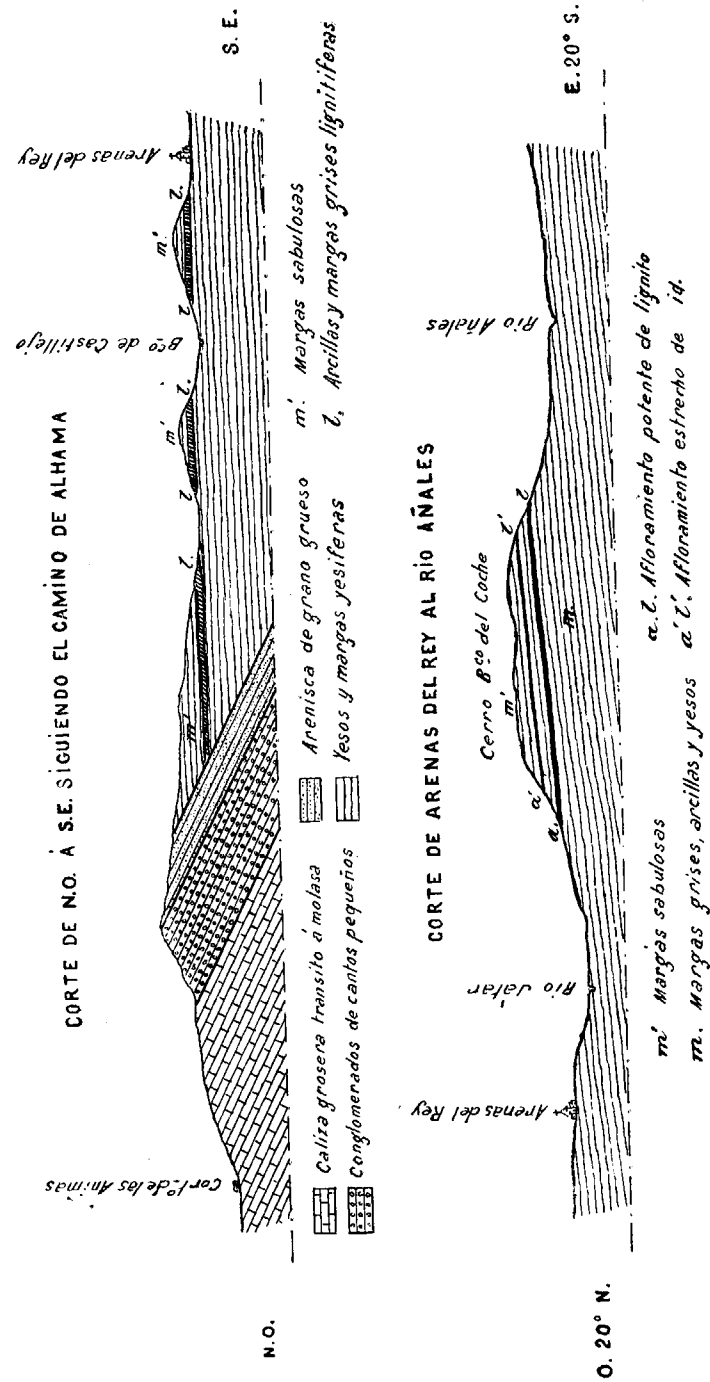
del estrecho valle por donde corre muy encauzado el río de Alhama, del que recorrimos más de un kilómetro siguiendo el camino de herradura que conduce a Arenas del Rey.

En el llamado *Tajo de Alhama*, inmediato a la ciudad, se presentan alternados bancos de calizas, molasas y conglomerados de elementos gruesos con estratificación bien definida y casi horizontales, mientras que, bajando la escarpada cuesta que desde el barrio Sur conduce al fondo del barranco, se observa una potente formación de margas sabulosas, grises y amarillentas, entre las que se intercalan arcillas rojizas y estrechas capas de yeso.

Esta formación margosa se extiende hacia el Sureste y se halla atravesada por el camino de Arenas hasta el pequeño arroyo que corre al pie del cortijo de las Ánimas; subiendo la ladera, que con fuerte pendiente conduce a la alta loma divisoria de aguas entre los ríos Cacán y de Alhama, se pasa de esta formación margosa a las calizas, conglomerados y margas, representados en el corte adjunto.

La caliza grosera sabulosa de color gris, forma gruesos bancos bastante inclinados que buzan al Sur; los conglomerados están formados por cantos de mediano tamaño, en su mayoría rodados, cimentados por una pasta arcillolocaliza bastante coherente. Entre sus elementos se distinguen fragmentos de calizas negras y rosadas además de algunas concreciones silíceas, y es muy notable la diferencia entre estos conglomerados y los de elementos más gruesos que integran la llamada *blockformation* en el extremo oriental de esta cuenca, y pueden estudiarse en las trincheras de la carretera que conduce desde Granada a Quentar, y en ambas laderas del estrecho valle por donde corre el río Aguas Blancas en las inmediaciones del pueblo de Dúdar, así como en el camino de Cenes a Güéjar Sierra.

En este conglomerado de cantos muy gruesos con cemento arcilloso poco coherente, se nota una extraordinaria variedad mineralógica en sus elementos componentes; hay entre ellos trozos de caliza dura, sacaroidea, muy blanca que conserva sus aristas vivas y otros de caliza gris también compacta y asimismo otros trozos



más pequeños de serpentina, pizarras micáceas y granatíferas como también gran variedad de filadidos satinados semejantes a los del tramo de Motril, cuyas aristas han desaparecido totalmente tomando el aspecto de cantos rodados.

Todos estos bloques proceden verosímelmente de la gran denudación sufrida por los estratos cristalinos del macizo occidental de la Sierra Nevada al final de la edad terciaria, es decir, cuando inmediatamente después de los levantamientos alpinos las vertientes de la inmediata cordillera eran aún más inclinadas y abruptas que en la época actual; todos los riachuelos y arroyos que alimentan el Genil conservan aún su carácter torrencial, habiendo podido observar en el curso superior del pequeño río de los Padules que afluye al de Aguas Blancas en las inmediaciones de Quentar, los efectos de un derrubio muy intenso sobre las calizas triásicas que forman su lecho y el arrastre de elementos relativamente gruesos.

Por el contrario, la variedad de componentes es mucho menor en el conglomerado que reconocimos en la cañada de Anguita, siguiendo el camino de Alhama a Arenas del Rey; los cantos pequeños de calizas negras y rosadas, así como algunos riñones de sílice, proceden probablemente de las capas jurásicas de la Sierra de Loja, mientras que los cantos de caliza sacaroidea y algunas pizarras deben proceder del macizo estrato cristalino, Sierras de Alhama y Almijara, donde hemos reconocido potentes tramos de esa clase de rocas, siendo allí los efectos de la denudación mucho menos violentos que en el macizo del Mulhacen, más elevado y más abrupto.

Siguiendo al Sureste, atraviesa el camino una faja de areniscas de grano grueso, y poco después, hacia la mitad de la longitud de la cañada, se alcanza el contacto con una muy potente formación margosa discordante sobre las arenas y conglomerados en que se apoya al Noroeste.

Dominan en esta zona las margas sabulosas amarillentas, y entre ellas aparecen delgados lechos de yeso y un banco de marga gris lignitífera en que se han hecho algunas calicatas con resul-



ado desfavorable; algunos centenares de metros al Sur del contacto, se acentúa el aspecto carbonoso de la marga gris, y un pequeño socavón emboquillado a diez metros por cima del lecho de la cañada de Anguita en su ladera occidental, ha cortado junto a la superficie una estrecha capa de combustible excesivamente terroso que no parece justificar se siga ninguna otra labor de reconocimiento.

Las capas margosas se presentan casi horizontales con ligera inclinación hacia el Sur, que nunca excede de cinco grados, y después de atravesar un pequeño barranco que corta la cañada, se llega a un nivel topográfico y estratigráficamente inferior en el cual predomina el yeso, formando capas de gran potencia, cuyo tono, muy claro, destaca bajo las margas grises carbonosas.

En las inmediaciones del pueblo de Arenas del Rey se alza el cerro llamado del Barranco del Coche, cuya ladera Noroeste baña el río de Játar, que es donde primeramente se señaló la existencia de potentes afloramientos de lignito; la mitad inferior del cerro está integrada por una masa de yeso y sobre esta masa se apoyan las margas grises y arcillas en que arman las capas de lignito.

Se han reconocido dos capas: la superior, muy estrecha y terrosa, carece totalmente de interés industrial, por lo menos en la zona que hasta ahora ha sido investigada, mientras que la capa inferior, separada de la primera por diez metros de arcillas, ofrece hermosos afloramientos de 3 a 3,50 metros de potencia.

En esta ladera Norte del cerro se han perforado dos galerías de sección ordinaria, bien entibadas, de 20 a 25 metros de longitud en dirección Sudeste; estas galerías han sido excavadas totalmente dentro de la gran capa de combustible que aparece formando masa compacta en los hastiales, lecho, muro y frente de avance, dándonos un indicio valioso sumamente favorable en cuanto a regularidad del yacimiento.

Estas galerías están situadas en la concesión *Por el Salto*, y asimismo existen afloramientos en las concesiones *Ex Gerente*, *Los Apaches* y *Pepe el Sabio*; este conjunto de afloramientos po-

tentes se apercibe claramente desde la cresta alargada, divisoria entre los valles de los ríos de Játar y de Añales, dando la impresión muy neta de que corresponden a una sola capa de extraordinaria importancia.

Más tarde hemos comprobado esta apreciación por la identidad de caracteres que presentan las capas inferiores y superiores en los diversos parajes donde aflora el combustible.

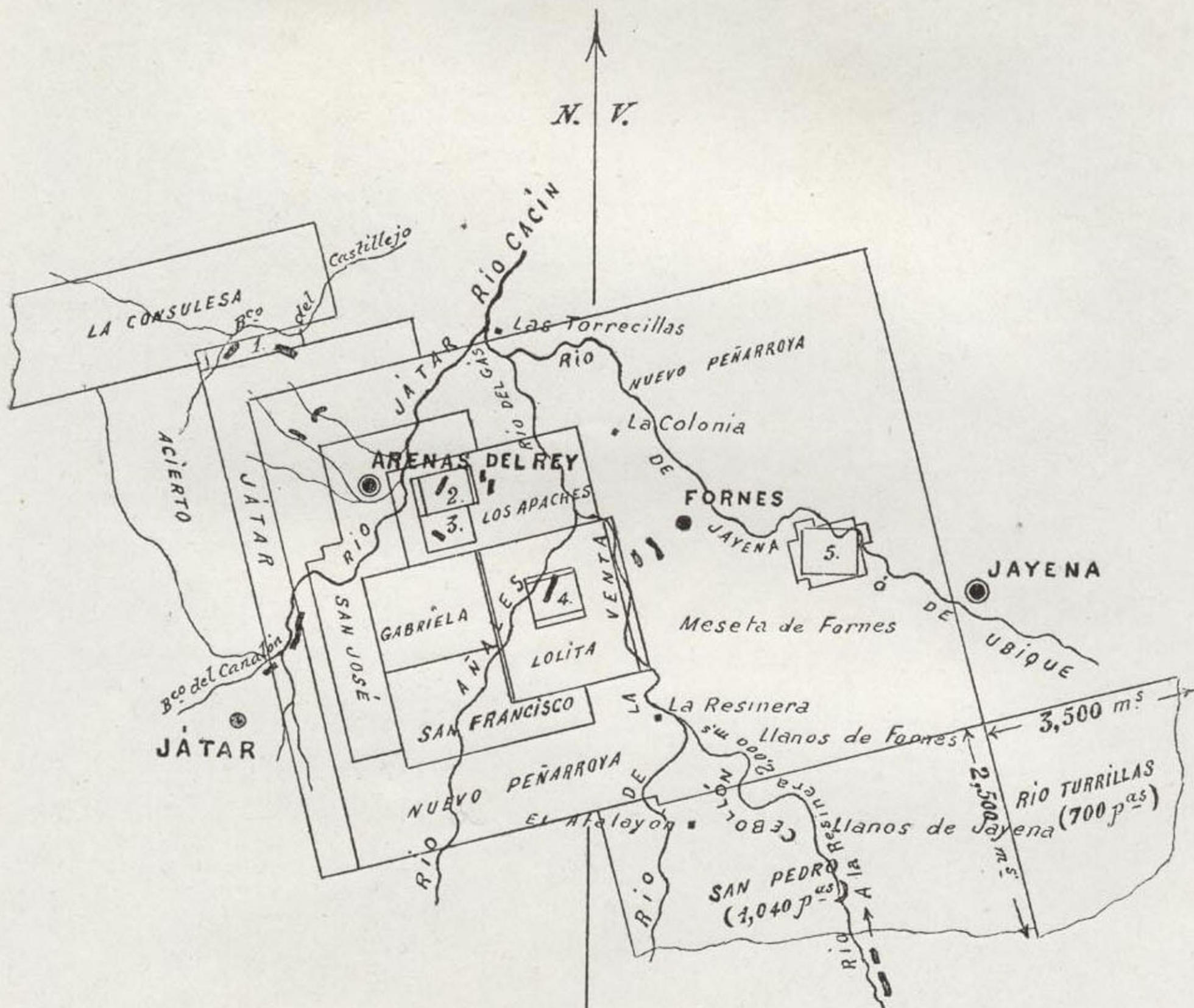
También hemos reconocido afloramientos semejantes en las márgenes y lecho del río de Játar, junto a la confluencia del barranco del Canalón, en la ladera occidental del valle del río de la Venta del Vicario, no lejos de su confluencia con el río de Añales y en las inmediaciones de Fornes.

La constancia del nivel topográfico en que se presentan estos afloramientos, la identidad de caracteres y horizontalidad de las capas en que arman el combustible, así como el conjunto de datos estratigráficos recogidos en nuestra expedición, demasiado breve y rápida, sin embargo, para formar juicio definitivo, nos inclinan a opinar en favor de la absoluta regularidad y continuidad de la formación del combustible objeto de esta nota.

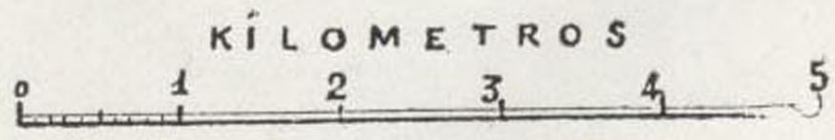
Parece verosímil suponer, como ya hemos indicado, que la zona Arenas-Játar-Jayena corresponde al centro de una depresión lacustre, y que el depósito de materiales vegetales y arcillas tuvo lugar en aguas tranquilas después de los últimos movimientos alpinos, que en nada han afectado a los estratos horizontales de esta comarca; no hemos encontrado en nuestros itinerarios traza alguna de plegamientos bruscos, fallas u otros trastornos estratigráficos, y por ello de la multiplicidad de afloramientos a nivel constante parece que se debe deducir la existencia de la capa en el interior de todos los cerros sitios en el centro de la cuenca, faltando sólo el combustible en los niveles inferiores de los valles como consecuencia de la denudación sufrida.

También hemos reconocido afloramientos de menor importancia en la margen Sur del barranco de Castillejo, junto al río de Ubique y en la orilla derecha del río Cebollón, dos kilómetros al Norte de su unión con el río Venta del Vicario, y no lejos del con-

# PLANO DE LAS CONCESIONES MINERAS DE LA ZONA LIGNITIFERA DE ARENAS DEL REY



1. Concesión "AMPÓN A DUQUE SAN PEDRO"
  2. id. "POR EL SALTO"
  3. id. "EXGERENTE"
  4. id. "PEPE EL SABIO"
  5. id. "SAN MANUEL"
- Afloramientos de lignito.



tacto de los estratos terciarios con el terreno estrato cristalino de la Almirara.

En este borde meridional de la cuenca la capa se presenta con pequeño espesor y distinta clase de lignito; el terreno en que arma la capa es también muy diverso del que constituye la zona central, pues alternan las margas sabulosas con conglomerados modernos, de cantos gruesos, y es probable que las vetas carbonosas reconocidas en este riachuelo sean tan sólo restos de la denudación de la capa principal.

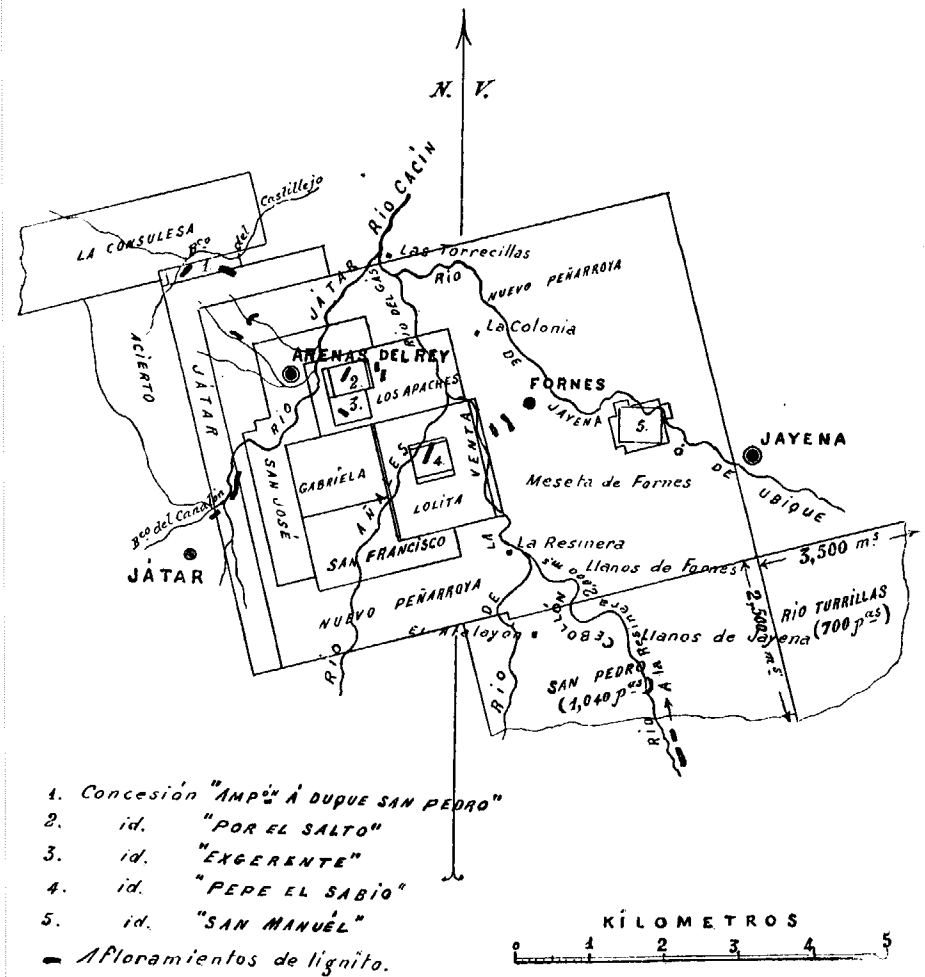
También se nos ha señalado la presencia del combustible en el puerto de Jayena, al Noroeste del pueblo, paraje que no pudimos visitar, y, una vez comprobada allí la presencia de la capa, parece indicado reconocer por medio de sondeos a pequeña profundidad la extensa meseta y llanura de Fornes, cuya constitución, al menos en la parte occidental que recorrimos, es muy semejante a los alrededores de Arenas del Rey.

Los diversos puntos en que la capa principal se presenta en la superficie están indicados en el plano adjunto, cuyos datos, en lo que se refiere a la situación de las concesiones mineras, están tomados de los planos oficiales de conjunto, que nos fueron amablemente facilitados en las oficinas del distrito minero de Granada.

Como resumen de los datos recogidos en nuestra rápida expedición, opina el que suscribe que hay suficiente fundamento para presumir la existencia de una elevada cantidad de combustible, que debe cifrarse en varios millones de toneladas; para precisar algo la cubicación será preciso un detenido estudio, que creemos dará resultados muy interesantes, dada la probable importancia del yacimiento.

Por el examen a simple vista del combustible puede apreciarse la existencia de pirita e intercalaciones arcillosas, substancias perjudiciales para la utilización en calderas; y por lo que se refiere a su destilación y aprovechamiento de aceites ligeros, el resultado de los análisis que se están llevando a efecto con las muestras de diversos puntos de la capa principal enviadas al Laboratorio de

## PLANO DE LAS CONCESIONES MINERAS DE LA ZONA LIGNITIFERA DE ARENAS DEL REY



1. Concesión "AMP. A DUQUE SAN PEDRO"
2. id. "POR EL SALTO"
3. id. "EXGERENTE"
4. id. "PEPE EL SABIO"
5. id. "SAN MANUEL"

— Afloramientos de lignito.



la Escuela de Minas permitirá formar juicio acerca de sus aplicaciones.

La proximidad de esta zona a la ciudad de Granada, cuyo consumo de combustible es de día en día más importante por el creciente desarrollo de su industria azucarera, y que se halla muy alejada de las cuencas hulleras andaluzas, presta en todo caso singular interés al conocimiento y explotación de los lignitos a que se refiere esta breve nota.

COMISIÓN DE MERIDIANAS Y TRIANGULACIONES

MEMORIA

DE LAS

OPERACIONES VERIFICADAS EN PALENCIA, BARRUELO,  
SAN SEBASTIÁN Y PALMA DE MALLORCA

por

La Comisión de Meridianas.

## **MEMORIA**

**de las operaciones verificadas en Palencia, Barruelo,  
San Sebastián y Palma de Mallorca.**

---

### **Comisión de meridianas.**

Durante el año 1915 se procedió por los ingenieros que forman esta Comisión a la determinación y trazado de líneas meridianas en los distritos mineros de Palencia, Guipúzcoa y Palma de Mallorca.

Las operaciones efectuadas corresponden a dos expediciones. Comprende la primera los meses de julio y agosto, durante los cuales se fijaron dos meridianas en el distrito de Palencia, o sea en la capital y en la cuenca hullera de Barruelo, y otra en el de Guipúzcoa, que se trazó en la cabecera del distrito.

La segunda expedición se hizo en noviembre, para determinar la meridiana de Palma, y ya entrado el año actual, se han fijado también la de Huelva, en la capital, y las de las importantes zonas mineras de Río Tinto y de Tharsis, comprendidas en el mismo distrito; mas como estén aún sin revisar los cálculos y resultados de estos últimos trabajos, sólo deberá comprender esta Memoria los que se refieren a la primera de las dos expediciones mencionadas.

Debemos hacer presente que, para la formación y desarrollo del plan a que se ajusta la práctica de las operaciones, nos han sido muy provechosos los informes recibidos oportunamente de las Jefaturas de los distritos acerca de los trazados de meridianas ya hechos en éstos por anteriores Comisiones, de los que en la actualidad están en condiciones de ser utilizados para determinar

con la exactitud necesaria las variaciones de la aguja magnética y de los que de nuevo hay necesidad de replantear, ya por haber, desaparecido los hitos que marcaban su dirección en el terreno, o alterándose notablemente las circunstancias locales en que fueron hechos esos trazados, por diferentes causas, como lo son, por ejemplo, necesidades de urbanización, construcción de edificios o de vías de comunicación en sus cercanías, u otra cualquiera.

También se hace notar en dichos informes la necesidad, acaso impuesta por el aumento de la propiedad minera, de fijar mayor número de meridianas en distritos en que hasta ahora se ha considerado que era suficiente tener trazada una sola de esas líneas, y se manifiesta, por último, la conveniencia de verificar pequeñas triangulaciones para la rectificación de los planos de conjunto de varias zonas mineras, operaciones estas últimas de las que por ahora no hemos de ocuparnos, por exigir medios materiales de ejecución de que no disponemos.

Concretándonos a lo tocante a meridianas, vemos por dichos informes que es relativamente considerable el número de las que aun conviene establecer en los distritos, en algunos de los cuales, por no tener señaladas esas líneas de referencia, se ve precisado el personal facultativo a utilizar las de otros distritos para la comprobación de los aparatos que haya de emplear en las diferentes operaciones topográficas a su cargo.

Habiéndonos hecho patente la necesidad de suplir cuanto antes estas deficiencias, hemos comenzado las operaciones tan pronto como nos ha sido posible, si bien en condiciones desfavorables a la exactitud de sus resultados, por habernos visto precisados a utilizar, a falta de otro mejor, un material de observación muy defectuoso.

Éste se componía de:

Un teodolito de Brunner;

Un cronómetro arreglado al tiempo medio;

Un barómetro aneroide y termómetro;

Una brújula de bolsillo.

El teodolito es un modelo número 3, de Brunner; sus círculos,

de 0,14 metros de diámetro, están divididos de modo que puede apreciarse en cada uno de ellos a favor de dos *nonius* incrustados en las correspondientes alidadas, un arco de 10 segundos sexagesimales.

La graduación está hecha en el sentido directo, de modo que las lecturas crecen en ambos círculos cuando se hace girar éstos en el sentido de la marcha de las agujas de un reloj, obteniéndose la posición directa del círculo vertical, en la que las lecturas y las distancias cenitales crecen simultáneamente cuando el anteojo del teodolito se halla a la derecha del observador, estando colocado éste enfrente del ocular, y viceversa.

El disco en que está grabado el círculo vertical lleva en su cara interior, opuesta a la de la graduación, un nivel cilíndrico, convenientemente dividido, para que cada parte de la escala que en él va marcada corresponda con exactitud suficiente a la misma fracción de ángulo que aprecian los *nonius* en los círculos, siendo importante notar que la graduación del repetido círculo y la del nivel van en sentido opuesto.

El eje de rotación del círculo vertical no está provisto de nivel especial para su rectificación; pero puede conseguirse ésta gracias a dos tornillos colocados en el pequeño bastidor que, sirviendo de soporte a dicho eje, une invariablemente la alidada correspondiente al eje principal del aparato.

Mas el teodolito a que nos referimos, a causa de los desperfectos sufridos durante los muchos años que, por lo visto, se ha venido utilizando por diferentes operadores, no está ya, a pesar de las varias reparaciones de que ha sido objeto, en condiciones de medir los ángulos con el grado de precisión antes indicado. Así, al medir un mismo ángulo por reiteración en diferentes zonas del círculo azimutal, se ve que los resultados correspondientes a determinadas posiciones de éste discrepan sensiblemente de los demás.

Tampoco resulta fácil de conseguir la rectificación del eje del círculo vertical, valiéndose de los tornillos de que al efecto va provisto, una vez que dicho error se acuse, ya al tratar de hacer

coincidir el cruce de los hilos del retículo en la mayor extensión posible con el cordón de una plomada en reposo, cuando se hace girar el anteojo alrededor de dicho círculo, o por otro procedimiento adecuado, porque no ajustándose dichos tornillos a sus tuercas con la perfección necesaria, en todas las posiciones que dentro de las mismas puedan tomar, resulta que en algunas de esas posiciones se consigue fijar invariablemente la posición relativa de los ejes del teodolito, y en otras no, siendo, por lo tanto, forzoso resignarse a verificar las observaciones, contando siempre con un error de inclinación en el eje del círculo vertical bastante considerable, que origina otro correlativo en las lecturas de direcciones azimutales.

Si designamos por  $y$  el error de inclinación del círculo, que proviene, ya de la falta de verticalidad del eje principal, ya de un defecto de perpendicularidad entre éste y el de rotación del anteojo, o de ambas causas, el error  $a$  ocasionado en las lecturas azimutales vendrá dado por la fórmula:

$$a = y \cot. \zeta,$$

en la que  $\zeta$  es la distancia cenital medida.

Como quiera que en cuantas operaciones de azimut hemos realizado se ha fijado siempre éste por observaciones de la estrella Polar, cuyas distancias cenitales se aproximaban siempre a  $45^\circ$ , resultará que el citado error recae casi por entero en las lecturas de direcciones; es decir, que con bastante aproximación, la magnitud de tal error quedará expresada por la igualdad

$$a = y.$$

De aquí provienen las diferencias que se echan de ver en los estados que más adelante se consignan, entre las lecturas hechas con el anteojo a la derecha y las verificadas con el anteojo a la izquierda del observador, prescindiendo de lo que en dichas diferencias pueda influir la variación de azimut del astro en el intervalo que media entre dos punterías consecutivas. Pero esta variación es muy pequeña, como así lo demuestran los estados referi-

dos. Por tanto, teniendo presente esta circunstancia, y también la de que si en la posición de derecha, por ejemplo (haciendo caso omiso del error a que dé lugar la falta de verticalidad del eje vertical), el círculo vertical inclina a la derecha del observador, originando errores por exceso en las lecturas de direcciones azimutales, en la correspondiente de izquierda inclinará en la misma cantidad hacia la izquierda, ocasionando iguales errores por defecto; resultarán por la doble observación compensados éstos.

Hechas las precedentes indicaciones, que hemos creído necesarias, expondremos ahora brevemente los procedimientos de observación y de cálculo de que nos hemos servido para fijar la dirección de la meridiana, los cuales han sido idénticos en los cuatro casos antes enumerados.

Así, pues, en cada uno de los puntos de estación, la orientación de dicha línea se ha determinado calculando previamente el azimut de un punto del terreno convenientemente elegido para servir de referencia en el replanteo, deduciendo este azimut de los correspondientes a varias series de observaciones de la Polar hechas a determinadas horas; es decir, que se ha fijado la dirección del meridiano calculando el azimut de la Polar por el ángulo horario.

Ahora bien, el triángulo esférico llamado de posición, cuyos vértices son: el polo, el cenit del lugar de observación y el punto de la bóveda celeste en donde está situado el astro que se observa, tiene, como es sabido, por lados: la colatitud, la distancia cenital y la distancia polar, a cuyos lados se oponen respectivamente: el ángulo en el astro, el ángulo horario y el azimut. El último puede considerarse también, como el ángulo exterior a dicho triángulo, comprendido entre la prolongación de uno de los lados (colatitud) y la distancia cenital, contándose en este caso sus valores, a partir del Sur hacia el Oeste y hacia el Este, afectándolos del signo  $+$  en el primer caso y del  $-$  en el segundo.

Por tanto, la cuestión de calcular el azimut del astro queda reducida a resolver el triángulo, con respecto a uno de sus ángulos, sustituyendo en fórmulas adecuadas los valores de los términos que en ellas figuren como datos.



Las que a tal fin hemos empleado son las siguientes analogías de Neper:

$$\text{tang. } \frac{1}{2} (A_1 + \bar{\omega}) = \text{cot. } \frac{1}{2} P \frac{\cos. \frac{1}{2} (\delta - \lambda)}{\cos. \frac{1}{2} (\delta + \lambda)}$$

$$\text{tang. } \frac{1}{2} (A_1 - \bar{\omega}) = \text{cot. } \frac{1}{2} P \frac{\text{sen. } \frac{1}{2} (\delta - \lambda)}{\text{sen. } \frac{1}{2} (\delta + \lambda)}$$

en las cuales  $\bar{\omega}$  designa el ángulo en el astro,  $P$  el ángulo horario,  $\delta$  y  $\lambda$  la distancia polar y la colatitud, respectivamente. Sumando algebraicamente los valores de  $A_1 + \bar{\omega}$  y de  $A_1 - \bar{\omega}$  se hallará  $A_1$ , o sea el ángulo en el cenit del triángulo dicho; pudiéndose deducir inmediatamente de él, el de  $A$ , contado a partir del Sur, que dan las ecuaciones:

$A = 180^\circ - A_1$ , si el astro está situado al Oeste del meridiano.

$A = 360^\circ - A_1$ , si el astro está situado al Este del meridiano.

Para facilitar los cálculos (según se indica en el *Tratado de Astronomía práctica* de Caspari), se toma el valor de  $P$  tal como resulta del cálculo al mismo referente, en el primer caso, y el de su suplemento a  $360^\circ$  con signo — en el segundo.

Las analogías de Neper, anteriormente escritas, dan  $A_1$  en función de los lados  $\delta$  y  $\lambda$  y del ángulo por éstos comprendido  $P$ .

Los valores del primero de esos términos son complementarios de los de la declinación consignados en las Efemérides, y son, por tanto, conocidos siempre. Los de  $\lambda$  se han hallado por los datos del *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid*, que se han completado con los que nos suministraban los planos de las respectivas localidades, excepción hecha de los referentes a Barruelo, que hubieron de ser deducidos directamente de la observación. En cuanto a los de los ángulos horarios  $P$ , se han obtenido determinando previamente en cada caso la hora local por la observación de distancias cenitales del centro del Sol y por la aplicación de apropiadas fórmulas.

Al efecto, nos hemos servido, en primer lugar, de la expresión general:

$$\cos. \zeta = \cos. \delta \cos. \delta + \text{sen. } \delta \text{ sen. } \lambda \cos. P$$

en la que  $\zeta$  designa la distancia cenital verdadera, o sea la que procede de la observación, corregida de la refracción astronómica y del paralaje;  $\lambda$ ,  $\delta$  y  $P$  son los mismos términos antes designados.

También se ha hecho uso del siguiente grupo de fórmulas:

$$(a) \text{ sen.}^2 \frac{1}{2} P = \frac{\text{sen. } (S - \lambda) \text{ sen. } (S - \delta)}{\text{sen. } \delta \text{ sen. } \lambda}$$

$$(b) \text{ cos.}^2 \frac{1}{2} P = \frac{\text{sen. } S \text{ sen. } (S - \zeta)}{\text{sen. } \delta \text{ sen. } \lambda}$$

$$(c) \text{ tang.}^2 \frac{1}{2} P = \frac{\text{sen. } (S - \lambda) \text{ sen. } (S - \delta)}{\text{sen. } S \text{ sen. } (S - \zeta)}$$

en las que  $2S = \zeta + \delta + \lambda$ .

La primera se emplea de preferencia para ángulos horarios de  $0^h$  a  $6^h$ ; la segunda para los comprendidos entre  $6^h$  y  $12^h$ , siendo la última aplicable en ambos casos.

El procedimiento de observación seguido para determinar la hora local, y que es adaptable a la aplicación de las precedentes fórmulas, fué el de medir distancias cenitales del centro del Sol en las dos posiciones del anteojó directa e inversa. Se anotaba para cada una de ellas la hora del reloj, cuidando de que el intervalo entre dos punterías consecutivas fuese lo más pequeño posible, de modo que con el menor error pudiera admitirse que el promedio de las horas correspondiese a la distancia cenital del astro en el punto medio del recorrido durante el tiempo expresado por la diferencia de las horas.

NOTA. Para determinar la hora local referente a las operaciones hechas en Palencia, se empleó la primera de estas fórmulas, la cual, por no disponer de tablas de logaritmos de Gauss, se preparó para el cálculo logarítmico vulgar del modo siguiente:

$$\cos. P = \frac{\cos. \zeta \left( 1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta} \right)}{\text{sen. } \lambda \text{ sen. } \delta}$$

Así, pues, en los estados correspondientes a aquellas operaciones se han designado por las letras  $S$  y  $S'$  los productos  $\cos. \delta \cos. \lambda$  y  $\text{sen. } \lambda \text{ sen. } \delta$ , respectivamente. En los demás casos se hizo uso para el mismo objeto de la fórmula (b).

Representando por  $D$  é  $I$  las lecturas directa e inversa del círculo, y correlativamente por  $d$  é  $i$  las del nivel; por  $\zeta$  la distancia cenital aparente, y teniendo en cuenta que las graduaciones del círculo y las del nivel van en sentido opuesto, se obtendrá  $\zeta$  por la fórmula:

$$2\zeta = (D + d) - (I + i).$$

El término  $\zeta$ , corregido de los errores de refracción y de paralaje, representa la distancia cenital verdadera que figura en las ecuaciones que dan el valor de  $P$ .

Para observar el centro del Sol, se recibía su imagen en una cartulina colocada a la distancia conveniente del ocular del anteojo, para que aquélla y la sombra proyectada por los hilos del retículo se destacaran con limpieza, y se anotaba la hora y hacía la lectura en el círculo, cuando el cruce de dichos hilos, próximo a los bordes de la imagen del Sol, determinaba en ésta dos segmentos sensiblemente iguales, cuya magnitud se procuraba que fuese lo más pequeña posible, no más que la indispensable para poderlos distinguir con toda claridad.

En las operaciones de azimut nos sirvió de señal de referencia la luz de una bujía vista a través de dos ranuras en ángulo recto hechas en una pantalla colocada a poca distancia de la misma y a plomo del centro de una estaca fija en el suelo. Instalado el teodolito en la vertical del centro de la cara superior del pilar que señalaba el punto de estación, se verificaba cada serie de observaciones del modo siguiente:

Se dirigían en primer lugar dos visuales a la señal: una con el anteojo a la derecha y otra con el anteojo a la izquierda del observador, y se anotaban las lecturas hechas en los dos *nonius* del círculo azimutal; sin variar la posición del anteojo, se hacían dos punterías consecutivas a la Polar con lecturas de los *nonius* y anotación de las correspondientes horas; e inmediatamente, invirtiendo la posición del anteojo (el cual, por lo tanto, quedaba en posición de derecha), se verificaban otras dos punterías a dicho astro, consignando las anotaciones del cronómetro y del círculo, con lo cual se daba por terminada cada serie.

Corrigiendo luego las horas de las observaciones con arreglo a los datos previamente obtenidos por el cálculo de la hora local, y mediante la aplicación de las fórmulas anteriormente consignadas, se han establecido los cuatro valores del azimut que figuran en cada una de las series.

Por diferencia entre las lecturas del círculo correspondiente a cada una de las direcciones a la Polar y las correlativas de derecha y de izquierda a la señal, se venía en conocimiento del azimut del punto del terreno que había de servirnos de referencia para fijar la dirección del meridiano de la estación.

La exactitud de los resultados obtenidos con el empleo de las fórmulas se ha comprobado haciendo aplicación de las tablas de azimutes de la Polar dadas por las tablas de las efemérides *Connaissance des Temps*, de las que también hemos hecho uso por calcular la hora local.

En cuanto a la forma de presentar los cálculos y resultados en la presente Memoria, hemos procurado ajustarnos, en cuanto lo ha permitido el género de procedimientos y de formularios empleados, a la pauta seguida por la Comisión de Meridianas que presidió el ingeniero D. Manuel Malo de Molina, al publicar en el año 1893 sus esmerados trabajos.

### Estación de Palencia.

En el paraje nombrado Cristo del Otero, situado en las afueras de la población y como a 600 metros al Norte de la estación del ferrocarril, existe desde hace años trazada una meridiana cuya dirección marcan los centros de las caras superiores de dos pilares de mampostería iguales, de forma prismática cuadrada de 0,40 metros de lado y 0,80 metros de altura. Uno de los pilares, el del Sur, está colocado cerca del depósito de abastecimiento de aguas de Palencia, y a 100 metros poco más o menos, siguiendo la pendiente bastante pronunciada del cerro en que está erigida la ermita titular de la localidad, se encuentra el del Norte.

Los movimientos de tierras que hubieron de efectuarse al abrir los cimientos del depósito, cuya construcción es de época posterior a la del trazado de la meridiana, alteraron, al parecer, la posición del pilar del Sur. Además, el hierro que entra a formar parte muy importante del pretil o antepecho que rodea el edificio, influye notablemente en la orientación de la aguja magnética, y origina, por lo tanto, errores en las observaciones que, para determinar las variaciones de ésta, se hagan sirviéndose del repetido pilar como punto de estación. En atención a lo expuesto, y no pudiendo, por otra parte, disponer de los antecedentes precisos para restablecer la antigua meridiana, ha sido necesario efectuar otro trazado.

Una zona de tierras labrantías situada al Este de los arrabales del Este de Palencia, y comprendida entre las carreteras de Valladolid y de Magaz, nos ofreció sitio adecuado a este menester, tanto por su proximidad a la población, de la cual dista poco más de un kilómetro, como por ser de suelo llano y de horizonte abierto, circunstancias estas últimas que permitan dirigir sin dificultad a objetos notables del terreno las visuales necesarias para individualizar el punto que nos sirvió de estación.

Gracias al eficaz auxilio que para realizar nuestro cometido nos deparó la Jefatura de Obras públicas de la provincia, se pudieron establecer los mojones que marcan la meridiana a orilla de los paseos de las referidas carreteras, y, por tanto, en sitio de acceso fácil, y que ofrece la posible garantía para la conservación de dichas señales por haber quedado encargados de su custodia los capataces que están al servicio de aquéllas.

Dichos mojones son dos prismas de caliza de sección cuadrada de 0,20 metros de lado y 0,60 metros de altura, asentados por una de sus bases en el fondo de una pequeña excavación de 0,30 metros de profundidad, por medio de un cimiento de hormigón. Los centros de sus caras superiores, que distan entre sí 324 metros, medidos con un taquímetro, señalan la orientación del meridiano, quedando instalados: el del Sur, en la carretera de Valladolid, y el del Norte, en la de Magaz.

Las observaciones para la determinación de la hora y del azimut se practicaron instalando el teodolito en la vertical del centro del mojón Sur.

No fué necesario verificar observaciones especiales para calcular la colatitud de la estación, porque en el *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid*, de 1915, se consignan entre los datos referentes a la provincia de Palencia las coordenadas geográficas del eje de la torre de la iglesia de San Miguel, existente en esa población; con lo cual, y midiendo en los planos locales la distancia entre la torre y el punto de estación, se pudo conocer con exactitud bastante el valor del antecedente dicho, que resultó ser de  $48^{\circ} 0' 37",0$ . De un modo análogo se vió que la longitud de la estación al Oeste de París era:  $G = 0^h 27^m 29^s,4$ .

El cálculo de la hora local se hizo aplicando el procedimiento y fórmulas consignados ya.

Corresponden al día 16 de julio las observaciones cuyos resultados se pueden ver en las páginas 14 a 21, inclusive, obteniéndose los siguientes valores para la corrección de la hora en adelanto:  $0^h 15^m 20^s,92$ ;  $0^h 14^m 51^s,51$ ;  $0^h 14^m 46^s,12$ ;  $0^h 14^m 54^s,07$ ;  $0^h 14^m 51^s,01$ ;  $0^h 14^m 53^s,78$ ;  $0^h 14^m 49^s,26$ . Su promedio,  $0^h 14^m 55^s,24$ , expresa el estado en adelanto del cronómetro, cantidad que hubo de restarse de las horas correspondientes a las observaciones hechas durante la noche a la Polar.

ESTACIÓN DE PALENCIA

$\lambda$ . 48° 0' 37",0  
G. 0<sup>h</sup> 27<sup>m</sup> 29<sup>s</sup>,4

DÍA 16 DE JULIO DE 1915

*Cálculo de la hora local por observaciones cenitales del Sol.*

1.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D)	49° 44' 5",00		
Lectura del círculo inversa (I)	308° 33' 5",00		
D — I	101° 11' 0",00		
Nivel	+ 10",00		
	101° 11' 10",00		
Distancia cenital aparente	50° 35' 35",00		
Corrección para paralaje	— 0",13		
Corrección por refracción	+ 1' 3",78		
	50° 36' 38",65		
Distancia cenital verdadera $\zeta$			
Promedio de horas del cronómetro, correspondiente al promedio $\zeta_m$ de las distancias cenitales observadas	21 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,12		
Corrección aproximada del cronómetro	— 0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,64		
Hora aproximada en tiempo medio local, correspondiente a $\zeta_m$	20 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,48		
Diferencia de longitud	+ 0 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,40		
Hora (tiempo medio) de París, correspondiente a $\zeta_m$	21 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,88		
Declinación del Sol a mediodía medio en París en 15 de julio de 1915	21° 40' 9",90		
Variación para 21 <sup>h</sup> ,255	— 8' 23",42		
Declinación correspondiente a $\zeta_m$	21° 31' 46",48		
Distancia polar correspondiente $\delta$	68° 28' 13",52		
Log. sen. $\lambda$	I,8711436	Log. sen. $\delta$	I,9685895
Log. cos. $\lambda$	I,8254243	Log. cos. $\delta$	I,5646441
Log. cos. $\delta$	I,5646441	Log. sen. $\delta$	I,9685895
Log. cos. $\lambda$	I,8254243	Log. sen. $\lambda$	I,8711436
Suma (S)	I,3900684	Suma (S')	I,8397331
Suma (S)	I,3900684		
Log. cos. $\zeta$	I,8024903		
Log. $\frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$	I,5875781		

$1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$	0,6131184
Log. $\left(1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}\right)$	I,7875444
Log. cos. $\zeta$	I,8024903
Log. (cos. $\zeta - \cos. \delta \cos. \lambda$ )	I,5900347
Suma (S')	I,8397331
Log. cos. P	I,7503016
P	55° 45' 18",19
360° — P	304° 14' 41",81, ó
en tiempo	20 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> ,79
G	0 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,40
Tiempo verdadero en París	20 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> ,19 = 20 <sup>h</sup> ,741
Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 15 de julio de 1915	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,00
Corrección 0 <sup>s</sup> ,26.20,741	+ 5 <sup>s</sup> ,39
Ecuación del tiempo	+ 5 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,39
Hora verdadera local	20 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> ,79
Hora local (tiempo medio)	20 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> ,18
Hora del cronómetro	20 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,10
Estado del cronómetro en adelanto	0 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,92

## ESTACION DE PALENCIA

DÍA 16 DE JULIO DE 1915

## 2.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	48° 17' 25",00
Lectura del círculo inversa (I).....	310° 7' 20",00
D — I.....	98° 10' 5",00
Nivel.....	+ 27",50
	98° 10' 32",50
Distancia cenital aparente.....	49° 5' 16",25
Corrección por paralaje.....	— 0",09
Corrección por refracción.....	+ 1' 0",49
Distancia cenital verdadera ζ.....	49° 6' 16",65
Suma (S).....	I,3900684
Log. cos. ζ.....	I,8160289
Log. $\frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	I,5740395
$1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	0,6249929
Log. $\left(1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}\right)$ .....	I,7958751
Log. cos. ζ.....	I,8160289
Log. (cos. ζ — cos. δ cos. λ).....	I,6119040
Suma (S').....	I,8397331
Log. cos. P.....	I,7721709

P..... 53° 42' 55",96  
 360° — P. 306° 17' 4",04, ó  
 20<sup>h</sup> 25<sup>m</sup> 8<sup>s</sup>,27

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 15 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,00
Corrección 0,26.20,877.....	+ 5 <sup>s</sup> ,43
Ecuación del tiempo.....	+ 0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,43
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 8 <sup>s</sup> ,26
Hora local (tiempo medio).....	20 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,69
Hora del cronómetro.....	20 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,20
Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> ,51

## ESTACIÓN DE PALENCIA

DÍA 16 DE JULIO DE 1915

## 3.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	46° 48' 50",00
Lectura del círculo inversa (I).....	311° 45' 20",00
D — I.....	95° 3' 30",00
Nivel.....	— 45",00
	95° 2' 45",00
Distancia cenital aparente.....	47° 31' 22",50
Corrección por paralaje.....	— 0",05
Corrección por refracción.....	+ 56",79
Distancia cenital verdadera ζ.....	47° 32' 19",24
Suma (S).....	I,3900684
Log. cos.....	I,8293654
Log. $\frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	I,5607030
$1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	0,6363337
Log. $\left(1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}\right)$ .....	I,8036849
Log. cos. ζ.....	I,8293654
Log. (cos. ζ — cos. δ cos. λ).....	I,6330503
Suma (S').....	I,8397331
Log. cos. P.....	I,7933172

P..... 51° 35' 13",96  
 360° — P. 308° 24' 46",04, ó  
 20<sup>h</sup> 33<sup>m</sup> 39<sup>s</sup>,07

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 15 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,00
Corrección 0,26.21,019.....	+ 5 <sup>s</sup> ,46
Ecuación del tiempo.....	+ 0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,46
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> ,07
Hora local (tiempo medio).....	20 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> ,53
Hora del cronómetro.....	20 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> ,65
Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,12

## ESTACIÓN DE PALENCIA

DÍA 16 DE JULIO DE 1915

## 4.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	45° 4' 20",00
Lectura del círculo inversa (I).....	313° 5' 5",00
D — I.....	91° 59' 15",00
Nivel.....	+ 1' 35",00
	92° 0' 50",00
Distancia cenital aparente.....	46° 0' 25",00
Corrección por paralaje.....	— 0",20
Corrección por refracción.....	+ 54",31
Distancia cenital verdadera $\zeta$ .....	46° 1' 19",11
Suma (S).....	I,3900684
Log. cos. $\zeta$ .....	I,8415987
Log. $\frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	I,5484697
$1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	0,6464345
Log. $\left(1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}\right)$ .....	I,8105246
Log. cos. $\zeta$ .....	I,8415987
Log. (cos. $\zeta - \cos. \delta \cos. \lambda$ ).....	I,6521233
Suma (S').....	I,8397331
Log. cos. P.....	I,8123902
P.....	49° 31' 2",55
360° — P. 310° 28' 57",45, ó	
20 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,83	

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 15 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,00
Corrección 0,26,21,157.....	+ 5 <sup>s</sup> ,50
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,50
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,83
Hora local (tiempo medio).....	20 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> ,33
Hora del cronómetro.....	20 <sup>h</sup> 62 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,40
Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,07

## ESTACIÓN DE PALENCIA

DÍA 16 DE JULIO DE 1915

## 5.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	43° 41' 50",00
Lectura del círculo inversa (I).....	314° 32' 40",00
D — I.....	89° 9' 10",00
Nivel.....	+ 1' 15",00
	89° 10' 25",00
Distancia cenital aparente.....	44° 35' 12",50
Corrección por paralaje.....	— 0",15
Corrección por refracción.....	+ 51",74
Distancia cenital verdadera $\zeta$ .....	44° 36' 4",09
Suma (S).....	I,3900684
Log. cos. $\zeta$ .....	I,8524874
Log. $\frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	I,5375810
$1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	0,6551812
Log. $\left(1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}\right)$ .....	I,8163614
Log. cos. $\zeta$ .....	I,8524874
Log. (cos. $\zeta - \cos. \delta \cos. \lambda$ ).....	I,6688488
Suma (S').....	I,8397331
Log. cos. P.....	I,8291157
P.....	47° 34' 6",74
360° — P. 312° 25' 53",26, ó	
20 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> ,55	

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 15 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,00
Corrección 0,26,21,287.....	+ 5 <sup>s</sup> ,54
Ecuación del tiempo.....	+ 0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,54
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> ,55
Hora local (tiempo medio).....	20 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,09
Hora del cronómetro.....	20 <sup>h</sup> 70 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,10
Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> ,01

## ESTACIÓN DE PALENCIA

DÍA 16 DE JULIO DE 1915

## 6.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	42° 32' 50",00
Lectura del círculo inversa (I).....	315° 33' 15",00
D — I.....	86° 59' 35",00
Nivel.....	+ 1' 35",00
	87° 1' 10",00
Distancia cenital aparente.....	43° 30' 35",00
Corrección por paralaje.....	— 0",05
Corrección por refracción.....	+ 49",82
Distancia cenital verdadera $\zeta$ .....	43° 31' 24",77
Suma (S).....	I,3900684
Log. cos. $\zeta$ .....	I,8603928
Log. $\frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	I,5296756
$1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	0,6614088
Log. $\left(1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}\right)$ .....	I,8204700
Log. cos. $\zeta$ .....	I,8603923
Log. (cos. $\zeta - \cos. \delta \cos. \lambda$ ).....	I,6808628
Suma (S').....	I,8397331
Log. cos. P.....	I,8411297

P..... 46° 4' 53",84  
 360° — P. 313° 55' 6",16; ó  
 20<sup>h</sup> 55<sup>m</sup> 40<sup>s</sup>,41

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 15 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,00
Corrección 0,26,21,386.....	+ 5 <sup>s</sup> ,56
Ecuación del tiempo.....	+ 0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,56
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,41
Hora local (tiempo medio).....	21 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> ,97
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> ,75
Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,78

## ESTACIÓN DE PALENCIA

DÍA 16 DE JULIO DE 1915

## 7.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	41° 30' 25",00
Lectura del círculo inversa (I).....	316° 26' 45",00
D — I.....	85° 3' 40",00
Nivel.....	+ 1' 37",50
	85° 5' 17",50
Distancia cenital aparente.....	42° 32' 38",75
Corrección por paralaje.....	— 0",16
Corrección por refracción.....	+ 48",10
Distancia cenital verdadera $\zeta$ .....	42° 33' 26",60
Suma (S).....	I,3900684
Log. cos. $\zeta$ .....	I,8672317
Log. $\frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	I,5228367
$1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	0,6666989
Log. $\left(1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}\right)$ .....	I,8239298
Log. cos. $\zeta$ .....	I,8672317
Log. (cos. $\zeta - \cos. \delta \cos. \lambda$ ).....	I,6911615
Suma (S').....	I,8397331
Log. cos. P.....	I,8514284

P..... 44° 44' 32",84  
 360° — P. 315° 15' 27",16; ó  
 21<sup>h</sup> 1<sup>m</sup> 1<sup>s</sup>,81

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 15 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,00
Corrección 0,26,21,475.....	+ 5 <sup>s</sup> ,58
Ecuación del tiempo.....	+ 0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,58
Hora verdadera local.....	21 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,81
Hora local (tiempo medio).....	21 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,39
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> ,65
Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,26

En la noche del 16 de julio se hicieron por el método indicado dos series de observaciones de azimut, y sus resultados aparecen a continuación. Una vez terminadas esas observaciones, fué preciso suspender el trabajo por el fuerte viento reinante, que con frecuencia desnivelaba el teodolito y entorpecía la marcha de las operaciones.

La tarde del día 17 se hicieron nuevas observaciones de distancias cenitales del Sol para rectificar el cronómetro. A éstas se refieren los cálculos de las páginas 28 a 32. Se obtuvieron los siguientes valores para rectificar la hora:  $0^h 14^m 46^s,58$ ;  $0^h 14^m 44^s,39$ ;  $0^h 14^m 44^s,17$ ;  $0^h 14^m 42^s,48$ ; cuyo promedio,  $0^h 14^m 44^s,40$ , era en ese día el adelanto del cronómetro.

Las series de observaciones azimutales que durante la noche se verificaron, fueron en número de tres, y corresponden a los estados de las páginas 34 a 39.



ESTACIÓN DE PALENCIA

DÍA 16 DE JULIO DE 1915

1.ª SERIE

1<sup>h</sup> 29<sup>m</sup> 16<sup>s</sup>,76.  $\alpha$   
 1° 8' 56",70.  $\delta$   
 48° 0' 37",00.  $\lambda$

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.).....	12 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> ,44	12 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> ,24	12 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,24	12 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> ,64
Diferencia de (t. s.) a (t. m.).....	+ 2 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,88	+ 2 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,12	+ 2 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,42	+ 2 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> ,23
Horas reducidas a (t. s.).....	12 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> ,32	12 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,36	12 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,66	12 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> ,87
Hora sidérea a mediodía.....	7 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,28	7 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,28	7 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,28	7 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,28
Hora sidérea de la observación.....	19 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,60	19 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> ,64	20 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> ,94	20 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,15
$\alpha$ .....	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,76	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,76	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,76	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,76
P.....	18 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,84	18 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ,88	18 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,18	18 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,39
Equivalencia en arco.....	275° 23' 57",57	277° 17' 58",35	279° 16' 17",85	280° 30' 55",00
(360° - P).....	— 84° 36' 2",43	82° 42' 1",65	80° 43' 42",15	79° 29' 5",00
$\frac{1}{2}$ (360° - P).....	— 42° 18' 1",21	41° 21' 0",82	40° 21' 51",07	39° 44' 32",50
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ - $\lambda$ ).....	1,9626262			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ + $\lambda$ ).....	1,9587472			
Diferencia.....				
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P.....	0,0038790	0,00387	0,0038790	0,0038790
Log. tang. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ + $\alpha$ ).....	0,0409869	0,05547	0,0705864	0,0801557
	0,0448559			0,0940347

$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\omega$ ).....	46° 24' 45",73	47° 21' 59",76	0,0510244	0,0605937
A <sub>1</sub> .....	47° 57' 15",46	48° 54' 12",33	48° 21' 29",03	48° 59' 2",80
Lecturas de la Polar.....	— 1° 32' 29",73	1° 32' 12",57	49° 53' 17",36	50° 30' 32",45
Lecturas del meridiano.....	281° 39' 40",00	281° 39' 35",00	1° 31' 48",33	1° 31' 29",65
Lecturas de la señal.....	280° 7' 10",27	280° 7' 22",43	102° 6' 15",00	102° 5' 50",00
Azimutes de la señal.....	73° 29' 35",00	73° 29' 35",00	100° 34' 26",67	100° 34' 20",35
	153° 22' 24",73	153° 22' 12",57	253° 27' 55",00	253° 27' 55",00
			152° 53' 28",33	152° 53' 34",65

Promedios. { 1.º y 3.º ... 153° 7' 56",53 (De N. a E.)  
 2.º y 4.º ... 153° 7' 53",61

ESTACIÓN DE PALENCIA

DÍA 16 DE JULIO DE 1915.

2.ª SERIE

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.).....	13 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,24	13 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> ,04	13 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,24	13 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,24
Diferencia de (t. s.) a (t. m.).....	+ 2 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,88	+ 2 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,12	+ 2 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,42	+ 2 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> ,23
Horas reducidas a (t. s.).....	13 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,12	13 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,16	13 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,66	14 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> ,47
Hora sidérea a mediodía.....	7 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,28	7 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,28	7 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,28	7 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,28
Hora sidérea de la observación.....	21 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,40	21 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> ,44	21 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> ,94	21 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,75
$\alpha$ .....	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,76	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,76	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,76	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,76
P.....	19 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> ,64	19 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ,68	20 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,18	20 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,99
Equivalencia en arco.....	298° 24' 24",75	299° 2' 5",35	300° 13' 32",85	301° 12' 15",00
— (360° — P).....	— 61° 35' 35",25	— 60° 57' 54",65	— 59° 46' 27",11	— 58° 47' 45",00
— $\frac{1}{2}$ (360° — P).....	— 30° 47' 47",62	— 30° 28' 57",32	— 29° 53' 13",57	— 29° 23' 52",50
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ — $\lambda$ ).....	1,9626262			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ + $\lambda$ ).....	1,9587472			
Diferencia.....	0,0038790	0,0038790	0,0038790	0,0038790
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P.....	0,2246258	0,2301534	0,2405391	0,2491653

Diferenci

$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\omega$ ).....	59° 25' 20",08	59° 44' 26",32	60° 20' 0",55	59° 29' 8",44
A <sub>1</sub> .....	— 1° 22' 18",10	— 1° 21' 48",87	— 1° 20' 52",89	— 1° 20' 5",12
Lecturas de la Polar.....	156° 10' 20",00	156° 10' 5",00	336° 36' 5",00	336° 35' 0",00
Lecturas del meridiano.....	154° 48' 1",90	154° 48' 16",13	335° 15' 12",11	335° 14' 54",88
Lecturas de la señal.....	308° 10' 25",00	308° 10' 25",00	128° 8' 55",00	128° 8' 55",00
Azimutes de la señal.....	153° 22' 23",10	153° 22' 8",87	152° 53' 4",89	152° 54' 0",12

Promedios... { 1.º y 3.º... 153° 8' 2",99 (De N. a E.)  
 { 2.º y 4.º... 153° 8' 4",49

## ESTACIÓN DE PALENCIA

 $\lambda$  48° 0' 37",0

DÍA 17 DE JULIO DE 1915

G. 0<sup>h</sup> 27<sup>m</sup> 29<sup>s</sup>,4

Cálculo de la hora local por observaciones cenitales del Sol.

## 1.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	57° 40' 30",00		
Lectura del círculo inversa (I).....	299° 13' 35",00		
D — I.....	118° 26' 55",00		
Nivel.....	— 1' 5",00		
	118° 25' 50",00		
Distancia cenital aparente.....	59° 12' 55",00		
Corrección por paralaje.....	— 0",05		
Corrección por refracción.....	+ 1' 28",16		
Distancia cenital verdadera $\zeta$ .....	59° 14' 23",11		
Promedio de horas del cronómetro, correspondiente al promedio $\zeta_m$ de las distancias cenitales observadas.....	4 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> ,67		
Corrección aproximada del cronómetro.....	— 0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,64		
Hora aproximada en tiempo medio local, correspondiente a $\zeta_m$ .....	4 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,03		
Diferencia de longitud G.....	+ 0 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,40		
Hora (tiempo medio) de París, correspondiente a $\zeta_m$ .....	5 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> ,43		
Declinación del Sol a mediodía medio en París, en 17 de julio de 1915.....	21° 21' 8",10		
Variación para 5 <sup>h</sup> ,175.....	2' 8",83		
Declinación correspondiente a $\zeta_m$ .....	21° 18' 59",27		
Distancia polar correspondiente $\delta$ .....	— 68° 41' 0",73		
Log. sen. $\lambda$ .....	I,8711436	Log. sen. $\delta$ .....	I,9692233
Log. cos. $\lambda$ .....	I,8254243	Log. cos. $\delta$ .....	I,5605277
Log. cos. $\delta$ .....	I,5605277	Log. sen. $\delta$ .....	I,9692233
Log. cos. $\lambda$ .....	I,8254243	Log. sen. $\lambda$ .....	I,8711436
Suma (S).....	I,3859520	Suma (S).....	I,8403669

Suma (S).....	I,3859520
Log. cos. $\zeta$ .....	I,7088005
Log. $\frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	I,6771515
$1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	0,5244989
Log. $\left(1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}\right)$ .....	I,7197446
Log. cos. $\zeta$ .....	I,7088005
Log. (cos. $\zeta - \cos. \delta \cos. \lambda$ ).....	I,4285451
Suma (S').....	I,8403669
Log. cos. P.....	I,5881782

P.....	67° 12' 37",84, ó
en tiempo.....	4 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> ,52
G.....	0 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,40

Tiempo verdadero en París..... 4<sup>h</sup> 56<sup>m</sup> 19<sup>s</sup>,92 = 4<sup>h</sup>,939

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 17

de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,32
Corrección 0,234,939.....	+ 1 <sup>s</sup> ,13

Ecuación del tiempo.....	+ 5 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,45
Hora verdadera local.....	4 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,52

Hora local (tiempo medio).....	4 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> ,97
Hora del cronómetro.....	4 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> ,55

Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,58
--	--

## ESTACIÓN DE PALENCIA

DÍA 17 DE JULIO DE 1915

## 2.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D)	58° 48' 45",00
Lectura del círculo inversa (I)	297° 59' 10",00
D—I	120° 49' 35",00
Nivel	— 22",50
	120° 49' 12",50
Distancia cenital aparente	60° 24' 36",25
Corrección por paralaje	— 0",12
Corrección por refracción	+ 1' 32",12
Distancia cenital verdadera $\zeta$	60° 26' 8",25
Suma (S)	I,3859520
Log. cos. $\zeta$	I,6932002
Log. $\frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$	I,6927518
$1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$	0,5071080
Log. $1 - \left( \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta} \right)$	I,7051005
Log. cos. $\zeta$	I,6932002
Log. (cos. $\zeta - \cos. \delta \cos. \lambda$ )	I,3983007
Suma (S')	I,8403669
Log. cos. P	I,5579338
P	68° 48' 59",69, ó 4 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 15",98
Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 17 de julio de 1915	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 52",32
Corrección 0,23.5,046	+ 1",16
Ecuación del tiempo	+ 5 <sup>m</sup> 53",48
Hora verdadera local	4 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 15",98
Hora local (tiempo medio)	4 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 9",46
Hora del cronómetro	4 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 53",85
Estado del cronómetro en adelanto	0 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 44",39

## ESTACIÓN DE PALENCIA

DÍA 17 DE JULIO DE 1915

## 3.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D)	60° 18' 40",00
Lectura del círculo inversa (I)	296° 30' 35",00
D—I	123° 48' 5",00
Nivel	— 7",50
	123° 47' 57",50
Distancia cenital aparente	61° 53' 58",75
Corrección por paralaje	— 0",01
Corrección por refracción	+ 1' 37",97
Distancia cenital verdadera $\zeta$	61° 55' 36",71
Suma (S)	I,3859520
Log. cos. $\zeta$	I,6726503
Log. $\frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$	I,7133017
$1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$	0,4832248
Log. $\left( 1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta} \right)$	I,6841492
Log. cos. $\zeta$	I,6726503
Log. (cos. $\zeta - \cos. \delta \cos. \lambda$ )	I,3567995
Suma (S')	I,8403669
Log. cos. P	I,51643 6
P	70° 49' 37",05, ó 4 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 16",47

tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 17 de julio de 1915	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 52",32
orrección 0,23.5,179	+ 1",19
cuación del tiempo	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 53",51
ora verdadera local	4 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 16",47
ora local (tiempo medio)	4 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 9",98
ora del cronómetro	4 <sup>h</sup> 63 <sup>m</sup> 54",15
tado del cronómetro en adelanto	0 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 44",17

## ESTACIÓN DE PALENCIA

DÍA 17 DE JULIO DE 1915

## 4.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	61° 38' 20",00
Lectura del círculo inversa (I).....	295° 24' 35",00
D — I.....	126° 13' 45",00
Nivel.....	+ 15",00
	<hr/>
	126° 14' 0",00
Distancia cenital aparente.....	63° 7' 0",00
Corrección por paralaje.....	— 0",06
Corrección por refracción.....	+ 1' 43",10
	<hr/>
Distancia cenital verdadera $\zeta$ .....	63° 8' 43",04
Suma (S).....	$\bar{I},3859520$
Log. cos. $\zeta$ .....	$\bar{I},6548786$
	<hr/>
Log. $\frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos.}$ .....	$\bar{I},7310734$
1 — $\frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}$ .....	0,4616393
Log. $\left(1 - \frac{\cos. \delta \cos. \lambda}{\cos. \zeta}\right)$ .....	$\bar{I},6643027$
Log. cos. $\zeta$ .....	$\bar{I},6548786$
	<hr/>
Log. (cos. $\zeta$ — cos. $\delta \cos. \lambda$ ).....	$\bar{I},3191813$
Suma (S').....	$\bar{I},8403669$
	<hr/>
Log. cos. P.....	$\bar{I},4788144$
	<hr/>
P.....	72° 28' 19",19, ó 4 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,28
Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 17 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,32
Corrección 0,23.5,29.....	+ 1 <sup>s</sup> ,22
	<hr/>
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,54
Hora verdadera local.....	4 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,28
	<hr/>
Hora local (tiempo medio).....	4 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,82
Hora del cronómetro.....	4 <sup>h</sup> 70 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,30
	<hr/>
Estado del cronómetro en adelante.....	0 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> ,48

ESTACIÓN DE PALENCIA

1.ª SERIE

DÍA 17 DE JULIO DE 1915

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA	ANTEOJO A LA DERECHA
Horas del cronómetro corregidas (t. m.)	10 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> ,89	10 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,59
Diferencia de (t. s.) a (t. m.)	+ 1 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,63	+ 1 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,35
Horas reducidas a (t. s.)	10 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> ,52	11 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,94
Hora sidérea a mediodía	7 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	7 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32
Hora sidérea de la observación	18 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> ,84	18 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> ,26
$\alpha$	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,84	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,84
P	17 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,00	17 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> ,42
Equivalencia en arco	256° 8' 30",00	257° 14' 6",30
-(360° - P)	- 104° 30' 33",45	- 102° 45' 53",70
- $\frac{1}{2}$ (360° - P)	- 52° 15' 16",72	- 51° 22' 56",85
Log. cos. $\frac{1}{2}(\delta - \lambda)$	1,9626262	
Log. cos. $\frac{1}{2}(\delta + \lambda)$	1,9587472	
Diferencia	0,0038790	0,0038790
Log. cotg. $\frac{1}{2} P$	1,8888269	1,9024350
		0,0038790
		1,9081819

$\frac{1}{2}(A_1 - \omega)$	36° 30' 12",73	43542	1,8882873	1,8886199
$\frac{1}{2}(A_1 + \omega) (-)$	37° 59' 36",06	36° 49' 30",48	37° 21' 56",80	37° 44' 5",70
A	- 1° 29' 23",33	38° 19' 10",28	38° 52' 2",85	39° 14' 18",26
Lecturas de la Polar	342° 30' 20",00	- 1° 29' 39",80	- 1° 30' 6",05	- 1° 30' 12",56
Lecturas del meridiano	341° 0' 56",67	342° 30' 45",00	162° 56' 50",00	162° 57' 0",00
Lecturas de la señal	134° 23' 25",00	341° 1' 5",20	161° 26' 43",95	161° 26' 47",44
Azimutes de la señal	153° 22' 28",33	134° 23' 25",00	314° 21' 10",00	314° 21' 10",00
		153° 22' 19",80	152° 54' 26",05	152° 54' 22",56

Promedios. { 1.º y 4.º... 153° 8' 25",44 (De N. a E.)  
 2.º y 3.º... 153° 8' 22",92

ESTACION DE PALENCIA

2.<sup>a</sup> SERIE

DIA 17 DE JULIO DE 1915

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.)	11 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> ,49	11 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> ,09	12 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,49	12 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,69
Diferencia de (t. s.) a (t. m.)	+ 1 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> ,36	+ 1 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> ,15	+ 1 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> ,93	+ 1 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> ,50
Horas reducidas a (t. s.)	11 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> ,85	12 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> ,24	12 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> ,42	12 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,19
Hora sidérea a mediodía	7 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	7 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	7 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	7 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32
Hora sidérea de la observación	19 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,17	19 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,56	19 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,74	19 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,51
<i>z</i>	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,84	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,84	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,84	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,84
<i>P</i>	18 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> ,33	18 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,72	18 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,90	18 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,67
Equivalencia en arco	270 59' 34",95	272 12' 10",80	273 23' 43",50	274 15' 40",05
— (360 — <i>P</i> )	— 89 6' 25",05	— 87 47' 49",20	— 86 36' 16",50	— 85 44' 19",95
— $\frac{1}{2}$ (360 — <i>P</i> )	— 44 30' 12",52	— 43 53' 54",60	— 43 18' 8",25	— 42 52' 9",97
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\hat{c} - \hat{z}$ )	1,9826262			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\hat{c} + \hat{z}$ )	1,9587472			
Diferencia	0,0038790	0,0038790	0,0038790	0,0038790
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ <i>P</i>	0 007 2			

Diferencia	0,0075275	0,0167026	0,0257519	0,0323286
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ <i>P</i>	1,9879655	1,9971406	0,0061899	0,0127666
Log. tang. $\frac{1}{2}$ ( $A_1 - \hat{\omega}$ )	44 12' 22",52	44 48' 40",97	45 24' 29",88	45 50' 31",26
$\frac{1}{2}$ ( $A_1 - \hat{\omega}$ )	45 45' 8",41	46 21' 25",71	46 57' 11",04	47 23' 8",31
$\frac{1}{2}$ ( $A_1 + \hat{\omega}$ ) (—)	— 1 32' 45",89	— 1 32' 44",74	— 1 32' 41",16	— 1 32' 37",05
<i>A</i> <sub>1</sub>	252 10' 35",00	252 10' 35",00	72 37' 20",00	72 37' 40",00
Lecturas de la Polar	250 37' 49",11	250 37' 50",26	71 4' 38",84	71 5' 2",95
Lecturas del meridiano	43 59' 30",00	43 59' 30",00	223 56' 35",00	223 56' 35",00
Lecturas de la señal	153 21' 40",89	153 21' 39",74	152 51' 56",16	152 51' 32",05
Azimutes de la señal				

Promedios. { 1.º y 4.º... 153 6' 36",47 (De N. a E.)  
 2.º y 3.º... 153 6' 47",95

ESTACIÓN DE PALENCIA

B.ª SERIE

DÍA 17 DE JULIO DE 1915

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.) . . . . .	12 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,19	12 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,39	12 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,49	12 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,19
Diferencia de (t. s.) a (t. m.) . . . . .	+ 2 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,13	+ 2 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,61	+ 2 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,26	+ 2 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,77
Horas reducidas a (t. s.) . . . . .	12 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,32	12 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,00	12 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,75	12 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> ,96
Hora sidérea a mediodía . . . . .	7 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	7 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	7 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	7 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32
Hora sidérea de la observación . . . . .	20 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> ,64	20 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> ,32	20 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,07	20 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> ,28
α . . . . .	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,84	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,84	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,84	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,84
P . . . . .	18 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> ,80	18 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> ,48	18 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> ,23	18 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,44
Equivalencia en arco . . . . .	278° 16' 12",00	279° 1' 7",20	279° 59' 48",45	280° 46' 36",60
-(360° - P) . . . . .	- 81° 43' 48",00	- 80° 58' 52",80	- 80° 0' 11",55	- 79° 13' 23",40
- ½ (360° - P) . . . . .	- 40° 51' 54",00	- 40° 29' 26",40	- 40° 0' 5",77	- 39° 36' 41",70
Log. cos. ½ (δ - λ) . . . . .	1,9626262			
Log. cos. ½ (δ + λ) . . . . .	1,9587472			
Diferencia . . . . .	0,0038790	0,0038790	0,0038790	0,0038790
Log. cotg. ½ P . . . . .	0,0629043	0,0686443	0,0761618	0,0821729
Log. tang. ½ (A <sub>1</sub> + ω) (-) . . . . .	0,0667833	0,07	0	0,0860519

½ (A <sub>1</sub> - ω) . . . . .	47° 51' 15",51	48° 13' 50",90	48° 43' 22",92	49° 6' 57",04
½ (A + ω) (-) . . . . .	49° 23' 16",97	49° 45' 42",69	50° 15' 0",68	50° 38' 22",42
A <sub>1</sub> . . . . .	- 1° 32' 1",46	- 1° 31' 51",79	- 1° 31' 37",76	- 1° 31' 25",38
Lecturas de la Polar . . . . .	161° 45' 25",00	161° 46' 0",00	342° 13' 35",00	342° 13' 20",00
Lecturas del meridiano . . . . .	160° 13' 23",54	160° 14' 8",21	340° 41' 57",24	340° 41' 54",62
Lecturas de la señal . . . . .	313° 36' 40",00	313° 36' 40",00	133° 34' 35",00	133° 34' 35",00
Azimutes de la señal . . . . .	153° 23' 16",46	153° 22' 31",79	152° 52' 37",76	152° 52' 40",38

Promedios. { 1.º y 3.º . . . . . 153° 7' 57",11  
 (De N. a E.)  
 2.º y 4.º . . . . . 153° 7' 36",08



Examinando los resultados finales de cada serie, se advierte que los azimutes promedios hallados por la combinación de las observaciones hechas en las dos posiciones del anteojo, sólo difieren una de otra en muy pocos segundos; no siendo para ello obstáculo que cada observación aislada verificada con el anteojo a la derecha, se diferencie de su correlativa de izquierda en un número de minutos bastante considerable, a causa de la inclinación (que ya antes se hizo notar que existía) del eje de rotación del círculo vertical.

Las diferencias que saltan a la vista al comparar los resultados de dos series distintas son de mayor importancia; así, por ejemplo, los números 1 y 2 del día 17 dan valores para el azimut de la señal, que difieren en bastante más de un minuto. Ya en anteriores líneas se ha hecho mención de las imperfecciones de que adolecía nuestro teodolito, causa de esos errores, de los cuales no hemos podido precavernos, no obstante el cuidado con que se llevaron a cabo las operaciones.

Así y todo, se ha logrado fijar el azimut con un relativo grado de precisión; el suficiente, creemos, para el oficio a que ha de destinarse el trazado.

En efecto, podemos admitir que cada una de las series que hemos hallado nos suministra un valor del azimut que es el promedio de las dos observaciones completas (esto es, hechas en las dos posiciones del anteojo) que en cada una de las mismas figuran, y son las siguientes:

FECHA	SERIES	Azimutes de la señal.
Julio 16. ....	1	153° 7' 55",07
Idem 16. ....	2	153° 8' 3",74
Idem 17. ....	1	153° 8' 24",18
Idem 17. ....	2	153° 6' 42",21
Idem 17. ....	3	153° 7' 46",59

cuyo promedio, 153° 7' 46",36 nos ha servido de argumento para fijar la dirección del meridiano.

Con estos datos calcularemos ahora los errores de que vienen afectados los resultados. Al efecto se convendrá en representar por  $c$ ,  $n$ ,  $C$  y  $x$ , respectivamente, el valor de una observación, el

número de reiteraciones practicadas, el resultado o promedio y las diferencias entre cada una de las observaciones y el promedio.

Operando con las cantidades del cuadro anterior, formaremos el siguiente estado:

Número de orden.	Valores de observación $c$ .	Número de reiteraciones.	Productos. $c. n$ .	Errores respecto a C.	Cuadrados. $x^2$ .	Productos. $n x^2$ .
1	7' 55",07	2	15' 50",14	- 8",71	75,8641	151,7282
2	8' 3",74	2	16' 7",48	-17",38	302,0644	604,1288
3	8' 24",18	2	16' 48",36	-37",82	1430,3524	2860,7048
4	6' 42",21	2	13' 24",42	+ 64",15	4115,2225	8230,4450
5	7' 46",59	2	15' 33",18	- 0",23	0,0529	0,1058
5		10	77' 43",58			11847,1126

Representando por  $E$  el error medio de una observación simple, la fórmula

$$E^2 = \frac{[n x^2]}{N - 1}$$

dará en el presente caso:

$$E = 54",42.$$

El error medio del resultado viene dado por la fórmula:

$$E_1 = \frac{E^2}{[n]}$$

sustituyendo números y extrayendo la raíz cuadrada del resultado será:

$$E_1 = 17",22.$$

El error probable de  $C$  es:

$$R = 0,6745 E_1 = 12",21;$$

y como todas las observaciones son de igual precisión, el peso del promedio será:

$$P = 10.$$

Haciendo estación en el mojón del Norte, se dirigieron visuales a los puntos siguientes:

Número de orden.	PUNTOS A LOS QUE SE DIRIGIERON VISUALES
1	Centro de la cara superior del mojón del Sur.
2	Pararrayos de la torre de San Lázaro.
3	Eje del campanario de la iglesia de Villalobón.
4	Pararrayos de la fábrica azucarera.

Se obtuvieron en tres vueltas de horizonte los siguientes números:

DIRECCIONES	ÁNGULOS
<b>PRIMERA VUELTA</b>	
1..... 268° 31' 10",00	151° 20' 50",00
2..... 59° 52' 0",00	48° 38' 27",50
3..... 108° 30' 27",50	142° 42' 7",50
4..... 251° 12' 35",00	17° 18' 40",00
1..... 268° 31' 15",00	360° 0' 5",00
<b>SEGUNDA VUELTA</b>	
1..... 27° 22' 52",50	151° 20' 37",50
2..... 178° 43' 30",00	48° 38' 47",50
3..... 227° 22' 17",50	142° 41' 57",50
4..... 10° 4' 15",00	17° 18' 42",50
1..... 27° 22' 57",50	360° 0' 5",00
<b>TERCERA VUELTA</b>	
1..... 146° 58' 10",00	151° 21' 2",50
2..... 298° 19' 12",50	48° 38' 2",50
3..... 346° 57' 15",00	142° 42' 32",50
4..... 129° 39' 47",50	17° 18' 30",00
1..... 146° 58' 17",50	360° 0' 7",50

Los promedios de los valores angulares del anterior estado, son:

1 — 2.....	151° 20' 50",00
2 — 3.....	48° 38' 25",83
3 — 4.....	142° 42' 12",50
4 — 1.....	17° 18' 37",50
	<hr/>
	360° 0' 5",83

Distribuyendo por partes iguales el error 5",83 entre los cuatro ángulos, se tendrán sus valores definitivos, y son:

1 — 2.....	151° 20' 48",54
2 — 3.....	48° 38' 24",37
3 — 4.....	142° 42' 11",04
4 — 1.....	17° 18' 36",04
	<hr/>
	359° 59' 59",99

Los azimutes de los puntos observados desde el mojón del Norte, contados a partir del Sur hacia el Oeste, son, por lo tanto:

Mojón del Sur.....	0° 0' 0",00
San Lázaro.....	151° 30' 48",54
Iglesia de Villalobón.....	199° 59' 12",91
Fábrica azucarera.....	342° 41' 23",95

### Estación de Barruelo

La diferencia de longitud geográfica entre las estaciones de Palencia y de Barruelo, obtenida por los datos consignados en las Efemérides y por el examen de los planos de dicha provincia, es, con el grado de exactitud meramente necesario a nuestro objeto, de 0° 15' 30".

A este arco corresponde un ángulo de convergencia entre las tangentes trazadas en esos puntos a sus correspondientes meridianos, de unos 14' poco mas o menos.

La diferencia de orientación con el Norte verdadero que para una determinada aguja magnética se halle al practicar las observaciones en una y otra de las estaciones mencionadas, es, por lo tanto, de algunos minutos, y consiguientemente no despreciables los errores de que vendrían afectados los resultados de las opera-

ciones topográficas efectuadas en zonas del distrito muy separadas entre sí en el sentido de la longitud, si hubieran invariablemente de referirse a una meridiana única.

Por tal motivo, y teniendo además presente la importancia de la cuenca minera de que forma parte el grupo de Barruelo, procedimos a verificar los trabajos para fijar la meridiana de esta localidad, en los días 30 de julio y 2 de agosto del corriente año.

La señal del Sur del trazado, situada en la campera de Valdemillo, y próxima al camino de Barruelo a Vallejo, es el centro de la cara superior de un prisma tallado en la roca de conglomerado, que a muy poca profundidad, cuando no asomando a la superficie, se muestra abundantemente en dicho paraje y forma el subsuelo de su terreno. Dicho prisma es de sección cuadrada de 0,30 metros de lado y 0,15 metros de altura media.

A 1.020 metros de este mojón se estableció de igual modo el del Norte en un mogote de la misma roca que aflora en el sitio llamado Monte de la Dehesa.

Relacionada la posición del mojón del Sur, como luego se verá, por medio de visuales dirigidas a puntos notables del terreno, nos servimos de él como observatorio para la determinación del azimut. La longitud de la estación al Oeste de París (con arreglo a los antecedentes antes expresados), es:  $G = 0^h 26^m 23^s, 41$ .

## CÁLCULO DE LA COLATITUD

### DE BARRUELO

Entre las operaciones llevadas a cabo para el trazado de la línea meridiana de Barruelo, figuran las referentes a la determinación de la colatitud. Esta investigación se realizó midiendo las distancias cenitales del Sol en las proximidades del meridiano, y también por la observación de distancias cenitales de la Polar.

Antes que los resultados obtenidos, exponemos las fórmulas relativas al primero de los procedimientos mencionados.

Designaremos al efecto por  $\lambda$  la colatitud del punto en el cual se hizo estación para observar el Sol; por  $\zeta$  y  $\delta$ , respectivamente

la distancia cenital y la distancia polar del centro de éste en el instante de la culminación, y se verificará (por estar situado el astro entre el cenit y el horizonte opuesto al polo):

$$\zeta = \delta - \lambda;$$

y como entonces adquiere  $\zeta$  un valor mínimo, en otra época cualquiera, será:

$$\zeta - x = \delta - \lambda.$$

La cantidad  $x$ , llamada reducción al meridiano, es muy pequeña en la proximidad del mismo; si en estas condiciones se mide la distancia cenital, la colatitud  $\lambda$  nos será dada por la fórmula

$$\lambda = \delta - \zeta + x$$

cuando el valor del término  $x$  sea conocido.

Sustituyendo en la expresión fundamental

$$\cos. \zeta = \cos. \delta \cos. \lambda + \text{sen. } \delta \text{ sen. } \lambda \cos. P, \quad (1)$$

el valor de  $\cos. P$ , por el que resulta de aplicar la fórmula

$$1 - \cos. a = 2 \text{ sen.}^2 \frac{1}{2} a \quad (2)$$

que sirve para el cálculo del seno de la mitad de un arco en función del coseno del arco, se tendrá:

$$\cos. P = 1 - 2 \text{ sen.}^2 \frac{1}{2} P,$$

y por lo tanto,

$$\begin{aligned} \cos. \zeta &= \cos. \delta \cos. \lambda + \text{sen. } \delta \text{ sen. } \lambda (1 - 2 \text{ sen.}^2 \frac{1}{2} P) = \\ &= \underline{\cos. \delta \cos. \lambda + \text{sen. } \delta \text{ sen. } \lambda} - \text{sen. } \delta \text{ sen. } \lambda 2 \text{ sen.}^2 \frac{1}{2} P; \end{aligned}$$

y como la parte subrayada de esta ecuación es el valor de  $\cos. (\lambda - \delta)$ , se podrá escribir:

$$\cos. \zeta - \cos. (\lambda - \delta) = -2 \text{ sen. } \delta \text{ sen. } \lambda \text{ sen.}^2 \frac{1}{2} P, \quad (3)$$

cuyo primer miembro transformaremos en un producto, haciendo para ello en la fórmula general:  $\cos. (a + b) - \cos. (a - b) = -2 \text{ sen. } a \text{ sen. } b$ ;

$$\left. \begin{aligned} \zeta &= a + b \\ \lambda - \delta &= a - b \end{aligned} \right\} \begin{aligned} a &= \zeta - b \\ a &= \lambda - \delta + b \end{aligned}$$

que combinadas por suma, darán:

$$2a = \zeta + \lambda - \delta, \text{ o: } a = \frac{\zeta + \lambda - \delta}{2}$$

del mismo modo deduciremos:

$$b = \frac{\zeta + \delta - \lambda}{2}$$

y, por tanto,

$$\cos. \zeta - \cos. (\lambda - \delta) = 2 \operatorname{sen.} \left( \frac{\zeta + \lambda - \delta}{2} \right) \operatorname{sen.} \left( \frac{\zeta + \delta - \lambda}{2} \right);$$

por ser:

$$\operatorname{sen.} \left( \frac{\zeta + \delta - \lambda}{2} \right) = - \operatorname{sen.} \left( \frac{\zeta - \delta + \lambda}{2} \right)$$

se verificará:

$$2 \operatorname{sen.} \frac{1}{2} (\lambda - \delta + \zeta) \operatorname{sen.} \frac{1}{2} (\lambda - \delta - \zeta) = -2 \operatorname{sen.} \delta \operatorname{sen.} \lambda \operatorname{sen.}^2 \frac{1}{2} P,$$

o:

$$\operatorname{sen.} \frac{1}{2} (\lambda - \delta + \zeta) \operatorname{sen.} \frac{1}{2} (\lambda - \delta - \zeta) = - \operatorname{sen.} \delta \operatorname{sen.} \lambda \operatorname{sen.}^2 \frac{1}{2} P. \quad (3) \text{ bis'}$$

Por hipótesis:  $\lambda - \delta + \zeta = x$ ; eliminando, pues,  $\zeta$ , por medio de esta relación, en los factores del primer miembro de la ecuación (3), se tendrá:

$$\zeta - \delta - \lambda + x; -\zeta = \lambda - \delta - x,$$

y también:

$$\operatorname{sen.} \frac{1}{2} x \operatorname{sen.} \frac{1}{2} (\lambda - \delta + \lambda - \delta - x) = - \operatorname{sen.} \delta \operatorname{sen.} \lambda \operatorname{sen.}^2 \frac{1}{2} P \quad (4)$$

que sucesivamente se transforma en las siguientes:

$$\operatorname{sen.} \frac{1}{2} x \operatorname{sen.} (\lambda - \delta - \frac{1}{2} x) = - \operatorname{sen.} \delta \operatorname{sen.} \lambda \operatorname{sen.}^2 \frac{1}{2} P,$$

$$\operatorname{sen.} \frac{1}{2} x = - \operatorname{sen.}^2 \frac{1}{2} P \frac{\operatorname{sen.} \delta \operatorname{sen.} \lambda}{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta - \frac{1}{2} x)} \frac{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta)}{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta)}$$

Multiplicando y partiendo el primer miembro de esta igualdad por  $x$ , será:

$$x \frac{\operatorname{sen.} \frac{1}{2} x}{x} = - \frac{\operatorname{sen.} \delta \operatorname{sen.} \lambda}{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta)} \operatorname{sen.}^2 \frac{1}{2} P \frac{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta)}{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta - \frac{1}{2} x)} \quad (5)$$

y multiplicando ambos miembros de esta última por 2, se halla:

$$\frac{x \operatorname{sen.} \frac{1}{2} x}{\frac{1}{2} x} = - \frac{\operatorname{sen.} \delta \operatorname{sen.} \lambda}{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta)} \cdot 2 \operatorname{sen.}^2 \frac{1}{2} P \frac{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta)}{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta - \frac{1}{2} x)}$$

Ahora bien: con un error que se contrae próximamente a los términos del cuarto orden, se tiene la fórmula de Maskeline:

$$\frac{\operatorname{sen.} \alpha}{\alpha} = \sqrt[3]{\cos. \alpha} \quad (6)$$

que aplicada al caso que nos ocupa, dará:

$$\frac{\operatorname{sen.} \frac{1}{2} x}{\frac{1}{2} x} = \sqrt[3]{\cos. \frac{1}{2} x}$$

sustituyendo este valor de  $\frac{\operatorname{sen.} \frac{1}{2} x}{\frac{1}{2} x}$  en la fórmula (5), y haciendo:

$$- \frac{\operatorname{sen.} \delta \operatorname{sen.} \lambda}{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta)} = a,$$

se obtiene en definitiva la siguiente expresión:

$$x \sqrt[3]{\cos. \frac{1}{2} x} = 2 a \operatorname{sen.}^2 \frac{1}{2} P \frac{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta)}{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta - \frac{1}{2} x)} \quad (7)$$

aplicable al caso actual, y en la que se toma por primer valor de  $x$ :

$$\xi = 2 a \operatorname{sen.}^2 \frac{1}{2} P, \quad (8)$$

y como segunda aproximación:

$$\xi' = \xi \frac{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta)}{\operatorname{sen.} (\lambda - \delta - \frac{1}{2} \xi)} \frac{1}{\sqrt[3]{\cos. \frac{1}{2} \xi}} \quad (9)$$

según se expone en el tratado de Astronomía práctica de Caspari.

En cuanto a la expresión  $\frac{\operatorname{sen.} \alpha}{\alpha} = \sqrt[3]{\cos. \alpha}$ , se obtiene fácilmente por el desarrollo de  $\operatorname{sen.} \alpha$  y de  $\cos. \alpha$  en serie de Maclaurin.

En efecto, la expresión de dichas series, es:

$$\begin{aligned} \operatorname{sen.} \alpha &= \alpha - \frac{\alpha^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \frac{\alpha^5}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5} \dots \pm \frac{\alpha^{n-1}}{1 \cdot 2 \dots (n+1)} \mp \\ &= \frac{\alpha^{n+1}}{1 \cdot 2 \dots (n+1)} \cos. \theta \alpha, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cos. \alpha &= 1 - \frac{\alpha^2}{1 \cdot 2} + \frac{\alpha^4}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4} - \dots \pm \frac{\alpha^{n-1}}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots (n-1)} \mp \\ &= \frac{\alpha^{n+1}}{1 \cdot 2 \cdot 3 \dots (n+1)} \cos. \theta \alpha. \end{aligned}$$

Dividiendo la primera por  $\alpha$  y suprimiendo en las dos todos los términos de grado superior al tercero, resulta:

$$\frac{\operatorname{sen.} \alpha}{\alpha} = 1 - \frac{\alpha^2}{6} \quad (10)$$

$$\cos. \alpha = 1 - \frac{\alpha^2}{2} \quad (11)$$

Elevando al cubo el binomio (1 + A), se obtiene:

$$(1 + A)^3 = 1 + 3A + 3A^2 + A^3,$$

y haciendo:

$$A = -\frac{\alpha^2}{6}$$

resulta:

$$(1 + A)^3 = 1 - \frac{3\alpha^2}{6} + \frac{3\alpha^4}{36} - \frac{\alpha^6}{216}$$

suprimiendo los términos en  $\alpha^4$  y en  $\alpha^6$ , se halla:

$$\left(1 - \frac{\alpha^2}{6}\right)^3 = 1 - \frac{\alpha^2}{2}$$

luego

$$1 - \frac{\alpha^2}{6}$$

es la raíz cúbica de

$$1 - \frac{\alpha^2}{2}$$

por lo cual, y en vista de las relaciones (10) y (11), se tendrá:

$$\frac{\text{sen. } \alpha}{\alpha} = \sqrt[3]{\text{cos. } \alpha} \quad (6)$$

Si la declinación del astro (como sucede en el caso que estamos considerando) varía sensiblemente en el transcurso de una serie de operaciones, las fórmulas con arreglo a las cuales comúnmente se calcula la reducción al meridiano, sufren una modificación, que, como puede verse en la obra citada, se reduce en último término a agregar al ángulo horario P la corrección y de la siguiente expresión:

$$y = \frac{d\delta}{dP} \frac{\text{sen. } (\delta - \lambda)}{\text{sen. } \delta \text{ sen. } \lambda} \quad (12)$$

Se acepta en ésta como valor de  $\frac{d\delta}{dP} = \text{variación horaria} \times \frac{206265}{15 \times 3600}$  (13), en la cual el número  $206265 = \frac{1}{\text{arc. } 1''}$

Hechas las operaciones indicadas en la (13), puede la (12) reducirse a:

$$y = \text{variación horaria} \times 3,82 \frac{\text{sen. } (\delta - \lambda)}{\text{sen. } \delta \text{ sen. } \lambda}$$

Consignamos a continuación los resultados de las observaciones hechas en Barruelo en 28 de julio de 1915.

Éstas se verificaron a la hora del mediodía, en la explanada en que está situado el laboratorio de ensayos de minerales, y a unos tres metros al Sur del paramento Sur de dicho edificio.

Las distancias cenitales, medidas en las dos posiciones directa e inversa del círculo vertical, y ya corregidas del error de verticalidad del eje del teodolito, fueron las siguientes:

Número de orden.	Distancias cenitales.	Horas del cronómetro.
1.....	24° 5' 20",00	23 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,20
2.....	23° 54' 51",25	0 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,50
3.....	23° 47' 50",00	0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,90
4.....	23° 43' 27",50	0 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> ,75
5.....	23° 42' 10",00	0 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,60
6.....	23° 44' 16",25	0 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,35
7.....	23° 47' 41",25	0 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,10
8.....	23° 53' 26",25	0 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,90

La menor distancia cenital corresponde, pues, a la observación número 5; y a ésta se han aplicado las fórmulas anteriormente expuestas para calcular la reducción al meridiano, como se expresa en el siguiente estado:

Distancia cenital aparente .....	23° 42' 10",00
Corrección por paralaje.....	— 3",48
Corrección por refracción.....	+ 22",05
Distancia cenital verdadera.....	23° 42' 28",57
Promedio de horas del cronómetro, correspondiente a $\zeta$ .....	0 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,60
Estado del cronómetro.....	— 12 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,62
Hora de la observación (t. m.).....	0 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,98
(G) .....	+ 0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,41
Hora correspondiente en París (t. m.).....	0 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> ,39 0 <sup>h</sup> ,561
Declinación del Sol a mediodía medio en París, en 28 de Julio de 1915..	19° 11' 28",00
Corrección 34'',04,0,561.....	— 19",10

Declinación correspondiente a la hora local			
<i>(t. m.)</i> de la observación.....			
	19° 11'	8",90	
Distancia polar $\delta$ .....			
	70° 48'	51",10	
$\zeta$ .....			
	23° 42'	28",57	
Valor aproximado de $\lambda = \delta - \zeta$ .....			
	47° 6'	22",53	
Tiempo verdadero a mediodía medio en París,			
en 28 de julio de 1915.....			
	23 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	40 <sup>s</sup> ,00	
Corrección 0,04 (variación horaria). 0,561..... +			
		0 <sup>s</sup> ,02	
Ecuación del tiempo.....			
	23 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	40 <sup>s</sup> ,02	
Hora local <i>(t. m.)</i> de la observación.....			
	0 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup>	17 <sup>s</sup> ,98	
Hora local <i>(t. v.)</i> .....			
	0 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup>	58 <sup>s</sup> ,00	
Ángulo horario (P) correspondiente.....			
	0° 14'	30",00	
Log. sen. $\delta$ .....	$\bar{1},9751826$	Log. (sen. $\delta$ sen. $\lambda$ )..	$\bar{1},8400598$
Log. sen. $\lambda$ .....	$\bar{1},8648772$	Clg. sen. $(\lambda - \delta)$ ....	$0,3956934$
Log. (sen. $\delta$ sen. $\lambda$ ) .	$\bar{1},8400598$	Log. a.....	$0,2357532$
Log. sen. $(\delta - \lambda)$ ...	$\bar{1},6043066$	Log. 2.....	$0,3010300$
Clg. (sen. $\delta$ sen. $\lambda$ )..	$0,1599402$	Log. sen. <sup>2</sup> $\frac{1}{2}$ P.....	$\bar{6},7204852$
Log. 3,82.....	$0,5820634$	Log. $\zeta$ .....	$\bar{5},2572684$
Log. 34",05.....	$1,5321171$	Log. sen. 1".....	$\bar{6},6855749$
Log. y.....	$1,8784273$		$0,5716935$
y.....	0° 1' 15",58	$\zeta$ .....	0° 0' 3",73
P + y.....	0° 15' 45",58	Valor corregido de $\lambda$ .	47° 6' 26",26

Se halló asimismo el valor de la colatitud, utilizando las observaciones de distancias cenitales de la Polar hechas durante la noche del día 30 de julio.

Sirviéndonos para los cálculos correspondientes del método y tablas consignados en las efemérides *Connaissance des Temps*, se obtuvieron los resultados que aparecen en los tres estados que van á continuación.

## CÁLCULO DE LA COLATITUD

POR OBSERVACIONES CENITALES DE LA POLAR

*Barruelo, 30 de julio de 1915.*

## 1.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	45° 31'	30",00	
Lectura del círculo inversa (I).....	312° 5'	35",00	
D - I.....	93° 25'	55",00	
Nivel.....	+	1' 5",00	
		93° 27'	0",00
Distancia cenital aparente.....	46° 43'	30",00	
Corrección por refracción.....	+	55",09	
Distancia cenital verdadera.....	46° 44'	25",09	
Altura correspondiente (h).....	43° 15'	34",91	43°,26
Promedio de horas del cronómetro, correspondiente a $\zeta$ .....	12 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup>	5 <sup>s</sup> ,10	
Estado del cronómetro.....	-	12 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,44	
Hora de la observación <i>(t. m.)</i> .....	12 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	9 <sup>s</sup> ,66	
Diferencia de longitud (G).....	+	0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,41	
Hora <i>(t. m.)</i> de París.....	12 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup>	33 <sup>s</sup> ,07	12 <sup>h</sup> ,692
Tiempo verdadero a mediodía medio en París, en 30 de julio de 1915.....	23 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	42 <sup>s</sup> ,58	
Corrección 0,092.12,692.....	+	1 <sup>s</sup> ,17	
Ecuación del tiempo + 24 <sup>h</sup> .....	23 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup>	43 <sup>s</sup> ,75	
Hora de la observación <i>(t. m.)</i> .....	12 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	9 <sup>s</sup> ,66	
Hora de la observación <i>(t. v.)</i> .....	12 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup>	53 <sup>s</sup> ,41	
(G).....	0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup>	23 <sup>s</sup> ,41	
Hora correspondiente en París <i>(t. v.)</i> ... ( <i>Connaissance des Temps</i> .) Tabla I, julio	12 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	16 <sup>s</sup> ,82	12 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> ,28
30 a 0 horas (a).....	7 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup>	56 <sup>s</sup> ,00	
<i>(t. v.)</i> local de la observación T.....	12 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup>	53 <sup>s</sup> ,41	
Tabla II: para 12 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,82 (b).....	+	2 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,88	
Ángulo horario (S).....	19 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup>	50 <sup>s</sup> ,29	19 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> ,84
Tabla III: - cos. S = 0,34; - C <sub>1</sub> .....	0° 22'	16",28	
Tabla IV: (p - p'). (- cos. S) = - C <sub>2</sub> .....	0° 0'	7",55	

$C_1 - C_2$ .....	0° 22' 23",83
Tabla V: $C_3$ .....	0° 0' 43",29
Altura observada de la Polar (h).....	43° 15' 34",91
	<hr/>
	43° 16' 18",20
$C_1 - C_1$ .....	- 0° 22' 23",83
	<hr/>
	42° 53' 54",37
	89° 59' 60",00
	<hr/>
Colatitud.....	47° 6' 5",63

## CÁLCULO DE LA COLATITUD

POR OBSERVACIONES CENITALES DE LA POLAR

*Barruelo, 30 de julio de 1915.*

## 2.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	45° 29' 0",00	
Lectura del círculo inversa (I).....	312° 8' 5",00	
D - I.....	93° 20' 55",00	
Nivel.....	+ 1' 11",75	
	<hr/>	
	93° 22' 6",75	
Distancia cenital aparente.....	46° 41' 3",38	
Corrección por refracción.....	+ 55",01	
	<hr/>	
Distancia cenital verdadera.....	46° 41' 58",39	
Altura correspondiente (h).....	43° 18' 1",61	43°,30
Promedio de horas del cronómetro, correspondiente a $\zeta$ .....	12 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 1",25	
Estado del cronómetro.....	- 12 <sup>m</sup> 55",44	
	<hr/>	
Hora de la observación (t. m.).....	12 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 5",81	
Diferencia de longitud (G).....	0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23",41	
	<hr/>	
Hora (t. m.) de París.....	12 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 29",22	12 <sup>h</sup> ,825
Tiempo verdadero a mediodía medio en París, en 30 de julio de 1915.....	23 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 42",58	
Corrección 0,092.12,825.....	+ 1",18	
	<hr/>	
Ecuación del tiempo + 24 <sup>h</sup> .....	23 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 43",76	
Hora de la observación (t. m.).....	12 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 5",81	
	<hr/>	
Hora de la observación (t. v.).....	12 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 49",57	
(G).....	0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23",41	
	<hr/>	
Hora correspondiente en París (t. v.)... ( <i>Connaissance des Temps</i> .) Tabla I: Julio 30 a 0 horas (a).....	12 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 12",98	12 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> ,22
(t. v.) local de la observación T.....	7 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 56",00	
Tabla II: para 12 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 12",98 (b).....	+ 2 <sup>m</sup> 2",20	
	<hr/>	
Ángulo horario (S).....	19 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 47",77	19 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> ,80
Tabla III: - cos. S = 0,375; - $C_1$ .....	0° 24' 30",60	
Tabla IV: (p - p'). (- cos. S) = $C_2$ ....	0° 0' 8",25	

$C_1 - C_2$ .....	0° 24' 38",85
Tabla V: $C_3$ .....	0° 0' 42",37
Altura observada de la Polar (h) .....	43° 18' 1",61
	<hr/>
	43° 18' 43",98
$C_1 - C_2$ .....	0° 24' 38",85
	<hr/>
	42° 54' 5",13
	89° 59' 60",00
	<hr/>
Colatitud. ....	47° 5' 54",87

## CÁLCULO DE LA COLATITUD

POR OBSERVACIONES CENITALES DE LA POLAR

*Barruelo, 30 de julio de 1915.*

## 3.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	45° 26' 15",00	
Lectura del círculo inversa (I).....	312° 10' 15",00	
D — I.....	93° 16' 0",00	
Nivel.....	+ 1' 21",75	
	<hr/>	
	93° 17' 21",75	
Distancia cenital aparente.....	46° 38' 40",88	
Corrección por refracción.....	+ 54",94	
	<hr/>	
Distancia cenital verdadera.....	46° 39' 35",82	
Altura correspondiente (h).....	43° 20' 24",18	43°,34
Promedio de horas del cronómetro, correspondiente a $\zeta$ .....	12 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,65	
Estado del cronómetro.....	— 12 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,44	
	<hr/>	
Hora de la observación ( <i>t. m.</i> ).....	12 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,21	
Diferencia de longitud (G.).....	0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,41	
	<hr/>	
Hora ( <i>t. m.</i> ) de París.....	12 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> ,62	12 <sup>h</sup> ,958
Tiempo verdadero a mediodía medio, en París, en 30 de julio de 1915. ....	23 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> ,58	
Corrección 0,092.12,958.....	+ 1 <sup>s</sup> ,19	
	<hr/>	
Ecuación del tiempo + 24 <sup>h</sup> .....	23 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> ,77	
Hora de la observación ( <i>t. m.</i> ).....	12 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,21	
	<hr/>	
Hora de la observación ( <i>t. v.</i> ).....	12 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,98	
(G.).....	0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,41	
	<hr/>	
Hora correspondiente en París ( <i>t. v.</i> )... ( <i>Connaissance des Temps.</i> ) Tabla I: julio 30 a 0 horas ( <i>a</i> ).....	12 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,39	12 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> ,04
( <i>t. v.</i> ) local de la observación T.....	7 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> ,00	
Tabla II: para 12 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,39.....	+ 2 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,50	
	<hr/>	
Ángulo horario (S).....	19 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,48	19 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> ,81
Tabla III: — cos. S = 0,41; — $C_1$ .....	0° 26' 43",86	
Tabla IV: (p — p'). (— cos. S) = $C_2$ .....	0° 0' 9",10	



$C_1 - C_2$ .....	0° 26' 52",96
Tabla V: $C_3$ .....	0° 0' 41",38
Altura observada de la Polar (h).....	43° 20' 24",18
	<hr/>
	43° 21' 5",56
$C_1 - C_2$ .....	0° 26' 52",96
	<hr/>
	42° 54' 12",60
	89° 59' 60",00
	<hr/>
Colatitud.....	47° 5' 47",40

El promedio de los tres valores hallados para la colatitud, es:

$$\lambda = 47^\circ 5' 55",96.$$

Como este número procede de observaciones que (aparte de haber sido hechas en el mismo punto en que se verificaron las de azimut) nos merecían más confianza que las practicadas en 28 de julio, le hemos aceptado para colatitud de la estación, consignándole al frente de las series de azimutes de las páginas 70 a 79 inclusive.

Mas por cuanto al determinar la hora local no tuviéramos respecto a ese elemento de cálculo otras nociones que las que hubimos de adquirir examinando los platos locales, por eso en los cuadros referentes a la corrección del cronómetro aparece  $\lambda$  con un valor aproximado de  $47^\circ 6' 54"$ , que, como se echa de ver, difiere en poco menos de un minuto del que ahora hemos hallado empleando las tablas de la Polar.

Conocidas con aproximación suficiente las coordenadas geográficas de la estación, se procedió a rectificar el cronómetro, verificando el día 28 de julio en la explanada del laboratorio las observaciones cenitales del Sol a que se refieren los cálculos de las siguientes páginas 57 a 68, en los cuales la longitud G se refiere al meridiano de París.

## ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 28 DE JULIO DE 1915

 $\lambda = 47^\circ 6' 54",00$  $G = 0^h 26^m 23^s,41$ 

*Cálculo de la hora local por observaciones cenitales del Sol.*

## 1.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	47° 21' 20",00	
Lectura del círculo inversa (I).....	310° 54' 5",00	
D - I.....	96° 27' 40",00	
Nivel.....	+	25",00
		<hr/>
	96° 27' 40",00	
Distancia cenital aparente.....	48° 13' 50",00	
Corrección por paralaje.....	-	0",18
Corrección por refracción.....	+	59",62
		<hr/>
Distancia cenital verdadera.....	48° 14' 49",44	
Promedio de horas del cronómetro, correspondiente al promedio $\zeta^m$ de las distancias cenitales observadas.....	21 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,26	
Corrección aproximada del cronómetro.....	-	15 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,00
		<hr/>
Hora aproximada en tiempo medio local, correspondiente a $\zeta_m$ .....	20 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,26	
Diferencia de longitud (G).....	+	0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,41
		<hr/>
Hora (tiempo medio) de París, correspondiente a $\zeta_m$ .....	21 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,67	
Declinación del Sol a mediodía medio en París, en 27 de julio de 1915.....	19° 24' 55",40	
Corrección 33",95.21 <sup>h</sup> ,39.....	-	12' 6",15
		<hr/>
Declinación correspondiente a $\zeta_m$ .....	19° 12' 49",25	
Distancia polar correspondiente $\delta$ .....	70° 47' 10",75	
$\zeta$ .....	48° 14' 49",44	
$\delta$ .....	70° 47' 10",75	Clg. sen. $\delta$ ..... 0,0248910
$\lambda$ .....	47° 6' 54",00	Clg. sen. $\lambda$ ..... 0,1350222
2 S.....	166° 8' 54",19	
S.....	83° 4' 27",09	Log. sen. S..... 1,9968194
S - $\zeta$ .....	34° 49' 37",65	Log. sen. S - $\zeta$ ..... 1,7567139
		<hr/>
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P..... 1,9134465
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P..... 1,9567233

$\frac{1}{2}$ P.....	25° 9' 20",51
P.....	50° 18' 41",02
360° — P...	309° 41' 18",98, y
en tiempo..	20 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 45",26
24 <sup>h</sup> — P.....	20 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 45",26
G.....	+ 0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23",41
Tiempo verdadero en París.....	21 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 8",67
Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 27 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 20",40
Corrección 0",027.21 <sup>h</sup> ,08.....	— 0",57
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 19",83
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 45",26
Hora local (tiempo medio).....	20 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 5",09
Hora del cronómetro.....	20 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 11",10
Estado del cronómetro en adelanto....	0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 6",01

## ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 28 DE JULIO DE 1915

## 2.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	45° 24' 50",00
Lectura del círculo inversa (I).....	312° 37' 10",00
D — I.....	92° 47' 40",00
Nivel.....	+ 15",00
	92° 47' 55",00
Distancia cenital aparente.....	46° 23' 57",50
Corrección por paralaje.....	— 0",17
Corrección por refracción.....	+ 55",08
Distancia cenital verdadera $\zeta$ .....	46° 24' 53",41

$\zeta$ .....	46° 24' 53",41		
$\delta$ .....	70° 47' 10",75	Clg. sen $\delta$ .....	0,0248910
$\lambda$ .....	47° 6' 54",00	Clg. sen $\lambda$ .....	0,1350222
2 S.....	164° 18' 58",16		
S.....	82° 9' 29",08	Log. sen. S.....	1,9959194
S — $\zeta$ .....	35° 44' 35",67	Log. sen (S — $\zeta$ ).....	1,7665273
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9223599
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9611799

$\frac{1}{2}$ P.....	23° 51' 58",71
P.....	47° 43' 57",42
360° — P...	312° 16' 2",58, ó
	20 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 4",17

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 27 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 20",40
Corrección 0",027.21 <sup>h</sup> ,26.....	— 0",57
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 19",83
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 4",17
Hora local (tiempo medio).....	20 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 24",00
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 33",00
Estado del cronómetro en adelanto....	0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 9",00

## ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 28 DE JULIO DE 1915

## 3.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	44° 40' 35",00		
Lectura del círculo inversa (I).....	313° 17' 50",00		
D — I.....	91° 22' 45",00		
Nivel.....	+ 37",50		
	91° 23' 22",50		
Distancia cenital aparente.....	45° 41' 41",25		
Corrección por paralaje.....	— 0",03		
Corrección por refracción.....	+ 53",71		
Distancia cenital verdadera.....	45° 42' 34",93		
ζ.....	45° 42' 34",93		
δ.....	70° 47' 10",75	Ctg. sen. δ.....	0,0248910
λ.....	47° 6' 54",00	Ctg. sen. λ.....	0,1350222
2 S.....	163° 36' 39",68		
S.....	81° 48' 19",84	Log. sen. δ.....	1,9955430
S — ζ.....	36° 5' 44",91	Log. sen. (S — ζ).....	1,7702165
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9256727
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9628364

$\frac{1}{2}$  P..... 23° 21' 59",34  
 P..... 46° 43' 58",68  
 360° — P... 313° 16' 1",32, ó  
 20<sup>h</sup> 53<sup>m</sup> 4<sup>s</sup>,09

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 27 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,40
Corrección 0 <sup>s</sup> ,027,21 <sup>h</sup> ,32.....	— 0 <sup>s</sup> ,57
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> ,83
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> ,09
Hora local (tiempo medio).....	20 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,25
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> ,25
Estado del cronómetro en adelanto....	0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,33

## ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 28 DE JULIO DE 1915

## 4.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	43° 55' 55",00		
Lectura del círculo inversa (I).....	313° 59' 35",00		
D — I.....	89° 56' 20",00		
Nivel.....	+ 27",50		
	89° 56' 47",50		
Distancia cenital aparente.....	44° 58' 23",75		
Corrección por paralaje.....	— 0",11		
Corrección por refracción.....	+ 52",42		
Distancia cenital verdadera ζ.....	44° 59' 16",06		
ζ.....	44° 59' 16",06		
δ.....	70° 47' 10",75	Ctg. sen. δ.....	0,0248910
λ.....	47° 6' 54",00	Ctg. sen. λ.....	0,1350222
2 S.....	162° 53' 20",81		
S.....	81° 26' 40",41	Log. sen. S.....	1,9951402
S — ζ.....	36° 27' 24",35	Log. sen. (S — ζ).....	1,7739444
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9289978
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9644989

$\frac{1}{2}$  P..... 22° 51' 9",10  
 P..... 45° 42' 18",20  
 360° — P... 314° 17' 41",80, ó  
 20<sup>h</sup> 57<sup>m</sup> 10<sup>s</sup>,79

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 27 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,40
Corrección 0 <sup>s</sup> ,027,21 <sup>h</sup> ,39.....	— 0 <sup>s</sup> ,58
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> ,82
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> ,79
Hora local (tiempo medio).....	21 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> ,61
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> ,55
Estado del cronómetro en adelanto....	0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,94

## ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 28 DE JULIO DE 1915

## 5.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	43° 19' 0",00		
Lectura del círculo inversa (I).....	314° 41' 5",00		
D — I.....	88° 37' 55",00		
Nivel.....	+ 50",00		
	88° 38' 45",00		
Distancia cenital aparente.....	44° 19' 32",50		
Corrección por paralaje.....	— 0",18		
Corrección por refracción.....	+ 51",26		
Distancia cenital verdadera.....	44° 20' 13",58		
ζ.....	44° 20' 13",58		
δ.....	70° 47' 10",75	Cig. sen. δ.....	0,0248910
λ.....	47° 6' 54",00	Cig. sen. λ.....	0,1350222
2S.....	162° 14' 18",33		
S.....	81° 7' 9",17	Log. sen. S.....	I,9947621
S — ζ.....	36° 46' 55",59	Log. sen. (S — ζ).....	I,7772626
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	I,9319379
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	I,9659689

$\frac{1}{2}$  P..... 22° 23' 13",37  
 P..... 44° 46' 26",74  
 360° — P... 315° 13' 33",26, o  
 21<sup>h</sup> 0<sup>m</sup> 54<sup>s</sup>,22

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 27 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,40
Corrección 0 <sup>s</sup> ,027.21 <sup>h</sup> ,45.....	— 0 <sup>s</sup> ,58
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> ,82
Hora verdadera local.....	21 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,22
Hora local (tiempo medio).....	21 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> ,04
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,60
Estado del cronómetro en adelanto....	0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,56

## ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 28 DE JULIO DE 1915

## 6.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	42° 32' 5",00		
Lectura del círculo inversa (I).....	315° 25' 55",00		
D — I.....	87° 6' 10",00		
Nivel.....	+ 45",00		
	87° 6' 55",00		
Distancia cenital aparente.....	43° 33' 27",50		
Corrección por paralaje.....	— 0",05		
Corrección por refracción.....	+ 49",90		
Distancia cenital verdadera.....	43° 34' 17",35		
ζ.....	43° 34' 17",35		
δ.....	70° 47' 10",75	Cig. sen. δ.....	0,0248910
λ.....	47° 6' 54",00	Cig. sen. λ.....	0,1350222
2S.....	161° 28' 22",10		
S.....	80° 44' 11",05	Log. sen. S.....	I,9942988
S — ζ.....	37° 9' 53",70	Log. sen. (S — ζ).....	I,7811167
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	I,9353287
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	I,9676644

$\frac{1}{2}$  P..... 21° 50' 11",65  
 P..... 43° 40' 23",30  
 360° — P... 316° 19' 36",70, ó  
 21<sup>h</sup> 5<sup>m</sup> 18<sup>s</sup>,45

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 27 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,40
Corrección 0 <sup>s</sup> ,027.21 <sup>h</sup> ,53.....	— 0 <sup>s</sup> ,58
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> ,82
Hora verdadera local.....	21 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> ,45
Hora local (tiempo medio).....	21 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> ,27
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> ,80
Estado del cronómetro en adelanto....	0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,53

Las rectificaciones del cronómetro fueron, según demuestran los anteriores cuadros:

0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01	0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,94
0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,00	0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,56
0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,33	0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,53

cuyo promedio es:

0<sup>h</sup> 13<sup>m</sup> 7<sup>s</sup>,39.

Estos resultados no hubieron de utilizarse, porque las malas condiciones de diafanidad de la atmósfera durante las noches de los días 28 y 29 de julio no nos permitieron realizar las operaciones para determinar el azimut que nos habíamos propuesto llevar a cabo.

Tres observaciones de distancias cenitales del Sol, nuevamente practicadas el 30 de julio, y a las que se refieren las siguientes páginas, dieron para el cronómetro un estado en adelante de:

0<sup>h</sup> 13<sup>m</sup> 1<sup>s</sup>,01.

## ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 30 DE JULIO DE 1915

$\lambda = 47^{\circ} 6' 54'',00$   
 $G = 0^h 26^m 23^s,41$

*Cálculo de la hora local por observaciones cenitales del Sol.*

### 1.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	50° 30' 10",00		
Lectura del círculo inversa (I).....	307° 24' 45",00		
D — I.....	103° 5' 25",00		
Nivel.....	—	12",50	
		103° 5' 12",50	
Distancia cenital aparente.....	51° 32' 36",25		
Corrección por paralaje.....	—	6",78	
Corrección por refracción.....	+	1' 3",76	
Distancia cenital verdadera $\zeta$ .....	51° 33' 33",23		
Promedio de horas del cronómetro, correspondiente al promedio $\zeta_m$ de las distancias cenitales observadas.....	20 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> ,43		
Corrección aproximada del cronómetro.....	—	12 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,63	
Hora aproximada en tiempo medio local, correspondiente a $\zeta_m$ .....	20 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,80		
Diferencia de longitud (G).....	+	26 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,41	
Hora (tiempo medio) de París correspondiente a $\zeta_m$ .....	20 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> ,21		
Declinación del Sol a mediodía medio en París, en 29 de julio de 1915.....	18° 57' 41",50		
Corrección 35",51.20 <sup>h</sup> ,99.....	—	12' 25",40	
Declinación correspondiente a $\zeta_m$ .....	18° 45' 16",10		
Distancia polar correspondiente $\delta$ .....	71° 14' 43",90		
$\zeta$ .....	51° 33' 33",23		
$\delta$ .....	71° 14' 43",90	Clg. sen. $\delta$ .....	0,0236936
$\lambda$ .....	47° 6' 54",00	Clg. sen. $\lambda$ .....	0,1350613
2 S.....	169° 54' 11",13		
S.....	84° 57' 5",57	Log. sen. S.....	1,9983120
S — $\zeta$ .....	33° 23' 32",34	Log. sen. (S — $\zeta$ ).....	1,7406538
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,8977207
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9488604

$\frac{1}{2}$ P.....	27° 15' 45",78
P.....	54° 31' 31",56
360° — P...	305° 28' 28",44, y
en tiempo..	20 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 53",89
24 <sup>h</sup> — P.....	20 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 53",89
G.....	— 0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23",41
Tiempo verdadero en París.....	20 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 17",30
Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 29 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 19",00
Corrección 0",076.20 <sup>h</sup> ,80.....	— 1",58
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 17",42
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 53",89
Hora local (tiempo medio).....	20 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 11",31
Hora del cronómetro.....	20 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 16",70
Estado del cronómetro en adelanto....	0 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 5",39

## ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 30 DE JULIO DE 1915

## 2.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	49° 45' 20",00
Lectura del círculo inversa (I).....	308° 10' 5",00
D — I.....	101° 35' 15",00
Nivel.....	— 25",00
	101° 34' 50",00
Distancia cenital aparente.....	50° 47' 25",00
Corrección por paralaje.....	— 6",71
Corrección por refracción.....	+ 1' 2",09
Distancia cenital verdadera.....	50° 48' 20",38
$\zeta$ .....	50° 48' 20",38
$\delta$ .....	71° 14' 43",90
$\lambda$ .....	47° 6' 54",00
Clg. sen. $\delta$ .....	0,0236936
Clg. sen. $\lambda$ .....	0,1350613
2 S.....	169° 9' 58",28
S.....	84° 34' 59",14
S — $\zeta$ .....	33° 46' 38",76
Log. sen. S.....	$\bar{1}$ ,9980561
Log. sen. (S — $\zeta$ ).....	$\bar{1}$ ,7450500
Log. cos. <sup>2</sup> $\frac{1}{2}$ P.....	$\bar{1}$ ,9018610
Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	$\bar{1}$ ,9509305

$\frac{1}{2}$ P.....	26° 43' 35",85
P.....	53° 27' 11",70
360° — P...	306° 32' 48",30, ó
	20 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 11",22

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 29 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 19",00
Corrección 0",076.20 <sup>h</sup> ,88.....	— 1,59
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 17",41
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 11",22
Hora local (tiempo medio).....	20 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 28",63
Hora del cronómetro.....	20 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 27",90
Estado del cronómetro en adelanto....	0 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 59",27

## ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 30 DE JULIO DE 1915

## 3.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	49° 5' 0",00	
Lectura del círculo inversa (I).....	308° 50' 20",00	
D — I.....	100° 14' 40",00	
Nivel.....	—	25",00
		100° 14' 15",00
Distancia cenital aparente.....	50° 7' 7",50	
Corrección por paralaje.....	—	6",64
Corrección por refracción.....	+	1' 0",61
Distancia cenital verdadera.....	50° 8' 1",47	

ζ.....	50° 8' 1",47		
δ.....	71° 14' 43",90	Clg. sen. δ.....	0,0236936
λ.....	47° 6' 54",00	Clg. sen. λ.....	0,1350613
2 S.....	168° 29' 39",37		
S.....	84° 14' 49",69	Log. sen. S.....	I,9977944
S — ζ.....	34° 6' 48",22	Log. sen. (S — ζ).....	I,7488333
		Log cos. $\frac{1}{2}$ P.....	I,9053826
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	I,9526913

$\frac{1}{2}$ P.....	26° 15' 38",08
P.....	52° 31' 16",16
360° — P....	307° 28' 43",84, o
	20 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,92

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 29 de julio de 1915.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> ,00
Corrección 0 <sup>s</sup> ,076.20 <sup>h</sup> ,94.....	—
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,41
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,92
Hora local (tiempo medio).....	20 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,33
Hora del cronómetro.....	20 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> ,70
Estado del cronómetro en adelanto....	0 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> ,37

En la noche del día 30 de julio se comenzaron, por observaciones a la Polar, las operaciones de azimut; pero a causa del tiempo excesivamente frío, sólo se pudieron emplear dos series de las cinco a que hacen referencia las páginas siguientes.

A las horas correspondientes a esas dos primeras series de observaciones se les aplicó la rectificación cronométrica consignada en la página 64.

ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 30 DE JULIO DE 1915

1.º SBRIB

$\alpha$ ... 1<sup>h</sup> 29<sup>m</sup> 32<sup>s</sup>,29  
 $\delta$ ... 1° 8' 55",00  
 $\lambda$ ... 47° 5' 55",96

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.).....	10 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,24	10 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,55	10 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,15	10 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,55
Diferencia de (t. s.) a (t. m.).....	+ 1 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,38	+ 1 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,73	+ 1 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,20	+ 1 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,50
Horas reducidas a (t. s.).....	10 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,62	10 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,28	10 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> ,35	10 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ,05
Hora sidérea a mediodía.....	8 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,90	8 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,90	8 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,90	8 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,90
Hora sidérea de la observación.....	19 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> ,52	19 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,18	19 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,25	19 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,95
$\alpha$ .....	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,29	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,29	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,29	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,29
P.....	17 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,23	17 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 7 <sup>s</sup> ,89	17 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> ,96	17 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> ,66
Equivalencia en arco.....	267° 0' 18",60	267° 31' 58",35	268° 14' 59",40	268° 42' 55",05
— (360° — P).....	— 92° 59' 41",40	— 92° 28' 1",65	— 91° 45' 0",60	— 91° 17' 4",95
$\frac{1}{2}$ (360° — P).....	— 46° 29' 50",70	— 46° 14' 0",82	— 45° 52' 30",30	— 45° 38' 32",47
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ — $\lambda$ ).....	1,9641090			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ + $\lambda$ ).....	1,9603143			
Diferencia.....	0,0037947	0,0037947	0,0037947	0,0037947
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9772893	1,9812938	1,9867320	1,9902614
	I	I	I	I
	1,9940561			

Log. tang. $\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> — $\omega$ ).....	1,9573082	1,9613127	1,9667509	1,9702803
$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> — $\omega$ ).....	42° 11' 18",23	42° 27' 5",01	42° 48' 31",99	43° 2' 27",94
$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\omega$ ) (—).....	43° 45' 9",41	44° 0' 59",64	44° 22' 30",55	44° 36' 28",53
A <sub>1</sub> .....	— 1° 33' 51",18	— 1° 33' 54",63	— 1° 33' 58",56	— 1° 34' 0",59
Lecturas de la Polar.....	251° 22' 55",00	251° 22' 55",00	71° 50' 15",00	71° 51' 35",00
Lecturas del meridiano.....	249° 49' 3",82	249° 49' 0",37	70° 16' 16",44	70° 17' 34",41
Lecturas de la señal.....	248° 45' 35",00	248° 45' 35",00	68° 40' 30",00	68° 40' 30",00
Azimutes de la señal.....	1° 3' 28",82	1° 3' 25",37	1° 35' 46",44	1° 37' 4",41

Promedios { 1.º y 3.º... 1° 19' 37",63  
 2.º y 4.º... 1° 20' 14",89



ESTACIÓN DE BARRUELO

2.ª SERIE

DÍA 30 DE JULIO DE 1915

Determinación del *azimut fundamental*.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.) .....	11 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> ,35	11 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,95	11 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> ,55	11 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,35
Diferencia de (t. s.) a (t. m.) .....	+ 1 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,84	+ 1 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,38	+ 1 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,92	+ 1 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,41
Horas reducidas á (t. s.) .....	11 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,19	11 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,33	11 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,47	11 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,76
Hora sidérea a mediodía .....	8 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,90	8 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,90	8 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,90	8 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,90
Hora sidérea de la observación .....	19 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,09	20 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 8 <sup>s</sup> ,23	20 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> ,37	20 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> ,66
$\alpha$ .....	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,29	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,29	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,29	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,29
P .....	18 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,80	18 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,94	18 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,08	18 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,37
Equivalencia en arco .....	276° 52' 27",15	277° 38' 59",25	278° 30' 16",20	279° 15' 20",55
-(360° - P) .....	- 83° 7' 32",85	- 82° 21' 0",75	- 81° 29' 43",80	- 80° 44' 39",45
-\frac{1}{2}(360° - P) .....	- 41° 33' 46",42	- 41° 10' 30",37	- 40° 44' 51",90	- 40° 22' 19",72
Log. cos. \frac{1}{2}(\phi - \lambda) .....	1,9641090			
Log. cos. \frac{1}{2}(\phi + \lambda) .....	1,9603143			
Diferencia .....	0,0037947	0,0037947	0,0037947	0,0037947
Log. cotg. \frac{1}{2} P .....	0,0522311	0,0581575	0,0647010	0,0704642
Log. tang. \frac{1}{2}(A_1 + \bar{\omega}) (-) .....	0,0560258	0, 619522	0,0684957	0,0742589

\frac{1}{2}(A_1 - \bar{\omega}) .....	47° 7' 31",42	47° 30' 54",14	47° 56' 40",67	48° 19' 21",37
\frac{1}{2}(A_1 + \bar{\omega}) (-) .....	48° 41' 7",76	49° 4' 22",21	49° 29' 58",73	49° 52' 29",04
A_1 .....	1° 33' 36",34	1° 33' 28",07	1° 33' 18",06	1° 33' 7",67
Lecturas de la Polar .....	71° 31' 55",00	71° 31' 30",00	71° 31' 30",00	71° 31' 30",00
Lecturas del meridiano .....	69° 58' 18",66	69° 58' 1",93	69° 58' 1",94	69° 58' 1",94
Lecturas de la señal .....	68° 53' 50",00	68° 53' 50",00	68° 53' 50",00	68° 53' 50",00
Azimutes de la señal .....	1° 4' 28",66	1° 4' 11",93	1° 36' 21",94	1° 37' 7",33

Promedios. { 1° y 3° . . . 1° 20' 25",30  
2° y 4° . . . 1° 20' 39",63

## ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 1.º DE AGOSTO DE 1915

1.ª SERIE

$$1^{\circ} 29^m 34^s,55 = \alpha$$

$$1^{\circ} 8' 54^s,07 = \delta$$

$$47^{\circ} 5' 55^s,96 = \lambda$$

*Determinación del azimut fundamental.*

	ANTEJOJO A LA IZQUIERDA		ANTEJOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.).....	10 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,67	11 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,37	11 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> ,67	11 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,27
Diferencia de (t. s.) a (t. m.).....	—	1 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,26	—	1 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,14
Horas reducidas a (t. s.).....	11 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,93	11 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,98	11 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> ,81	11 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,97
Hora sidérea a mediodía.....	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01
Hora sidérea de la observación.....	19 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,94	19 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,99	19 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,82	19 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> ,98
$\alpha$ .....	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,55	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,55	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,55	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,55
P.....	18 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,39	18 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,44	18 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> ,27	18 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 7 <sup>s</sup> ,43
Equivalencia en arco.....	271° 50' 5 <sup>s</sup> ,85	272° 18' 6 <sup>s</sup> ,75	273° 10' 34 <sup>s</sup> ,05	274° 1' 51 <sup>s</sup> ,45
— (360° — P).....	—	87° 41' 53 <sup>s</sup> ,25	—	86° 49' 25 <sup>s</sup> ,95
— $\frac{1}{2}$ (360° — P).....	—	43° 50' 56 <sup>s</sup> ,62	—	42° 59' 4 <sup>s</sup> ,27
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta - \lambda$ ).....	1,9641087			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta + \lambda$ ).....	1,9603145			
Diferencia.....	0,0037942	0,0037942	0,0037942	0,0037942
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P.....	0,0138795	0,0174526	0,0240870	0,0305794
$\frac{1}{2} + \omega$ .....	0,0176737	0,0212468	0,0278812	0,0343736

Log. tang. $\frac{1}{2}$ ( $A_1 - \omega$ ).....	1,9938999	1,9974730	0,0041074	0,0105998
$\frac{1}{2}$ ( $A_1 - \omega$ ).....	44° 35' 51 <sup>s</sup> ,45	44° 49' 59 <sup>s</sup> ,90	45° 16' 15 <sup>s</sup> ,37	45° 41' 56 <sup>s</sup> ,90
$\frac{1}{2}$ ( $A_1 + \omega$ ).....	46° 9' 55 <sup>s</sup> ,83	46° 24' 3 <sup>s</sup> ,49	46° 50' 16 <sup>s</sup> ,45	47° 15' 54 <sup>s</sup> ,23
$A_1$ .....	—	1° 34' 4 <sup>s</sup> ,38	—	1° 33' 57 <sup>s</sup> ,33
Lecturas de la Polar.....	33° 20' 5 <sup>s</sup> ,00	33° 20' 10 <sup>s</sup> ,00	213° 46' 50 <sup>s</sup> ,00	213° 47' 25 <sup>s</sup> ,00
Lecturas del meridiano.....	31° 46' 0 <sup>s</sup> ,62	31° 46' 6 <sup>s</sup> ,41	212° 12' 48 <sup>s</sup> ,92	212° 13' 27 <sup>s</sup> ,67
Lecturas de la señal.....	30° 41' 0 <sup>s</sup> ,00	30° 41' 0 <sup>s</sup> ,00	210° 38' 20 <sup>s</sup> ,00	210° 38' 20 <sup>s</sup> ,00
Azimuthes de la señal.....	1° 5' 0 <sup>s</sup> ,62	1° 5' 6 <sup>s</sup> ,41	1° 34' 28 <sup>s</sup> ,92	1° 35' 7 <sup>s</sup> ,67

*Promedios.*

$$\left. \begin{array}{l} 1.^{\circ} \text{ y } 4.^{\circ} \dots \quad 1^{\circ} 20' 4^s,15 \\ 2.^{\circ} \text{ y } 3.^{\circ} \dots \quad 1^{\circ} 19' 47^s,67 \end{array} \right\}$$

ESTACIÓN DE BARRUELO

2.ª SERIE

DÍA 1.º DE AGOSTO DE 1915

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.).....	11 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> ,47	11 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,67	11 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 8 <sup>s</sup> ,07	11 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,47
Diferencia de (t. s.) a (t. m.).....	+ 1 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,01	+ 1 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,48	+ 1 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,88	+ 1 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32
Horas reducidas a (t. s.).....	11 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> ,48	11 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> ,15	11 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,95	11 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> ,79
Hora sidérea a mediodía.....	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01
Hora sidérea de la observación.....	19 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,49	20 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> ,16	20 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,96	20 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,80
$\alpha$ .....	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,55	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,55	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,55	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,55
P.....	18 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> ,94	18 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> ,61	18 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,41	18 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> ,25
Equivalencia en arco.....	277° 33' 29",10	278° 16' 9",15	278° 53' 6",15	279° 33' 18",75
-(360° - P).....	- 82° 26' 30",90	- 81° 43' 50",85	- 81° 6' 53",85	- 80° 26' 41",25
- $\frac{1}{2}$ (360° - P).....	- 41° 13' 15",45	- 40° 51' 55",42	- 40° 33' 26",92	- 40° 13' 20",62
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta - \lambda$ ).....	1,9641087			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta + \lambda$ ).....	1,9603145			
Diferencia.....	0,0037942	0,0037942	0,0037942	0,0037942
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P.....	0,0574561	0,0628983	0,0676190	0,0727653
Log. tang. $\frac{1}{2}(A_1 - \omega)$ .....	0,0612503	0,	0,0714132	0,0765595

Log. tang. $\frac{1}{2}(A_1 - \omega)$ .....	0,0374765	0,0429187	0,0476394	0,0527857
$\frac{1}{2}(A_1 - \omega)$ .....	47° 28' 8",56	47° 49' 35",40	48° 8' 10",36	48° 28' 24",32
$\frac{1}{2}(A_1 + \omega)$ .....	49° 1' 37",20	49° 22' 55",66	49° 41' 22",67	50° 1' 27",24
$A_1$ .....	- 1° 33' 28",64	- 1° 33' 20",26	- 1° 33' 12",31	- 1° 33' 2",92
Lecturas de la Polar.....	154° 5' 20",00	154° 5' 40",00	334° 32' 20",00	334° 32' 45",00
Lecturas del meridiano.....	152° 31' 51",36	152° 32' 19",74	332° 59' 7",69	332° 59' 42",08
Lecturas de la señal.....	151° 28' 35",00	151° 28' 35",00	331° 24' 55",00	331° 24' 55",00
Azimuthes de la señal.....	1° 3' 16",36	1° 3' 44",74	1° 34' 12",69	1° 34' 47",08

Promedios. { 1.º y 4.º... 1º 19' 1",72  
2.º y 3.º... 1º 18' 58",72

ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 1.º DE AGOSTO DE 1915

S.ª SERIE

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.). . . . .	11 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,77	11 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,87	11 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,57	11 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,47
Diferencia de (t. s.) a (t. m.). . . . .	1 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,12	1 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,45	1 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,82	1 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> ,11
Horas reducidas a (t. s.). . . . .	11 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> ,89	11 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> ,32	11 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> ,39	11 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,58
Hora sidérea a mediodía. . . . .	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 6 <sup>s</sup> ,01
Hora sidérea de la observación. . . . .	20 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,90	20 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,33	20 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,40	20 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> ,59
$\alpha$ . . . . .	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,55	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,55	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,55	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,55
P. . . . .	18 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> ,35	18 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> ,78	18 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> ,85	18 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,04
Equivalencia en arco . . . . .	282° 18' 35",25	282° 48' 41",70	283° 22' 42",75	283° 49' 15",60
— (360° — P). . . . .	— 77° 41' 24",75	— 77° 11' 18",30	— 76° 37' 17",25	— 76° 10' 44",40
— $\frac{1}{2}$ (360° — P). . . . .	— 38° 50' 42",37	— 38° 35' 39",15	— 38° 18' 38",62	— 38° 5' 22",20
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ — $\lambda$ ). . . . .	1,9641087			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ + $\lambda$ ). . . . .	1,9602145			
Diferencia. . . . .	0,0037942	0,0037942	0,0037942	0,0037942
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P. . . . .	0,0940329	0,0979296	0,1023419	0,1057924
Log. tang. $\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\omega$ ). . . . .	0,0978271	0,1017238	0,1061361	0,1095866
Log. sen. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ — $\lambda$ ). . . . .	1,5914188			
Log. sen. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ + $\lambda$ ). . . . .				

Log. tang. $\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> — $\omega$ ). . . . .	0,0740533	0,0779500	0,0823623	0,0858128
$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> — $\omega$ ). . . . .	49° 51' 40",91	50° 6' 52",29	50° 24' 2",47	50° 37' 26",74
$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\omega$ )(—). . . . .	51° 23' 57",11	51° 38' 58",57	51° 55' 57",05	52° 9' 11",82
A <sub>1</sub> . . . . .	1° 32' 16",20	1° 32' 6",28	1° 31' 54",58	1° 31' 45",08
Lecturas de la Polar. . . . .	273° 37' 10",00	273° 37' 35",00	94° 4' 30",00	94° 3' 50",00
Lecturas del meridiano. . . . .	272° 4' 53",80	272° 5' 28",72	92° 32' 35",42	92° 32' 4",92
Lecturas de la señal. . . . .	271° 0' 50",00	271° 0' 50",00	90° 58' 55",00	90° 58' 55",00
Azimutes de la señal. . . . .	1° 4' 3",80	1° 4' 38",72	1° 33' 40",42	1° 33' 9",92

Promedios. { 1.º y 3.º . . . . . 1º 18' 52",11  
 2.º y 4.º . . . . . 1º 18' 54",32

La determinación de la hora local hecha en 2 de agosto por observaciones del Sol, dió por resultado un estado en adelanto para el cronómetro, de:

8<sup>h</sup> 12<sup>m</sup> 38<sup>s</sup>,92.

La comparación de este resultado con el que se ha deducido de las observaciones hechas en 30 de julio, acusa en el cronómetro un atraso de once segundos, y con arreglo a la misma se han corregido las horas correspondientes a las tres últimas series de observaciones azimutales.

ESTACIÓN DE BARRUELO  $\lambda$ . 47° 6' 54",00

DÍA 2 DE AGOSTO DE 1915 G. 0<sup>h</sup> 26<sup>m</sup> 23<sup>s</sup>,41

*Cálculo de la hora local por observaciones cenitales del Sol.*

1.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	51° 29' 10",00	
Lectura del círculo inversa (I).....	306° 33' 40",00	
D — I.....	104° 55' 30",00	
Nivel.....	— 59",75	
	104° 54' 30",25	
Distancia cenital aparente.....	52° 27' 15",18	
Corrección por paralaje.....	— 6",87	
Corrección por refracción.....	+ 1' 5",85	
Distancia cenital verdadera $\zeta$ .....	52° 28' 14",16	
Promedio de horas del cronómetro, correspondiente al promedio $\zeta_m$ de las distancias cenitales observadas.....	20 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> ,15	
Corrección aproximada del cronómetro.....	— 0 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,45	
ora aproximada en tiempo medio local, correspondiente a $\zeta_m$ .....	20 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,70	
Diferencia de longitud (G).....	+ 0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,41	
ora (tiempo medio) de París, correspondiente a $\zeta_m$ .	21 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> ,11	
eclinación del Sol a mediodía medio en París, en 1.º de Agosto de 1915.....	18° 14' 30",30	
corrección 21 <sup>h</sup> , 032.37",78.....	— 13' 14",59	
eclinación correspondiente a $\zeta_m$ .....	18° 1' 15",71	
distancia polar correspondiente $\delta$ .....	71° 58' 44",29	
.....	52° 28' 14",16	
.....	71° 58' 44",29	Ctg. sen..... 0,0218455
.....	47° 6' 54",00	Ctg. sen..... 0,1350613
S.....	171° 33' 52",45	
.....	85° 46' 56",22	Log. sen..... 1,9988222
— $\zeta$ .....	33° 18' 42",06	Log. sen..... 1,7397252
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P. .... 1,8954542
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P. .... 1,9477271

$\frac{1}{2}$ P. ....	27° 33' 3",91
P. ....	55° 6' 7",82
360° — P. ....	304° 53' 52",18
y en tiempo...	20 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,48

P. ....	20 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,48
G. ....	0 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,41

Tiempo verdadero en París . . . 20<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> 58<sup>s</sup>,89

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 1.º de Agosto de 1915. ....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,48
Corrección 0 <sup>s</sup> ,149.20 <sup>h</sup> ,766. ....	— 3,09
Ecuación del tiempo. ....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,39
Hora verdadera local. ....	20 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,48
Hora local (tiempo medio). ....	20 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> ,87
Hora del cronómetro. ....	20 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,00
Estado del cronómetro en adelanto. ....	0 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,13

## ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 2 DE AGOSTO DE 1915

## 2.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	49° 13' 30",00	
Lectura del círculo inversa (I).....	308° 46' 45",00	
D — I.....	100° 26' 45",00	
Nivel.....	— 39",75	
	100° 26' 5",25	
Distancia cenital aparente.....	50° 13' 2",63	
Corrección por paralaje.....	— 6",66	
Corrección por refracción.....	+ 1' 0",83	
Distancia cenital verdadera $\zeta$ .....	50° 13' 56",80	
$\zeta$ .....	50° 13' 56",80	
$\delta$ .....	71° 58' 44",90	Ctg. sen..... 0,0218455
$\lambda$ .....	47° 6' 54",00	Ctg. sen..... 0,1350613
2 S.....	169° 19' 35",70	
S.....	84° 39' 47",85	Log. sen..... 1,9981133
S — $\zeta$ .....	34° 25' 51",05	Log. sen..... 1,7523634
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P..... 1,9073835
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P..... 1,9536918

$\frac{1}{2}$ P. ....	25° 59' 29",22
P. ....	51° 58' 58",44
360° — P. ....	308° 1' 1",56,6
	20 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> ,11

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 1.º de Agosto de 1915. ....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,48
Corrección 0 <sup>s</sup> ,149.20 <sup>h</sup> ,974. ....	— 3 <sup>s</sup> ,12
Ecuación del tiempo. ....	0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,36
Hora verdadera local. ....	20 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> ,11
Hora local (tiempo medio). ....	20 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> ,47
Hora del cronómetro. ....	20 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,15
Estado del cronómetro en adelanto. ....	0 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,68

## ESTACIÓN DE BARRUELO

DÍA 2 DE AGOSTO DE 1915

## 3.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D) .....	47° 41' 15",00		
Lectura del círculo inversa (I) .....	310° 10' 10",00		
D — I .....	97° 31' 5",00		
Nivel .....	+ 25",00		
	97° 31' 30",00		
Distancia cenital aparente .....	48° 45' 45",00		
Corrección por paralaje .....	— 6",52		
Corrección por refracción .....	+ 57",82		
Distancia cenital verdadera ζ .....	48° 46' 36",30		
ζ .....	48° 46' 36",30		
δ .....	71° 58' 44",90	Clg. sen. ....	0,018455
λ .....	47° 6' 54",00	Clg. sen. ....	0,1350613
2 S .....	167° 52' 15",20		
S .....	83° 56' 7",60	Log. sen. ....	I,9975626
S — ζ .....	35° 9' 31",30	Log. sen. ....	I,7603033
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P .....	I,9147727
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P .....	I,9573864
	$\frac{1}{2}$ P .....	24° 58' 7",14	
	P .....	49° 56' 14",28	
	360° — P .....	310° 3' 45",72,6	
		20 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> ,05	
Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 1.º de Agosto de 1915 .....		0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,48	
Corrección 0 <sup>s</sup> ,149.21 <sup>h</sup> ,11 .....		— 3 <sup>s</sup> ,15	
Ecuación del tiempo .....		0 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,33	
Hora verdadera local .....		20 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> ,05	
Hora local (tiempo medio) .....		20 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> ,38	
Hora del cronómetro .....		20 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> ,35	
Estado del cronómetro en adelanto .....		0 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> ,97	

Para calcular los errores de observación que afectan a los resultados de las operaciones de azimut, escribiremos, como se hizo al tratar de la meridiana de Palencia, el siguiente cuadro:

Número de orden.	Valores de observación. c.	Número de reiteraciones.	Productos. cn.	Errores respecto a C.	Cuadrados. x².	Productos. nx².
1	19' 56",26	2	39' 52",52	— 16",64	276,8896	553,7792
2	20' 32",47	2	41' 4",94	— 52",85	2793,1225	5586,2450
3	19' 55",91	2	39' 51",82	— 16",29	265,3641	530,7282
4	19' 0",22	2	38' 0",44	— 39",40	1552,3600	3104,7200
5	18' 53",22	2	37' 46",44	— 46",40	2152,9600	4305,9200
			196' 36",16			14081,3924

Operando con las cifras incluídas en este cuadro, se deducen los siguientes valores:

Error medio de una observación simple .....	E = 59",33
Error medio del resultado C .....	E = 26",60
Error probable de C .....	R¹ = 17",94
Peso del resultado .....	P = 10

El centro de la cara superior del mojón del Sur quedó relacionado por visuales con los puntos siguientes:

1. Punto culminante de la espadaña en la fachada del Este de la Iglesia de Matabuena.
2. Cruz del cementerio de Barruelo.
3. Extremo Sur de la cumbre de la casa cuartel de obreros de Barruelo.

Como quiera que los 1 y 2 no eran puntos perfectamente definidos, nos hubimos de concretar a medir los ángulos por cada dos de ellos y el de estación, prescindiendo de calcular los azimutes.

Se hallaron para dichos ángulos, por dos reiteraciones, los valores siguientes:

1 — 2 .....	104° 13' 52",50
2 — 3 .....	39° 33' 15",00

### Estación de San Sebastián.

Acompañados por el Sr. Ingeniero Jefe del Distrito visitamos, en los días 16 al 18 de Julio, algunos parajes de las afueras de la población, a fin de elegir sitio adecuado para trazar la meridiana, y de acuerdo con las indicaciones de dicho Sr. Jefe, resolvimos fijar las señales que en una distancia de 262 metros marcan la dirección de aquélla, en unos terrenos de propiedad particular situados cerca de la carretera de San Sebastián a Hernani y distantes de la población.

Dichas señales son dos mojones de piedra caliza; su forma es de tronco de pirámide de sección cuadrada de 0,20 metros de lado en la cara superior, y de 0,30 metros en la inferior.

El pilar del Norte, cuya altura sobre el suelo es de 0,30 metros, se colocó en el huerto del caserío de Oriamendi, y el del Sur, que tiene 0,46 metros de altura, en el lindero de terrenos de los Sres. Espada y Lecumberri, cerca del caserío de Oriaventa.

Los puntos que fijan la dirección de dicha línea se señalan en cada uno de los pilares antedichos por la intersección de las diagonales grabadas a cincel en sus caras superiores.

Entre las operaciones llevadas a cabo para realizar este trabajo, y efectuadas haciendo siempre estación en el pilar del Sur, figuran, además de las referentes a la corrección del cronómetro y determinación del azimut fundamental, las que también se verificaron para subsanar el defecto de orientación de que adolecía el trazado por causa de los errores de localización en que inevitablemente se incurrió al replantar la señal del Norte, y por último, las de medición de azimutes correspondientes a varias visuales dirigidas desde el punto de estación, a fin de relacionarle de un modo indubitable con objetos notables del terreno que desde dicho punto se divisaban.

Las coordenadas geográficas de la estación, deducidas de las que en el *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid* se

asignan al eje de la torre del castillo de Igueldo, resultaron ser las siguientes:

Colatitud.....	46° 42' 40",14
Longitud Oeste de París..	0 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> ,30

Los mismos procedimientos y formularios de que hubimos de servirnos para el trazado de las meridianas de Palencia y de Baruelo, descritos en las páginas 5 a 9 de esta *Memoria*, se han aplicado en el presente caso. Se calculó a la hora local resolviendo la fórmula (b) de la página 6 con los datos hallados por la medición de distancias cenitales simples del centro del Sol. Por observaciones de la Polar, y haciendo uso de las analogías de Neper, anteriormente expuestas, se calculó también el azimut fundamental.

A causa de haber llevado parado el cronómetro durante el viaje, al ponerle en marcha hubimos de investigar ésta verificando al efecto observaciones del Sol en los días 18 y 20 de agosto, que comprenden el en que se verificaron las de azimut.

A las observaciones del primer grupo corresponden las cinco hojas que van a continuación, y dan los siguientes resultados:

0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> ,61	0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> ,26
0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> ,97	0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,77
0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> ,66	

las cuales dan un promedio de:

0<sup>h</sup> 9<sup>m</sup> 36<sup>s</sup>,65



ESTACIÓN DE SAN SEBASTIÁN  $\lambda$ .  $46^{\circ} 42' 40'',14$   
DÍA 18 DE AGOSTO DE 1915  $G$ .  $0^h 17^m 18^s,30$

*Cálculo de la hora local por observaciones cenitales del Sol.*

## 1.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	$48^{\circ} 57' 55'',00$		
Lectura del círculo inversa (I).....	$309^{\circ} 0' 35'',00$		
D — I.....	$99^{\circ} 57' 20'',00$		
Nivel.....	$0'',00$		
	$99^{\circ} 57' 20'',00$		
Distancia cenital aparente.....	$49^{\circ} 58' 40'',00$		
Corrección para paralaje.....	— $6'',64$		
Corrección por refracción.....	+ $58'',25$		
Distancia cenital verdadera $\zeta$ .....	$49^{\circ} 59' 31'',61$		
Promedio de horas del cronómetro, correspondiente al promedio $\zeta_m$ de las distancias cenitales observadas.....	$21^h 13^m 1^s,43$		
Corrección aproximada del cronómetro.....	+ $2^m 0^s,00$		
Hora aproximada en tiempo medio local, correspondiente a $\zeta_m$ .....	$21^h 15^m 1^s,43$		
Diferencia de longitud (G).....	$0^h 17^m 18^s,30$		
Hora (tiempo medio) de París, correspondiente a $\zeta_m$ .....	$21^h 32^m 19^s,73$		
Declinación del Sol a mediodía medio en París, en 17 de agosto de 1915.....	$13^{\circ} 41' 53'',70$		
Corrección $21,539,48'',01$ .....	— $17' 14'',09$		
Declinación correspondiente a $\zeta_m$ .....	$13^{\circ} 24' 39'',61$		
Distancia polar correspondiente $\delta$ .....	$76^{\circ} 35' 20'',39$		
$\zeta$ .....	$49^{\circ} 59' 31'',61$		
$\delta$ .....	$76^{\circ} 35' 20'',39$	Clg. sen.....	$0,0120071$
$\lambda$ .....	$46^{\circ} 42' 40'',14$	Clg. sen.....	$0,1379246$
2 S.....	$173^{\circ} 17' 32'',14$		
S.....	$86^{\circ} 38' 46'',07$	Log. sen.....	$I,9992555$
S — $\zeta$ .....	$36^{\circ} 39' 14'',46$	Log. sen.....	$I,7759608$
		Log. cos. <sup>2</sup> $\frac{1}{2}$ P.....	$I,9251480$
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	$1,9625740$

$\frac{1}{2}$ P.....	$23^{\circ} 26' 47'',25$
P.....	$46^{\circ} 53' 35'',50$
$360^{\circ} - P$ .....	$313^{\circ} 6' 24'',50$
y en tiempo...	$20^h 52^m 25^s,63$
G.....	$0^h 17^m 18^s,30$

Tiempo verdadero en París..  $21^h 9^m 43^s,93$

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 17 de agosto de 1915.....	$0^h 4^m 9^s,17$
Corrección $21,16,0,53$ .....	— $11^s,21$
Ecuación del tiempo.....	$0^h 3^m 57^s,96$
Hora verdadera local.....	$20^h 52^m 25^s,63$
Hora local (tiempo medio).....	$20^h 56^m 23^s,59$
Hora del cronómetro.....	$21^h 6^m 0^s,20$
Estado del cronómetro en adelanto.....	$0^h 9^m 36^s,61$

## ESTACIÓN DE SAN SEBASTIÁN

DÍA 18 DE AGOSTO DE 1915

## 2.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	48° 18' 40",00		
Lectura del círculo inversa (I).....	309° 37' 45",00		
D — I.....	98° 40' 55",00		
Nivel.....	+ 22",50		
	98° 41' 17",50		
Distancia cenital aparente.....	49° 20' 38",75		
Corrección por paralaje.....	— 6",57		
Corrección por refracción.....	+ 56",97		
Distancia cenital verdadera ζ.....	49° 21' 29",15		
ζ.....	49° 21' 29",15		
δ.....	76° 35' 20",39	Clg. sen.....	0,0120071
λ.....	46° 42' 40",14	Clg. sen.....	0,1379246
2 S.....	172° 39' 29",68		
S.....	86° 19' 44",84	Log. sen.....	1,9991080
S — ζ.....	36° 58' 15",69	Log. sen.....	1,7791714
		Log. cos. <sup>2</sup> ½ P.....	1,9282111
		Log. cos. ½ P.....	1,9641051
	½ P.....	22° 58' 31",46	
	P.....	45° 57' 2",92	
	360° — P.....	314° 2' 57",08,6	
		20 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ,81	

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 17 de agosto de 1915.....	0 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,17
Corrección 21,23,0,53.....	11 <sup>s</sup> ,25
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> ,92
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ,81
Hora local (tiempo medio).....	21 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,73
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,70
Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> ,97

## ESTACIÓN DE SAN SEBASTIÁN

DÍA 18 DE AGOSTO DE 1915

## 3.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	47° 41' 15",00		
Lectura del círculo inversa (I).....	310° 11' 15",00		
D — I.....	97° 30' 0",00		
Nivel.....	+ 27",50		
	97° 30' 27",50		
Distancia cenital aparente.....	48° 45' 13",75		
Corrección por paralaje.....	— 6",52		
Corrección por refracción.....	+ 55",80		
Distancia cenital verdadera ζ.....	48° 46' 3",03		
ζ.....	48° 46' 3",03		
δ.....	76° 35' 20",39	Clg. sen.....	0,0120071
λ.....	46° 42' 40",14	Clg. sen.....	0,1379246
2 S.....	172° 4' 3",56		
S.....	86° 2' 1",78	Log. sen.....	1,9989586
S — ζ.....	37° 15' 58",75	Log. sen.....	1,7821290
		Log. cos. <sup>2</sup> ½ P.....	1,9310193
		Log. cos. ½ P.....	1,9655097
	½ P.....	22° 32' 1",14	
	P.....	45° 4' 2",28	
	360° — P.....	314° 55' 57",72,6	
		20 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> ,85	

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 17 de agosto de 1915.....	0 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,17
Corrección 21,28,0,53.....	— 11 <sup>s</sup> ,28
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> ,89
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> ,85
Hora local (tiempo medio).....	21 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> ,74
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> ,40
Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> ,66

## ESTACIÓN DE SAN SEBASTIÁN

DÍA 18 DE AGOSTO DE 1915

## 4.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D) .....	47° 10' 35",00		
Lectura del círculo inversa (I) .....	310° 41' 35",00		
D — I. ....	96° 29' 0",00		
Nivel.....	+ 30",00		
	96° 29' 30",00		
Distancia cenital aparente .....	48° 14' 45",00		
Corrección por paralaje .....	— 6",46		
Corrección por refracción.....	+ 54",84		
Distancia cenital verdadera ζ.....	48° 15' 33",38		
ζ.....	48° 15' 33",38		
δ.....	76° 35' 20",39	Clg. sen.....	0,0120071
λ.....	46° 42' 40",14	Clg. sen.....	0,1379246
2 S.....	171° 33' 33",91		
S.....	85° 46' 46",96	Log. sen.....	1,9988208
S — ζ.....	37° 31' 13",58	Log. sen.....	1,7846489
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9334014
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9667007
	$\frac{1}{2}$ P.....	22° 9' 4",77	
	P.....	44° 18' 9",54	
	360° — P.....	315° 41' 50",46, ó	
		21 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,37	

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 17 de agosto de 1915.....	0 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,17
Corrección 21,33,0,53.....	— 11 <sup>s</sup> ,30
Ecuación del tiempo.....	— 0 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> ,87
Hora verdadera local.....	21 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,37
Hora local (tiempo medio).....	21 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,24
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> ,50
Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> ,26

## ESTACIÓN DE SAN SEBASTIÁN

DÍA 18 DE AGOSTO DE 1915

## 5.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D) .....	46° 39' 30",00		
Lectura del círculo inversa (I) .....	311° 16' 25",00		
D — I.....	95° 23' 5",00		
Nivel.....	+ 55",00		
	95° 24' 0",00		
Distancia cenital aparente .....	47° 42' 0",00		
Corrección por paralaje.....	— 6",41		
Corrección por refracción .....	+ 53",79		
Distancia cenital verdadera ζ.....	47° 42' 47",38		
ζ.....	47° 42' 47",38		
δ.....	76° 35' 20",39	Clg. sen.....	0,0120071
λ.....	46° 42' 40",14	Clg. sen.....	0,1379246
2 S.....	171° 0' 47",91		
S.....	85° 30' 23",96	Log. sen.....	1,9986631
S — ζ.....	37° 47' 36",58	Log. sen.....	1,7873310
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9359258
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9679629
	$\frac{1}{2}$ P.....	21° 44' 16",91	
	P.....	43° 28' 33",82	
	360° — P.....	316° 31' 26",18, ó	
		21 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,75	

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 17 de agosto de 1915.....	0 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,17
Corrección 21,39,0,53.....	— 11 <sup>s</sup> ,34
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> ,83
Hora verdadera local.....	21 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,75
Hora local (tiempo medio).....	21 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,58
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> ,35
Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,77



$\frac{1}{2}$ P. ....	23° 11' 9",67
P. ....	46° 22' 19",34
360° — P. ....	313° 37' 40",66, y
en tiempo ..	20 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 30",71
G. ....	0 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 18",30
Tiempo verdadero en París ..	21 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 49",01

## Tiempo medio a mediodía verdadero en

París, en 19 de agosto de 1915.....	0 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 43",63
Corrección 0,57.21,20.....	— 12",12
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 31",51
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 30",71
Hora local (tiempo medio).....	20 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 2",22
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 7 <sup>m</sup> 36",40
Estado del cronómetro en adelanto....	0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 34",18

## ESTACION DE SAN SEBASTIÁN

DÍA 20 DE AGOSTO DE 1915

## 2.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	48° 11' 35",00
Lectura del círculo inversa (I).....	309° 40' 15",00
D — I.....	98° 31' 20",00
Nivel.....	+ 35",50
Distancia cenital aparente.....	98° 32' 12",50
Corrección por paralaje.....	— 6",57
Corrección por refracción.....	+ 55",82
Distancia cenital verdadera $\zeta$ .....	49° 16' 55",50
$\zeta$ .....	49° 16' 55",50
$\delta$ .....	77° 13' 58",39
$\lambda$ .....	46° 42' 40",14
2 S.....	173° 13' 34",03
S.....	86° 36' 47",02
S — $\zeta$ .....	37° 19' 51",52
Clg. sen.....	0,0108723
Clg. sen.....	0,1379246
Log. sen.....	$\bar{1},9992407$
Log. sen.....	$\bar{1},7827724$
Log. $\cos^2 \frac{1}{2}$ P.....	$\bar{1},9308100$
Log. $\cos \frac{1}{2}$ P.....	$\bar{1},9654050$

$\frac{1}{2}$ P.....	22° 34' 0",69
P.....	45° 8' 1",38
360° — P.....	314° 51' 58", 62, o
	20 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 27",91

## Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 19 de agosto de 1915.....

de agosto de 1915.....	0 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 43",63
Corrección 0,57.21,28.....	— 12",13
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 31",50
Hora verdadera local.....	20 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 27",91
Hora local (tiempo medio).....	21 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> 59",41
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 35",00
Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 35",59

## ESTACIÓN DE SAN SEBASTIÁN

DÍA 20 DE AGOSTO DE 1915

## 3.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	47° 35' 0",00		
Lectura del círculo inversa (I).....	310° 18' 10",00		
D — I.....	97° 16' 50",00		
Nivel.....	+ 1' 5",00		
	97° 17' 55",00		
Distancia cenital aparente.....	48° 38' 57",50		
Corrección por paralaje.....	— 6",51		
Corrección por refracción.....	+ 55",61		
Distancia cenital verdadera.....	48° 39' 46",60		
$\zeta$ .....	48° 39' 46",60		
$\delta$ .....	77° 13' 58",39	Clg. sen.....	0,0108723
$\lambda$ .....	46° 42' 40",14	Clg. sen.....	0,1379246
2 S.....	172° 36' 25",13		
S.....	86° 18' 12",57	Log. sen.....	I,9990955
S — $\zeta$ .....	37° 38' 25",97	Log. sen.....	I,7858320
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	I,9337244
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	I,9668622

$\frac{1}{2}$  P..... 22° 5' 56",00  
P..... 44° 11' 52",00  
360° — P... 315° 48' 8",00, ó  
21<sup>h</sup> 3<sup>m</sup> 12<sup>s</sup>,53

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 19 de agosto de 1915.....	0 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> ,63
Corrección 0 <sup>s</sup> ,57.21,28.....	— 12 <sup>s</sup> ,16
Ecuación del tiempo.....	0 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> ,47
Hora verdadera local.....	21 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,53
Hora local (tiempo medio).....	21 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> ,00
Hora del cronómetro.....	21 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> ,50
Estado del cronómetro en adelanto.....	0 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,50

Siguiendo el procedimiento indicado en la página 8 de esta Memoria se verificaron en la noche del día 19 de agosto las cuatro series de observaciones de azimut a que se refieren las hojas que van a continuación. Dichas observaciones se practicaron haciendo estación en el pilar del Sur y corrigiendo las horas correspondientes con arreglo a los datos anteriormente hallados al determinar la hora local.

## ESTACIÓN DE SAN SEBASTIAN

DÍA 19 DE AGOSTO DE 1915

Determinación del azimut fundamental.

## 1.ª SERIE

 $\alpha = 1^h 29^m 53^s,32$   
 $\delta = 1^\circ 8' 50",90$   
 $\lambda = 46^\circ 42' 40",14$ 

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.).....	11 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,56	11 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 7 <sup>s</sup> ,56	11 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> ,16	11 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,06
Diferencia de (t. s.) a (t. m.).....	+ 1 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,85	1 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,39	1 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,83
Horas reducidas a (t. s.).....	11 <sup>h</sup> 37 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,88	11 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,41	11 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> ,55	11 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,89
Hora sidérea a mediodía.....	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53
Hora sidérea de la observación.....	21 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,41	21 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> ,94	21 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,08	21 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,42
$\alpha$ .....	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32
P.....	19 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> ,09	19 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ,62	20 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,76	20 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> ,10
Equivalencia en arco.....	298° 44' 1",35	299° 32' 54",30	300° 22' 26",40	301° 2' 31",50
— (360° — P).....	— 61° 15' 58",65	— 60° 27' 5",70	— 59° 37' 33",60	— 58° 57' 28",50
— $\frac{1}{2}$ (360° — P).....	— 30° 37' 59",33	— 30° 13' 32",85	— 29° 48' 46",80	— 29° 28' 44",25
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\hat{c} - \lambda$ ).....	1,9647243			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\hat{c} + \lambda$ ).....	1,9609683			
Diferencia.....	0,0037560	0,0037560	0,0037560	0,0037560
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P.....	0,2275466	0,2346171	0,2418402	0,2477302
Log. tang. $\frac{1}{2}$ ( $A_1 + \hat{c}$ ) (—).....	0,2313026	—	—	—
Log. sen. $\frac{1}{2}$ ( $\hat{c} - \lambda$ ).....	1,5879615	0,2383731	—	0,2514862

Log. tang. $\frac{1}{2}$ ( $A_1 - \hat{c}$ ).....	0,2074264	0,2144969	0,2217200	0,2276100
$\frac{1}{2}$ ( $A_1 - \hat{c}$ ).....	58° 11' 25",21	58° 36' 23",92	59° 1' 43",50	59° 22' 13",87
$\frac{1}{2}$ ( $A_1 + \hat{c}$ ) (—).....	59° 35' 1",14	59° 59' 21",44	60° 24' 1",02	60° 43' 58",26
$A_1$ .....	— 1° 23' 35",93	— 1° 22' 57",52	— 1° 22' 17",52	— 1° 21' 44",39
Lecturas de la Polar.....	233° 33' 25",00	233° 32' 55",00	54° 3' 35",00	54° 3' 10",00
Lecturas del meridiano.....	232° 9' 49",07	332° 9' 57",48	52° 41' 17",48	52° 41' 25",61
Lecturas de la señal.....	228° 46' 35",00	228° 46' 35",00	48° 37' 15",00	48° 37' 15",00
Azimutes de la señal.....	3° 23' 14",07	3° 23' 22",48	4° 4' 2",48	4° 4' 10",61

Promedios. { 1.º y 4.º ... 3º 43' 42",34  
 { 2.º y 3.º ... 3º 43' 42",48

ESTACION DE SAN SEBASTIÁN

DÍA 19 DE AGOSTO DE 1915

2.ª SERIE

Determinación del *azimut fundamental*.

	ANTEJO A LA IZQUIERDA		ANTEJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.).....	12 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,46	12 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 37 <sup>s</sup> ,36	12 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 7 <sup>s</sup> ,96	12 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,56
Diferencia de (t. s.) a (t. m.).....	+ 2 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,71 +	2 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,17 +	2 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,91 +	2 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,35
Horas reducidas a (t. s.).....	12 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,17	12 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> ,53	12 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,87	12 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,91
Hora sidérea a mediodía.....	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53
Hora sidérea de la observación.....	22 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,70	22 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> ,06	22 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,40	22 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> ,44
$\alpha$ .....	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32
P.....	20 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> ,38	20 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,74	20 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> ,08	20 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> ,12
Equivalencia en arco.....	308° 29' 5",70	309° 11' 56",10	310° 19' 46",20	310° 59' 31",80
— (360° — P).....	51° 30' 54",30	50° 48' 3",90	49° 40' 13",80	49° 0' 28",20
— $\frac{1}{2}$ (360° — P).....	25° 45' 27",15	25° 24' 1",95	24° 50' 6",90	24° 30' 14",10
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ — $\lambda$ ).....	1,9647243			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ + $\lambda$ ).....	1,9609683			
Diferencia.....	0,0037560	0,0037560	0,0037560	0,0037560
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P.....	0,3164981	0,3234468	0,3345957	0,3412173
Log. tang. $\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\omega$ ).....	—	0,3202541 —	—	0,3385517
Lo sen. $\delta$ — $\lambda$ ).....	1,58 15	0,3272028 —	—	0,3385517

Log. tang. $\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> — $\omega$ ).....	0,2963779	0,3033266	0,3144755	0,3210971
$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> — $\omega$ ).....	63° 11' 19",20	63° 33' 21",42	64° 8' 16",31	64° 28' 44",91
$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\omega$ ) (—).....	64° 26' 9",15	64° 47' 27",38	65° 21' 11",15	65° 40' 57",24
A <sub>1</sub> .....	—	1° 14' 49",95 —	1° 12' 54",84 —	1° 12' 12",33
Lecturas de la Polar.....	322° 11' 10",00	322° 10' 0",00	142° 40' 45",00	142° 39' 30",00
Lecturas del meridiano.....	320° 56' 20",05	320° 55' 54",04	141° 27' 50",16	141° 27' 17",57
Lecturas de la señal.....	317° 29' 15",00	317° 29' 15",00	137° 25' 5",00	137° 25' 5",00
Azimutes de la señal.....	3° 27' 5",05	3° 26' 39",04	4° 2' 45",16	4° 2' 12",57

Promedios. { 1.º y 4.º... 3° 44' 38",86  
2.º y 3.º... 3° 44' 42",10



ESTACIÓN DE SAN SEBASTIÁN

DÍA 19 DE AGOSTO DE 1915

3.ª SERIE

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEJO A LA IZQUIERDA		ANTEJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.).....	12 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,96	12 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,76	13 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,96	13 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> ,16
Diferencia de (t. s.) a (t. m.) .....	+ 2 <sup>m</sup> 7 <sup>s</sup> ,48	+ 2 <sup>m</sup> 7 <sup>s</sup> ,92	+ 2 <sup>m</sup> 8 <sup>s</sup> ,58	+ 2 <sup>m</sup> 8 <sup>s</sup> ,92
Horas reducidas a (t. s.) .....	12 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 8 <sup>s</sup> ,44	13 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,68	13 <sup>h</sup> 4 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,54	13 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,08
Hora sidérea a mediodía.....	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53
Hora sidérea de la observación.....	22 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> ,97	22 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> ,21	22 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,07	22 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> ,61
$\alpha$ .....	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32
P. ....	21 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,65	21 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> ,89	21 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> ,75	21 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> ,29
Equivalencia en arco .....	318° 49' 24",75	319° 29' 28",35	320° 29' 41",25	321° 1' 4",35
— (360° — P).....	41° 10' 35",25	40° 30' 31",65	39° 30' 18",75	38° 58' 55",65
— $\frac{1}{2}$ (360° — P) .....	20° 35' 17",63	20° 15' 15",83	19° 45' 9",38	19° 29' 27",83
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ — $\lambda$ ).....	1,9647243			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ + $\lambda$ ).....	1,9609683			
Diferencia.....	0,0037560	0,0037560	0,0037560	0,0037560
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P.....	0,4252272	0,4339658	0,4447991	0,4510666
Log. tang. $\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\omega$ ).....	—	0,4377218	—	0,4548226

Log. tang. $\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> — $\omega$ ) (—).....	0,4051070	0,4138456	0,4246789	0,4309464
$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> — $\omega$ ).....	68° 31' 21",68	68° 54' 45",33	69° 23' 16",57	69° 39' 32",12
$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\omega$ ).....	69° 34' 27",70	69° 56' 54",75	70° 24' 16",14	70° 39' 51",38
A <sub>1</sub> .....	— 1° 3' 6",02	— 1° 2' 9",42	— 1° 0' 59",57	— 1° 0' 19",26
Lecturas de la Polar.....	51° 44' 5",00	51° 42' 55",00	232° 14' 10",00	232° 13' 20",00
Lecturas del meridiano.....	50° 40' 58",98	50° 40' 45",58	231° 13' 10",43	231° 13' 0",74
Lecturas de la señal.....	47° 15' 5",00	47° 15' 5",00	227° 10' 45",00	227° 10' 45",00
Azimutes de la señal.....	3° 25' 53",98	3° 25' 40",58	4° 2' 25",43	4° 2' 15",74

Promedios. { 1.º y 4.º ... 3º 44' 4",86  
 { 2.º y 3.º ... 3º 44' 3",00

ESTACIÓN DE SAN SEBASTIÁN

4.ª SERIE

DÍA 19 DE AGOSTO DE 1915

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.)	13 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,36	13 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,56	13 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> ,36	13 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> ,16
Diferencia de (t. s.) a (t. m.)	+ 2 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ,01	+ 2 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ,35	+ 2 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> ,89	+ 2 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,33
Horas reducidas a (t. s.)	13 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,37	13 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,91	13 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,25	13 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,49
Hora sidérea a mediodía	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53	9 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,53
Hora sidérea de la observación	23 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> ,90	23 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,44	23 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 5 <sup>s</sup> ,78	23 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,02
$\alpha$	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32	1 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> ,32
P	21 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,58	21 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> ,12	21 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,46	21 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,70
Equivalencia en arco	324° 12' 23",70	324° 43' 46",80	325° 33' 6",90	326° 13' 40",50
— (360° — P)	35° 47' 36",30	35° 16' 13",20	34° 26' 53",10	33° 46' 19",50
— $\frac{1}{2}$ (360° — P)	17° 53' 48",15	17° 38' 6",60	17° 13' 26",55	16° 53' 9",75
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\hat{\sigma} - \lambda$ )	1,9647243			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\hat{\sigma} + \lambda$ )	1,9609683			
Diferencia	0,0037560	0,0037560	0,0037560	0,0037560
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P	0,4908946	0,4977172	0,5086221	0,5177595
Log. tang. $\frac{1}{2}$ ( $A_1 + \hat{\omega}$ )	—	0,5014732	—	—
Log. sen. $\frac{1}{2}$ ( $\hat{\delta} - \lambda$ )	—	—	0,5123781	—

Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P	0,4908946	0,4977172	0,5086221	0,5177595
Log. tang. $\frac{1}{2}$ ( $A_1 - \hat{\omega}$ )	0,4707744	0,4775970	0,4885019	0,4976393
$\frac{1}{2}$ ( $A_1 - \hat{\omega}$ )	71° 18' 44",57	71° 35' 1",94	72° 0' 38",79	72° 21' 42",72
$\frac{1}{2}$ ( $A_1 + \hat{\omega}$ ) (—)	72° 14' 53",06	72° 30' 26",72	72° 54' 56",19	73° 15' 4",28
$A_1$	—	0° 56' 8",49	—	0° 53' 21",56
Lecturas de la Polar	141° 20' 40",00	141° 20' 5",00	321° 51' 15",00	321° 49' 40",00
Lecturas del meridiano	140° 24' 31",51	140° 24' 40",22	320° 56' 57",60	320° 56' 18",44
Lecturas de la señal	136° 58' 20",00	136° 58' 20",00	316° 52' 40",00	316° 52' 40",00
Azimutes de la señal	3° 26' 11",51	3° 26' 20",22	4° 4' 17",60	4° 3' 35",44

Promedios. { 1.º y 3.º... 3° 45' 14",56  
2.º y 4.º... 3° 44' 59",33

Una cualquiera de las series que acabamos de consignar, comprende siempre dos observaciones completas de la Polar y de la señal, y da, por lo tanto, los dos valores del azimut de ésta que constan al final de cada una de aquéllas. El promedio de esos números, o sea el azimut fundamental, resulta ser de

$$3^{\circ} 44' 23",44$$

Investigando ahora los errores de que vienen afectadas las observaciones, se hallan estas cifras:

$$\begin{aligned} \text{Error medio de una observación} & \dots\dots E = 53",20 \\ \text{Error medio del resultado C} & \dots\dots E_1 = 26",60 \\ \text{Error probable de C} & \dots\dots R = 17",94 \end{aligned}$$

Se observaron desde el mojón del Sur con el teodolito los puntos siguientes:

1. Mojón del Norte (centro de la cara superior).
2. Ullia (pararrayos del hotel).
3. Iglesia de Alza (cruz).
4. Igueldo (eje de la torre del castillo).
5. Señal.
6. Castillo de la Mota (eje de la torre).

Se hallaron por tres mediciones los valores de direcciones y de ángulos que a continuación se detallan:

	DIRECCIONES	ÁNGULOS
PRIMERA VUELTA		
1..	351° 20' 5",00	22° 41' 42",50
2..	14° 1' 47",50	28° 16' 27",50
3..	42° 18' 15",00	284° 21' 47",50
4..	326° 40' 2",50	20° 53' 47",50
5..	347° 33' 50",00	0° 50' 57",50
6..	348° 24' 47",50	2° 54' 12",50
1..	351° 19' 0",00	359° 58' 55",00
SEGUNDA VUELTA		
1..	111° 0' 5",00	22° 41' 37",50
2..	133° 41' 42",50	28° 15' 50",00
3..	161° 57' 32",50	284° 22' 20",00
4..	86° 19' 52",50	20° 53' 47",50
5..	107° 13' 40",00	0° 51' 52",50
6..	108° 5' 32",50	2° 53' 52",50
1..	110° 59' 25",00	359° 59' 20",00

DIRECCIONES		ÁNGULOS
TERCERA VUELTA		
1..	51° 14' 7",50	22° 41' 17",50
2..	73° 55' 25",00	28° 16' 7",50
3..	102° 11' 32",50	284° 22' 52",50
4..	26° 34' 25",00	20° 53' 45",00
5..	47° 28' 10",00	0° 51' 57",50
6..	48° 20' 7",50	2° 54' 5",00
1..	51° 14' 12",50	363° 0' 5",00

Los valores promedios de los ángulos hallados, una vez distribuída por partes iguales entre los mismos la diferencia de su suma a 360°, son:

1 — 2.....	22° 41' 37",50
2 — 3.....	28° 16' 13",33
3 — 4.....	284° 22' 25",00
4 — 5.....	20° 53' 51",67
5 — 6.....	0° 51' 44",17
6 — 1.....	2° 54' 8",33
	360° 0' 0",00

Con los números que se consignan en el cuadro que precede se podrán formar los azimutes, contados desde el Sur hacia el Oeste de los puntos a los que se dirigieron visuales desde el pilar del Sur, como se expresa a continuación:

PUNTOS	ÁNGULOS	AZIMUTES
Señal.....		176° 15' 36",56
	+ 5 — 6.....	0° 51' 44",17
Castillo.....		177° 7' 20",73
	+ 6 — 1.....	2° 54' 8",33
Mojón Norte.....		180° 1' 29",06
	+ 1 — 2.....	22° 41' 37",50

PUNTOS	ÁNGULOS	AZIMUTES
Ulia.....		202° 43' 6",56
	+ 2 — 3.....	28° 16' 13",33
Iglesia de Alza.....		230° 59' 19",89
	+ 3 — 4.....	284° 22' 25",00
Igueldo.....		155° 21' 44",89

De los números que anteceden se deduce que el azimut que corresponde al centro del mojón del Norte, una vez hecho el replanteo de éste, se desvía de la dirección del meridiano que pasa por el punto de estación en la cantidad angular de 0° 1' 29",06; por lo tanto, se puede calcular la distancia desde dicho centro a la meridiana, resolviendo el triángulo rectángulo que tiene por catetos esa distancia, que llamaremos  $x$ , y la que separa los centros de las caras superiores de los dos pilares. En dicho triángulo se conocen la longitud de esta línea, que es de 262 metros, y el ángulo opuesto a  $x$ .

Se tendrá, por lo tanto:

Log. tang. 0° 1' 29",96....	4,6352560
Log. 262.....	2,4183013
Log. $x$ .....	1,0535573
	$x = 0,11$ metros;

es decir, que la dirección de la meridiana de la estación, pasa a 11 centímetros al Oeste del centro del pilar del Norte.

### Estación de Palma

Con el fin de elegir sitio apropiado para fijar la meridiana, recorrimos en varios días los alrededores de la población acompañados por el Sr. Ingeniero Jefe del Distrito.

Entre los parajes que visitamos, ninguno nos pareció que reunía tan buenas condiciones para realizar nuestro cometido

como la finca llamada Castillo de Bellver, perteneciente al Real Patrimonio y que se encuentra a poco más de dos kilómetros al Oeste-Sur-Oeste de Palma, o sea a medio camino de la ciudad a Porto Pi.

Siguiendo las vueltas de un espacioso camino que enlaza con la carretera a Palma, se puede llegar en carruaje hasta la parte más elevada de la meseta en que está fundada la ciudadela, a 112 metros sobre el nivel del mar. Desde la vertiente del Sur-Este de aquella pueden descubrirse, aun con anteojos de poco aumento, las porciones terminales de una gran parte de los edificios notables de la población, como, por ejemplo: cruces y torres de iglesias, pararrayos, etc., que vimos habían de servirnos de excelentes referencias para individualizar la posición de las señales que hubiera necesidad de establecer. Para la conservación de éstas, ofrece dicha localidad las ventajas de su aislamiento; de estar al cuidado de un guarda que en ella reside, y la de ser además sitio poco frecuentado.

Habiendo convenido en establecer la meridiana en dichos terrenos, como lo aconsejaban las circunstancias, y una vez obtenida la oportuna autorización, procedimos el día 5 de Noviembre a fijar el límite del Sur de esa línea.

Al efecto, en terrenos próximos al foso de una de las baterías exteriores de la plaza, se hizo abrir una excavación de 0,30 metros de profundidad y con la amplitud necesaria para fundar en ella uno de los sillares que con el objeto expresado se habían mandado labrar.

Su forma es de pirámide truncada de 0,40 metros en la base inferior y 0,30 metros en la superior, llevando grabadas en tres de sus caras laterales estas indicaciones: *S. Minas, Meridiana*, y en la superior las dos diagonales que al encontrarse determinan su centro. Análogas inscripciones tiene el segundo pilar, o sea el del Norte, el cual, luego de terminadas las operaciones, se fijó a 62,40 metros del primero. Uno y otro se instalaron sobre lecho de hormigón, vertiendo además en las respectivas zanjas, la argamasa necesaria hasta enrasar con la superficie del terreno que previamente se había explanado.

Las coordenadas geográficas de este pilar, que nos sirvió de punto de estación, deducidas de las que en el *Anuario* ya citado se asignan para el baluarte de Santa Margarita, son:

Colatitud.....	50° 26' 16",00
Longitud Este de París...	0 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 15",07

Sin separarse en nada de los procedimientos ya anteriormente expuestos, se hicieron el día 5 de Noviembre varias observaciones para la corrección del cronómetro y también para la determinación de azimut; pero habiéndose notado al verificar estas últimas algún defecto de ajuste entre el eje del círculo vertical y su alidada, lo que ocasionó errores en las lecturas de la graduación, se desecharon las observaciones correspondientes a ese día.

En la mañana del día 6 se procedió a rectificar el teodolito, y una vez subsanado el antedicho error, practicamos las observaciones de distancias cenitales del Sol a que se refieren las tres hojas siguientes; obteniéndose como promedio de los resultados que en las mismas se consignan, un estado del cronómetro en atraso de

0<sup>h</sup> 8<sup>m</sup> 34",07

## ESTACION DE PALMA

DÍA 6 DE NOVIEMBRE DE 1915

## 2.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	58° 7' 35",00		
Lectura del círculo inversa (I).....	299° 59' 45",00		
D — I.....	118° 7' 50",00		
Nivel.....	—	50",00	
	118° 7' 0",00		
Distancia cenital aparente.....	59° 3' 30",00		
Corrección por paralaje.....	—	7",61	
Corrección por refracción.....	+	1' 32",17	
Distancia cenital verdadera.....	59° 4' 54",56		

ζ.....	59° 4' 54",56		
δ.....	105° 43' 19",03	Clg. sen. δ.....	0,0165585
λ.....	50° 26' 16",00	Clg. sen. λ.....	0,1129832
2 S.....	215° 14' 29",59		
S.....	107° 37' 14",79	Log. sen. δ.....	1,9791298
S — ζ.....	48° 32' 20",23	Log. sen. (S — ζ).....	1,8747172
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9833887
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9916944

$\frac{1}{2}$  P..... 11° 10' 11",22  
 P..... 22° 20' 22",44  
 360° — P... 337° 39' 37",56, ó  
 22<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> 38<sup>s</sup>,51

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 5 de noviembre de 1915.....	23 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> ,92
Corrección 0,08,22,49.....	+ 1 <sup>s</sup> ,80
Ecuación del tiempo.....	23 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,72
Hora verdadera local.....	22 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> ,51
Hora local (tiempo medio).....	22 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> ,23
Hora del cronómetro.....	22 <sup>h</sup> 5 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> ,20
Estado del cronómetro en atraso.....	0 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> ,03

## ESTACIÓN DE PALMA

DÍA 6 DE NOVIEMBRE DE 1915

## 3.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	57° 47' 40",00
Lectura del círculo inversa (I).....	300° 18' 5",00
D — I.....	117° 29' 35",00
Nivel.....	—
	117° 29' 0",00
Distancia cenital aparente.....	58° 44' 30",00
Corrección por paralaje.....	—
Corrección por refracción.....	+ 1' 30",04
Distancia cenital verdadera.....	58° 45' 52",46

ζ.....	58° 45' 52",46		
δ.....	105° 43' 19",03	Clg. sen. δ.....	0,0165585
λ.....	50° 26' 16",00	Clg. sen. λ.....	0,1129832
2 S.....	214° 55' 27",49		
S.....	107° 27' 43",75	Log. sen. S.....	1,9795098
S — ζ.....	48° 41' 51",29	Log. sen. (S — ζ).....	1,8757766
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9848281
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	1,9924141

$\frac{1}{2}$  P..... 10° 40' 40",25  
 P..... 21° 21' 20",50  
 360° — P... 338° 38' 39",50, ó  
 22<sup>h</sup> 34<sup>m</sup> 34<sup>s</sup>,63

Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 5 de noviembre de 1915.....	23 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> ,92
Corrección 0 <sup>s</sup> ,08,22 <sup>h</sup> ,56.....	+ 1 <sup>s</sup> ,80
Ecuación del tiempo.....	23 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,72
Hora verdadera local.....	22 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,63
Hora local (tiempo medio).....	22 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> ,35
Hora del cronómetro.....	22 <sup>h</sup> 9 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> ,95
Estado del cronómetro en atraso.....	0 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> ,40

## ESTACIÓN DE PALMA

DÍA 6 DE NOVIEMBRE DE 1915

## 4.ª OBSERVACIÓN

Lectura del círculo directa (D).....	57° 29' 40",90		
Lectura del círculo inversa (I).....	300° 36' 25",00		
D — I.....	116° 53' 15",00		
Nivel.....	—	20",00	
		116° 52' 55",00	
Distancia cenital aparente.....	58° 26' 27",50		
Corrección por paralaje.....	—	7",56	
Corrección por refracción.....	+	1° 28",97	
Distancia cenital verdadera ζ.....		58° 27' 48",91	
ζ.....	58° 27' 48",91		
δ.....	105° 43' 19",03	Clg. sen.....	0,0165585
λ.....	50° 26' 16",00	Clg. sen.....	0,1129832
2 S.....	214° 37' 23",94		
S.....	107° 18' 41",97	Log. sen.....	I,9798670
S — ζ.....	48° 50' 53",06	Log. sen.....	I,8767761
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	I,9861848
		Log. cos. $\frac{1}{2}$ P.....	I,9930924
	$\frac{1}{2}$ P.....	10° 11' 31",05	
	P.....	20° 23' 2",10	
	360° — P...	339° 36' 57",90,0	
		22 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,86	
Tiempo medio a mediodía verdadero en París, en 5 de noviembre de 1915.....		23 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> ,92	
Corrección 0,08.22,62.....	+	1 <sup>s</sup> ,81	
Ecuación del tiempo.....		23 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,73	
Hora verdadera local.....		22 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,86	
Hora local (tiempo medio).....		22 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 8 <sup>s</sup> ,59	
Hora del cronómetro.....		22 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> ,80	
Estado del cronómetro en atraso.....		0 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> ,79	

En la noche del mismo día 6 se verificaron las series de observaciones a la Polar y al faro de Porto Pi (que utilizamos como señal y que se consignan en los cinco estados siguientes).

El azimut de la señal, según el promedio deducido de los resultados de las cuatro series, es:

167° 34' 43",13

contados desde el Norte hacia el Este.

ESTACIÓN DE PALMA

2.ª SERIE

DÍA 6 DE NOVIEMBRE DE 1915

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.) .....	7 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,91	7 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,51	7 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> ,01	7 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> ,31
Diferencia de (t. s.) a (t. m.) .....	+ 1 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,34	+ 1 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,62	+ 1 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,95	+ 1 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> ,31
Horas reducidas á (t. s.) .....	7 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,25	7 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,13	7 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> ,96	7 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 1 <sup>s</sup> ,62
Hora sidérea a mediodía .....	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25
Hora sidérea de la observación .....	22 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> ,50	22 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,38	22 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> ,21	22 <sup>h</sup> 56 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> ,87
$\alpha$ .....	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80
P. ....	21 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,70	21 <sup>h</sup> 2 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> ,58	21 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,41	21 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 2 <sup>s</sup> ,07
Equivalencia en arco .....	320° 0' 55",50	320° 26' 23",70	320° 57' 21",15	321° 30' 31",05
— (360° — P) .....	— 39° 59' 4",50	— 39° 33' 36",30	— 39° 2' 38",85	— 38° 29' 28",95
— $\frac{1}{2}$ (360° — P) .....	— 19° 59' 32",25	— 19° 46' 48",15	— 19° 31' 19",43	— 19° 14' 44",48
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\beta - \lambda$ ) .....	1,95850666			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta + \lambda$ ) .....	1,9544373			
Diferencia .....	0,0040693	0,0040693	0,0040693	0,0040693
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P. ....	0,4391160	0,4441456	0,4503200	0,4570113
Log. tang. $\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\omega$ ) (—) .....	0,4431853	0,4482149	0,4543893	0,4610806

Log. tang. $\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> — $\omega$ ) .....	0,4207674	0,4257970	0,4319714	0,4386627
$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> — $\omega$ ) .....	69° 13' 2",41	69° 26' 11",42	69° 42' 10",65	69° 59' 18",56
$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\omega$ ) (—) .....	70° 10' 46",48	70° 23' 25",08	70° 38' 47",06	70° 55' 14",76
A <sub>1</sub> .....	— 0° 57' 44",07	— 0° 57' 13",66	— 0° 56' 36",41	— 0° 55' 56",20
Lecturas de la Polar .....	214° 27' 25",00	214° 27' 10",00	35° 2' 45",00	35° 2' 10",00
Lecturas del meridiano .....	213° 29' 40",93	213° 29' 56",34	34° 6' 8",59	34° 6' 13",80
Lecturas de la señal .....	21° 18' 25",00	21° 18' 25",00	201° 27' 0",00	201° 17' 0",00
Azimuthes de la señal .....	167° 48' 44",07	167° 48' 28",66	167° 20' 51",41	167° 20' 46",20

Promedios. { 1° y 4° . . . 167° 34' 45",13  
 { 2° y 3° . . . 167° 34' 40",03



# ESTACIÓN DE PALMA

3.ª SERIE

DÍA 6 DE NOVIEMBRE DE 1915

## Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA	ANTEOJO A LA DERECHA
Horas del cronómetro corregidas (t. m.).....	8 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 59 <sup>s</sup> ,91	8 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> ,31
Diferencia de (t. s.) a (t. m.).....	+ 1 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> ,14 +	8 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 4 <sup>s</sup> ,31 + 1 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> ,81 +
Horas reducidas a (t. s.).....	8 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> ,05	8 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> ,75
Hora sidérea a mediodía.....	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25
Hora sidérea de la observación.....	23 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> ,30	23 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 40 <sup>s</sup> ,
$\alpha$ .....	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80
P.....	21 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> ,50	21 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> ,20
Equivalencia en arco .....	327° 20' 37",50	327° 48' 18",00
— (360° — P).....	— 32° 39' 22",50 —	— 32° 11' 42",00 —
— $\frac{1}{2}$ (360° — P).....	— 16° 19' 41",25 —	— 16° 5' 51",00 —
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta - \lambda$ ).....	1,9585066	
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta + \lambda$ ).....	1,9544373	
Diferencia.....	0,0040693	0,0040693
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P.....	0,5332014	0,5397219
Log. tang. $\frac{1}{2}$ ( $A_1 + \omega$ ).....	0,5372707	0,5437912
$\delta - \lambda$ .....	I	
	0,0040693	0,0040693
	0,5332014	0,5477495
	0,5372707	0,5518188
		0,0040693
		0,5549426
		0,5569119

g. ng. P.....	0,5148528	0,5213733	0,5294009	0,5366940
$\frac{1}{2}$ ( $A_1 - \omega$ ).....	73° 0' 25",47	73° 14' 45",65	73° 32' 9",95	73° 47' 32",03
$\frac{1}{2}$ ( $A_1 + \omega$ ) (—).....	73° 48' 58",12	74° 2' 41",83	74° 19' 21",62	74° 34' 4",15
$A_1$ .....	— 0° 48' 32",65 —	— 0° 47' 56",18 —	— 0° 47' 11",67 —	— 0° 46' 32",12
Lecturas de la Polar.....	273° 33' 20",00	273° 32' 50",00	94° 8' 40",00	94° 8' 15",00
Lecturas del meridiano.....	272° 44' 47",35	272° 44' 53",82	93° 21' 28",33	93° 21' 42",88
Lecturas de la señal.....	80° 33' 10",00	80° 33' 10",00	260° 42' 40",00	260° 42' 40",00
Azimutes de la señal.....	167° 48' 22",65	167° 48' 16",18	167° 21' 11",67	167° 20' 57",12

Promedios. { 1.º y 4.º... 167° 34' 39",88  
                  { 2.º y 3.º... 167° 34' 43",92

## ESTACIÓN DE PALMA

DÍA 6 DE NOVIEMBRE DE 1915

4.ª SERIE

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.)	8 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> ,31	8 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> ,91	8 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> ,01	8 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> ,71
Diferencia de (t. s.) a (t. m.)	+ 1 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> ,87	+ 1 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> ,32	+ 1 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> ,73	+ 1 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,77
Horas reducidas a (t. s.)	8 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 7 <sup>s</sup> ,18	8 <sup>h</sup> 40 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,23	8 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> ,74	8 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,79
Hora sidérea a mediodía	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25
Hora sidérea de la observación	23 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> ,43	23 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> ,48	23 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> ,99	23 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> ,04
$\alpha$	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80
P	22 <sup>h</sup> 6 <sup>m</sup> 7 <sup>s</sup> ,63	22 <sup>h</sup> 8 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> ,68	22 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> ,19	22 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> ,24
Equivalencia en arco	331° 31' 54",45	332° 11' 55",20	332° 49' 32",85	333° 21' 3",60
— (360° — P)	— 28° 28' 5",55	— 27° 48' 4",80	— 27° 10' 27",15	— 26° 38' 56",40
— $\frac{1}{2}$ (360° — P)	— 14° 14' 2",78	— 13° 54' 2",40	— 13° 35' 13",58	— 13° 19' 28",20
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ — $\lambda$ )	1,9585066			
Log. cos. $\frac{1}{2}$ ( $\delta$ + $\lambda$ )	1,9544373			
Diferencia	0,0040693	0,0040693	0,0040693	0,0040693
Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P	0,5957269	0,6064470	0,6167463	0,6255421
Log. tang. $\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\bar{\omega}$ ) (—)	0,5997962	0,6105163	0,6208156	0,6296114
$\delta$ — $\lambda$				

Log. cotg. $\frac{1}{2}$ P	0,5957269	0,6064470	0,6167463	0,6255421
Log. tang. $\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> — $\bar{\omega}$ )	0,5773783	0,5880984	0,5983977	0,6071935
$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> — $\bar{\omega}$ )	75° 10' 41",34	75° 31' 27",02	75° 50' 58",73	76° 7' 20",21
$\frac{1}{2}$ (A <sub>1</sub> + $\bar{\omega}$ ) (—)	75° 53' 35",96	76° 13' 26",44	76° 32' 5",91	76° 47' 43",41
A <sub>1</sub>	— 0° 42' 54",62	— 0° 41' 59",42	— 0° 41' 7",18	— 0° 40' 23",20
Lecturas de la Polar	3° 24' 10",00	3° 23' 15",00	183° 59' 25",00	183° 58' 35",00
Lecturas del meridiano	2° 41' 15",38	2° 41' 15",58	183° 18' 17",82	183° 18' 11",80
Lecturas de la señal	170° 30' 10",00	170° 30' 10",00	350° 39' 0",00	350° 39' 0",00
Azimutes de la señal	167° 48' 54",62	167° 48' 54",42	167° 20' 42",18	167° 20' 48",20

Promedios. { 1.º y 3.º... 167° 34' 48",40  
2.º y 4.º... 167° 34' 51",31

ESTACIÓN DE PALMA

5.ª SERIE

DÍA 6 DE NOVIEMBRE DE 1915

Determinación del azimut fundamental.

	ANTEOJO A LA IZQUIERDA		ANTEOJO A LA DERECHA	
Horas del cronómetro corregidas (t. m.).....	8 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> ,51	8 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 31 <sup>s</sup> ,71	9 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 7 <sup>s</sup> ,41	9 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> ,51
Diferencia de (t. s.) a (t. m.).....	+ 1 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> ,00	+ 1 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> ,30	+ 1 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> ,73	+ 1 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> ,02
Horas reducidas a (t. s.).....	8 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,51	8 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,01	9 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> ,14	9 <sup>h</sup> 3 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,53
Hora sidérea a mediodía.....	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25	14 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,25
Hora sidérea de la observación.....	23 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> ,76	23 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> ,26	24 <sup>h</sup> 0 <sup>m</sup> 3 <sup>s</sup> ,39	24 <sup>h</sup> 1 <sup>m</sup> 50 <sup>s</sup> ,78
$\alpha$ .....	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80	1 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> ,80
P.....	22 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 9 <sup>s</sup> ,96	22 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 0 <sup>s</sup> ,46	22 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> ,59	22 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> ,98
Equivalencia en arco.....	336° 17' 29",40	336° 45' 6",90	337° 24' 8",85	337° 50' 59",70
-(360° - P).....	- 23° 42' 30",60	- 23° 14' 53",10	- 22° 35' 51",15	- 22° 9' 0",30
- $\frac{1}{2}$ (360° - P).....	- 11° 51' 15",30	- 11° 37' 26",55	- 11° 17' 55",58	- 11° 4' 30",15
Log. cos. $\frac{1}{2}(\phi - \lambda)$ .....	1,9585066			
Log. cos. $\frac{1}{2}(\phi + \lambda)$ .....	1,9544373			
Diferencia.....	0,0040693	0,0040693	0,0040693	0,0040693
Log. cotg. $\frac{1}{2}P$ .....	0,6679891	0,6667491	0,6694101	0,7083207
Log. tang. $\frac{1}{2}(A_1 + \phi)$ .....	0,6720584	0,6608184	0,7034	0,71

$\frac{1}{2}(A_1 + \phi)$ .....	77° 22' 15",69	77° 53' 19",84	78° 13' 37",12	78° 27' 34",51
$\frac{1}{2}(A_1 + \phi)(-)$ .....	77° 59' 14",86	78° 28' 53",23	78° 48' 14",14	79° 1' 32",62
$A_1$ .....	- 0° 36' 59",17	- 0° 35' 33",39	- 0° 34' 37",02	- 0° 33' 58",11
Lecturas de la Polar.....	62° 18' 30",00	62° 17' 50",00	242° 53' 0",00	242° 52' 35",00
Lecturas del meridiano.....	61° 41' 30",83	61° 42' 16",61	242° 18' 22",98	242° 18' 36",89
Lecturas de la señal.....	229° 30' 20",00	229° 30' 20",00	49° 39' 20",00	49° 39' 20",00
Azimutes de la señal.....	167° 48' 49",17	167° 48' 3",39	167° 20' 57",02	167° 20' 43",11

Promedios. { 1.º y 4.º ... 167° 34' 46",14  
2.º y 3.º ... 167° 34' 30",20

Conocido el azimut de la señal, se procedió a colocar, como antes se ha indicado, el pilar del Norte, y por último a fijar los azimutes de la estación.

A este efecto, instalado el teodolito en la vertical del centro del mojón del Sur, se dirigieron en tres vueltas de horizonte visuales a los puntos que a continuación se expresan:

1. Centro de la cara superior del mojón del Norte.
2. Pararrayos de la torre de la iglesia de Santa Eulalia.
3. Eje de la torre del faro de Porto Pi.
4. Eje de la torre del faro de Cala Figuera.
5. Pararrayos de la torre del castillo de Bellver.

A dichas visuales corresponden las direcciones y los ángulos que las mismas forman entre sí y expresa el siguiente estado:

DIRECCIONES	ÁNGULOS
PRIMERA VUELTA	
1.. 192° 34' 30",00	
2.. 267° 14' 20",00	74° 39' 50",00
3.. 0° 8' 12",50	92° 53' 52",50
4.. 48° 13' 42",50	48° 5' 30",00
5.. 182° 52' 10",00	134° 38' 27",50
1.. 192° 34' 12",50	9° 42' 2",50
	<u>359° 59' 42",50</u>
SEGUNDA VUELTA	
1.. 311° 52' 57",50	
2.. 26° 32' 22",50	74° 39' 25",00
3.. 119° 27' 12",50	92° 54' 50",00
4.. 167° 31' 27",50	48° 4' 15",00
5.. 302° 10' 50",00	134° 39' 22",50
1.. 311° 52' 47",50	9° 41' 57",50
	<u>359° 59' 50",00</u>

DIRECCIONES	ÁNGULOS
TERCERA VUELTA	
1.. 72° 2' 45",00	74° 39' 15",00
2.. 146° 42' 0",00	92° 55' 0",00
3.. 239° 37' 0",00	48° 4' 35",00
4.. 287° 41' 35",00	134° 39' 10",00
5.. 62° 20' 45",00	9° 42' 0",00
1.. 72° 2' 45",00	<u>360° 0' 0",00</u>

Los medios de los valores de los ángulos formados por las visuales, son:

1 — 2.....	74° 39' 30",00
2 — 3.....	92° 54' 34",17
3 — 4.....	48° 4' 46",67
4 — 5.....	134° 39' 0",00
5 — 1.....	9° 42' 0",00
	<u>359° 59' 50",84</u>

Distribuyéndose por iguales partes la diferencia de esta suma a 360° entre los cinco ángulos, se tendrán sus valores definitivos

1 — 2.....	74° 39' 31",83
2 — 3.....	92° 54' 36",00
3 — 4.....	48° 4' 48",50
4 — 5.....	134° 39' 1",83
5 — 1.....	9° 42' 1",83
	<u>359° 59' 59",99</u>

Los azimutes contados del Sur hacia el Oeste de los puntos observados, son:

PUNTOS	ÁNGULOS	AZIMUTES
Porto Pi.....		347° 34' 43",13
	+ 3 - 4.....	48° 4' 48",50
Cala Figuera.....		395° 39' 31",63
	+ 4 - 5.....	134° 39' 1",83
Bellver.....		170° 18' 33",46
	+ 5 - 1.....	9° 42' 1",83
Pilar del Norte.....		180° 0' 35",29
	+ 1 - 2.....	74° 39' 31",83
Santa Engracia....		254° 40' 7",12

Se ve por estos resultados, que la línea que une los centros de las caras superiores de los pilares, se desvía de la meridiana de la estación en una cantidad angular de 35",29. Designando por  $x$ , como anteriormente se ha hecho, la distancia a que pasa esa meridiana del centro del mojón del Norte, y conocida la distancia entre ambas señales, que es de 67,40 metros, se tendrá el valor de  $x$  por la ecuación

$$x = 67,40 \text{ metros, tang. } 35",29 = 0,01 \text{ metros.}$$

Así, pues, el centro del pilar del Norte está situado a un centímetro al Este de la repetida meridiana.

Madrid, fines de Octubre de 1916.

## LOS TERRENOS SECUNDARIOS

DEL

## ESTRECHO DE GIBRALTAR

POR

D. Enrique Dupuy de Lôme y D. Javier Miláns del Bosch,  
ingenieros de Minas.

## LOS TERRENOS SECUNDARIOS

# ESTRECHO DE GIBRALTAR

La determinación precisa de la edad a que pertenecen los terrenos secundarios, a través de los cuales se abrió el Estrecho de Gibraltar, ha sido siempre objeto de muy diversas opiniones y punto de duda para cuantos geólogos se ocuparon en el asunto.

Nuestro propósito al publicar la presente nota no es hacer un estudio completo, físico y geológico, del Estrecho y de su formación, sino, como en el título se indica, dar a conocer, después de haber tenido la suerte de encontrar algunas especies fósiles (las primeras que se han recogido en la parte de Ceuta), unos cuantos datos que juzgamos interesantes para que, sirviendo de base de partida a estudios más detenidos, faciliten la labor de otros geólogos y pueda llegarse algún día a la determinación precisa de la edad de los referidos terrenos.

Las opiniones hasta ahora emitidas acerca de este asunto son muchas y muy distintas.

Coquand en su estudio de la parte septentrional de Marruecos, consideró las calizas que principalmente constituyen estos terrenos como silurianos (1), opinión que rectificó luego Gentil en su libro *Dans le Bled Es Siba* (1905), y más tarde en *Le Maroc Physic* (1912).

---

(1) H. Coquand. *Description géologique de la partie septentrionale de l'empire du Maroc*. (Bull. Soc. Géol. de France, segunda serie, IV, 1846-1847.)

A. Brives, en su interesante obra *Voyages au Maroc* (1901-1917), aunque no visitó la sierra de Anyera, refiere al jurásico superior (kimeridgiense) unas calizas blancas y azuladas, situadas sobre margas rojizas que se encuentran en la parte Sur. Esta formación es, como veremos, muy análoga a la que nos ocupa.

Varios son los geólogos ingleses que han estudiado la geología del Peñón de Gibraltar; pero entre sus trabajos, solamente hay dos, de los cuales se pueden deducir consecuencias concisas para fijar la edad de las calizas. Uno de J. Smith, titulado *On the Geology of Gibraltar* (*Quarterly Journal Geol. Soc.*, vol. II, pág. 41), y otro con el mismo título de A. C. Ramsay y J. Geikie (misma publicación, vol. XXXIV, pág. 305).

El primero encontró en ellas *Rhynconellas fimbria* y *concinna* y las clasifica como del jurásico medio. Los Sres. Ramsay y Geikie se muestran conformes con esta opinión, aunque no de un modo terminante, pues confiesan que no pudieron clasificar las especies de los fósiles que encontraron, si bien afirman—y esto es interesante—es notable la semejanza entre nuestra costa y la africana, semejanza que hemos comprobado en las calizas que nos ocupan.

El sabio geólogo suizo M. P. Choffat trata esta cuestión en una carta dirigida en 1892 al Sr. Fernández de Castro, Director de la Comisión del Mapa Geológico de España, dándole cuenta de la sesión de la Sociedad de Geología, en la que se había leído el trabajo de los Sres. Ramsay y Geikie, y decía: «La publicación de los Sres. Ramsay y Geikie contiene, en cuanto a la edad del Peñón de Gibraltar se refiere, una opinión contraria a la admitida generalmente; estos señores han presentado sus rhynconellas halladas a los Sres. Etheridge y Davidson, y éstos han dicho que no se puede determinar a qué especie pertenecen, pero se puede afirmar que será muy próxima a la *R. concinna* Sow. que, según ellos, se encuentra en el Cornbrash y Corall-Rag (o sea jurásico medio). Hallándome en Londres cuando se verificaba el Congreso geológico, pude estudiar detenidamente los ejemplares traídos de la Península. Vi, entre otros, los recogidos por Smith en Gibraltar,

fósiles generalmente citados como liásicos, bajo los nombres de *Eulyma Hedingtonensis* Sow. y *Rhynconella Tetraedra* Sow, etcétera, etc.»

Cita luego otras especies fósiles halladas allí, que son:

Un gran ejemplar de un gasterópodo, probablemente *Pseudomelania*, que no se pudo determinar la especie; nueve ejemplares de *Terebrátula* o *Zeillerias*, uno de *T. Polimorfa* y varios de *T. Conecta*.

Hace la observación de que estaban todos rotos y deduce que no hay motivo para cambiar la edad liásica atribuida al Peñón de Gibraltar.

El Sr. Calderón (*Anales de la Soc. Esp. de H. Natural*, tomo XXI, pág. 69) equipara estas calizas, por su aspecto, modo de empastar fósiles y aun por estos mismos, a las que se presentan en la sierra de Esparteros (Morón, provincia de Sevilla), donde él recogió una muy interesante faunula de braquiópodos que contenía: *Zeilleria Partschii* Opp., *Z. Hierlatzica* Opp., *Rhynconella regia* Rothol., *Spiriferina* ef, y una serie de otros pequeños braquiópodos muy difíciles de determinar.

Estas especies y el aspecto mismo de la roca señalan, según el Sr. Calderón, el liás inferior con una facies decididamente alpina.

El Sr. Macpherson, en su estudio geológico de la provincia de Cádiz, asigna al liásico dos tramos; el inferior, formado por pizarras calcáreas, algunas veces muy hojosas, de colores que varían del gris claro al negro, siendo en este caso bastante bituminosas y encontrándose restos de plantas, y el superior formado por un gran espesor de calizas compactas, idénticas a las de Gibraltar. En este tramo no halló ningún fósil clasificable y sólo moldes, pero cita los *Eulyma Edingtonensis* y *Rhynconella Tetraedra* hallados en Gibraltar, y en ello se basa para su clasificación.

El Sr. Fernández Navarro acepta para las de Gibraltar la clasificación de liásicas, y basándose en su semejanza y en la opinión de M. Gentil, considera también liásicas las de Ceuta.

Los argumentos de los Sres. Calderón y Macpherson, basados solamente en la semejanza aparente de la roca y en fósiles en-

contrados por otros geólogos y que no han visto son, a nuestro juicio, insuficientes. De los fósiles citados por Mr. Choffat, las *Rhynconellas concinna* y *tetraedra*, no son exclusivas del liásico, por lo menos en España; el Sr. Mallada las ha encontrado en el jurásico medio y superior. La *Eulyma Edingtonensis* no se ha encontrado, en España, y, además, las eulymas son gasterópodos que aparecen en todos los terrenos hasta la época actual.

Las pseudomelancias pertenecen a un género del grupo *Chemnitzia* d'Orb, que se encuentra en todo el secundario, llegando muchas veces hasta el terciario.

La *R. Fimbria*, también desconocida en España, se encuentra en Inglaterra en la oolita inferior.

Vemos, pues, que entre las especies encontradas en Gibraltar, no hay ninguna que se pueda considerar como característica para clasificar como liásicas a las calizas en cuestión. Para nosotros deben ser referidas al jurásico medio, aceptando como buena la clasificación de los Sres. Smith, Ramsay y Geikie, que, en realidad, son los únicos que presentan pruebas fehacientes de sus conclusiones.

Una vez expuestas las opiniones de los diversos autores que han tratado del asunto, consignaremos los datos que hemos recogido sobre el terreno y daremos noticia de los fósiles encontrados que han servido para llegar a su clasificación.

Forman estas rocas tres manchas, dos de las cuales constituyen las famosas columnas de Hércules: el Peñón de Gibraltar o Yebel Tarik en nuestra costa y el Yebel Musa en la de África, y la tercera, de mucha menos importancia en cuanto a tamaño, es, no obstante, de mucho interés geológico, y está situada en la carretera de Algeciras a Cádiz, a dos kilómetros de este punto. Es de lamentar que esta mancha no fuese objeto de estudio por el señor Macpherson, porque quizá hubiese arrojado luz sobre el asunto de que tratamos.

Solamente en las dos últimas, de las tres manchas citadas, hemos podido hacer un detenido estudio, pues a causa de la guerra europea no se nos permitió examinar la de Gibraltar, que re-

corrimos solamente en la parte correspondiente a las obras de la carretera que bordea el Peñón por Levante, de modo que hubimos de recurrir, como únicos elementos para su estudio, a los trabajos publicados.

El buzamiento general de toda la formación es al Oeste con fuerte inclinación, menos en las últimas explanadas que forman la Punta de Europa, en las que, a causa de una falla, se cambia el buzamiento al Este. Sin embargo, la estratificación apenas se manifiesta y se comprueba muy difícilmente en la mayoría de los casos. La dirección de las capas de caliza viene a ser la misma del promontorio. La roca es en general blanca, agrisada de varios tonos, compacta y en algunos sitios cristalina. Los bancos varían mucho de espesor, siendo, por lo general, de gran potencia.

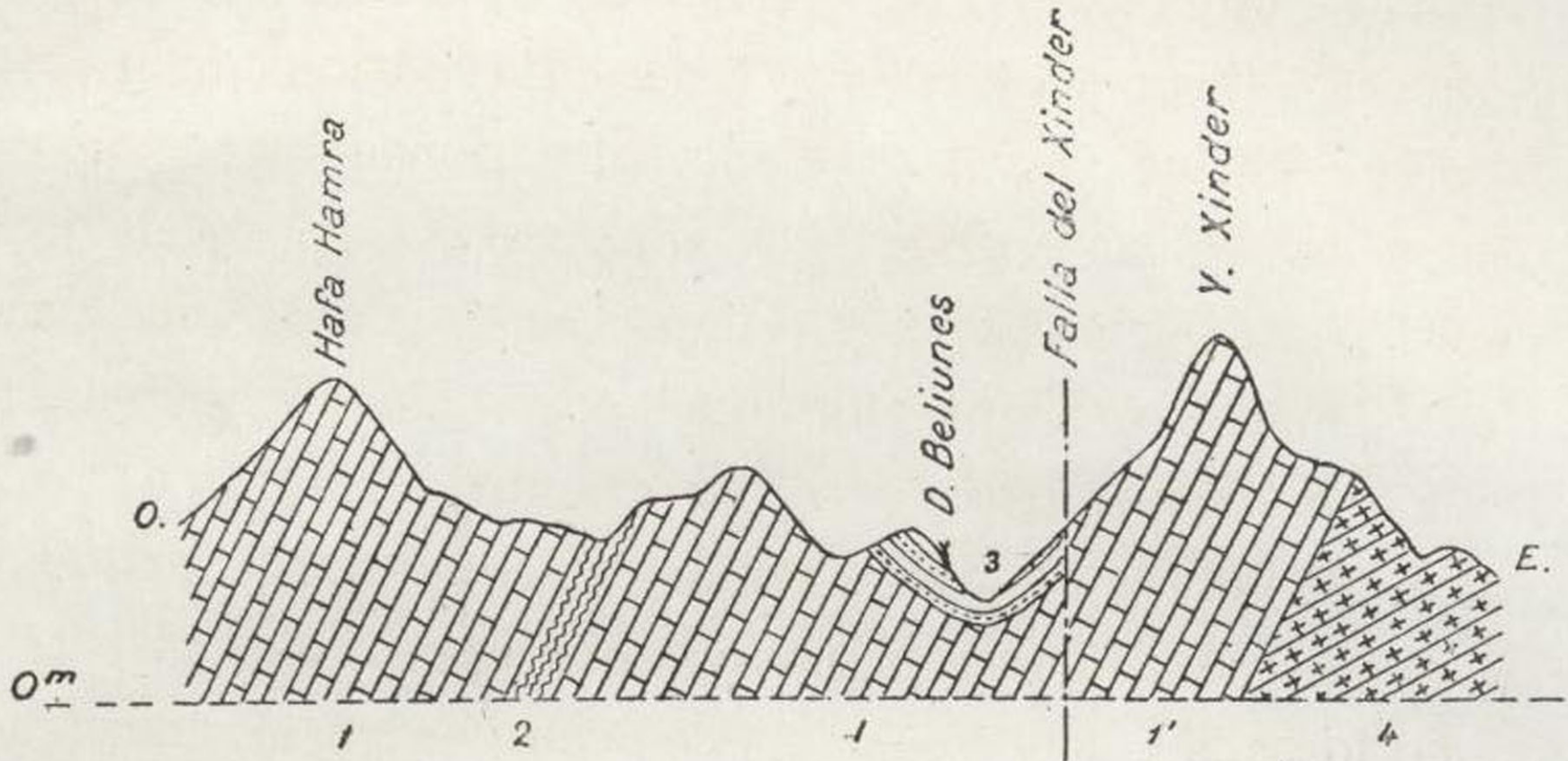
La formación de caliza secundaria del otro lado del estrecho abarca una extensión mucho mayor que la comarca denominada de Yebel Musa. Comprende toda la sierra Bullones y se prolonga hacia el Sur, apareciendo en Tetuán después de una larga interrupción.

Concretándonos a la zona del citado Yebel Musa, donde por encontrar condiciones de seguridad favorables la pudimos recorrer detenidamente, consignaremos que la dirección de los estratos es próximamente la misma que la de las capas de Gibraltar. Son muy frecuentes las fallas y trastornos estratigráficos; pero, sin embargo, se aprecia que el conjunto buza unos 60° al Oeste-Nordeste, y al parecer, por el simple examen estratigráfico, son estas capas superiores a las de Gibraltar. Sólo en la parte Sur del Yebel Dahar Yuahel, buzan al Este-Sudeste. Este cambio es debido a la existencia de un anticlinal, roto en casi toda su extensión, cuyo eje está situado entre esta Sierra y el Yebel Musa, con la dirección Nordeste-Suroeste, que es la general de los principales movimientos y plegamientos del Sur de la Península ibérica.

Por Levante y al Norte, en todo el valle de Benzú, quedan las calizas cubiertas por el eoceno; más al Sur se apoyan discordantes sobre las pizarras y cuarcitas silurianas, y siguen así dando la vuelta hacia Poniente hasta encontrar de nuevo el eoceno, que continúa, al parecer, por todo el valle del Uad el Marsa.

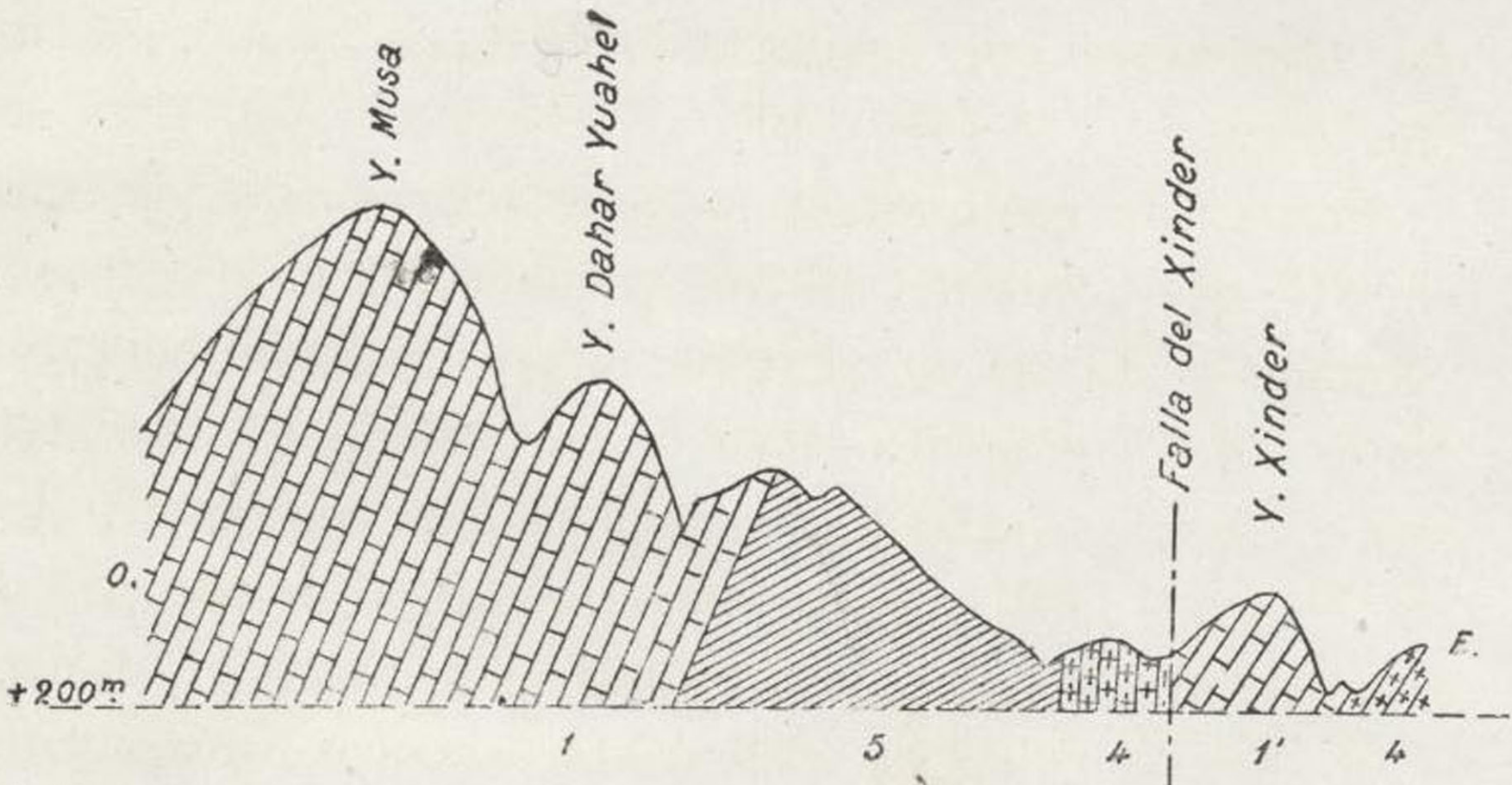


Corte núm. 1.



Explicación: 1, calizas titónicas; 2, margas rojizas fosilíferas; 3, numulítico; 4, estrato cristalino; 1', calizas del jurásico medio.

Corte núm. 2.



Explicación: 1, calizas titónicas; 4, estrato cristalino; 5, pizarras y cuarcitas silurianas; 1', calizas del jurásico medio.

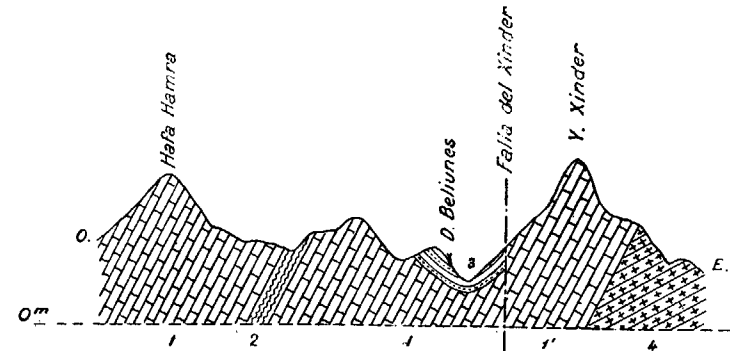
Escalas { Horizontales, 1 : 40.000  
Verticales, 1 : 20.000

Las rocas que constituyen la formación son las calizas y las margas. Las calizas son de varias clases: las más altas, estratigráficamente, son las más claras, en general arcillosas, rara vez magnesianas, otras más puras, llegando en ocasiones a parecer litográficas. Predomina el color gris, pero, sin embargo, algunas veces son ligeramente amarillas o rosáceas, y forman bancos bien definidos de regular espesor. Las altas crestas del Dahar Yuahel, Yebel Musa, Yebel Driex y Hafa el Hamra son de esta clase de roca. También creemos pertenece a ella el mogote de Benzú.

Por debajo de estas rocas hay otro piso inferior en que se obscurece la caliza, predominando los colores azulados, pardos y rojizos, y es más magnesia. En algunos sitios es cristalina y está metamorfoseada y muy fracturada en pequeños trozos, como sucede en la falda Este de Yebel Xinder. En otros es muy arcillosa, francamente rojiza, obscura, pasando casi a marga. Un asomo de esta clase de roca se encuentra por encima de Beliunes, a un kilómetro próximamente de este poblado y luego otro de más espesor en las cercanías de la fuente Ain del Belaa, donde asoman también unas margas rojas y moradas comprendidas entre los bancos de calizas. Algunas son muy compactas y arcillosas, y otras se cargan más de cal.

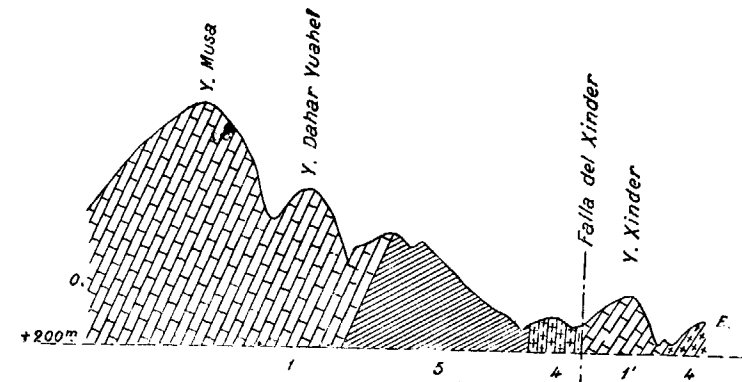
En estas margas, que creemos pertenecen a un nivel interpuesto entre los dos horizontes calizos, es donde únicamente hemos encontrado fósiles, siendo éstos: dos o tres moldes de *aptichus* mal conservados y gran abundancia de belemnites en trozos generalmente pequeños, por lo que es muy difícil su clasificación, si bien con ellos hay suficiente para asegurar que no pertenecen a especies liásicas y afirmar que la formación es jurásica y no liásica, como se había creído hasta ahora. Los *aptichus* parecen pertenecer a las especies de *Ap. punctatus* Voltz, y *Ap. Beirichi* Opp., que pertenecen al titónico y que tanto abundan en este tramo en Cabra; pero los belemnites, por estar rotos y tener sus superficies muy desgastadas dudamos si pertenecen a la especie *B. semisulcatus* Munst., que se encuentra en el jurásico superior, kimmeridgiense y titónico, o si son del género *canaliculati*, especie

Corte núm. 1.



Explicación: 1, calizas titónicas; 2, margas rojizas fosilíferas; 3, numulítico; 4, estrato cristalino; 1', calizas del jurásico medio.

Corte núm. 2.



Explicación: 1, calizas titónicas; 4, estrato cristalino; 5, pizarras y cuarcitas silurianas; 1', calizas del jurásico medio.

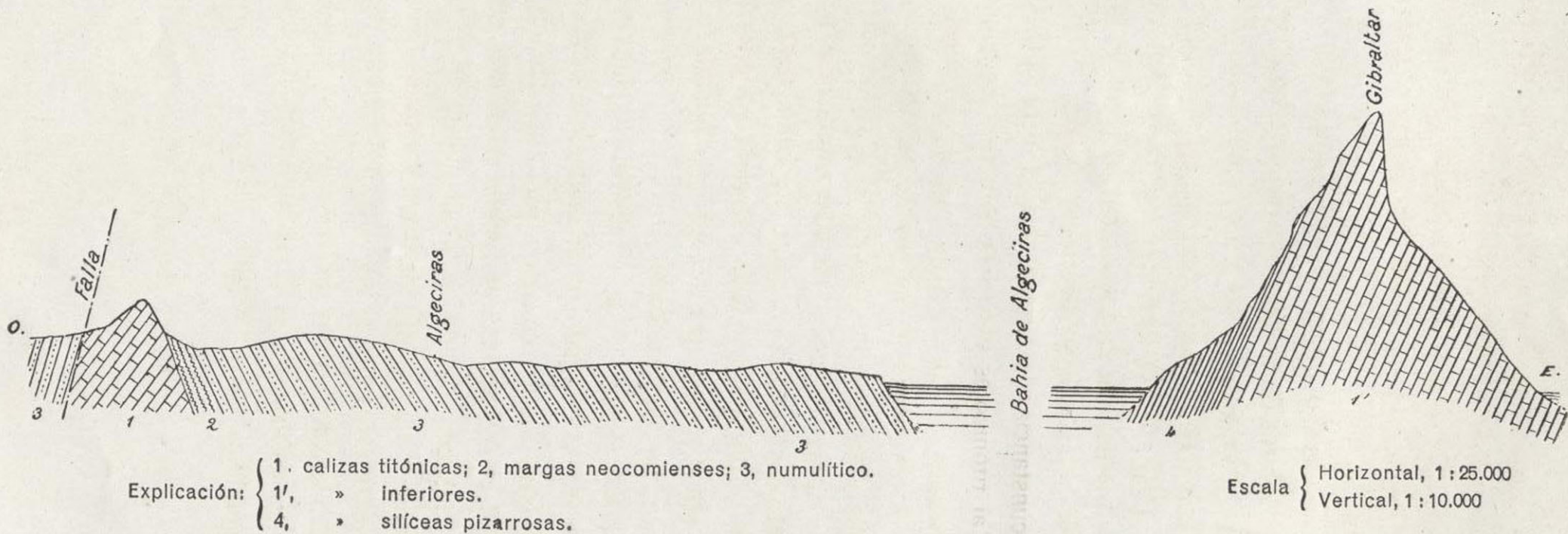
Escalas } Horizontales, 1 : 40.000  
          } Verticales, 1 : 20.000

*canaliculatus* Orb., en cuyo caso el tramo sería mucho más bajo, probablemente oolita inferior. La estratigrafía y el aspecto de la roca y del conjunto de la mancha nos inclinan a referirlos al titónico; pero como estimamos que con esto no hay suficiente, quedamos en duda, esperando que el hallazgo de nuevos ejemplares, mejor conservados, aclare algún día esta cuestión. En la gran masa de las calizas superiores que en vista de lo que antecede podemos clasificar, sin temor a error, como titónicas, no hemos encontrado ningún resto fósil. Esta circunstancia se repite en otras comarcas, como, por ejemplo, en Suiza, en los Alpes Fribourguenses, donde las potentes capas de las calizas superiores titónicas son también azoicas; M. Gentil ha comprobado en Tafna, *Le Bassin de Tafna* (1903), la existencia del titónico con *Perisphinctes transitorius* Opp, y hoplites inclasificables. Inmediatamente encima está el neocomiense.

Los cortes números 1 y 2 dan idea de la formación que nos ocupa.

La mancha cercana a Algeciras es mucho más pequeña. Forma un cretoncito de poca altura que no tendrá más de 1.500 metros de longitud, y está también constituida por las calizas y las margas, presentando las calizas los mismos caracteres que las superiores de Ceuta, habiendo algunas muy puras y compactas. El buzamiento es al Oeste, pero con menor pendiente que las de Gibraltar, resultando que estratigráficamente vienen encima de éstas. Las margas se manifiestan en dos niveles distintos: unas inferiores a los grandes bancos de caliza, diferenciándose de las de Ceuta en que no presentan el color rojizo en ningún caso, no son tan compactas y tienen frecuentes núcleos ferruginosos, y otras, inferiores a las calizas, son neocomienses perfectamente definidas por el hallazgo de varias especies fósiles. En las calizas superiores no encontramos ningún fósil. En las margas infrayacentes tres especies de amonitos, de las cuales una se pudo clasificar. Es esta el *Perisphinctes transitorius* Opp., característico del titónico y que en España forma tramo. Las otras dos parecen ser el *Perisphinctes Falloti* Opp. y el *Hoplites microchantus* Opp., también del titónico, pero estas dos están peor conservadas. Tenemos,

Corte núm. 3.



además, las mismas especies de aptichus encontradas en Ceuta, *Ap. punctatus* o *Beirichi* Voltz y Opp.

Un ejemplar de *Terebratula triangulus* Lam., y otro muy desgastado de *Pygope diphia*, la característica por excelencia del titónico andaluz.

En las margas superiores hemos encontrado:

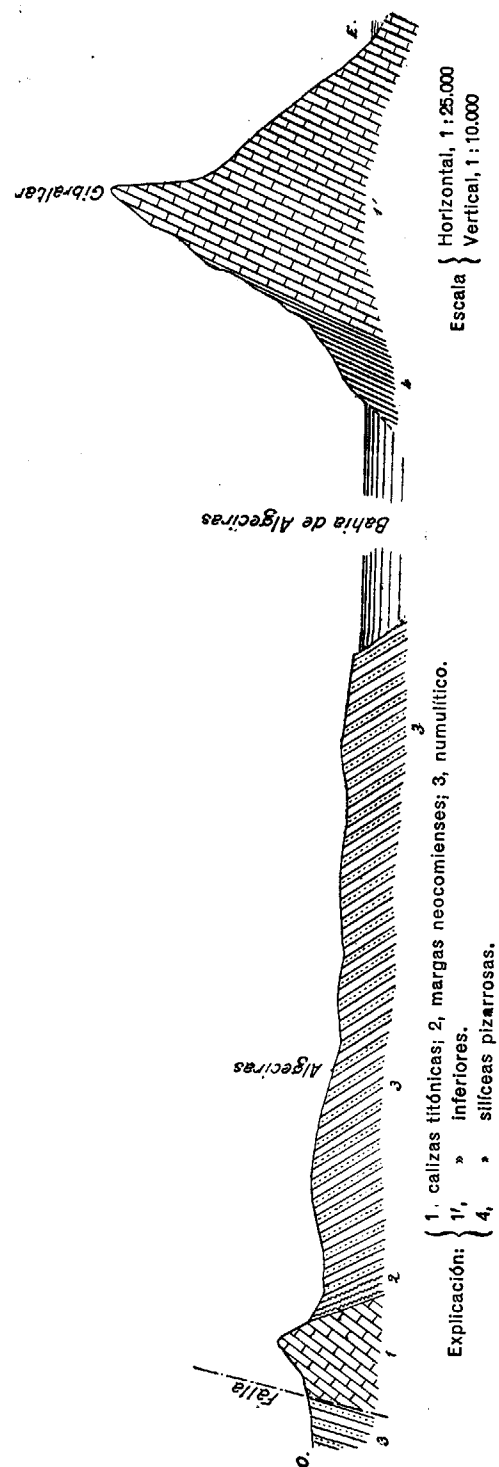
Tres ejemplares de belemnites, que parecen el *B. bicanaliculatus* Blainv, del neocomiense, además dos amonitos, muy afines al *A. impresus* d'Orb., que se presenta también en el neocomiense, lo que unido a varios *Aptichus Mortilleti*, Pictet y Lorient, nos atestiguan la presencia de este tramo de cretáceo inferior al que deben referirse las margas superiores citadas.

La circunstancia de encontrarse el neocomiense unido íntimamente al titónico es muy frecuente en Andalucía y también fuera de España, en Suiza, en los Alpes ya citados. Forma este terreno unos lentejones que se superponen al titónico, sin carácter que aparentemente los diferencie. Por Levante, sobre estas margas, se apoya el eoceno algo levantado, y por Poniente, las calizas titónicas quedan cortadas repentinamente por una falla, claramente visible en la misma carretera, al lado del puente del Guijo, donde el eoceno se presenta muy levantado y constituido siempre por margas y areniscas.

En el corte número 3 puede verse el conjunto de la formación secundaria de los dos lados de la bahía de Algeciras.

**Resumen.**—De lo expuesto resulta que las dos grandes masas de calizas secundarias de ambos lados del Estrecho de Gibraltar pertenecen al jurásico, y que dentro de este terreno está representado el titónico en Algeciras y Ceuta.

Debajo de éstas está el tramo de las margas rojizas que, con la salvedad hecha, también creemos titónicas, y por último vienen las calizas de Gibraltar, y, a nuestro juicio, las del Yebel Xinder representando el jurásico medio.



## FE DE ERRATAS

PÁG.	LÍNEA	DICE	DEBE DECIR
10	Nota.	tomos XV, XVI, XVII y XVIII	tomos XV, XVI y XVIII
27	11	encuentra	encuentran
27	Nota.	director del Pantano de <i>Guadalcacln.</i>	director de las obras del Pantano de Guadalcacln.
33	19	Majaciete	Majaceite
41	31	a Serranía	a la Serranía
46	18 y 19	metros, o bien es	metros; bien es
69	5	una	un
108	26	emergidas	emergidos
109	7	extremo Sudeste	extremo sudeste
110	26	la de esa variedad	la escasa variedad
113	28	esa	ésa
116	17	Tejada	Tejeda
120	22	parte Norte	parte norte
128	27	Septentrionales	septentrionales
143	34	fallas	falla
144	8	extremo Norte	extremo norte

En el Mapa de la lámina XIX ha de hacerse la corrección siguiente: la faja cretácea (rayado verde) que ocupa el fondo de la Manga de Villaluenga, debe desviarse en las cercanías de este pueblo hacia el Sur, de tal manera que uno de los bordes pase por el límite norte del caserío y el opuesto por las inmediaciones de la Sima.

Nota.—Las fotografías que se reproducen en las láminas de este trabajo han sido obtenidas por el Auxiliar facultativo, afecto a este Instituto Sr. Coullaut Valera.

# ÍNDICE

DE LAS

## MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO

	<u>Páginas.</u>
PRÓLOGO.....	IX
<b>Descripción geográfica y Geológica de la Serranía de Grazalema en la provincia de Cádiz, por D. Juan Gavala y Laborde.....</b>	<b>1</b>
Descripción geográfica.....	6
Descripción Geológica.....	30
Terreno triásico.....	30
Sistema liásico.....	35
Sistema jurásico.....	79
Sistema cretáceo.....	95
Sistema eoceno.....	106
Sistema oligoceno.....	109
La Serranía a través de las edades geológicas.....	114
Descripción de los cortes.....	126
Hidrología subterránea.....	136
<b>Datos para el estudio de la Región Hullera de la provin- cia de Burgos, por D. Rafael Sánchez Lozano.....</b>	<b>145</b>
Reseña histórica.....	147
Reseña geográfica.....	154
<b>Yacimientos de Molibdeno en las provincias de Granada y Almería, por D. José M<sup>a</sup> Rubio y D. Juan Gavala.....</b>	<b>165</b>
Grupo de Vélez de Benaudalla.....	171
Grupo de Albuñuelas.....	173
Grupo de Quentar.....	177
Grupo de Güeiar Sierra.....	179
Criaderos de la región Oriental, provincia de Almería.....	181
Otros criaderos de Wulfenita.....	183
Explotación.....	183
Producción.....	187

ÍNDICE

	Páginas
Datos estadísticos y comerciales.....	188
Aplicaciones.....	191
<b>El Turbal de Roquetas en la provincia de Almería</b> , por D. José M. <sup>a</sup> Rubio.....	195
<b>Yacimiento aurífero de Rodalquilar</b> , por D. Agustín Marín y D. J. Miláns del Bosch.....	209
<b>Estudio de los criaderos de azufre de Benamaurel (Granada)</b> , por D. Guillermo O'shea y D. Enrique Dupuy de Lôme.....	229
Antecedentes históricos.....	237
Descripción de los criaderos.....	240
Límites.....	241
Región oriental.....	241
Región occidental.....	247
Génesis del criadero.....	250
Conclusiones.....	251
<b>Los yacimientos de carbonato de magnesita en España</b> , por E. Dupuy de Lôme y C. F. Maquieira de Borbón.....	253
Introducción.....	255
Yacimientos minerales.....	260
En la provincia de Almería.....	264
Datos geológicos de la región.....	265
Descripción de los criaderos.....	270
Geogenia.....	278
En la provincia de Santander.....	280
Datos geológicos.....	281
Descripción de los criaderos.....	285
Geogenia.....	293
<b>Nota acerca de un yacimiento de mamíferos fósiles, en el Rincón de Ademuz (Valencia)</b> , por D. E. Dupuy de Lôme y D. C. Fernández de Caleyá.....	297
Introducción.....	299
Geología de la región.....	302
Estudio paleontológico.....	309
Carnívoros.....	309
Perisodáctilos.....	310
Anchiterium aurelianense.....	317
Artiodáctilos.....	319
Proboscídeos.....	321
Observaciones generales sobre la fauna del Mas del Olmo.....	331
Obras consultadas.....	332
Láminas.....	337
<b>Salas potásicas de Cataluña</b> , por D. César Rubio y D. Agustín Marín.....	349
Algunas observaciones sobre la geología de la comarca potásica.....	353
Trabajos de investigación realizados.....	358
Emplazamiento de los sondeos.....	366

ÍNDICE

	Páginas
Ayuda que deben prestar al Estado los dueños de concesiones.....	376
Intervención del Estado en la investigación y explotación....	379
<b>Notas de hidrología subterránea en la provincia de Almería</b> , por D. José María Rubio.....	385
<b>Nota acerca de un yacimiento de lignito en términos de Arenas del Rey, Játar y Jayana (Granada)</b> , por D. Alfonso de Alvarado.....	421
<b>Memoria de las operaciones verificadas en Palencia, Barruelo, San Sebastián y Palma de Mallorca</b> , por La Comisión de Meridianas.....	433
Comisión de Meridianas.....	435
Estación de Palencia.....	443
Estación de Barruelo.....	475
<b>Los terrenos secundarios del Estrecho de Gibraltar</b> , por D. Enrique Dupuy de Lôme y D. Javier Miláns del Bosch.....	561
Fe de erratas.....	571