

BOLETIN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

II / 2-2-1

BOLETIN

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO

DE

ESPAÑA

TOMO XXXII



TOMO XII

SEGUNDA SERIE

(1911)



MADRID

IMPRESA DE ANTONIO MARZO

San Hermenegildo, 32 duplicado.

Teléfono 1.977.

1912

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 del trazado de las cartas geológico-industriales de las diversas provincias ó regiones, por el orden y con los detalles que su respectiva importancia requieran, hasta reunir el caudal de estudios sobre estratigrafía, petrografía, tectónica, aguas minerales, manantiales artesianos, rocas y minerales aplicables á la Agricultura y á 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 á 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 á sus órdenes, podrá publicar las Memorias, Mapas, descripciones y noticias geológicas que juzgue oportuno, en análoga forma á la de los Boletines y Memorias de las Instituciones similares extranjeras; y podrá establecer la venta y suscripción de estas producciones, á fin de que los recursos que así se obtengan contribuyan á sufragar los gastos de publicación; si bien con la obligación de remitir gratuitamente un ejemplar de cada obra á las Jefaturas de los Distritos mineros, á las Direcciones Generales de los Ministerios de Fomento y Hacienda, á las Academias de Ciencias y á los Centros oficiales del Cuerpo de Minas.

(Decreto de 28 de Junio de 1910.)

PERSONAL

DE LA

COMISIÓN PERMANENTE DEL INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

Ilmo. Sr. D. Luis de Adaro (*Director*).
Excmo. Sr. D. Juan García del Castillo.
Sr. D. Horacio Bentabol.
Ilmo. Sr. D. Rafael Sánchez Lozano.
Sr. D. Mariano Álvarez Aravaca.
Sr. D. César Rubio y Muñoz.
Sr. D. Máximo de Arozarena (*Secretario*).
Excmo. Sr. D. Enrique Villate.
Sr. D. Luis Santa María.
Sr. D. Alfonso Fernández y Menéndez Valdés.
Sr. D. Agustín Marín y Beltrán de Lis.
Sr. D. Augusto de Gálvez Cañero.

Profesores de la Escuela de Minas agregados al Instituto.

Sr. D. Juan López Coca.
Sr. D. Florentino Azpeitia.
Sr. D. Pablo Fábrega.
Sr. D. Enrique Pineda.

NECROLOGIA

JESUS SOLANA

Cuando en España se extingue la vida de un hombre de ciencia, el ánimo se contrista y enerva, porque no estamos seguros de que otro hombre venga á sustituir al desaparecido y continuar su obra bienhechora. Y es que én España la ciencia no garantiza todavía la seguridad de una vida tranquila y decorosa ; hay que ser un verdadero héroe para apartarse de los goces materiales y consagrarse con amor al estudio de esa bella Naturaleza, tanto más bella cuanto más se la observa ; tanto más atractiva cuanto más se sufre sus ingrati- tudes ; tanto más admirable cuanto más abre sus ilimitados horizontes á la investigación inteligente.

Pero si el muerto era un joven infatigable en su trabajo é insaciable en el cumplimiento de su deber ; si además de dedicar á la ciencia sus mejores amores, sus más angelicales entusiasmos, llegó á sacrificarla su vida agregando al laurel del héroe la palma del mártir, entonces, lejos de abatirnos, debemos entusiasmarnos y ensalzar á quien nos ofrece tan glorioso ejemplo, porque los grandes adelantos, los grandes progresos de la humanidad, no se han conquistado sin que muchos seres entusiastas y abnegados hayan sacrificado en pos de ellos hasta la propia existencia, y porque el trágico fin del joven investigador abre el pecho á las mejores espe- ranzas, demostrando que no tienen razón los pobres de espí- ritu que creen que España es un país sin salvación, porque las nuevas generaciones aparecen á sus ojos cada vez más apocadas, más egoístas, más refractarias al trabajo, sino que,

por el contrario, de esas generaciones surgen con frecuencia hombres vigorosos, inteligentes y altruistas, y el Cuerpo de Ingenieros de Minas ha dado muchos ejemplos de ello, que no se acobardan ante el riesgo profesional, hacen una verdadera religión del cumplimiento de su deber y se consagran noble y desinteresadamente á las ciencias en provecho y gloria de su país, sin esperar siquiera que sus nombres, sólo conocidos y respetados por unos cuantos hombres de bien, amantes del estudio y verdaderos patriotas, lleguen á los oídos, no ya del vulgo analfabeto, sino del vulgo de levita.

Siendo todavía alumno de la Escuela de Minas, Solana dedicaba asiduamente las pocas horas que tenía disponibles al Instituto Geológico, en donde ayudaba á los ingenieros encargados en la clasificación de rocas y fósiles y en la formación de colecciones.

A mí singularmente me prestó inapreciables servicios en el estudio de multitud de ejemplares del terreno carbonífero recogidos durante mi larga permanencia en Asturias, y reveló en todos esos trabajos tales conocimientos, tal dominio de la litología y paleontología, impropio de un simple alumno, que desde luego me propuse *adquirir* para el servicio del Instituto aquel joven, cuyas dotes y entusiasmo superaban á cuanto en su elogio me habían significado sus sabios profesores.

Antes de terminar su carrera asistió, pensionado por el Ministerio de Fomento, al lado de los ingenieros Adán de Yarza y César Rubio, que representaron lucidamente al Gobierno español, al Congreso Internacional de Geología de Estocolmo, donde tuvo ocasión de explayar su espíritu en un inmenso horizonte científico y confirmar el recurso inagotable que la Geología aporta al progreso de las naciones más cultas.

Concluyó sus estudios escolares en Noviembre de 1910 á la edad de veintidós años, saliendo ingeniero con el número uno de la promoción; pero antes de esto, habiéndome significado insistente empeño en acompañarme en una de mis expediciones á Asturias para estudiar la formación carbonífera, á la cual demostró siempre singular afición, le cité en

Gijón para los primeros días del mes de Septiembre, y llegó tan puntual como un telegrama en que se me encargaba el regreso á Madrid para continuar con mis compañeros de Comisión los trabajos del Código Minero. No pude, pues realizar con Solana aquella expedición; pero para que él aprovechara el tiempo y yo su concurso, le tracé diversos itinerarios por localidades en las que yo había dejado sin resolver algunas *pegas*; le señalé los puntos en que podría encontrar fósiles con relativa facilidad; y le anoté los problemas estratigráficos cuya investigación más me importaba.

La destreza, la actividad, el afán y la clarividencia con que realizó aquel programa de estudios durante los meses de Septiembre y Octubre, fueron increíbles. De ninguna manera podré patentizarlos mejor que detallando sus excursiones, según resulta de las notas que encontré en su cuaderno de viaje y de las conversaciones animadas que tuvo conmigo á su regreso.

Día 8 (Septiembre).—Estudió la falla existente en el barranco de la Peña Nalona (Sama de Langreo), falla sesgada, con hundimiento del terreno á ambos lados, fijándose en que las capas, presentándose primero inclinadas á 60°, se ponen luego verticales y, por fin, discordantes, y llamando su atención una alternancia de conglomerados y areniscas tiernas, con estructura de delta. No apercibió que, insensiblemente, había pasado de la pudinga carbonífera á los conglomerados y arenas triásicas discordantes.

Día 9.—Volvió al mismo punto para observar bien la ferida pudinga, que allí presenta un arrogante asomo vertical sobre el río Nalón, y recogió abundantes *braquipodos* y algunos *calamites*. Después recorrió los bordes del Nalón hasta Peñarrubia, encontrando en un carbonero de la trinchera La Justa, á 15 metros de las capas con *Poteriocrinus*, abundantes ejemplares del *Dictyopteris sub-Brongniarti*. Recogió varios *Cordaites* y, algo más arriba, numerosos artejos de *Crinoides*, *Productus cora*, *Prod. rugatus*, *Spirifer convolutus*, y algunos *Bellerophon* descompuestos, incrustados en una caliza oscura. Encontró también *Alethopteris* y *Pecopteris* y anotó que convenía averiguar la posición estratigráfica de aquellos bancos. Precisamente se encontraba en la

parte más alta del tramo hullero inferior, en un punto trastornado por extensas y sesgadas fallas, las cuales ponen al descubierto algunas de las calizas carboneras más bajas; pero indudablemente se vió perplejo ante unos restos vegetales, considerados muy altos relativamente en la serie, y unos restos animales, considerados muy bajos en la misma; hecho notabilísimo que ha llamado la atención en Asturias de muchos paleontólogos y que Solana apercibió desde el primer momento.

Día 10.—Recorrió el valle de Samuño, visitando las minas de La Nueva; revolvió las escombreras de estas minas y recogió en la de la Miguelina, abundantes *Calamites Suckowi* y *Ovatus*, algunos *Pecopteris* y una *Sigillaria elegans*, en arenisca, con notables fructificaciones.

Día 11.—Le dedicó á visitar las minas de La Justa y á estudiar la complicada disposición estratigráfica de sus capas en un doble sinclinal escalonado por las fallas.

Día 12.—Recorrió las canteras y escombreras de Vindoria encontrado dos lajas de arenisca con *pistas* de animales (Nereitas) y, cerca de ellas, pizarras consistentes con *Goniatites*, descubrimiento que, para mí, tenía mucho interés, por venir á resolverme algunas dudas que, sobre el mismo horizonte, tenía en otros puntos de la cuenca. Después se internó por el barranco del Villar, examinando las escombreras de las minas Entrerregueras y Maria Luisa, en las que encontró moluscos y vegetales, entre estos un *Dictyopteris* más alargado que el *sub-Brongniarthi*, tal vez el *Munsteri*.

Día 13.—Volvió al valle del Samuño y en el Tendeyón, debajo del afloramiento de las capas llamadas *Generalas* se fijó en una roca plagada de pequeños fósiles, tal vez los mismos—dice—que en la trinchera de la Justa; y en efecto, se encontraba allí frente al mismo banco, en el mismo tramo, al otro lado del gran sinclinal de Sama.

En la escombrera de aquellas explotaciones halló la *Sigillaria mamirallaris* y en *Trás el Canto*, *Lepidodendron aculeatum* y *Neuropteris Scheuzeri*.

Día 14.—Insistió en el estudio del mismo tramo, hasta descubrir las trazas de la gran falla sesgada que atraviesa desde el valle del Villar al del Samuño encima del banco de

pudinga y en el techo de una de las capas de carbón (probablemente la Generala tercera), encontró muchos fósiles. Este techo es, en efecto, uno de los mejores horizontes del tramo inferior, y está cuajado de *Spirifer* y *Productus*.

Pasó desde allí al valle del Villar y en él hizo dos observaciones notabilísimas.

«En una cantera—dice—junto á una vía minera, se ven *Nereites con cabeza*. En el tramo estéril, entre Sorriego y Entrerregueras, un artejo de *Poteriocrinus*. Esto hace posible la existencia de *Goniatites*.»

Efectivamente; en la cantera de arenisca lajosa que examinó inmediatamente debajo del gran banco de pudinga ó samita, que forma la divisoria de los tramos inframedio é inferior, se encuentran muchos y bien conservados ejemplares de la *Nereita carbonaria*, clásica en las clasificaciones asturianas, y allí precisamente, la encontré yo por primera vez, sirviéndome el hallazgo para relacionar aquellas capas con las de Llovera, en Siero, relación que luego pude verificar estratigráficamente. Y al consignar Solana que aquellas impresiones atribuidas á *pistas* de animales por muchos geólogos, tenían cabeza, daba á entender que desconfiaba de esa atribución y que ni siquiera las refería á plantas celulares acuáticas, sino más bien á verdaderos anélidos que pudieron vivir y marcar su huella en las arenas de los fondos marinos, opinión que coincide con la del geólogo portugués J. Delgado, dada á la publicidad recientemente.

En cuanto á la posibilidad de que existieran *Goniatites* en el tramo estéril intercalado entre los bancos de Sorriego y Entrerregueras, nada más exacto; porque él mismo, el día 12, al escudriñar las canteras de Vindoria, había hallado pizarras consistentes con impresiones de dichos cefalópodos, encontrándose en el mismo tramo, aunque en una rama distinta por efecto del agudo y replegado anticlinal que aflora á la entrada de la Agüería del Villar. Y en el mismo horizonte, en Peña Omedines frente á Sama, los encontré yo, con gran sorpresa, por primera vez, cuando todos creíamos que los *Goniatites*, según indicaciones de Barrois, no pasaban del *mármol griota*, es decir, no penetraban en el verdadero terreno carbonífero.

Día 15.—Recorrió el valle de Carrocera; revolvió las escombreras de las minas de la Encarnada, Candanal y Riega, encontrando en esta última abundantes fósiles marinos (los mismos que el día anterior había visto en el Villar, en idéntico horizonte, Generala tercera) y un trozo de *Mytilus*, que yo recibí con extraordinaria satisfacción, porque me ha de servir para resolver una añeja duda. Después se corrió hacia el valle de Bédavo, en donde estudió la flora del subtramo supramedio, caracterizado por los bancos de gonfolita, y en cuya base arenisca (llamada impropia *arkosa*) descubrió abundantes *pistas*, ó trazas del paso de ciertos animales, bastante distintas de las halladas en el Villar y Vindoria, tanto que todavía andamos desorientados acerca de su clasificación.

Día 16.—Le dedicó á las minas del valle de Santa Bárbara, subiendo hasta el noveno piso de las mismas, en donde, debajo de la pudinga (la misma del Villar y del Samuño), recogió algunos *Dictyopteris* y, encima, una riquísima fauna marina (la misma que se observa en las minas de María Luisa). Pasó al valle de San Mamed y allí, cerca de la capa nombrada *Panarrina*, encontró *Neuropteris* y algunos braquiópodos mal conservados. En el muro de la capa Julia, halló una estrecha y compacta caliza con oquedades (la misma que el Ingeniero Gámir había ya descubierto en las minas de María Luisa), caliza rara que no se ve en otros puntos de la cuenca al mismo nivel. Rebuscó también en las escombreras del Rimadero y en ellas vió pizarras con trocitos de *Dictyopteris* y algunos lamelibranquios procedentes del techo de la capa Abundante segunda, que no carecen de interés.

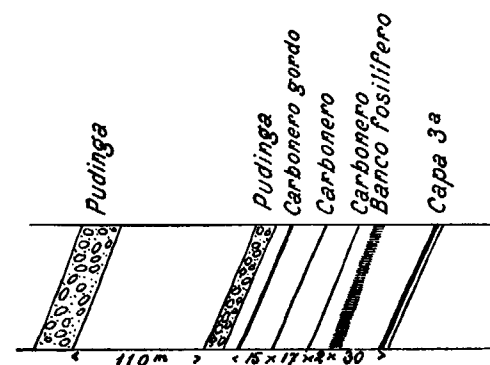
Día 17.—Recorrió los trabajos subterráneos de la mina Nalona, sacando del techo de la capa «Señorita» algunos trozos de *Mytilus*. Aun tuvo resistencia para emplear la tarde en la mina Baldovina (valle de Ronderos), y comprobar que aquellas capas correspondían al subtramo de la Oscura y Bédavo.

Día 19.—Pasó al valle de Mieres (sin duda por el valle de San Juan) y se fijó en las dos pudingas que afloran en la margen derecha, de las cuales la inferior es la más desarro-

llada. Debajo de ella y antes de llegar á la primera caliza, vió tres ó cuatro capas de carbón y otra debajo de la caliza. Entre las dos pudingas, una capa, y encima, el grupo de capas nombrado «Marianas».

No se apercibió, á primera impresión, de que se hallaba en el mismo tramo que tan detenidamente había estudiado en el Samuño, en el Villar y en Santa Bárbara; así es que traza unos apuntes y después los borra, al encontrarse en contradicción.

Día 20.—Le destina á visitar la mina «Mariana», propia de la Fábrica de Mieres; toma nota de las condiciones de sus doce capas de carbón, y se fija en los bancos fosilíferos que allí, como en todas partes, en el mismo horizonte se descubren encima de la pudinga, trazando este corte:



Día 21.—Visita la mina «Baltasara» y rebusca en las escombreras de las capas «Ancha», «Jerónima», «Carmen» y «Juana».

Día 22.—Recorre la mina *Nicolasa*, y en el techo de la Capa 9.ª encuentra un *Mitylus*. Advierte que las capas están allí invertidas y que los bancos que aparecen formando el techo, son el verdadero muro, lo que le hace rectificar observaciones anteriores.

Día 23.—Le dedica á visitar la mina *Coruxas*, empezando por revolver sus escombros. Encuentra unos pequeños lamelibranquios, que le parecen *Posidonomya*, tanto entre los

escombros viejos de la capa 12.^a, como en el techo de la capa 14.^a. En el techo de la capa «Ignacia», en contacto con el carbón halla una *Lima* y, algo más adentro, un *Schizodus*. Comprueba que estos mismos fósiles se hallan también en el techo de la capa «Carlota», en el grupo *Escribana*.

Día 24.—Vuelve á la mina *Baltasara* y confirma que el *Mitylus* que tantas dudas nos había ocasionado, se encuentra bien caracterizado y en abundancia en el techo de la capa «Baltasara». Pasa á la mina *Tres amigos* y recoge muchos fósiles pequeños en la escombrera de la capa «Corza» y algunos grandes en el quinto piso del *Abedurial*.

Día 25.—Recorre el camino carretero de *Seana*, y en la unión con el que va á *Sueros*, encuentra *Productus* y otros fósiles característicos del tramo. Estudia la gran falla oblicua que partiendo de la entrada del valle de Turón corta las capas «Marianas» y llega hasta el valle de San Juan, formando un notabilísimo ejemplo de arrastre con cobijadura.

Día 26.—Sube el río San Juan y llega á las minas de *Vegadotos*. Se detiene en un banco de cuarenta centímetros, con abundantes fósiles, que hay á los treinta metros al muro de la capa «Corza», y apunta que esta capa, de *Vegadotos*, debe ser la misma que la «Marta» de *Baltasara*. Descubre *Mariopteris* en el techo de la capa «San José» y *Schizodus* en el *Abedurial*, fósiles que no había visto en su primer visita á este punto. Hace el siguiente *Resumen provisional*.

«La fauna marina se prolonga hasta encima de la pudinga (ya Barrois la pone en su tramo de Lena). El *Productus cora*, recogido muy alto en la mina *Nalona*. Sin embargo, los vegetales asociados *Dictyopteris sub-Brongniarti* parecen del Westfaliense y no del Culm. En las capas de antracita, debajo de la pudinga (capas de las calizas carboneras), se ve *Dictyopteris* y un *Sphenopteris* de hojas redondas; también *Asterophyllites*, pero nada del Culm.»

Este *resumen*, tan lacónico, prueba acentuadamente la perplejidad (ya indicada en la excursión del día 9 de Septiembre) en que nuestro joven observador se halló cada vez que, para fijar la edad relativa de los tramos del hullero, intentó conciliar las conclusiones á que le llevaban los restos vegetales con las, más decisivas, resultantes de los restos

animales; y prueba también, que sólo puede conducir á confusión el mantener, dentro de la clasificación general, el Culm en un concepto distinto del que, como facies continental del Dinantiense, le corresponde. En rigor, en Asturias, la facies continental sólo se apercibe por cima de la pudinga y á partir de ella; pues todos los depósitos inferiores, hasta el devoniano, presentan una facies marcadamente marina.

Día 27.—Emprende una expedición al valle de Turón, y encuentra *Productus* en el techo de la pudinga inferior de San Víctor, y diversos braquiopodos desde la pudinga superior á la tercera. (Socavón de San Francisco).

Cree que el socavón de San Víctor corta el banco de San Luis (es el banco de arenisca en que yo coloco la divisoria de los tramos medio y supramedio) y que, entre Pumarín y Santa Marina, pliega el referido banco sin atravesar el río. Es una observación interesante que yo no echo en saco roto, á pesar de que mis apuntes no están conformes con ella, porque las relaciones estratigráficas á uno y otro lado del río de Turón (que señala una de las más notables fallas de hundimiento de la cuencia) son en extremo complicadas.

Día 1.º de Octubre.—Va á Campomanes (tramo inferior) y examina las minas de antracita de «San José», en Redondo y de «El Escobal», orilla opuesta; comprueba la existencia de siete capas distintas, y apercibe, en todas ellas, restos vegetales, encontrando restos de animales en la capa tercera de «El Escobal».

Día 2.—Le destina á recorrer el cordal de Lena (hecho célebre por Barrois al aplicar este nombre al tramo inferior del hullero); sigue la carretera que pasa por *Piedracea*, fijándose en cierta abundancia de impresiones vegetales debajo de Armada; y no toma apuntes, sin duda por la confusión que produce en su ánimo aquella trastornada estratificación y los enormes espesores que alcanzan en sus retorceduras los bancos de las calizas carboneras.

Día 4.—Retrocede al valle de Aller y visita el grupo minero de *Cutrifera*, deteniéndose principalmente en las capas «Valdeposadas» y «Corrida», y recoge algunos gasterópodos (*Bellerophon* ?) y artejos de crinoides, cuarenta metros por cima de la pudinga inferior. Recoge también, algún *Schi-*

zodus y otros fósiles, mal conservados, en un carbonero cuya posición no precisa.

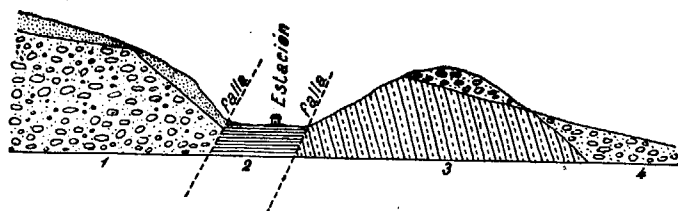
Día 5.—Recorre el grupo de Carabanzo y se detiene en la capa «Calera» por ser la primera que ve entre las calizas y las cuarcitas alternantes del tramo inferior.

Invierte, después, unos días en descansar y en coordinar sus ideas y apuntes, y se prepara para una nueva excursión al valle de Langreo, deseoso de estudiar la parte N. de la cuenca y su contacto con los terrenos secundarios de Siero, bajo los cuales la formación hullera se oculta.

Día 12.—Empieza por el camino que va desde la Tejerona á Vegalafonte, en donde, después de estratos tendidos á 14°, descubre un carbonero que lleva en su techo *Schizodus*, *Productus*, *Crinoides* y un *Myalina*. Comprueba la existencia del pliegue anticlinal que en mis cortes verticales había yo supuesto, y vuelve á encontrar Myalinas cerca de las casas de Estayes.

Día 14.—Estudia las calizas de la fuente del Tamaroso, y descubre más allá unos bancos carboníferos con impresiones de lamelitrانقيوس. Al subir hacia la meseta de Arenas, llama su atención un asomo que le parece un pórfido descompuesto, entre las calizas.

En el Coto y en Arenas se apercibe de que la caliza es francamente cretácea y que con ella vienen arenas idénticas á las que acompañan á los conglomerados inferiores. Traza el siguiente corte:



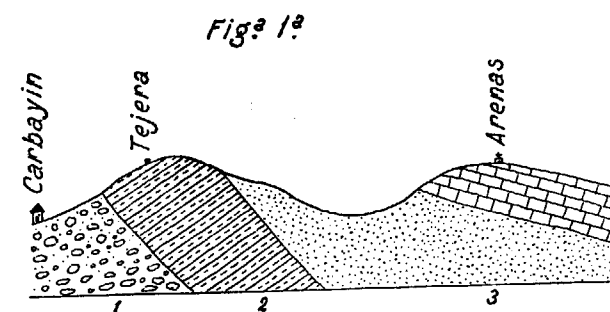
1. Conglomerado y arenas.—2. Arcillas negras y areniscas (carboníferas?) horizontales.—3. Tonçadas de mimofiro y margas.—4. Conglomerado (jurásico?).

Dice que en Gargantada hay, como se sabe, caliza cretá-

cea que se relaciona, por Coto y Arenas, con la cuenca de Siero, y que aparece en la divisoria en capas horizontales. Si la de la fuente de Tamarosa es, asimismo, cretácea (los fósiles lo dirán), resulta un espesor bastante grande para las calizas. No se fijó en la disposición anticlinal de los depósitos secundarios ni en los falsos espesores que motivan las fallas.

Los conglomerados tienen estructura de delta con arenas cruzadas, y se pregunta: ¿cuál será su relación con las calizas? Desde luego observa que yacen transgresivos sobre el carbonífero y sobre los mimofiros; las coloraciones que toman pueden explicarse por una formación á expensas de esos mimofiros (recuérdese el cenomanense de la meseta). En tal caso — dice — las margas y mimofiros vienen discordantes con el Jura y la Creta, y éstos concordantes entre sí; pero no es segura la estratificación del conglomerado.

Estas dudas son las mismas que yo he tenido durante muchos años, por no fijarme en que existen tres clases de aglomerados: el triásico, el liásico y el cretáceo, fácilmente distinguibles por la naturaleza de su cemento, y que las relaciones de posición, están á veces disfrazadas por efecto de enormes fallas. Son interesantes los siguientes cortes que traza:



1. Conglomerados.—2. Margas abigarradas.—3. Arenas.—4. Caliza cretácea.

Estos cortes suscitan muchas objeciones; pero revelan

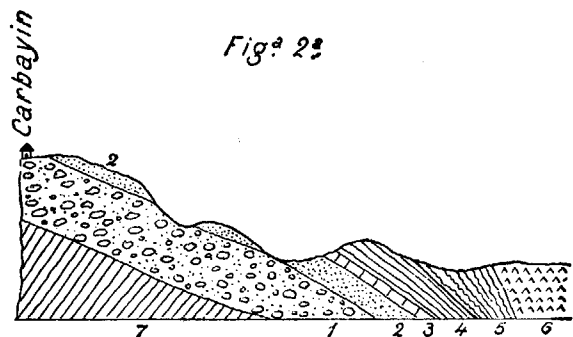


Fig. 23
1. Conglomerado.—2. Arenas.—3. Retazos de caliza (cretácea?).—4. Arcillas negras.—5. Arcillas rojas.—6. Mimofiros.—7. Carbonífero.

perspicacia. Después de trazarlos, dice su autor: «Parecen la sucesión regular del cenomanense.»

Día 15.—Acomete el corte desde El Coto á Nava. Al bajar á la carretera sólo encuentra, hasta el puente, areniscas con guijos. Poco después, areniscas á 80°, que le parecen del carbonífero (lo son, en efecto; forman parte del asomo hullero que se descubre en Lamuño y Trespando). Más allá, calizas cretáceas. En el alto, arenas y arcillas cretáceas, análogas á las del Carbayín y calizas con óstreas. Le parece que las arenas reemplazan lateralmente á las calizas.

Cerca de Nava, observa una gran cantera de caliza cretácea que buza, como todo, al N., alternando con arenas y arcillas negras veteadas.

Día 16.—Vuelve á Langreo para estudiar los recubrimientos al N. del Nalón. Encuentra las arenas, con buzamiento N. en Casona, La Campa y Castandiello. Ve luego asomar el terreno carbonífero hacia Campo la Carrera, y en este punto, francas areniscas carboníferas. Sube hacia la venta del Aire, y antes de llegar á este poblado descubre un asomo de gonfolita. Al lado de ésta, aparecen areniscas; luego, areniscas y pizarrilla, que no duda en clasificar de carboníferas y, á pocos metros, tropieza con un banco de mimofiro, en apariencia concordante. En la *Venta del Aire*, ve conglomerados, é inmediatamente arenas, pasando á areniscas, buzando 12° N. Entre Casa de la Matea y Vianes, arenas con hematites roja

y, después, un barro muy rojizo. (Está sobre la grieta que origina una de las grandes fallas de Gargantada). Toma el camino de *Caballeros de Arriba*, y observa un banco de mimofiro, buzando 35° NO., y después conglomerados y arena, que siguen hasta *Caballeros de Abajo*, sin decidirse á marcar su edad geológica; es decir, dejándonos en la duda de si son triásicos, liásicos ó cretáceos.

Día 17.—Se corre, de nuevo, hacia el Carbayín, y enfrente de la estación, en una fuente, encuentra la caliza cretácea con conchas gruesas nacaradas (ostreas), buzando 45°. Inmediatamente un banco que tiene aspecto de arenisca (Mimofiro? se pregunta), y barros rojos, que corresponden á los mimofiros del otro lado del regato. Cerca del paso de nivel (ferrocarril de Langreo y carretera de Siero), pudingas casi horizontales con guijos redondos de pórfido, cantos angulosos de cuarcita y algo de espato calizo, y, en seguida, una arenisca verde-claro. Siguen margas claramente concordantes, horizontales, y encima conglomerados y arenas del cretáceo hasta Valdesoto, donde ya se descubre francamente la caliza cretácea.

Llega á Bendición y Nora sobre conglomerados y arenas, y, á medio quilómetro del último punto, se detiene ante una caliza negra, con mucho espato, de confusa estratificación, acaso vertical, con grandes dentellones rellenos de guijo, y dice «carbonífera tal vez». (Lo es, en efecto: es el vértice del anticlinal que la caliza carbonífera de Villa forma al ocultarse bajo los mantos secundarios de Siero, obedeciendo á la gran falla del río Nora.) Sube desde *Bendición* hasta la *Seca* sobre calizas cretáceas horizontales que forman espesas canteras y, cerca del puente de piedra, vuelve á tropezar con los conglomerados, buzando 35° N., observando que entre ellos se intercalan arenas blancas y lentejones de margas roja. Sigue esos conglomerados hasta el fiolato de Siero y, al llegar á Corripes encuentra las primeras margas rojas concordantes (inferiores) y, algo más arriba, los bancos de mimofiro en estratificación confusa, que le parecen estar verticales. (Por bajo del puente se ve que están concordantes con los conglomerados; pero el arroyo marca la traza de una de las fallas indicadas ya, y á uno y otro lado de él, en

la parte alta del terreno, los mimofiros aparecen volcados hacia el hundimiento.)

Debajo de Gargantada encuentra la caliza cretácea, buzando N., cuyo último afloramiento señala en la fuente de la Nava, y, más adelante, las arenas en bancos, que siguen hasta La Felguera.

Día 18.—Vuelve nuevamente á Turón, recoge fósiles en el grupo de San Pedro y traza un corte que ha desaparecido.

Día 20.—Hace una expedición á Villabona, señalando en la parte baja margas rojas y verdes con algunos lechos de arenisca blanca poco coherente, y, en la parte alta, calizas magnesianas con carácter de carniolas; sobre todo en la base. Algo más arriba, ó sea en medio de la serie, pequeños lamelibranquios abundantes. Datos interesantísimos para el estudio del triásico.

Días 22, 23 y 24.—Regresa á Mieres, y los dedica á buscar fósiles en las escombreras de las minas *Baltasara*, *Abedurial*, *Sorpreza* y *San José*. Sube el barranco de Polio y descubre una violenta vuelta de una caliza compacta. (Estaba en el eje del alargado sinclinal de Sama, que en aquella parte estrecha mucho. La caliza que observaba era una de las gonfolitas del tramo supramedio).

Día 25.—Le invierte en las minas de Riosa.

Día 26.—Preocupado con los mimofiros y bancos cretáceos de Gargantada y deseando relacionarlos con los del valle de Lada (Langreo), vuelve á este valle; clasifica como cretáceos los conglomerados y arenas de Lada y las calizas de la presa de Cimalavilla, calizas más arenosas que las que examinó en Carbayin, si bien azuladas interiormente y amarillentas por fuera como aquéllas. No encontró fósiles en que apoyar su opinión, á pesar de buscarlos con ahinco.

Poco más arriba, subiendo el río, encontró ya areniscas del terreno carbonífero y, en la peña de Matamoros, un gran crestón de pudinga con guijos impresionados. Siguió el camino que va á Sierra Llana sobre pizarras y areniscas carboníferas. Se sorprendió al ver la *piedra rara* con que está construída la vieja casamina que allí existe (toba arenosa abigarrada en contacto con los mimofiros) y que, dice, se halla cerca de una *caliza problemática*. (¿Será caliza?,

se pregunta). Se trata, en efecto, de dos bancos de caliza, una compacta y otra amigdaloides, que he observado muchas veces en la parte baja de las margas y mimofiros, y que el mismo Solana no recordó haber visto en Gargantada.

Sube hacia el Carmen sobre bancadas de mimofiro, advirtiendo que á éste no acompañan allí tierras rojas como en otros puntos, y consigna que, en Cotorraso, estos mimofiros parecen más bien con grietas de enfriamiento que estratificados y que contienen guijos, sin que asomen tampoco las margas rojas, tan características al N. del Nalón.

Día 28.—Va á Meriñan y, cerca de los conglomerados y arenas descubre bancos carboníferos casi horizontales. Subiendo á la cumbre del monte, halla gonfolitas y areniscas, éstas con restos vegetales. Señala la sorprendente pudinga que asoma en las Borias (que yo tengo en mis planos como carbonífera) y, á pesar de su gran dureza y de venir acompañada de bancos de samita, no duda en calificarla de cretácea, dejándome cierta incertidumbre que tengo que aclarar. Se fija en las bien desarrolladas gonfolitas de Peñarrubia y señala en la Nava una cantera de caliza cretácea con fósiles.

Día 29.—Visita de nuevo las minas de *Tras el Canto* (Valle del Samuño), encontrando fósiles raros en la capa 6.^a

Con esto da por terminada su expedición para regresar á Madrid y ocuparse de su proyecto de fin de carrera, en lo que invierte casi todo el mes de Noviembre, hasta verse definitivamente nombrado Ingeniero.

¿No es verdad que esas notas, tomadas á primera impresión sobre extensos terrenos de complicada estructura, más que de un modesto aprendiz parecen de un geólogo de cuerpo entero?

En cuanto á mí, puedo decir que, aunque muchas de ellas no son más que la reiteración de los temas que yo le había propuesto, he hallado, en otras, noticias interesantísimas, descubrimientos utilísimos y observaciones tan ingeniosas y bien fundadas, que cuando no me aclaran una duda, me producen otra y siempre me impresionan. Todas ellas las tendré presentes y las consultaré al redactar el trabajo que estoy preparando sobre Asturias.

Todavía, después de acabar sus estudios, quiso en Diciembre volver á aquel país para completar sus observaciones y auxiliarme en los trazados estratigráficos; pero, estando en Pola de Lena, tuvo que desistir acosado por el furioso temporal de aguas y vientos con que se inició aquel invierno. En Enero de 1911 se presentó al concurso oficial para tres plazas de Ingeniero agregado al Instituto Geológico, siendo propuesto con el número 1 de la terna y nombrado por R. O. de 18 de Febrero, en unión de otros dos distinguidos compañeros suyos.

Ya con carácter oficial hizo una visita de estudio á la cuenca carbonífera de Puertollano, para ayudar los trabajos que sobre ella estaban efectuando los Ingenieros Sres. Villate y Santa María, recogiendo ejemplares de *Stigmara* en el techo (?) de la capa de carbón de la mina *Extranjera* é impresiones notabilísimas de *Walchia*, en unas areniscas tabulares al NE. del pozo San Vicente, las cuales contenían también *Neuropteris* y *Sphenophillum*. Estudió los lechos ferruginosos con conchas y las arcillas ferruginosas con nódulos de la Tejera vieja al N. del río, y descubrió restos de helechos dentro de dichos nódulos. Recogió ejemplares de porcelanita en contacto con el basalto de Castillejo, y de travertino, en las tierras de labor inmediatas, y dejó confirmado, en fin, no sólo el alto puesto que corresponde á aquella cuenca en la serie carbonífera, sino que sus estratos superiores se ligan francamente con el terreno permiano, cuya existencia era aun dudosa en España.

En los meses de Marzo y Abril hizo una intensa labor de clasificación de fósiles en el Instituto Geológico, y en seguida emprendió, subvencionado por el Ministerio de Fomento, un viaje de estudio á los Estados Unidos de América, desde donde me escribió muy substanciosas cartas sobre temas que se proponía desarrollar en una amplia Memoria, y siempre recordándome su deseo de acompañarme en una de mis expediciones por Asturias; de suerte que se mostró satisfechísimo cuando yo le di cita para dicho país en los primeros días de Julio.

Desgraciadamente, cuando llegó á Gijón yo estaba convaleciente de una gravísima enfermedad que me había tenido

postrado durante más de un mes y carecía de fuerzas para emprender excursiones largas y penosas. Mayor fué su disgusto al encontrarme en tal estado que su contrariedad al ver que no podíamos realizar juntos el programa geológico que nos habíamos propuesto; pero hube de proporcionarle, en mi sustitución, un excelente acompañante y guía, y su alegría fué sincera al reunirse con el ingeniero D. Gumersindo Junquera, tan entusiasta como él y tan conocedor como yo de las comarcas que debían ser estudiadas, mientras yo recobraba las perdidas fuerzas y podía dar con ellos el vistazo definitivo. Se trataba de deslindar bien los terrenos siluriano y devoniano en la zona NE. de Asturias, entre los Cabos de Torres y de Peñas, tomando como límite SO. el río Nalón, y de comprobar las divisiones adoptadas por Barrois para el devoniano, acerca de las cuales Junquera y yo abrigábamos alguna incertidumbre. Al mismo tiempo debía reconocerse la riqueza ferrífera del gran rectángulo así deslindado y determinarse exactamente el número y posición de las capas del mineral arenisco. De pasada, debería examinarse los asomos de rocas eruptivas que se descubren en la parte más septentrional de la costa.

No podía darse un programa más atractivo para el impaciente Solana. He aquí cómo invirtió los pocos días que le quedaron de vida.

Día 28 de Julio.—Fué á Veriña, remontó el barranco de Muniellos y comprobó, encima de las grandes bancadas de cuarcita con buzamiento O., la existencia de pizarras con fósiles silurianos. Al pasar la divisoria del valle de Carreño, ya en el devoniano, observó areniscas no tan ferruginosas como las de Furada (Barrois), inclinándose á relacionarlas con el tramo de Corral y notando el poco espesor que esos bancos alcanzan cuando no están repetidos por rápidos plegamientos.

Día 29.—Subió desde Serín al monte Areo, atravesó las margas arenosas verdes y las pizarras del trías y, á corta distancia, se encontró ya sobre las areniscas cuarcitas del siluriano.

Fijándose en la gran meseta que forma la cumbre la con-

sideró formada por erosión marina (penellanura). Al otro lado de ella, en la fuente del *Ruzadorio*, vió pizarras astillosas y arenas que le parecieron cretáceas (?), lo mismo que las del *Montico de Ambás*, y trazó un corte hasta Huerno, con la siguiente sucesión de estratos: cantos de caliza, cuarcitas y pizarra, arenisca ferruginosa (Furada?), pizarras astillosas folíferas buzando 30° S., cuarcitas ferruginosas, pizarras y cuarcitas potentes.

Día 30.—Le dedicó á conferenciar conmigo para discutir todos los puntos examinados.

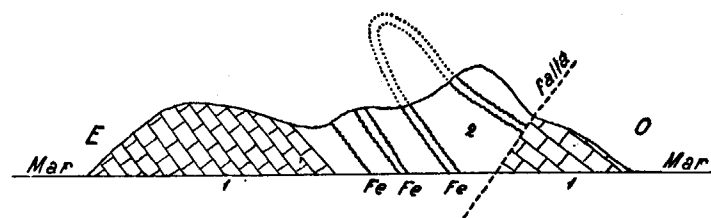
Día 31.—Estudió el corte natural de Veriña en la garganta que el río Aboño ha abierto en el gran macizo cuarcitoso siluriano que avanza dentro del mar, formando el cabo de Torres, macizo que yo había podido clasificar merced á algunos buenos ejemplares de *Cruziana* hallados en los desmontes del ferrocarril del Musel. Describe así estas cuarcitas: «Bien estratificadas, teñidas de rojo, dirección N. 40° E. buzamiento 40° O. En el apeadero de Carreño, cantera con grandes desprendimientos formando un arco y mostrando bruscos pliegues é inflexiones. Realmente, aquí no son cuarcitas; son areniscas no muy duras, grises, rojas y grisverdosas, algo micáceas, en lechos delgados, alternando con pizarras. Hay trozos que son ya verdadero mineral de hierro, pero nunca seguidos, sino á modo de bolsadas. En la base se intercalan algunos bancos de cuarcita dura. La cresta está constituída por esta roca. En la vía férrea de Langreo, pizarras negras con algunos fósiles (Las Cabañas, casas de Murias). Debajo del apeadero de Veriña (Carreño), las mismas pizarras con algunos bancos delgados de cuarcita. Poco antes de los puentes, cuarcita con pirita de hierro. Entre las últimas cuarcitas, pizarra grosera, gris y roja, bastante ferruginosa, pegada á la cuarcita en algunos sitios (la misma que ya antes había observado, así como la de la estación de Aboño). En el estribo izquierdo del gran puente de triple vía, pizarras y areniscas cubriendo unas calizas muy fosilíferas (trozos de *Spirifer*) devonianas. Al otro lado del apeadero de Veriña, areniscas ferruginosas y pizarras rojas.»

Así vino á confirmar el corte que Junquera había trazado para el siluriano, desde las grandes cuarcitas hasta las ca-

pas devonianas areniscas con mineral de hierro, en el monte Suevo, correspondientes al afloramiento opuesto del gran sinclinal múltiple existente entre el cabo de Torres y la Casigosa de Rivadesella; pero, acaso, no se apercibió de que la masa cuarcitosa de Torres forma un agudo anticlinal isoclinal tumbado hacia el O. y cobijando hacia el E. las calizas jurásicas de Jove.

Faltaba á los dos infatigables ingenieros atravesar hasta el lado opuesto del gran sinclinal múltiple de Carreño (entre Torres y Peñas) y se propusieron empezar el corte desde el siguiente día, partiendo del cabo de Peñas, en donde nuevamente aflora la cuarcita siluriana, á la vez que escudriñaban los bellísimos acantilados que dibujan la costa de Llumeres.

Día 1.º de Agosto.—Subieron, bien temprano, sobre la durísima cuarcita que se encuentra entre la caliza devoniana y las capas ferríferas, á las minas de hierro que en Llumeres explota la Sociedad metalúrgica Duro-Felguera, bajo la dirección del Ingeniero Junquera, haciendo éste de guía. Solana anotó al recorrer los afloramientos de la referida cuarcita «este nivel es bastante constante». Bajaron al acantilado de la playa para detenerse ante las cuarcitas areniscas y pizarras que allí se pliegan y retuercen en bizarras formas, llegando hasta el *Morro de la Narvata* (promontorio que avanza hacia el mar en forma de abrupta península) y trazó el siguiente corte del mismo:



1. Caliza devoniana — 2. Areniscas y pizarras Fe. Capas de mineral de hierro.

Volvieron hacia el primer piso de la mina, en donde Solana tomó nota de los espesores de las capas de mineral y de las rocas que las separan.

Después, empezando en el arranque del muelle de piedra y caminando hacia el NO., trazaron el corte del acantilado, que Solana detalló de este modo:

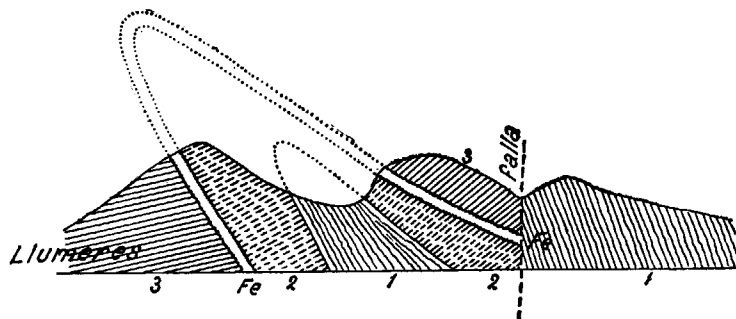
- a) Pizarras negras astillosas (Luarca).
- b) Pizarras grises.
- c) Pizarras negras con delgados bancos de cuarcita.

Aquí anota: «Comprobar si los bancos superiores de pizarra de Luarca son grises. En la playa no sucede eso (dentro del anticlinal), así es que puede depender sólo de los agentes atmosféricos».

d) Pizarras negras (N. 40° O.) muy plegadas. Las últimas, silicificadas posteriormente, pasando á cuarcitas.

e) Siguen cuarcitas (2^m en tres bancos), pizarras compactas, (3^m), cuarcita (0,30), pizarra compacta (3^m), cuarcita con separaciones de pizarra (4^m), pizarra y cuarcita cubiertos por los derrubios (15^m).

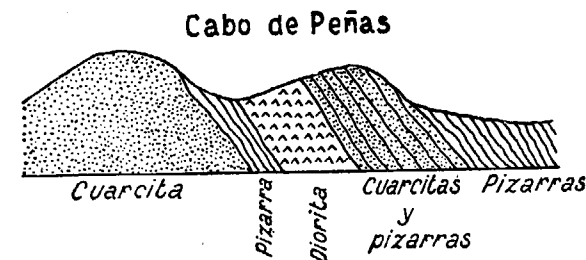
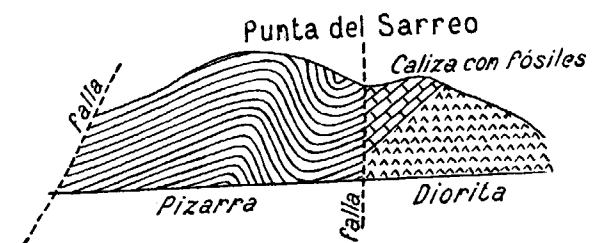
Luego advierte: «El espesor total de las cuarcitas y pizarras de Corral no pasa de 30^m. Las pizarras son más verdes que las de Luarca, compactas y con peor crucero. Encima y debajo del muro no se corresponden los cortes. En la vía, desde la bocamina, primero cuarcitas (deben ser las observadas entre la caliza y las capas) y luego pizarras. ¿Serán las de Luarca al otro lado de una falla?» Traza este corte:



1. Pizarras de Luarca.—2. Tramo de Corral.—Fe. Mineral de hierro.—3. Pizarras y cuarcitas.

Terminan el día yendo á la *Punta del Sarreo*, en donde descubren un asomo de *diorita*, y, encima, una caliza muy

cristalina que sólo contiene fósiles en la cara que se pone en contacto con la pizarra, y que parece un trozo desgajado ó una cuña entre fallas. Después, encuentran bancos de pizarra en contacto con francos *mimofiros*, observando que los que están más cerca de éstos son muy duros, como si contuvieran elementos eruptivos y que los siguientes envuelven muchos fósiles. Dan vista al cabo de Peñas, trazan los adjuntos cortes y dejan para el día siguiente la investigación detenida de los acantilados y rocas del prolongado cabo.



Día 2 de Agosto.—No debió ser mucho lo que aquella noche durmiera nuestro entusiasta geólogo, á pesar del cansancio natural que hubo de ocasionarle la penosa jornada, porque nunca había sentido emociones tan intensas ni se había hallado tan perplejo y achicado como ante aquel promontorio donde cada risco es un problema y donde los estratos aparecen volcados, rotos, replegados y arrastrados por el enorme dinamismo que denuncian múltiples asomos de confusas masas hipogénicas.

Bien de madrugada, martillo en mano, cuaderno y brújula en el bolsillo, y el saco á la espalda, se embarcaron en

la playa de Llumeres, pensando en que ninguna investigación mejor que desde la mar, penetrando en los angostos senos y profundas hendeduras del cabo. La mar estaba bella, como pocos días del año ocurre en aquellos desabrigados parajes; lo recorrieron, lo escudriñaron todo, llenando sus sacos y sus bolsillos con ejemplares á medio formatizar, algunos muy voluminosos. Dieron la vuelta al cabo y el medio día les sorprendió sobre la peña de El Castro, donde almorzaron frugalmente discutiendo acerca del camino que debían tomar para su regreso. Junquera había dispuesto su cochecito en la carretera cercana y aconsejaba regresar por tierra á Luanco, donde el profesor Sr. Fábrega hacía prácticas de geología con los alumnos de la Escuela de Minas. Solana, entusiasmado con la expedición por mar de la mañana, afanoso por sorprenderme á mí con la resolución de algunas dudas que yo tenía en el terreno que forma la Vaca de Luanco, y creyendo sin duda no haber hecho bastante por la ciencia y por el deber, optó, con insistencia, por volver á embarcarse y bordear de cerca aquellos acantilados rojizos de la Vaca que se levantan sobre la llamada *playa de la muerte*. Así lo hicieron, tomando rumbo, á remo, hacia el *carrero* de Bañugues, canal franco que enfilaba la dirección más conveniente al ahorro de tiempo; pero ignoraban, y lo extraño es que también lo ignorasen los marineros, que frente á aquellos peligrosos arrecifes, al iniciarse la marea, asoma siempre una súbita *vaga de mar*, y ésta, sorprendiéndolos en la desembocadura sin tiempo para emproar, arrolló la lancha de costado, la volcó después, y los tripulantes, envueltos por las olas y sobrecogidos por el espanto, quedaron á merced de una intensa corriente diagonal á la dirección de la costa. El desventurado Solana, mal nadador, lastrado con su gran martillo, sus botas herradas y las piedras con que había llenado sus bolsillos, se hundió desde luego, para no volver á flotar, quedando en el fondo prisionero de las algas. Junquera se sostuvo más y, casi sin conocimiento, pudo ser salvado. De esta suerte, tan horriblemente trágica, terminó aquella excursión de estudio que, hasta entonces, tantas y tan puras emociones había proporcionado al insaciable mártir de la Geología.

Al día siguiente su cuerpo inerte, rodeado por sus compañeros, sus profesores, muchos veraneantes, las buenas gentes de Luanco y las bendiciones de todos, recibió cristiana sepultura en el cementerio de la villa, cerca de aquella famosa Vaca que tanto empeño tuvo en reconocer como atraído por un imán siniestro.

Al engarzar, sin temor á pecar de minucioso, esas preciosas notas de dos expediciones geológicas que forman dos episodios de la corta existencia del malogrado aprendiz de sabio, me he propuesto: patentizar el sentimiento del Instituto Geológico por la pérdida de una de sus mejores esperanzas, el joven ingeniero llamado á heredar la fama de los Casiano del Prado, Schulz, Castro, Cortázar, Mallada y tantos otros insignes geólogos que han enaltecido el nombre de España ante el mundo científico; honrar á la Escuela de Minas y á sus eminentes profesores que tan instruídos y entusiastas alumnos saben preparar; y tejer, por fin, una corona de siemprevivas para depositarla sobre la modesta tumba que guarda los restos de Jesús Solana, cuyo nombre señalo á la veneración de sus jóvenes compañeros para que se inspiren en él como ejemplar representación de bondad y de sabiduría, y piensen que si la geología es, entre las ciencias aplicadas, la más peculiar é indispensable del Ingeniero de Minas, aun más debe serlo la sana moral en que aquel ser extraordinario inspiró todos sus actos, como significando que nuestra religión profesional no puede ser practicada en verdadero beneficio social sino con tal pureza de conciencia que, aun en caso de error, nos ponga al abrigo de toda sospecha y nos impida retroceder ante toda suerte de dificultades y peligros, incluso aquellos serenamente arrostrados por quienes, al perecer en la lucha, nos legaron el deber de glorificar su ejemplo y eternizar su recuerdo.

L. DE ADARO.



Datos para el estudio geológico minero de la Guelaya

(MARRUECOS)

POR EL INGENIERO JEFE DEL CUERPO DE MINAS

Don César Rubio y Muñoz.

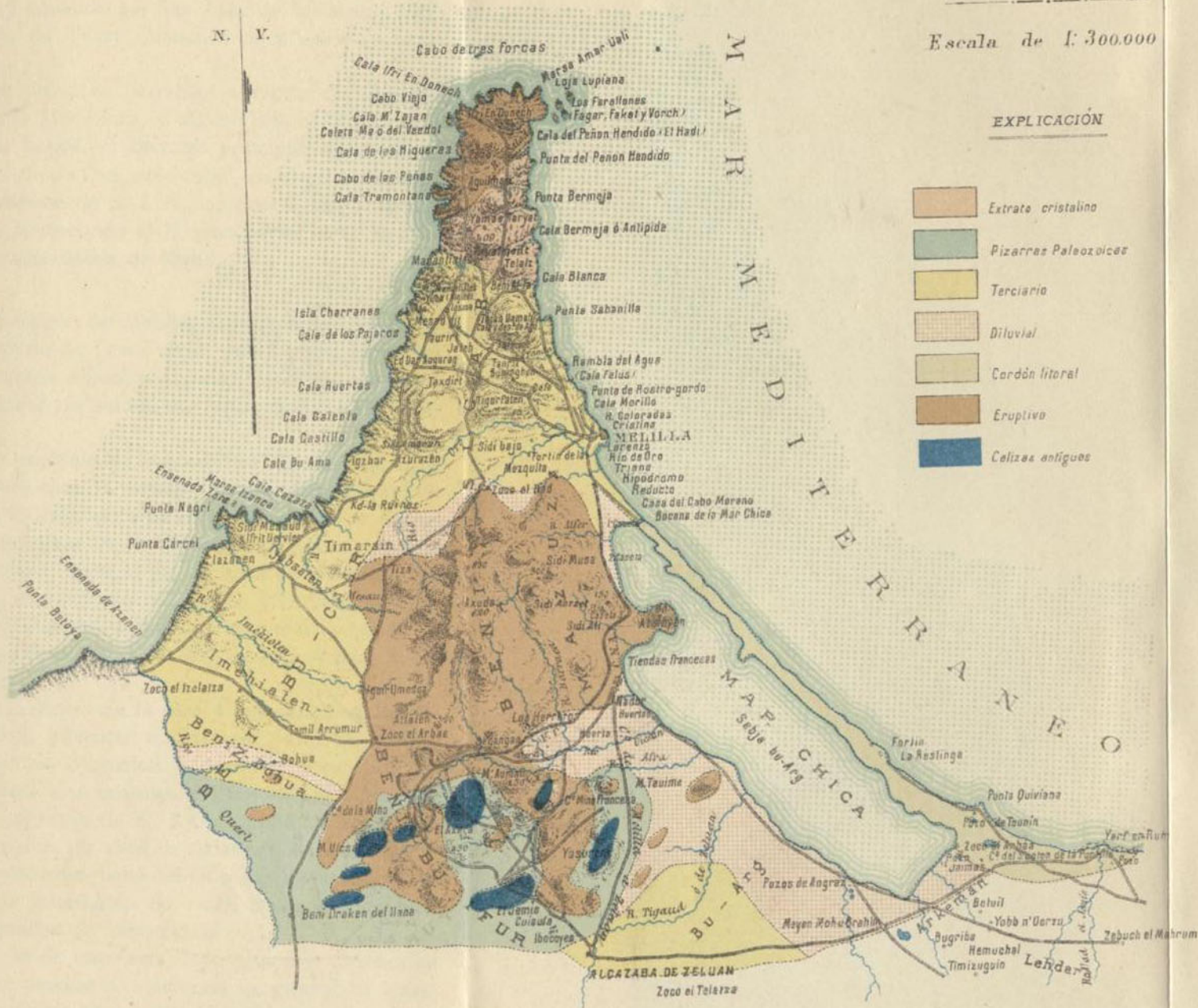
Los datos y observaciones que aparecen en este trabajo, no pueden constituir, ni mucho menos, cuerpo de doctrina definitivo, ni siquiera aspiran á ser base de un bosquejo geológico minero de la Guelaya. Son producto de la rápida inspección hecha por los Ingenieros D. Luis de Adaro, Director del Instituto Geológico y D. Alfonso del Valle, aparte del campo de la zona ocupada por nuestro ejército, con motivo de la visita girada por el Excmo. Sr. Ministro de Fomento en Enero de 1910, cuyas primeras impresiones, escritas bajo el apremio de la ocasión, fueron objeto de una breve Nota, que la Dirección general de Agricultura, Industria y Comercio, creyó oportuno publicar, y de las ampliaciones que he podido aportar posteriormente como resultado de una excursión minero geológica á la Guelaya.

Se trata, por lo tanto, y tan sólo, de una serie de jalones aislados que puedan servir de guía e introducción á un estudio detenido de esta zona, que deberá necesariamente extenderse á la Quebdana y toda la región oriental de la influencia española en el Imperio de Marruecos: trabajo, en el cual y por ser de sumo interés la minería que allí pueda desarrollarse, se habrá de dar la debida importancia al estudio de los criaderos minerales.

Es el programa que tenderá á desarrollar el Instituto Geológico en trabajos sucesivos de esta índole, en el N. de Afri-

DE GUELAYA

Escala de 1:300.000



EXPLICACIÓN

- Extrato cristalino
- Pizarras Paleozoicas
- Terciario
- Diluvial
- Cordón litoral
- Eruptivo
- Calizas antiguas

ca (de igual manera que lo está realizando actualmente en lo que se refiere á nuestra Península), paralelamente, digámoslo así, al estudio hidrológico subterráneo, al cual y como base, tiene necesariamente que proceder el de la Geología.

Orografía.

Abraza en conjunto la Guelaya, la parte más septentrional del Rif, comprendida entre el río de Zeluan y Mar chica por el E., las kabilas de Beni Buyari y M'Talsa por el Sur, el río Kert y el Mediterráneo por Occidente, con el mar por el N.

Comprende, por lo tanto, toda la península de Tres Forcas, las vertientes septentrionales á Mar-chica, el macizo montañoso de Beni-bu-Ifrur y la parte meridional de este último, muy aproximadamente hasta los límites de la ocupación actual española.

Los altos de la cadena de Dyebel, Afra, Uixan y Gurugú forman el nervio orográfico de la zona, cuya cresta por el Sudeste desciende hacia Zeluan para morir en dicho llano; por el N. se continúa hasta el mismo cabo de Tres Forcas.

Aparte de los dos ríos citados, de Zeluan y Kert, las demás vaguadas son de una importancia más secundaria. Por el Sur, merece citarse el Uad el Jemis, que tiene su origen en las proximidades del zoco del mismo nombre (Sok el Jemis), cuyo curso en sus primeros kilómetros es sensiblemente de S. á N. para tomar luego la dirección de O. á E. envolviendo las faldas septentrionales del macizo de Afra, y verter en los llanos de Zeluan, al N. del cerrete de Taouima y luego en Mar-Chica: recoge el Jemis varios afluentes de importancia orográfica más secundaria, pero de interés geológico y minero; el más oriental es el Uad-Harro, que en su primer trozo limita aproximadamente formaciones geológicas muy diversas; le sigue, caminando hacia Poniente, el Uad Bocoya, y, por último, el Iberkanen que desciende de los altos de Axara.

Otro curso de relativa importancia, por radicar en él riquezas mineras, es el de Uixan, que descendiendo de los cerros



brum

de este nombre, y pasando por San Juan de las Minas, vierte en el barranco de Tazut Chanauen para morir en Mar-Chica.

Prescindiendo de varios barrancos abruptos del Gurugú, que desaguan en la Mar-Chica, y alguno más al O., como el barranco de Los Lobos, el derrame principal septentrional del Gurugú, es el río de Oro, cuyo curso, en su primera parte, dirigido sensiblemente de S. á N., se desvía luego de este rumbo, tomando la dirección al E. para verter en el Mediterráneo en las proximidades de Melilla.

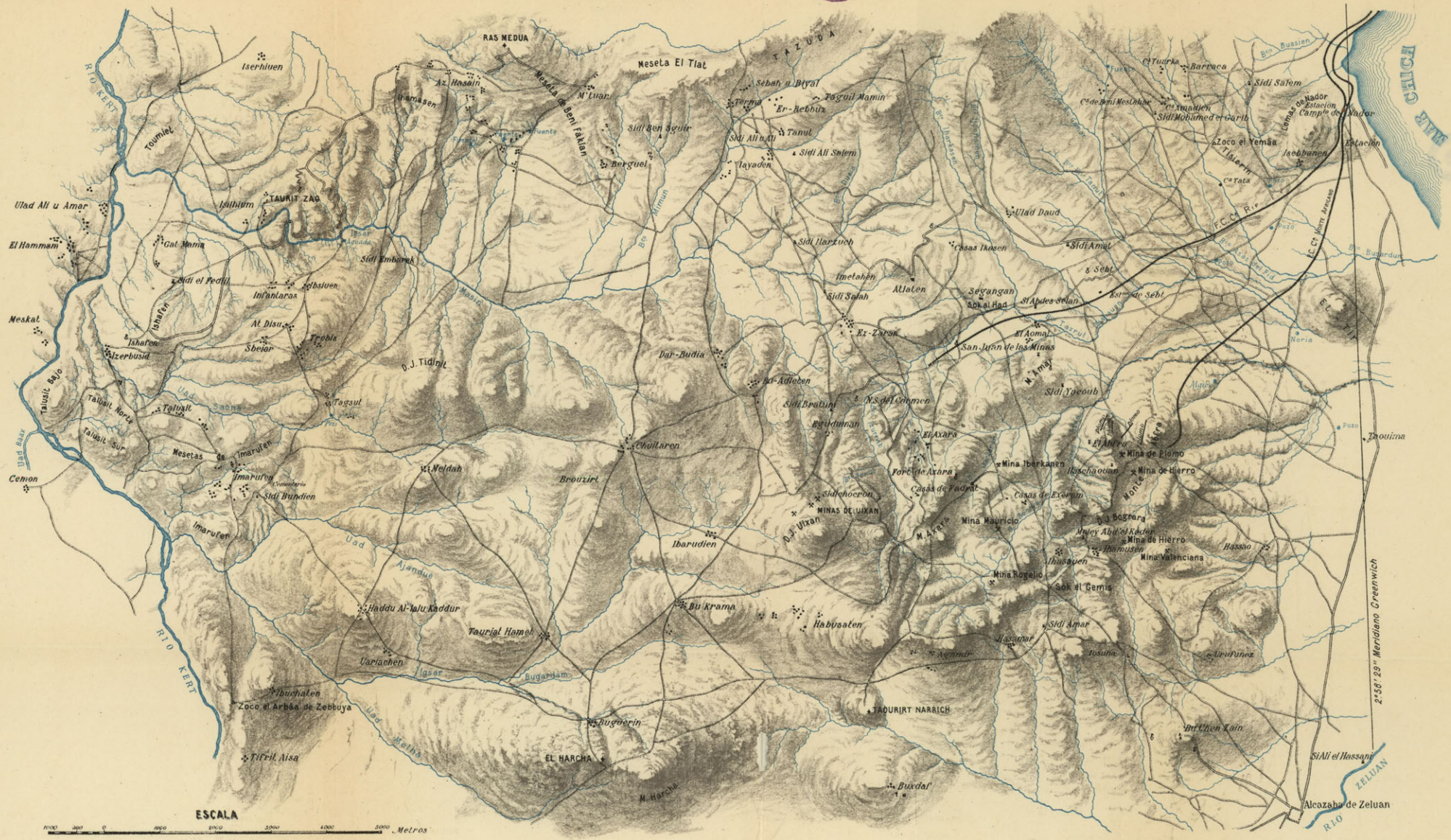
Pasando el paralelo de Melilla, las vaguadas orientales del nervio montañoso de Tres Forcas, se reducen á barrancos insignificantes aunque abruptos algunos, entre los que merece citarse tan sólo el río Salado que desagua en la Cala del Peñón hendido.

Al Sur y al Occidente de la cordillera, el curso de agua más importante de toda la comarca es sin duda alguna el río Kert de unos 70 kilómetros de recorrido, que en su último trayecto, hasta desaguar en el Mediterráneo, limita también la región de Guelaya. Nace al pie de los altos de Mezror en Eulad Bu Runa, ya en el pequeño Atlas; y en la zona española actualmente ocupada, después de atravesar la kabila de M'Talsa, limita, desde más al S. del zoco El Arbaa, la región de la Guelaya.

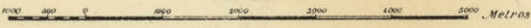
Recibe el Kert, dentro de la zona á que se refiere la presente reseña, varios afluentes importantes: el Uad Melha, que con sus afluentes Bugardan y Ajanduc, forma los derrames meridionales más salientes del macizo de Uixan; y el Igsar, que en su curso de E. á O., recoge las aguas del N. O. del Uixan y de los altos de Atlaten bordeando por el S. el macizo propiamente dicho del Gurugú. Ya en cabo Tres Forcas, la cadena montañosa no vierte hacia el Occidente más que por vaguadas sin importancia.

La mayor parte de estos cursos de agua son torrenciales y de pronunciada pendiente, afectando en general la forma de verdaderas ramblas desnudas violentamente, con especialidad, cuando corren por formaciones de poca consistencia

PLANO TOPOGRÁFICO DE LA GUELAYA MERIDIONAL.



ESCALA



como las terciarias, algunas zonas de cineritas, detritus volcánicos, ó por el diluvial.

Tanto el río de Zeluan como los barrancos orientales del Gurugú y los derrames del O. de Quebdana vierten sus aguas en Mar-Chica, especie de lago salado de unos 20 kilómetros de largo, en dirección NO. SE. y de unos 3 y 1/2 de anchura, separado del Mediterráneo por un cordón costero de 0,5 á 1,5 kilómetros de amplitud: cerca de su extremo NE. la pequeña península de Atalayón, avanza en este lado dejando reducida su anchura á menos de un kilómetro.

El macizo montañoso que forma el nervio del Guelaya se eleva bruscamente desde sus bordes. A pesar de la poca distancia horizontal que media entre Mar-Chica y las cúspides que jalonean la sierra (apenas si tres kilómetros como término medio), se registran altitudes importantes de más de 800 metros en la zona central del Gurugú y cifras muy parecidas en Uixian y algún cerro aislado como el monte Milón: por el cabo de Tres Forcas y en Tayeldmant existen cotas de más de 400 y más metros á distancia de poco más de un kilómetro del mar: ya por la parte oriental, en la zona de Afra, las altitudes son menores, pero se registran las de 300 metros en Djebel Bograra, y Djebel Adel-Kader: por último, la serrata transversal caliza que divide la cuenca del Uad Harro, de la del río de Zeluan, no se eleva en sus crestas más altas sino á 240 metros en algún punto.

De todos modos, la Guelaya, y salvo algunas regiones en los alrededores de Melilla, Mar-Chica, llano de Zeluan y alguna meseta de Tres Forcas, está enclavada en un terreno abrupto que se levanta repentinamente sobre el nivel del mar: y aun cuando el nervio montañoso se alinee claramente, está plagada la región de levantamientos secundarios, desordenados, aislados, cual corresponde á una zona principalmente eruptiva; circunstancia que á veces no deja de hacer confusa su orografía en detalle.

Por el S., el terreno sigue elevándose, cual una gran meseta, ganando las faldas de cordilleras paralelas entre sí y arrumbadas proximamente de E. á O., para alcanzar el gran levantamiento del pequeño Atlas; hacia Occidente, pasado el



Kert, la región sigue tan abrupta y montañosa como lo es el núcleo de la Guelaya ; por Levante y pasadas las aguas del río Zeluan, la sierra de Quebdana, que empieza á dibujarse en los altos de El Garet y que muere en cabo de Agua, (formando la divisoria con las aguas del Muluya), cierra el arco en anfiteatro, que desde el Kert, con cabo Tres Forcas, constituyen el territorio actualmente ocupado por España.

Petrografía.

En la región de Guelaya aparecen varios niveles geológicos en cuya especificación entraremos más adelante.

El grupo sedimentario más antiguo, paleozóico ó presiluriano, abarca una gran extensión en la región meridional de la cadena de El Uixan y Afra, internándose al N. por el Uad Harro hasta muy cerca de la llanura que vierte á Mar-Chica ; cubre además toda la zona minera, tanto al E. como al O. del Uad el Jemis y de sus afluentes, tales como el Iberkanen y parte también del río Uixan, exceptuando los grandes islotes eruptivos que se presentan por doquier, en esa región minera. Hacia el N. no vuelven á aparecer esos terrenos antiguos hasta la zona septentrional de la península de Tres Forcas ; en ella, desde Cala Blanca á Punta de del Peñón hendido (por el E.) y un trozo de costa occidental al S. de la Cala Tramontana, vuelve á aparecer un macizo antiguo limitado por dos fallas bruscas y bien visibles, una de las cuales coincide con el río Salado.

Una extensa formación terciaria, recubre toda la base de la península de Tres Forcas, y gran parte de las vertientes de SO. del Gurugú, es decir, el último trayecto del Kert, así como toda la zona baja de su cuenca ; aparece luego esta formación terciaria en las llanuras de Zeluan.

Recubriendo el terciario unas veces, ocultando otras la partes bajas de las faldas N. y NE. del levantamiento volcánico del Gurugú, se extienden los depósitos diluviales, que bordean además Mar-Chica, por su unión al Continente ; y por último, separa este lago salado del Mediterráneo, un verdadero cordon litoral de facies propia.

Pero todas estas formaciones sedimentarias están plaga-

das de islotes eruptivos, aparte del gran núcleo volcánico que constituye el verdadero macizo del Gurugú y otros levantamientos eruptivos en la región de Afra; las rocas volcánicas asoman por fin en el extremo septentrional de Tres-Forcas, constituyendo el verdadero Cabo. Esta formación está tan desarrollada en general que no solamente sigue presentándose con profusión al S. de la Guelaya, en varios puntos, sino que parece formar el subsuelo de gran parte de Mar-Chica, recubierto por depósitos muy modernos ó actuales.

La formación sedimentaria antigua es de naturaleza petrográfica muy distinta.

En la región de Afra, Uad Harro, Iberkanen y macizo montañoso al O. del zoco el Jemis, abundan principalmente las pizarras, que á su vez, presentan facies muy diversas según sean las zonas locales á que se refieran, y aun dentro de una misma región, según el nivel á que pertenezcan, sobre todo si forman la caja de algún criadero mineral.

En Afra, por ejemplo, es decir, en la región plomífera en la cual encajan los criaderos de galena y calamina en forma de mantos filonianos ó filones-capas, dentro de las pizarras, ofrecen éstas aspecto completamente distinto, según que se observen las del pendiente del criadero ó las que sirven de yacente al manto mineralizado. Las primeras, y en general también las que por su alejamiento parecen haber estado fuera del alcance de la influencia ó metamorfosismo ocasionado por la génesis de los depósitos metalíferos, son frecuentemente arcillosas, á veces cloríticas, de color verdoso ó rojizo, que en ocasiones pasa al pardo oscuro, deleznales y mates: es la clase que predomina en Afra, y aun en gran parte del Jemis: y si á su aspecto exterior y petrográfico tan sólo nos atuviéramos, forzoso sería incluirlas en la serie cambriana, puesto que será natural admitir cierta analogía entre los horizontes geológicos de un lado y otro del Mediterráneo; y las citadas pizarras de Afra, en ejemplares aislados, comparados con las rocas de igual nivel en las grandes formaciones paleozóicas presilurianas de Almería, Murcia, y aun de las vertientes meridionales de Sierra Morena, se confundirían tan en absoluto por su aspecto y constitución, que será difícil, sino imposible, diferenciarlas.

Aspecto muy distinto ofrecen, en el mismo Afra, las pizarras que sirven de yacente á los mantos de mineral, y muchas de las de una vasta región de contacto con las rocas eruptivas. Se presentan entonces con facies enteramente cristalina, de color blanco, á veces enteramente puro, brillo anacarado, muy talcosas, en hojas delgadas, duras, compactas, filadiformes, y á veces sonoras: su aspecto es tan análogo á las rocas cristalofiládicas de los macizos españoles de la costa S. y L. de la Península Ibérica, de Sierra Almagrera, por ejemplo, Carboneras, y Sierra Nevada, que la observación aislada de estos materiales del Rif, no daría lugar á duda alguna, sobre todo si en este estudio no se tuviera en cuenta la asociación frecuente, en la región del Jemis, de estos sedimentos, con los criaderos de mineral, y los cambios múltiples litológicos que en las pizarras puede haber ocasionado la red filoniana y el metamorfismo de contacto con los asomos eruptivos.

Otra facies distinta de las anteriores, y aun composición particular, muestran algunos de estos filadios y esquistos, en la proximidad de los criaderos, sobre todo en el yacente de los plomos y zinc de Afra, y vecindad de las traqui-andesitas: el paso, en esas regiones, de la pizarra arcillosa talquítica, á una traquita estratificada, es tan insensible, que se hace imposible el precisar los límites de una y otra: la roca sedimentaria, se va cargando de pasta feldespática y elementos ferromagnesianos más ó menos descompuestos, para llegar á constituir, primero una traquita sumamente alterada, pero estratificada, luego, lechos de roca eruptiva más compacta, perdiendo al fin ese aspecto tabular, para convertirse en roca maciza. Este paso insensible observado en el terreno, y que hemos podido comprobar en algunas preparaciones para el estudio micrográfico, hace sospechar si parte de esos esquistos de las regiones mineras y en contacto con las erupciones, no serán verdaderas cineritas consolidadas y laminadas luego por efectos metamórficos de índole muy compleja. Posible fuera por lo tanto, que en la formación pizarrea de todo el núcleo de Afra, Jemis y Uixan existieran no sólo niveles geológicos muy distintos, sino que parte de esos materiales no fueran realmente sedimentarios en el estricto sentido de la palabra, sino más bien cenizas volcánicas

más ó menos consolidadas; ó en todo caso, será forzoso admitir que la acción eruptiva primero, el metamorfismo de contacto luego, y la acción mineralizante hidrotermal y geiseriana por último, han transformado enteramente la facies propia de algunas pizarras, produciendo en ciertas regiones una verdadera infiltración lateral del magma volcánico.

Aspecto más talquítico, de verdadera talquita y aun micacita, toma en general la pizarra de Tres Forcas, hasta el punto, de que se hayan clasificado provisionalmente como «estrato cristalinas» por los Sres. Adaro y Valle en la rápida excursión hecha en Enero de 1910.

El sabio profesor Sr. Fernandez Navarro, en sus apuntes físico-geológicos tomados en otra rápida excursión á Tres Forcas, aduce atinadas razones para hacer entrar este macizo en la serie paleozóica, y aun por analogía con otros asomos antiguos de Argelia y Ceuta, le clasifica ya dentro del nivel siluriano: sin perjuicio de que insistamos más adelante en esta cuestión, y como quiera que se trata de uno de los muchos puntos dudosos que habrá que esclarecer en un detenido estudio geológico que se haga del Rif, conservaremos provisionalmente la clasificación hecha por el Sr. Adaro, y como cristalino aparece este macizo en el plano general que acompaña á esta reseña.

Concordantes con las pizarras, se presentan en la región del Uixan sobre todo, unas cuarcitas de color claro, grano muy fino y sumamente trastornadas por quiebras y fallas ocasionadas por las rocas eruptivas. En la región de Tres-Forcas, cita también el Sr. Fernández Navarro unas cuarcitas oscuras intercaladas con las pizarras que en aquella región adoptan buzamientos fuertes diversos. De todos modos esta roca parece faltar en absoluto en la zona oriental del manchón antiguo, en Afra, Uad Harro, Jemis y aun en la región de Iberkanen.

Otra de las rocas sedimentarias, sino predominante, de cierta importancia al menos, y de especial interés por su conexión con algunos criaderos de hierro, es la caliza, que provisionalmente tan sólo, en lo que se refiere á la parte oriental de la Guelaya, incluimos en la formación paleozóica, aun cuando sólidas razones que más adelante se apuntarán, dejen duda

respecto á si no encajará su clasificación en niveles geológicos más altos.

La caliza de la región de Uixan, Afra, y vertientes orientales del macizo montañoso es bastante magnesiana. Cuando no ha estado sometida al metamorfismo, es en general algo margosa, pero bastante compacta, de color azulado ó gris azulado, y á veces con vetas espáticas. En las zonas de metamorfismo toma aspecto diferente; y sitios hay en Afra y sobre todo en Uixan, en los que se presenta enteramente blanca, cristalina, muy tabular, compacta y sonora: la primera facies recuerda por su aspecto la calidad triásica del tramo alto, á veces superior al keuper y á las carniolas, que en la zona de Almería, y sobre todo en el reino de Murcia (Cehegín, Purias, Sierra Enmedio, etc.) forma el pendiente de numerosos criaderos de hierro. cuyo yacente en varios de los puntos citados lo constituyen la pizarra y talquita azoica; caliza dolomítica, á veces sin estratificación aparente, en masa más bien, que algunos geólogos franceses han clasificado en Cehegín (Murcia) como primer tramo del infra-lías, pero que por datos posteriores del Instituto geológico de España, es permitido clasificar definitivamente como un triás superior ó tal vez como un supra-triás. La segunda facies cristalina, que acaso pudiera provenir de un efecto de metaformismo, guarda analogía con la de algunos niveles, azoico y cambriano de la parte meridional de la Península Ibérica y su aspecto, á veces marmóreo, dejaría por sí solo indecisa la clasificación; más adelante tocaremos con alguna mayor extensión este punto, pero por de pronto, y atendiendo á su concordancia con las pizarras, figuran en los planos que acompañan á esta reseña, dentro del mismo nivel que las pizarras, aunque sobrepuestas á ellas en la generalidad de los casos.

Coronando esta formación caliza, en la zona central del Jemis aparecen otras más magnesianas aún, tubulares generalmente, y que suelen ser estériles en lo que á yacimientos minerales se refiere.

La composición química de estas calizas dolomíticas no deja de ofrecer particularidades: un análisis verificado sobre muestras corrientes tomadas en la región del Jemis y del Iberkanen, arroja, según el Sr. López Coca, Profesor de la

Escuela de Ingenieros de Minas, los resultados siguientes:

Número 1.

CALIZA GRIS

Cal.....	37,20
Magnesia.....	0,85
Alúmina.....	9,95
Acido férrico.....	1,35
Acido mangánico.....	0,20
Alcalis.....	0,12
Cloro.....	0,18
Anhídrido carbónico.....	30,05
id. silícico.....	9,70
id. sulfúrico.....	0,20
Materia orgánica.....	0,15
Agua.....	9,90
	<hr/>
	99,85
Pérdida en el análisis.....	0,15
	<hr/>
TOTAL.....	<u>100,00</u>

En estos elementos puede admitirse para esta caliza la siguiente composición:

Carbonato cálcico.....	66,20
Carbonato magnésico.....	1,90
Sulfato cálcico.....	0,30
Cloruros alcalinos.....	0,30
Silicatos é hidratos de alúmina, hierro y manganeso.....	31,00
Materia orgánica.....	0,15
	<hr/>
	99,85
Pérdida en el análisis.....	0,15
	<hr/>
TOTAL.....	<u>100,00</u>

La segunda muestra, provenía de una formación mucho más ferruginosa, y dió el resultado siguiente:

SEGUNDA MUESTRA

Cal.....	38,90
Magnesia.....	1,65
Alúmina.....	2,80
Oxido férrico.....	13,00
Oxido mangánico.....	1,70
Alcalis.....	0,10
Cloro.....	0,15
Anhídrido carbónico.....	32,20
id. silícico.....	5,20
id. sulfúrico.....	0,25
Agua.....	3,80
	<hr/>
	99,75
	<hr/>
Pérdida en el análisis.....	0,25
	<hr/>
TOTAL.....	<u>100,00</u>

que permite suponer la composición siguiente:

Carbonato cálcico.....	69,15
id. magnésico.....	3,45
Sulfato cálcico.....	0,40
Cloruros alcalinos.....	0,25
Silicatos é hidratos de alúmina, hierro y manganeso.....	26,50
Pérdida en el análisis.....	0,25
	<hr/>
TOTAL.....	<u>100,00</u>

El terreno terciario, bastante desarrollado en la meseta que constituye la parte meridional de la península de Tres-Forcas y que se extiende luego entre el Kert y las vertientes occidentales del Gurugú, volviendo á aparecer al S. de Zeluán,

está formado generalmente por caliza, arcillas, asperones, areniscas de poca consistencia y verdaderas arenas sueltas, unas veces en bancos bien definidos, y otras en depósitos irregulares entremezclados.

El subtramo superior suele ser calizo, de cierta compactidad, pero de poco espesor, que recubre muy á menudo el conjunto de arcillas y asperones, pero dominando estos últimos, de colores claros, anaranjados y á veces fosilíferos. Al norte de Melilla, en los Cortados se pone bien al desnudo la base de este tramo arenisco, descansando sobre otra clase de caliza compacta. En el tramo medio y superior están abiertas las antiguas canteras de Melilla, que proporcionaban material para la escollera del puerto en construcción.

En la sucesión de areniscas, arcillas y arenas (que de por sí adquiere un espesor mucho mayor que el de la caliza superior que lo recubre), se suelen encontrar con frecuencia nódulos silíceos, ronchas de jaspes, y á veces, capitas de yeso.

En muchos puntos, y entre otros, en las inmediaciones de Zeluan, parece faltar la caliza superior, principiando el terciario con el tramo de asperones bastos: y algo análogo sucede en la región de Río de Oro, donde se ejecutó un sondeo. En este último punto los niveles petrográficos atravesados por la sonda, (que no logró salir del tramo de areniscas y arcillas), fueron de arena el primero y arcilla obscura el último, á través de asperones alternando con arcillas en más de 58 metros.

Recubriendo grandes zonas de la mancha terciaria unas veces, sobrepuesto otras, directamente al terreno eruptivo, en sus zonas bajas, y llenando, por fin, gran parte del valle bajo del Uixan y las llanuras de Nador, se presenta el diluvial: á él debe referirse igualmente una toba caliza, un verdadero travertino poligénico que oculta con frecuencia (aun cuando con espesor muy reducido) ciertas zonas de terciario en Tres-Forcas.

Aparte del citado travertino, el diluvium está constituido generalmente por tierras rojas y productos de descomposición de las rocas eruptivas, adquiriendo en algunos puntos espesores de consideración. En otros sitios, en el macizo de Afra, por ejemplo, y aun en San Juan de las Minas y vertiente nor-

te del Uixan, los grandes recubrimientos aparentemente diluviales que descansan sobre la roca eruptiva, están constituidos casi exclusivamente por elementos kaolínicos, feldespáticos y ferruginosos, mezclados íntimamente con elementos volcánicos en grado muy diverso de descomposición; hasta el punto de que esos depósitos de color abigarrado irisado, de gran espesor á veces, tomen el aspecto de verdaderas cineritas ó cenizas volcánicas.

Al nivel diluvial, y en parte, á época más reciente á la actual, se puede referir el cordón litoral que separa Mar-Chica del Mediterráneo.

Está constituido por una arenisca grosera, cuajada de moluscos recientes, entremezclada con aluviones y detritus de las diversas rocas de las vertientes del Gurugú, Uixan, Afra y del terciario de Zeluan, recubiertos de verdaderas dunas, en profusión.

ROCAS ERUPTIVAS

Las rocas de origen interno, en la Guelaya, son sumamente variadas, y uno de los trabajos de mayor interés que pueden llevarse á cabo en esa región, será ciertamente el estudio en detalle de esos productos volcánicos, y la delimitación de todos ellos entre sí.

En las rápidas excursiones que han servido de base á la presente Reseña, se han recogido muestras de muy distintas rocas (1), aun cuando en general todas (salvo la roca madre del criadero de Uixan) puedan referirse á dos grupos distintos: al *traqui-andesítico*, con variedades de verdaderas andesitas y traquitas típicas, y al *basáltico*, á veces, con inyecciones silíceas en el magma, que hacen pasar las traqui-andesitas á verdaderas *liparitas*.

En Afra abunda sobre todo la traqui-andesita. La del cerrete, al lado de la estación férrea de las minas del Norte Africano, acusa un magma feldespático, grandes cristales de sanidino, con cuarzo secundario, y mica. En cambio, en la

(1) Que han sido examinadas micrográficamente en el Instituto Geológico bajo la dirección del maestro Sr. Adán de Yarza.

misma zona, la roca volcánica en contacto con uno de los criaderos de plomo, en el llamado «trabajo número 2», forma un paso de la verdadera traquita á una liparita. En la misma región hemos podido recoger muestras aisladas, rodadas, de un verdadero basalto típico, de magma microlítico de plagioclasa, con hermosos cristales de augito y olivino; no es posible fijar hoy por hoy su procedencia, pero es de suponer proveniga de los altos de Djebel-Afra ó de algún otro asomo vecino.

En esa misma zona plomífera son frecuentes las cineritas estratificadas. En el fondo de una calicata, sobre el filón-capa número 2, en el trabajo llamado número 7, aparece un verdadero *tuff* traquítico descompuesto, sirviendo de caja al criadero, y en otras regiones de los mismos yacimientos, en las proximidades de los levantamientos volcánicos, la roca detrítica que le sirve de caja, se convierte en una pizarra descompuesta, anfibolítica, kaolinizada, con cristales de cuarzo, granos de feldespato, encerrando trocitos traquíticos, y acusando, por lo tanto, todos los caracteres de una cinerita traqui-andesítica, laminada luego por causas diversas.

Las traqui-andesitas, andesitas, traquitas y liparitas, adquieren también gran desarrollo en la vecindad del Jemis, en la caída del núcleo montañoso hacia Zeluán, en Iberkanen, en el Gurugú y en la punta de Tres-Forcas.

Como verdadera traquita puede considerarse la roca que aparece en las trincheras del ferrocarril, en Nador, compuesta de un magma microcristalino con fenocristales de sanidino y óxido de hierro, procedentes de la descomposición de los silicatos coloreados: algunos de los ejemplares recogidos, muestran una gran semejanza con la masa general eruptiva predominante en el Cabo de Gata, de la provincia de Almería.

Como variedad de ésta, constituyendo ya una verdadera andesita muy magnética, citaremos el asomo del Gorro Frigio, en el Gurugú, y la de Tres Forcas, muy augítica por cierto, así como la de los altos de Atlaten, en la que predomina la mica como elemento ferromagnesiano.

Los basaltos adquieren, sobre todo, gran desarrollo en la parte del Atalayon: este cerro, que avanza sobre Mar Chica, y su unión con el macizo del Gurugú, es esencialmente peridotítico.

Este basalto típico, á veces muy poroso, cuyos huecos rellena generalmente la calcita, está compuesto por regla general de plagioclasa labrador, con fenocristales de olivino y augito; en algunas zonas, la descomposición del olivino y del piroxeno han dado lugar á núcleos de limonita que empañan la facies típica del basalto.

Una muestra de la roca sana del Atalayón ha dado en su análisis, después de desecada á 100°, el resultado siguiente:

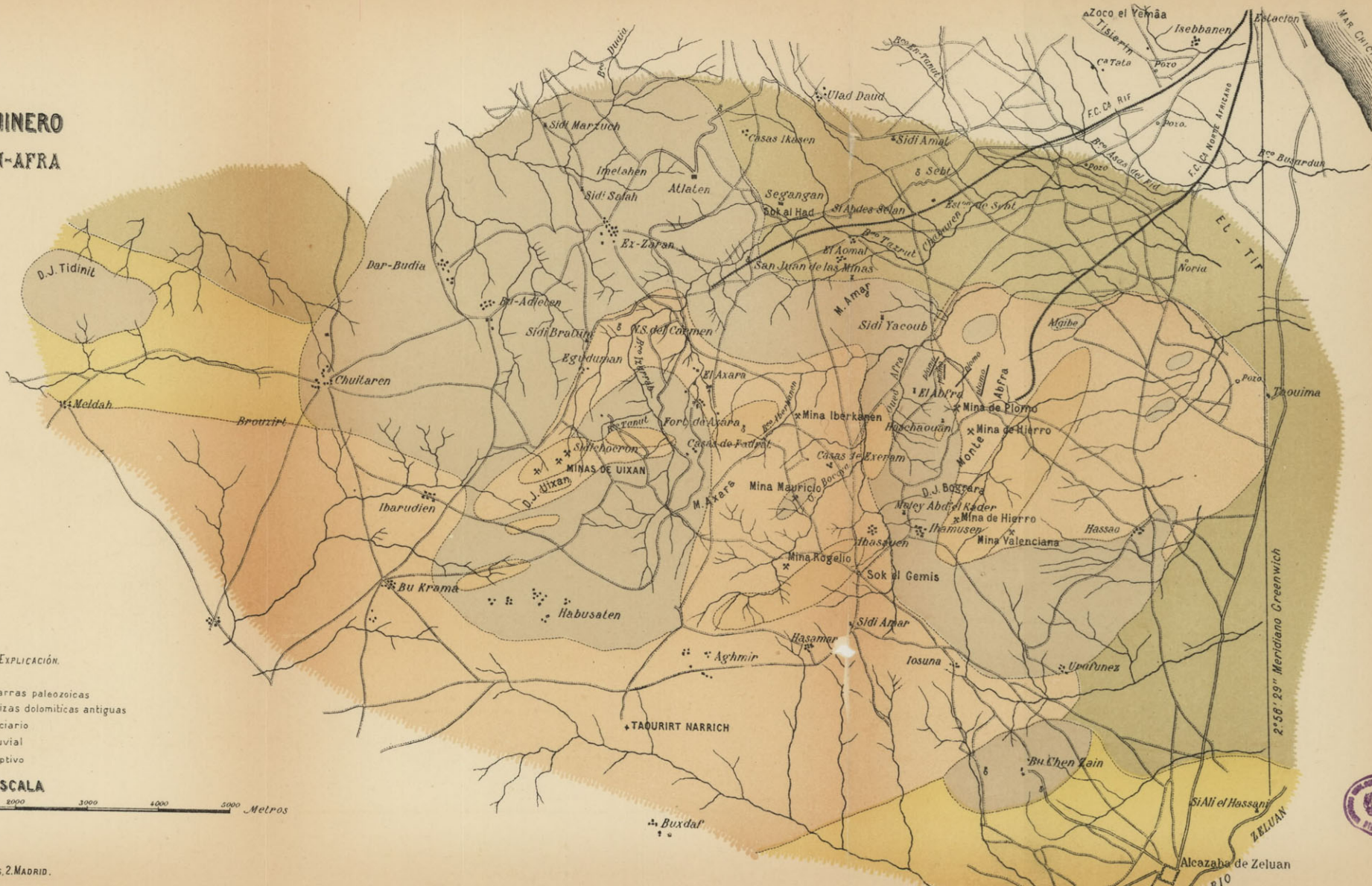
Parte insoluble en ácido.	Sílice.....	54,74
	Aluminio.....	11,58
	Magnesia.....	0,29
	Oxido de hierro.....	4,61
	Cal.....	9,88
Parte soluble.....	Oxido de hierro.....	7,90
	Manganeso.....	0,12
	Alúmina.....	4,86
	Azufre.....	indicios
	Fósforo.....	0,16
	Cal.....	3,99
	Magnesia.....	1,13
	Oxigeno y pérdida de calcinación.....	1,13
	TOTAL.....	99,98

Se trata, por lo tanto, de una roca básica, aun cuando cerca ya de los límites, en cuanto á su contenido en sílice, con los materiales volcánicos neutros.

Las rocas traquíticas muestran además, con frecuencia, cual ya queda apuntado, una infiltración de cuarzo que las convierte en verdaderas liparitas.

Un tipo muy distinto de roca volcánica es el que aparece en los criaderos de Uixan, de textura á veces granitoide, compuesta de plagioclasa ortosa, hornablenda, biotita y cuarzo granulítico: se trata de una diorita que en algunos sitios forma un paso intermedio entre esta especie y un verdadero granito.

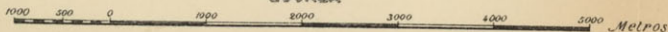
PLANO GEOLÓGICO-MINERO DEL DISTRITO DE UIXAN-AFRA (GUELAYA).



EXPLICACIÓN.

- Pizarras paleozoicas
- Calizas dolomíticas antiguas
- Terciario
- Diluvial
- Eruptivo

ESCALA



En la misma zona, algo más á Levante del citado gruensstein, se puede observar también un verdadero pórfido cuar-cífero de magma microlítico, con fenocristales de ortosa y silicatos ferromagnesianos descompuestos.

Otro asomo eruptivo local y con caracteres distintos de los generales en las formaciones descritas, es el que á modo de dique, con un crestonaje visible á grandes distancias, forma y corona el Djebel-Bogara, en la región de Afra. Se trata de un pórfido sienítico, con grandes cristales de ortosa, algunos de plagiocasa, y varios silicatos ferromagnesianos, en una magma micocristalino.

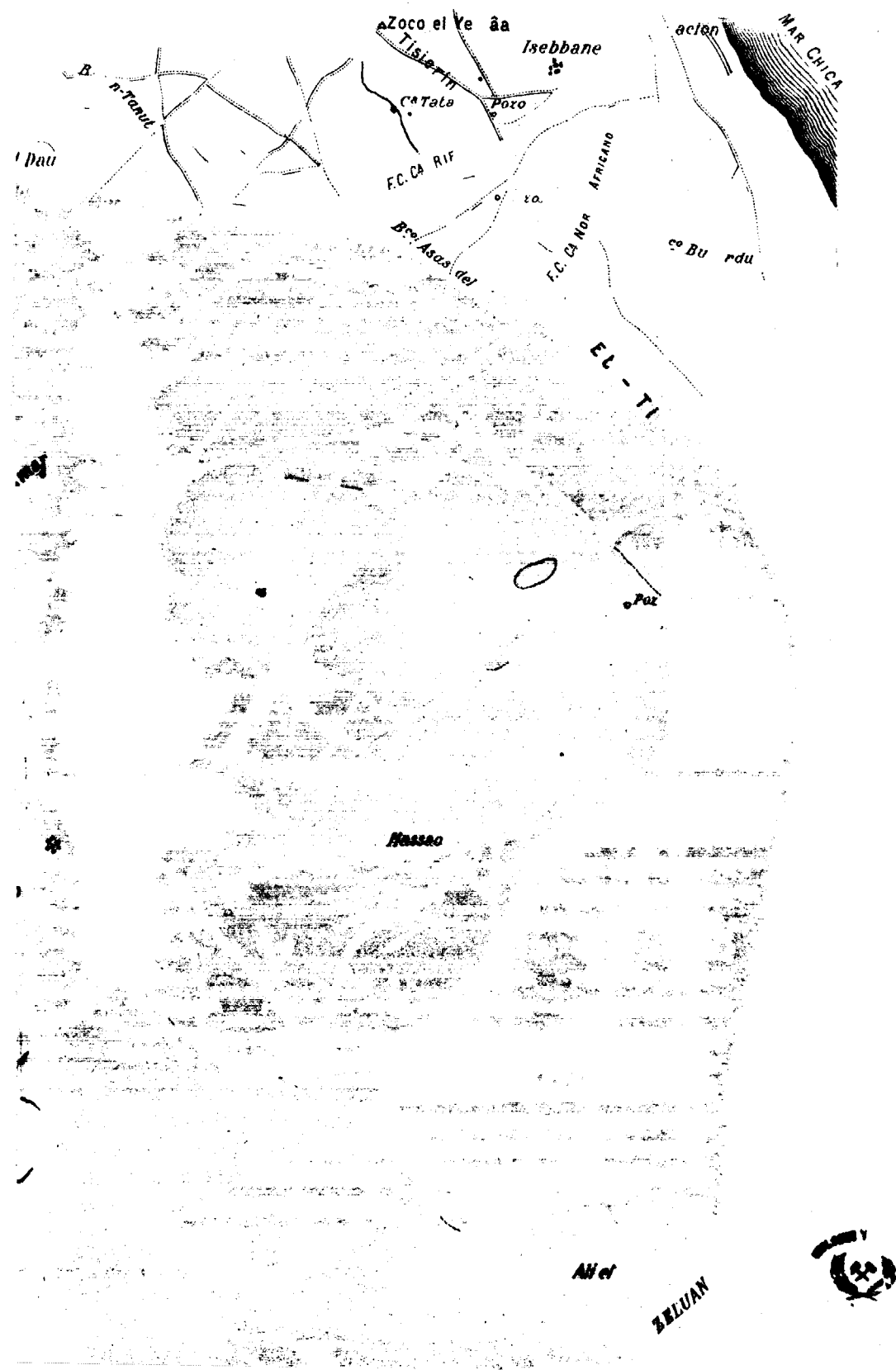
Muy parecido á este asomo, es también el que puede observarse en la misma región, en Maarven: pórfido rojo sienítico, con grandes fenocristales de ortosa, pagioclasa y biotita: su color rojo es debido al óxido de hierro producido por la descomposición de los elementos coloreados.

En la mina Valenciana aparece también una roca porfídica con poco cuarzo de primera consolidación; el magma, microcristalino y compuesto de cuarzo y feldespato, encierra grandes fenocristales de ortosa y biotita.

Clasificación geológica de estas formaciones.

Al tratar de este punto y querer fijar la época geológica á que puedan pertenecer los distintos materiales, ya sedimentarios, ya endógenos, someramente descritos, son varias y de índole diversa las dificultades que se oponen, hoy por hoy, á su debido esclarecimiento, aparte, en muy primer lugar, de que la rapidez con que se han llevado á cabo las excursiones que motivan esta ligera Reseña, no son suficientes para permitir sentar verdaderas afirmaciones.

Pero además, se tropieza en general, y en lo que á las formaciones antiguas se refiere, con la rareza extraordinaria de restos orgánicos fósiles, circunstancia que no ha permitido hasta ahora (salvo un fósil problemático que se citará más adelante) recoger vestigios que pudieran inducir con la debida certidumbre, á una clasificación indubitable del nivel á



que algunos de estos depósitos corresponden. Por otra parte también, la profusión de erupciones diversas de que está plagada, por decirlo así, la Guelaya, y los sistemas filonianos que encajan en ella, deben haber producido tales efectos de metamorfismo en los sedimentos, y tantas alteraciones en las facies propias y originarias que antes tuvieran, que sin un detenido estudio de la región y de sus conexiones con la geología de Argelia por un lado, y la del Rif central y occidental por otro, todo cuanto se insinúe, hoy por hoy, acerca de la edad de estas formaciones antiguas de la Guelaya, no podrá pasar de la categoría de conjeturas más ó menos fundadas.

Ciertamente que los estudios geológicos llevados á cabo en la Argelia occidental por los geólogos franceses, y entre ellos, por MM. Gentil, Coquand, etc., podrán suministrar preciosos datos de comparación entre una y otra región; pero de mayor ayuda, si cabe, será el estudio directo de la continuación de las mismas formaciones hacia el O., en su trayecto á través del Rif central y occidental, de cuya zona, difícil hoy, si no imposible, de penetrar, así como de su sucesión hacia los altos del pequeño Atlas, nada se sabe con certeza.

La primera duda que se ofrece, es la relativa al manchón antiguo, en general talquítico, de Tres Forcas, encajado entre los depósitos terciarios por el S. (desde la punta de la Sabanilla por Levante hasta cerca de la Cala Igsasa en la costa occidental) y la falla que dibuja en parte, el arroyo Salado, desde la Cala de Peñas á Peón Hendido, compuesto este macizo, de pizarras en general muy talcosas, lustrosas, á veces micáferas, rara vez arcillosas, en las cuales se intercalan por excepción algunos lienzos muy delgados de cuarcita obscura, cuyo conjunto, muy trastornado en cuanto á su estratificación, se levanta, sin embargo, con inclinaciones mucho más pronunciadas que el resto de las pizarras de la Guelaya, y hasta con buzamientos *meridionales*, en general, es decir, en completa discordancia con los esquistos de Uixan y Axa, cuya caída suave en la mayoría de los casos, es septentrional.

El docto profesor Sr. Fernández Navarro, que tan inte-

resantes estudios viene haciendo sobre la Geología africana, incluye este asomo antiguo (Boletín de la Sociedad de Historia Natural, tomo IX, número 9, noviembre de 1909) entre las formaciones silurianas, á pesar de que la facies de sus rocas tienda á adjudicarle mayor antigüedad, y no obstante la carencia de fósiles. Para tal clasificación, se funda dicho geólogo muy especialmente, en la conexión que ese manchón pudiera tener, con el asomo paleozóico de Djebel Fillaoussen, en la cuenca del Tafna (Argelia), interpretado en parte, como secundario, y en parte, como siluriano por varios geólogos franceses, y como enteramente siluriano por Mr. Gentil, en su estudio sobre esta cuenca, y cuya alineación parece tener otro jalón bien distante, en las proximidades de Ceuta, donde el siluriano, formado por calizas, grauwackas y esquistos bien definidos, descansa sobre el estrato cristalino, también debidamente determinado. El manchón de Tres-Forcas pudiera ser un jalón intermedio de esa dilatada línea paleozoica, confirmando así la disposición general, en fajas, sensiblemente paralelas á la costa, que se nota, no sólo en la constitución geológica de Argelia, sino en la parte meridional de la Península Ibérica, y de cuya disposición ha deducido tan brillantes consecuencias el geólogo austriaco Mr. Suess en sus clásicos trabajos acerca del levantamiento de los Alpes y de los movimientos de la cuenca del Mediterráneo.

Es de advertir, sin embargo, que el mismo Mr. Gentil incluye el citado manchón del Sur del cabo Noé, en el nivel siluriano, con toda clase de reservas, y tan sólo, por ciertas analogías petrológicas con pizarras graptolíticas de la Cerdeña, y en espera de que descubrimientos posteriores vengán á esclarecer la duda. Por su parte, el geólogo Mr. Coquand padece igual indecisión, y aun parece inclinarse á considerar el macizo de Tres-Forcas como un jalón del estrato cristalino de Ceuta.

De todos modos, la analogía petrográfica de este asomo, por una parte, su discordancia aparente con la formación pizarrea del resto de la Guelaya, y su semejanza con el azoico en general del Mediodía de España, en el cual tampoco faltan intercalaciones de lienzos delgados de cuarcita obscu-

ra), permiten, en espera de un estudio más detenido, conservar á ese asomo de Tres-Forcas su clasificación como estrato cristalino superior, cual se indica en el bosquejo geológico que acompaña esta Reseña.

Provisionalmente, y tan sólo con esa salvedad, se incluyen en este bosquejo como silurianas, las pizarras de Afra, hasta el Uixan, es decir, las que predominan en la región minera propiamente dicha de Afra, cuencas del Harro, Jemis, Bocaya, así como la base y cinta que rodea la formación caliza de Uixan.

El aspecto de estas pizarras, en Afra, Harro, Jemis y aun ciertas regiones del Uixan, está muy lejos de asemejarse á la facies propia de los esquistos silurianos españoles: como ya queda apuntado, en Afra sobre todo, (especialmente los que sirven de yacente á los yacimientos de plomo) los hay casi enteramente talquíticos, mientras que los arcillosos recuerdan más bien los sedimentos cambrianos de la Península. Sin embargo, la intercalación, en la zona S. sobre todo del Uixan, con lienzos de cuarcita blanca, y el hallazgo de una impresión, que aun cuando indecisa é indeterminable, parece corresponder á una *Cruciana*, permite incluir con carácter provisional esta formación en el nivel siluriano.

Yacen estas pizarras, en general, acostadas con inclinaciones suaves hacia el NO. y O. en la región de Afra, en toda la zona izquierda del Uad Harro: su buzamiento, que se puede seguir con más exactitud (aunque con carácter local) en las labores mineras de Afra, rara vez alcanza 45° y son más frecuentes las inclinaciones de 25° á 30° y aun menos: un anticlinal suave á lo largo del trayecto superior del Harro, cambia esta inclinación en los confines orientales de las pizarras, en la serreta que muere en los llanos de Zeluan, donde el buzamiento es francamente al E.

También en el Bocoya son suaves las inclinaciones: apenas si 20° en la región minera ferruginosa de la mina «Rogelio»; algo más pronunciadas en las de Iberkanen, y con caída en toda esa región, hacia el NE. y E., acusando, por lo tanto, un pliegue suave entre esa zona izquierda del Uad Jemis, y la derecha del mismo, hasta Afra.

En las cercanías del Uixan, los buzamientos, sin ser tam-

poco muy pronunciados (de 30° á 45°), tienen ya lugar francamente hacia el N.

Parece por lo tanto, que la formación pizarreña, partiendo desde sus bordes orientales cerca de la llanura de Zeluan con inclinación al E., se riza por una anticlinal de poca importancia á lo largo del Harro en la proximidad del gran núcleo eruptivo de Afra, buzando al NO. hasta el Jemis, se pliega luego suavemente en dicho rumbo con inclinaciones al NE. y E., para tomar luego la dirección casi de Levante á Poniente en el Uixan, con caída general al N.; pero de todos modos la vertiente de las capas es siempre sensiblemente hacia el Mediterráneo, con variaciones locales, ocasionadas principalmente por los núcleos eruptivos de que está sembrada la región. Es de interés, sin embargo, el hecho de que en algunos puntos de Afra y Bocoya descansan las pizarras de un modo tan suave y directamente sobre productos volcánicos.

Las calizas dolomíticas aparecen en varios sitios: es más, hacia el S. en la Guelaya, se las ve formar afloramientos aislados, en profusión, jaloncando varias alineaciones paralelas, dirigidas sensiblemente de E.EN. á O.OS.

Forman las vertientes orientales de la serreta que separa las aguas del Uad-Harro y río Zeluán, en cuyo afloramiento radican algunos criaderos de mineral de hierro. Otro manchón bordea las partes bajas de la ladera derecha del Uad-Bocoya en la parte alta de su cuenca, donde también se explotan depósitos ferríferos (mina *Rogelio*): aparece luego, potente, en todos los altos del macizo de Axaara, en Sidi-Chacrón y Uixan, del núcleo montañoso de este nombre: y en fajas paralelas más al S. de éste, se señalan otras tres alineaciones en el bosquejo geológico número 3, hasta cerca de Bu-Krama.

Una caliza algo más dolomítica aparece en varios sitios. Entre ellos merece citarse un manchón entre el Jemis y el Uad-Afra, llenando el contacto de la formación pizarreña, de la izquierda del Jemis y el macizo eruptivo de Abd-el-Kader y Djebel-Afra. Coronan también estas calizas más magnesianas, en cosa de un kilómetro, las cumbres de la serreta que partiendo del zoco el Jemis, se dirige por el Norte de Bu-Imuchón hacia Bu-Krama. Y aun dentro de la forma-

ción calcárea de Axaara cabe diferenciar un islote más magnesiano en su vertiente hacia el barranco de Iberkanen.

Hasta el presente no nos ha sido posible encontrar resto alguno fosilífero en esta formación calcárea.

Si á juzgar se fuera tan sólo por los caracteres petrográficos de esta roca, se la incluiría francamente en el terreno secundario, y aún cabría concretar su posición, en el nivel más alto del trias. Guarda una extraña y total semejanza con las calizas dolomíticas que coronan á veces el keuper (Calasparra y Cehegín en España), ó por lo menos encajan dentro del trias medio y superior de todos los afloramientos de esa clase en la zona meridional de la Península Ibérica, los cuales, en alguna región como Calasparra, Cehegín y toda la cuenca del río Quipar, han sido á veces incluidos por algún geólogo francés (aun cuando sin pruebas paleontológicas) en la base del infralias, si bien posteriormente, y por estudios detenidos llevados á cabo por el Instituto Geológico de España, con restos fósiles á la vista, deban ser clasificados como propiamente triásicos, superiores en algunos puntos al keuper y á las carnioles.

Esta analogía petrográfica entre las calizas dolomíticas de la Guelaya, y las triásicas de España, se completa con otro orden de consideraciones. Aparecen también en la Península cual en Guelaya, más tabulares cuanto más dolomíticas, con estratificación confusa, á veces en masa, cuando menos magnesianas: acompañan también casi como roca indispensable, á los numerosos criaderos de hierro de Almería y Murcia; en contacto con rocas eruptivas ó íntima conexión con ellas, cuando se trata de minerales magnéticos; descansando directamente sobre las pizarras estrato cristalinas por regla general, cuando se trata de depósitos metasomáticos de hematites: todo este conjunto de circunstancias geológico mineras parece repetirse en las regiones africanas de la Guelaya.

Pero aun cuando en esa parte del Rif oriental, se presentan generalmente las calizas dolomíticas sobrepuestas á los esquistos, y las más tabulares coronando todo el conjunto, (inclinando más el ánimo á considerar esos depósitos calizos magnesianos, como una representación del supra-trias), es el caso que en alguna región, como en Iberkanen, y al E. del Ha-

rro, las calizas aparecen totalmente interstratificadas en las pizarras que las envuelven, concordantes por pendiente y yacente, circunstancia aún más visible dentro de los trabajos mineros ejecutados.

Ciertamente que pudiera tratarse de algunos casos aislados de posiciones anormales, de arrastres ó cobijaduras locales, con tanto más motivo, cuanto que esas excepciones tienen siempre lugar en el contacto con depósitos minerales y rocas eruptivas: de admitir esos arrastres puramente locales, nuestro ánimo se inclinaría á incluir toda esa formación calizo dolomítica en el nivel más alto del trias, descansando en concordancia más ó menos perfecta sobre las pizarras paleozoicas del Uixan y Afra: pero este punto requiere un estudio especial, y mientras no se lleve á cabo figuran estas formaciones en el plano número 3 con igual clasificación geológica que los depósitos pizarreños.

El nivel terciario ocupa grosso-modo toda la parte meridional de Tres-Forcas, desde el límite S. del asomo pizarreño de Cala-blanca, hasta las vertientes septentrionales del Gurugú, desbordándose luego entre el Kert y las bajadas occidentales de aquel macizo, hasta el contacto con las formaciones antiguas: por el Oriente aparece el terciario en una gran extensión, en los llanos de Zeluan, recubierto ya por el diluvium en las proximidades de Mar-Chica.

En páginas anteriores se enumeran las rocas principales que constituyen esta formación: un depósito calizo superior (á veces oculto bajo un verdadero travertino, sobre todo en Tres-Forcas), un tramo potente donde alternan las areniscas y las arcillas, pero predominando aquéllas, y por fin otros lienzos de caliza, visibles sobre todo en la Sabanilla, en la costa al N. de Melilla, en los Cortados, y otros puntos. Todos estos depósitos se presentan en general casi horizontales ó con suave pendiente á lo sumo, excepción hecha de algunas regiones de Tres-Forcas donde acusan buzamiento más fuerte y oriental.

Esta formación terciaria está aun por estudiar en sus detalles topográficos, en sus contornos con los demás terrenos, así como en lo que á su fauna se refiere, hasta el punto

de que no quepa fijar, hoy por hoy, su clasificación geológica exacta.

Todo induce, sin embargo á suponer, que la mayoría de estos terrenos representan el nivel del *plioceno marino*, y en la mayor parte de su extensión, depósitos de agua salobre, del tramo alto del plioceno, del *astiense* ó tal vez *siciliense*; al menos en lo que se refiere á las calizas que los coronan y al grupo de areniscas y arcillas. Algunos restos recogidos en las rápidas visitas que sirven de fundamento á la presente Reseña, parecen confirmar esta sospecha, y entre otros varios ejemplares de *Cardium paucicostatum* Sow, y *Cardium edule* Lin, recogidos en la región del Kert y de *Macra subtruncata*, encontrados en las canteras antiguas de Melilla. Ya la caliza inferior, que en algunos sitios nos ha proporcionado restos de Ostracas indeterminables, presenta facies algo distinta y tal vez pueda referirse al *mioceno* propiamente dicho; pero en general, los afloramientos del terreno terciario son pliocenos, y muy probablemente de los tramos altos, sin que hasta ahora nos sea posible especificar de una manera más concreta su posición geológica.

El diluvial rellena, cual queda dicho, todas las partes bajas de las faldas desde Nador hasta el extremo oriental de Mar-Chica, con espesores á veces de alguna consideración; penetra en el macizo de Uixan por el cauce del río de este nombre, ocupando los bajos de Segangan, y tiene también importante representación en el cauce del Río de Oro, abierto casi todo él en depósitos cuaternarios. Muchas veces, sin embargo, se le confunde con acumulaciones y detritus de verdaderas cineritas, que al descomponerse toman un aspecto rojizo muy parecido al diluvium, y se entremezclan con esos materiales modernos y aun de la época actual, haciendo difícil el deslinde; este estudio en detalle, sin gran interés minero, lo tiene sin embargo y de primer orden, para el régimen de aguas subterráneas á pequeña profundidad, es decir, que pudieran ser fácilmente aprovechables para fines agronómicos.

FORMACIONES ERUPTIVAS

El estudio de las rocas eruptivas de la Guelaya, ofrece un interés no sólo científico y especulativo, sino hasta cierto punto esencialmente práctico, pues con las diversas erupciones ya traquiandesíticas, ya basálticas, y ya por fin, con un último proceso geiseriano y de silicificación que le haya seguido, parece relacionarse la génesis y la posición de los varios criaderos minerales que se encuentran en la región, y aun los rellenos de distintas especies mineralógicas que se observan en el mismo yacimiento. Además, los prolijos estudios llevados á cabo en la zona eruptiva mediterránea española de Cabo de Gata, Carboneras, Vera, Cartagena, Cabo de Palos, por distinguidos geólogos españoles, así como los especiales verificados en Chafarinas, Isla de Alborán, por el Sr. Fernández Navarro (Datos geológicos acerca de las posiciones españolas de N. de Africa. Memorias de la Real Sociedad de Historia Natural, Tomo V Memoria 6.^a 1907), permitirán relacionar con toda exactitud los afloramientos de la Guelaya, en general del Rif oriental, con otros jalones argelinos por una parte, y con la línea de igual índole penibética que se extiende indudablemente, á través de la cuenca mediterránea por los centros eruptivos del mediodía de Italia.

La roca volcánica de Tres-Forcas es considerada en general por el Sr. Fernández Navarro, como una verdadera andesita piroxénica con invasiones silíceas procedentes, sin duda, de la fase solfatárica de la erupción. Los ejemplares de dicha zona estudiados en el Instituto Geológico concuerdan casi enteramente con esta clasificación: son unas verdaderas traquitas, con paso insensible á una andesita piroxénica, que se convierte á menudo en una liparita casi típica.

En el centro de Guelaya sigue presentándose, como roca predominante, la traqui-andesita con iguales variedades que en Tres-Forcas, y de aspecto idéntico.

Forman, por lo tanto, estas traqui-andesitas un todo-uno, seguramente de igual época geológica que la de Chafarinas y Alborán.

A una erupción probablemente más antigua que la citada, pertenece el gruenstein de Uixan, diorítico en su conjunto, con diques porfídicos.

Los basaltos de Atalayón y de ciertas regiones del Gurugú, parecen, por el contrario, marcar una época de convulsiones más modernas.

Tanto las traqui-andesitas, como los basaltos, tienen su representación bien estudiada, en la parte N. de Argelia en cuya región se alinean en fajas, costera la una, é interna la otra, que corresponden casi exactamente á los asomos de la Guelaya y cuyos puntos salientes en la zona de Melilla, son seguramente Chafarinas y Tres-Forcas, con el Gurugú en el centro de un arco, que pliega la dirección general eruptiva argelina y rifeña, hacia el N. arrumbándose entonces hacia Alborán y Cabo de Gata.

La comparación de estas rocas eruptivas rifeñas, con las de la costa de Almería y Murcia demuestran también una conexión íntima.

El Cabo de Gata, ha sido estudiado con gran detalle por los geólogos españoles: los trabajos de los Sres. Donayre, Botella, Villanova, y sobre todo del Sr. Calderón, comprueban allí el predominio de la traquita y andesita con variaciones liparíticas ó dafíticas, según los casos, pero faltando casi por completo las rocas con peridoto: como carácter de interés conviene anotar en Cabo de Gata algunas zonas ricas en *sodalita*.

Estas rocas ácidas, con más ó menos variantes, se continúan por la costa hasta el Cabo de Palos.

Materiales más básicos aparecen también en esa misma alineación, aunque no tan predominantes, y representación de ellos es el asomo notable entre Vera y Garrucha (Almería) cuya roca (que ha recibido el nombre de *Verita*) no es más que una peridotita vítrea, sin feldespato, con pequeños cristales de olivino y augito.

Las investigaciones llevadas á cabo hasta ahora, inducen á considerar (en lo que á la zona española se refiere), como pliocenas las traquitas y andesitas citadas, y como pleistocenas (y acaso modernas) las basálticas.

En la Guelaya, no cabe duda de que ciertas regiones del

plioceno han sido trastornadas, aun cuando tan sólo en puntos determinados; y si se atiende á la analogía petrográfica de estas erupciones con sus similares en Argelia y costa española, podría admitirse provisionalmente, y en tanto que un estudio detenido no arroje mayor luz, tres distintas épocas de convulsiones en esa región: una, tal vez miocena ó anterior, representada por las rocas dioríticas de Uixan que podrán tal vez corresponder al famoso asomo granítico argelino de Nedroma en la parte occidental de la cuenca de Tafna (Argelia Occidental); otro, traquítico-andesítico, del plioceno superior, y el basáltico, más moderno, del pleistoceno, seguido de una frase solfatárica que debe haber continuado casi hasta la época actual y que aun se acusa en convulsiones internas y movimientos sísmicos en nuestros días.

En este supuesto se corresponderían muy aproximadamente las alineaciones eruptivas de un lado y otro de la parte occidental mediterránea, y la africana resultaría unida á la española, doblándose en círculo estrecho por Tres-Forcas y la Isla de Alboran, al jalón de Cabo de Gata, dibujando, por decirlo así, el último escalón de la serie de hundimientos mediterráneos, y separando los grandes fondos de 2.000 á 3.000 metros que alcanza la profundidad marina que baña á Argelia, Baleares, Cartagena y parte de la costa de Almería, de la última y más reciente depresión hasta Gibraltar, donde apenas si se registran profundidades de más de 700 metros, para acabar con el suave fondo del estrecho, indicando una vez más para la abertura de éste, una época tan moderna, que casi, con seguridad, ha sido presenciada por el hombre.

Tal vez las erupciones basálticas de toda esta región hayan sido la causa de esa rotura. Los estudios verificados en la Península, y muy especialmente los del geólogo Sr. MacPherson, en su Memoria Geológica de la provincia de Cadiz, no dejan lugar á la menor duda respecto á este punto interesantísimo. Los trozos de cuarcita (roca que no existe in-situ en toda la provincia de Cádiz) encontrados en el diluvial del S. de dicha provincia, precisamente en el litoral frente á Africa; el buzamiento de las mesetas cuaternarias en esa misma costa, vertiendo hacia el *interior* y no hacia el mar,

y otras observaciones de gran fundamento, tienden á demostrar la unión del continente africano con la sección penibética, en los tiempos glaciales ó post-glaciales, y vendría á dar no poca verosimilitud á la leyenda de la Atlántica de los poetas: esa unión de ambos continentes hasta tiempos bien recientes, explicaría también entre ciertos límites, la existencia en la época terciaria, media y superior, de los enormes caudales de agua fluvial que han sido precisos para alimentar los amplios lagos miocenos y pliocenos del Centro y Mediodía de la Península Ibérica, cuando fuera cortado el golfo mioceno por la falla del Guadalquivir, que bañando la costa septentrional del macizo Bético, comunicase el Atlántico con el Mediterráneo.

Es más: aun dentro de la región N. de la parte occidental africana, su analogía tectónica y geológica con la Península Ibérica, parece resplandecer más y más estrecha á medida que se va avanzando en los estudios de ambos continentes. También en Marruecos parece haber existido una comunicación entre ambos mares por el valle de Fez, que no desapareció, cual la del Guadalquivir, sino en período terciario superior, al dibujarse el levantamiento de los Alpes y los Apeninos: durante ese tiempo, por lo tanto, todo el pequeño Atlas y la zona Penibética, no debieron formar sino un todo armónico. Una nueva sacudida y levantamiento alpino, con el consiguiente hundimiento de la zona mediterránea occidental, tal vez pliocena superior, debió dejar como lazo de unión entre el Rif y las costas españolas del Sudoeste, una faja estrecha, á poniente del Cabo de Gata, invadiendo el mar mediterráneo las manchas de terreno terciario que hoy día afloran en la Guelaya: la apertura del estrecho, debió establecerse luego, al acabar de dibujarse el relieve actual, confirmando así la serie de hundimientos mediterráneos que tan magistralmente han sido investigados por el eminente geólogo Suess.

Todo tiende, por lo tanto, á demostrar la íntima conexión geológica y climatológica del Rif y costa española; y para que esa relación sea aun más clara y sencilla, también parece dibujarse en la costa africana, idéntica sucesión de formaciones; y así como en la Península Ibérica, á una zona coste-

ra de rocas eruptivas, siguen los terrenos antiguos, surcados más al N. por erupciones ofíticas, y coronados por formaciones secundarias, también en el Rif parece presentarse igual correlación, pues todo hace sospechar que las partes altas del pequeño Atlas correspondan á los tramos mesozóicos.

El estudio detenido de esta región tan interesante, ha de dilucidar no poco estas suposiciones, y el de su minería será siempre uno de los capítulos más importantes; pero ya en lo poco que se ha podido desentrañar, en lo que á los criaderos minerales se refiere, empiezan á dibujarse clases de mena, aspecto de criaderos y conexión con las diferentes rocas, enteramente similares á los españoles de Murcia y Almería.

Hidrología.

El régimen climatológico y meteorológico de la Guelaya, guarda cierta analogía con el de las provincias levantinas y meridionales españolas del Mediterráneo. Las observaciones, sin embargo, han sido relativamente reducidas para que pueda formarse un juicio exacto, hoy por hoy, respecto á este punto esencial en el Rif Oriental. La cantidad media de lluvia en esta región parece oscilar, según algunas apreciaciones fidedignas, alrededor de 250 m/m de altura. Sin embargo, en el año 1910, último registrado, el régimen pluvial ha sido mucho más húmedo, según se deriva de los datos recogidos por el eminente Ingeniero D. Manuel Becerra, Director de la Junta de Obras del Puerto de Melilla.

Según éstos, la temperatura osciló entre las cifras siguientes:

Máxima.....	37°
Mínima.....	3°
Media.....	18°

y la altura barométrica al nivel del mar entre

Altura máxima.....	772 m/m
Idem mínima.....	752 »
Idem media.....	763 »

El régimen pluvial total fué relativamente abundante y repartido con cierta regularidad como lo acusan las cifras siguientes:

Primavera.....	14 días	294 m/m
Estío.....	2 días	29 »
Otoño.....	13 días	132 »
Invierno.....	8 días	171 »
TOTAL.....	37 días	627 m/m

Presión barométrica media en día de lluvia = 761 m/m

Temperatura media en día de lluvia..... = 17°

Los vientos en los días de observación se distribuyeron en

N.....	99 días
N E.....	65 »
E.....	20 »
S E.....	15 »
S.....	7 »
S O.....	13 »
O.....	25 »
N O.....	115 »
TOTAL.....	359 días

Resulta por lo tanto, en días de lluvia, un promedio de unos 17 m/m por día, cifra que constituye un régimen casi torrencial en apariencia, y francamente de esa índole en la realidad, si se tiene en cuenta que en muchos casos, en Estío y Primavera sobre todo, la cantidad acusada por el pluviómetro refleja la lluvia caída en un intervalo corto del día.

Este régimen meteórico, por un lado, y las fuertes pendientes de los barrancos y demás vaguadas del macizo montañoso de la Guelaya, abruptos en sus primeros trayectos, y en forma de ramblas y ramblizos en su proximidad á los llanos, (donde se pierden y filtran para verter por cauces subalveos en el mar y Mar-chica), constituyen un conjunto

típico de desagües torrenciales propicios á efectos no pequeños de denudación, que son sensibles sobre todo en el río Uixan, en el Jemis, y aunque en menos proporción, en Río de Oro y en Zeluan: el Uad Uixan sobre todo, en el ancho valle que recorre desde los bajos de Segangan hasta las llanuras de Nador, refleja bien este poder devastador en sus trayectos altos, con los grandes depósitos de aluviones que rellenan las partes bajas del valle.

La calidad de las aguas superficiales es mala, salobre; salvo algunas excepciones de manantiales más puros, pero escasos, del macizo eruptivo del Gurugú, no llegan al grado de potabilidad suficiente para usos domésticos. Entre estas excepciones, merece citarse sobre todo el manantial en la parte alta de la falda de Sidi Muza que la Junta de Obras del Puerto piensa captar, á unos 150 metros de altura sobre las canteras que allí explota para la construcción del espigón del futuro puerto. También en Sidi Burbar, y en el Yajaman (en la parte N. del Uixan), las aguas de algún barranquillo llegan á adquirir suficiente potabilidad: pero en general, cual queda dicho, la calidad de esas corrientes superficiales es en extremo salobre.

Como tipo de ellas en la zona central puede considerarse la de Uixan estudiada químicamente en el Laboratorio de la Escuela de Minas por el Ingeniero don Enrique Hauser, sobre muestras recogidas por el Instituto Geológico: una idea cabal de su naturaleza podrá tenerse con la lectura del resultado ó informe del Sr. Hauser, que á continuación copiamos:

ANÁLISIS DE LAS AGUAS DEL RIO UIXAN

Determinaciones verificadas.		Gramos por litro.
Cloro	Cl	0.9800
Anhídrido sulfúrico	SO ³	0,4082
Cal	Ca O	0,1150
Magnesia	Mg O	0,1630
Potasa	K ² O	0.0386
Sosa	Na ² O	0.9640
Sílice	Si O ²	0.0490

Total de cloruros alcalinos en la determinación de los álcalis..... 1.8800

Bases correspondientes á los carbonatos precipitados por ebullición.

Cal Ca O..... 0.0800
Magnesia Mg O..... 0.0398

Anhídrico carbónico correspondiente al SO³ necesario para desalojarle de los carbonatos térreo alcalinos 0.1182

Cloro en el residuo al rojo oscuro 0.9590

Pérdida de cloro 0.0210

Peso del residuo.

130° C..... 2.7500

145° C..... 2.6800

160° C..... 2.6800

180° C..... 2.6500

al rojo oscuro..... 2.5150

Peso específico á 16'9° por aerómetro..... 1003

Estas aguas son ligeramente alcalinas al papel de tornasol; dan, aun sin hervir, la reacción alcalina al palo del Brasil, y su sabor es jabonoso salado. Pueden considerarse formadas como si tuvieran las siguientes sales en disolución:

Gramos por litro.

Cloruro potásico Cl K..... 0.0610

Cloruro sódico Cl Na..... 1.5700

Sulfato sódico SO⁴ Na²..... 0.2352

Sulfato magnésico SO⁴ Mg..... 0.3543

Sulfato cálcico SO⁴ Ca..... 0.0673

Bicarbonato cálcico C²O⁶Ca H²..... 0.2337

Bicarbonato magnésico C²O⁶Mg H²..... 0.1639

Bisilicato sódico Si²O⁵Na²..... 0.0743

Si de este peso descontamos el ácido carbónico de los bicarbonatos..... 0.1666

Tendríamos para comparar con el peso del residuo á 180°..... 2.6125

Si admitimos que por calcinación al rojo oscuro se desprende una cantidad de anhídrido carbónico igual á la que está combinada con la magnesia, ó sean.....	0.0494
y descontamos esta pérdida.....	0.0704
quedaría un residuo de.....	2.5421

Las Aguas de Río de Oro en su cauce superficial son también muy salobres: las subalveas, aunque no de tan mala calidad, no adquieren, sin embargo, la potabilidad necesaria para usos domésticos.

El régimen de las aguas subterráneas está aun por estudiar en Guelaya hasta en sus bases más elementales.

Será, cual es fácil de comprender, enteramente inútil, ó por lo menos, muy arriesgado, buscar aguas artesianas en los macizes volcánicos; á no ser que á gran profundidad, por las grietas de enfriamiento ó fallas de contracción de algún asomo eruptivo, se hubiesen podido acumular aguas pluviales y formar depósitos aislados susceptibles de alumbrarse.

Los verdaderos mantos acuíferos subterráneos deben existir más bien, en las bajas faldas de la Cordillera, en los llanos entre Melilla, por Nador, y de Zeluán y baja cuenca del Uixan, por una parte, y en la del río de Oro y meseta terciaria que le bordea.

En la primera de las zonas citadas, es natural que los depósitos de cinerita y diluviales permeables, descansan directamente sobre un subsuelo traquítico impermeable que retenga una capa acuífera de importancia. En cuanto á la formación terciaria, los lienzos de arenisca alternando con arcilla y descansando sobre una caliza más profunda y compacta, reúnen también condiciones para que en ella puedan existir y existan mantos de agua aprovechables: y algunos alumbramientos aislados que se han llevado á cabo, vienen á confirmar estas conjeturas.

En cuanto á la calidad de las aguas no cabe esperar en la mayoría de los casos que pueda ser susceptible de usos domésticos: su potabilidad, en las regiones de Nador, Zeluán, Afra, etc., es casi nula, y nada de extraño tiene esto si se

recuerda el contenido en sales térreo alcalinas solubles, que muestran las corrientes superficiales, y las calizas antiguas que á su paso atraviesan en los macizos de Uixan y Afra: de mejor calidad son las alumbradas en la formación terciaria en las proximidades de Melilla.

La salinidad, y muy especialmente, el contenido en cloruro alcalino de todas ellas, tanto superficiales como subterráneas, en esta zona de Guelaya, en que faltan las formaciones típicas salinas triásicas y terciarias, que por regla general, son las que dan origen á ese carácter en las corrientes superficiales, no deja de ofrecer verdadero interés.

Claro está, que en la actualidad, debe contribuir á ese fenómeno la riqueza en sales solubles, y algunas cloruradas, que posee la formación calizo-magnesiánica de la región, á través de la cual filtran parte de esos caudales: pero esa condición salina de las calizas debe obedecer á su vez á efectos químicos de influencia por su contacto con las formaciones eruptivas, que en su última fase genésica debieron proporcionar abundantes cantidades de cloruros, sódico principalmente. El estudio detallado de las rocas volcánicas de la Guelaya podrá tal vez contribuir no poco á esta investigación; porque si la analogía de esta erupción del Rif es tan estrecha con las españolas de Cabo de Gata, como todo parece indicar, el elemento mineralógico *sodalita* (cloro-silicato de sodio y aluminio), no debe faltar en muchas zonas: y á la descomposición de esta especie, en muchas formaciones eruptivas, atribuyen algunos geólogos como Prosepnny, la cloruración de los manantiales en diversas comarcas.

En Afra y Nador suele encontrarse un buen manto de agua á unos 30 metros de profundidad: su calidad es mala, y no permite emplearla más que en usos agrícolas ó industriales; pero el caudal parece de bastante importancia y constancia.

Estos mantos dan lugar á veces, á verdaderos pozos artesianos, y un ejemplo notable de ellos, es el de los dos que aparecen cerca de Nador, dentro de Mar-Chica, y á pocos metros de la orilla; hace algunos años, estos manantiales artesianos sobresalían cerca de un metro de las aguas de la laguna; hoy día, á consecuencia de una emersión continuada y muy marcada de Mar-Chica, la boca de los manantiales artesianos se

encuentra algunos centímetros bajo el agua salada, pero son claramente perceptibles sus surtidores submarinos. Una muestra de este agua artesiana, analizada en el laboratorio bacteriológico de Melilla ha dado, por litro:

Oxido de hierro.....	50 miligramos.
Sílice.....	36 »
Cloruro potásico.....	43 »
Cloruro magnésico.....	149 »
Cloruro sódico.....	2482 »
Sulfato magnésico.....	27 »
Sulfato cálcico.....	602 »
Carbonato magnésico.	240 »
Materia orgánica.....	21 »

Composición que se acerca, en parte, á la de algunos pozos mineros de Afra y que contrasta notablemente con la del agua de Mar-Chica en cuyo seno surge.

Es interesante también la composición de las aguas de esta laguna de Mar-Chica, cuya mayor salinidad en relación á la general del Mediterráneo, denota, no sólo su relativo aislamiento del mar y su sensible y paulatina desecación, sino que confirma el alto contenido en sal, de las aguas terrestres que la alimentan.

El análisis de las aguas de Mar-Chica, llevado á cabo en la Escuela de Minas por el Ingeniero D. Enrique Hauser, sobre muestras proporcionadas por el Instituto Geológico de España, ha dado los resultados siguientes:

ANÁLISIS DEL AGUA DE MAR CHICA

Determinaciones verificadas:

		Gramos por litro.
Cloro	Cl	46.150
Anhídrido sulfúrico	SO ³	5.495
Cal	Ca O	1.840
Magnesia	Mg O	4.770

Se reconocen el sodio en gran cantidad y en pequeña, la

alúmina y el óxido, pero no se determinaron cuantitativamente ni se buscó el potasio.

Bases correspondientes á los carbonatos precipitados por ebullición.

Cal	Ca O	0.010
Magnesia	Mg O	0.00182
Anhídrido carbónico correspondiente al SO ³ necesario para desalojarle de los carbonatos térreo-alcinos		0.073
Cloro en el residuo calcinado al rojo oscuro.		41.322
Pérdida de cloro		4.828

Peso del residuo.

A 130° C.	91.000
A 140° C.	89.100
A 178° C.	84.500
Al rojo oscuro.	80.600
Peso específico, á 22° C. por el frasco.	0.0807

Estas aguas pueden considerarse formadas, como si tuvieran las siguientes sales en disolución:

		Gramos por litro.
Cloruro sódico	Cl Na	60.1891
Cloruro cálcico	Cl ² Ca	2.0365
Cloruro magnésico	Cl ² Mg	11.1951
Sulfato sódico	SO ⁴ Na ²	7.7430
Sulfato cálcico	SO ⁴ Ca	1.9252
Bicarbonato cálcico	C ² O ³ Ca H ²	0.0501
Bicarbonato magnésico	C ² O ³ Mg H ²	0.1880
<i>Total.....</i>		83.3270

Si de este peso descontamos el ácido carbónico de los bicarbonatos... .. tendríamos un peso que no hay que comparar con el del residuo á 178° C., pues éste debe retener todavía agua de los cloruros magnésico y cálcico... .. En efecto, si de este peso se resta la pérdida de cloro por calcinación... ..

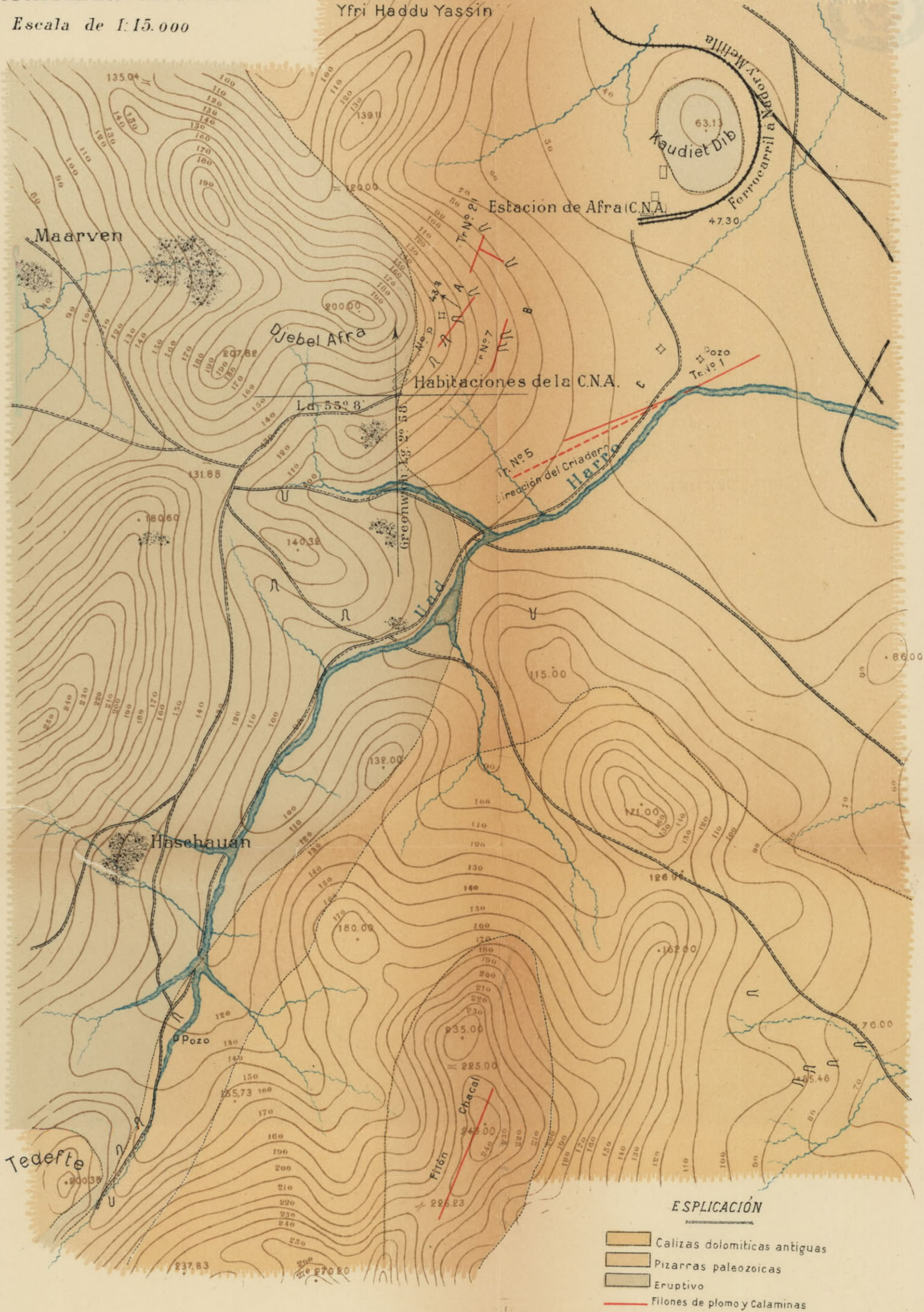
Y al resultado obtenido

78.3930



PLANO GEOLOGICO DE LA REGION DE AFRA CRIADEROS METALIFEROS DE PLOMO Y ZINC

Escala de 1:15.000



se añade el peso de oxígeno necesario para que los cloruros magnésico y cálcico pasen á oxiclорuros de la fórmula ClO Mg, es decir, 16 de oxígeno para 35'4 de cloro, se tendrá.....	2.1840
cuya suma	80.5770

da un peso prácticamente igual al del residuo obtenido por calcinación al rojo.

Hasta aquí las conclusiones del análisis verificado por el Sr. Hauser. Se ve también, que la riqueza en cloruro sódico, de las aguas de Mar Chica, excede en más de un 30 por 100 de la cantidad de esta sal, contenida por regla general en las aguas del Mediterráneo que bañan la costa; y algo parecido, aun cuando no en tal escala, puede decirse respecto al cloruro magnésico.

En la cuenca de Río de Oro se ha ejecutado, por la Junta de obras del Puerto de Melilla, un sondeo cuyo caudal alumbrado sirve para abastecer la Plaza, y que después de atravesar varias capas arenosas, calíferas y arcillosas, pliocenas, encontró el agua á los 90 metros de profundidad. Acusó ésta, en los ensayos, un contenido por litro de 0,23 gramos de sulfato magnésico y 0,18 de carbonato cálcico, á más de otras sales: al ensayo con el jabón dió de 40° á 50° hidrotimétricos. Con el tiempo, parece sin embargo haber mejorado la calidad de estas aguas.

Posteriormente y también por la Junta de Obras del Puerto, se perforó otro sondeo en el mismo parque de Melilla. Por el estudio estratigráfico de los depósitos encontrados en el sondeo número 1, que parecen buzarse con una pendiente de 1,25 por ciento hacia el mar, se instaló este segundo taladro para buscar el manto acuífero á 130 metros de hondura: á los 150 metros tropezó con agua artesiana que surgió á 1,50 metros sobre la boca del sondeo; pero á consecuencia de un accidente producido por el mal estado del entubado, este sondeo se ha atorado y habrá que proceder á una nueva perforación. El agua surgida acusó 50° hidrotimétricos.

De todos modos, es indudable la existencia de la capa acuífera profunda en los llanos de Melilla, de calidad muy su-



perior á las aguas salobres «de paso» que se encuentran á 6 ó 7 metros de la superficie ; y de esperar es que la apertura de taladros prosiga y se multiplique.

Criaderos minerales .

MINERALES DE PLOMO Y ZINC

Afra.

Los yacimientos de galena, y por excepción también de calamina de la Guelaya, están reducidos por ahora á la región del Uad Harro en Afra, ó al menos tan sólo en esa zona se han investigado esas clases de mena : es de advertir sin embargo, que hay muchos datos para suponer que la formación filoniana de plomos, no esté concretada á esa región, sino que dé lugar, en el porvenir, á descubrimientos análogos en otros muchos puntos de la Guelaya, donde se presentan condiciones geológicas idénticas y vestigios exteriores de haber tenido lugar rebuscas de este mineral.

Hoy por hoy, las explotaciones de plomo radican casi exclusivamente en Afra, en la cuenca del Harro y la lámina número 4 dá una idea de este distrito incipiente, trabajado en la actualidad por la Compañía Norte Africano. Los planos números 7 y 8 representan cortes transversales y proyecciones horizontales de los diversos criaderos y trabajos en detalle, que permitirán abrazar en conjunto esta formación, de por si muy curiosa, por sus condiciones mineras propiamente dichas.

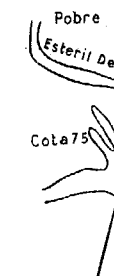
Este pequeño distrito que empieza á desarrollarse, está servido por la línea férrea de Afra á Melilla, cerca de cuya estación terminal, en las mismas minas, se ha llevado á cabo la instalación de una pequeña central de fuerza para las necesidades futuras de la explotación , que cual ya se indicará, requiere sobre todo un buen taller de concentración mecánica, impuesto por las especiales condiciones que caracterizan la mena y el relleno filoniano : aparte de ella, y en algunos trabajos, el servicio de extracción se hace provisionalmente por

motores de gasolina, en espera de que el desarrollo de la explotación exija instalaciones más completas.

Son muy numerosos los trabajos de rebusca, prospectación y explotación, llevados á cabo en Afra, pues pasan de 40 los que se pueden enumerar, aunque de importancia muy diversa: algunos de ellos han sido ejecutados por los indígenas, con gran anterioridad á la época reciente de la Compañía actual: la circunstancia de aflorar alguno de los criaderos con ronchas y columnas más ó menos metalizadas, mostrando al descubrimiento la galena, excitaron la codicia de los rifeños, quienes por medios primitivos, de los cuales se ven vestigios, no encontraron dificultad para la fabricación en pequeño, de plomo metal, tomando siempre como materia prima el sulfuro, pues el carbonato ó cerusita, por la carencia de propiedades físicas exteriores de sustancia metálica, ha pasado inadvertido mucho tiempo, hasta que técnicos y obreros europeos han llegado á instalarse en la región.

Pero entre tantos trabajos, realmente tan sólo seis ú ocho de ellos, han llegado á tener importancia y han merecido la pena de servir de puntos de partida para desarrollar en serio un plan de labores mineras, con el auxilio de pozos y planos inclinados nuevos: entre ellos, merecen especial mención los llamados « Trabajo número 1 », « número 5 », « número 2 », « número 7 », « número 21 » y « número 14 », que son los figurados en los planos números 7 y 8 y que de por sí pertenecen á criaderos muy distintos.

Todas estas labores jalonean tres alineaciones ó criaderos completamente diferentes. El manto A que es el más avanzado al N O, en el cual se han abierto las labores número 21 y número 2, con una dirección sensiblemente de N E. á S E. y un buzamiento medio de 40° al N O. Mas al S E. se presenta la segunda alineación, la B, cuya explotación principal es el llamado trabajo número 7, con dirección muy próxima á N S. y buzamiento de unos 25° á 30° al O. Y por fin, más hacia el E. cortando el lecho del Harro y conteniendo los trabajos número 1, número 14, número 5, y otros intermedios, aparece el criadero C., cuya dirección general, (y prescindiendo de ligeras ondulaciones), es la de E. 15° á 20° N. con buzamiento de 38° á 43° hacia el N. 15° á 20° O.: aflora muy típi-



Fig^a 1
Trabaj



MINAS PLOMÍFERAS DE AFRA

Detalles de Labores

ESCALA 1:1500



Fig.ª No. 1
Trabajo No. 2

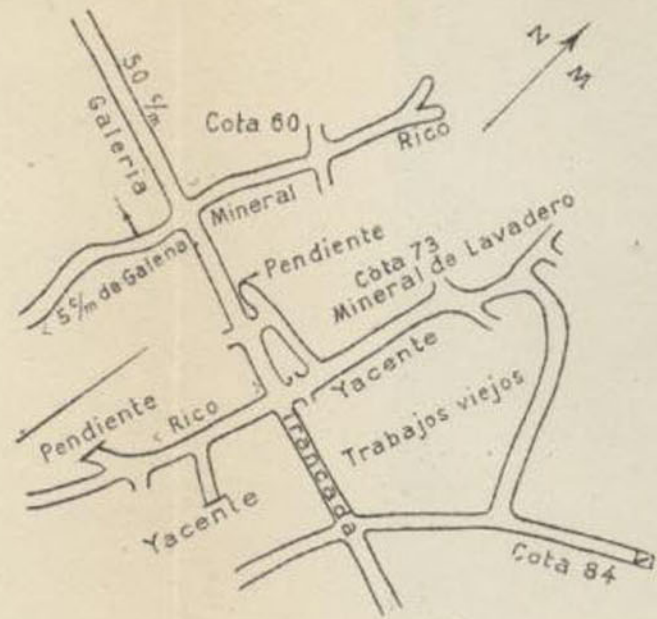


Fig.ª No. 2
Trabajo No. 7



Fig.ª No. 3.
Trabajo No. 21.

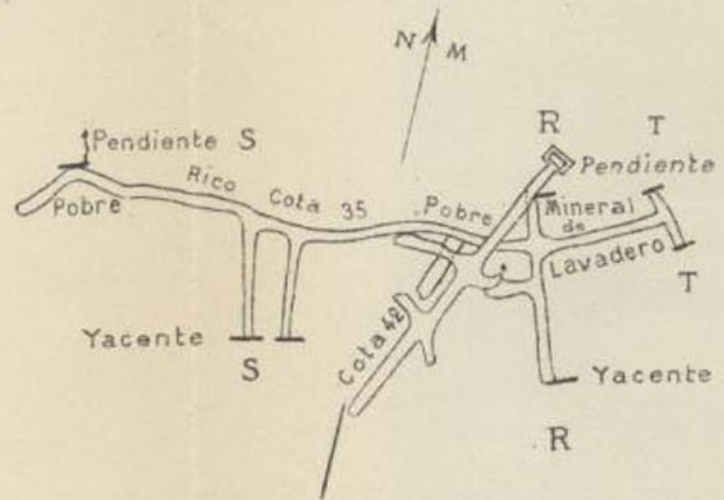


Fig.ª No. 4
Trabajo No. 1

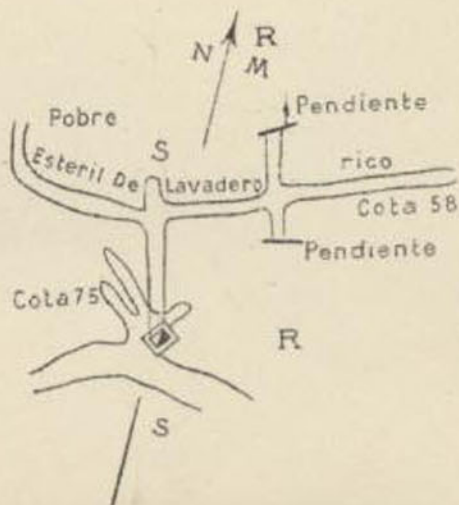


Fig.ª No. 5
Trabajo No. 5

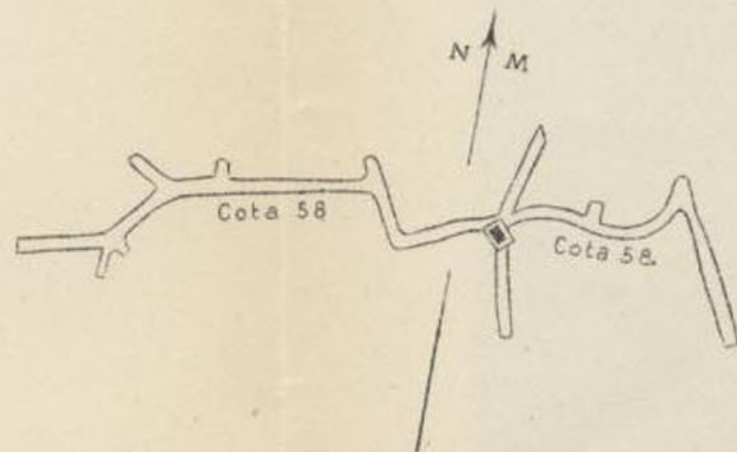


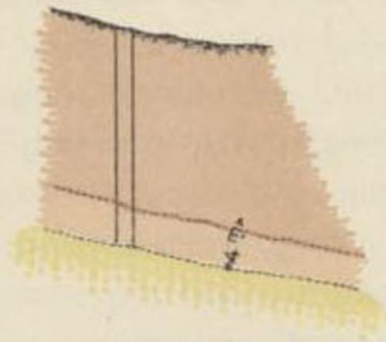
Fig.ª No. 6
Trabajo No. 14

MINAS PLOMÍFERAS DE AFRA

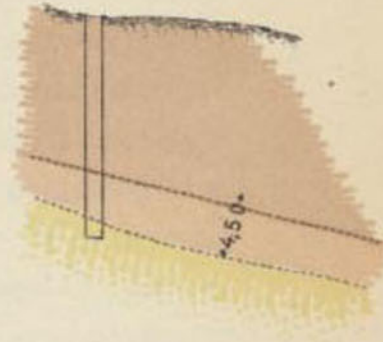
Cortes Transversales.



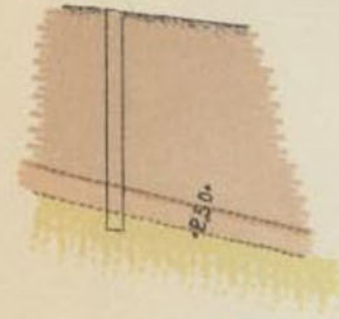
Figª 1ª
Corte S.S. del Trabajo Nº1



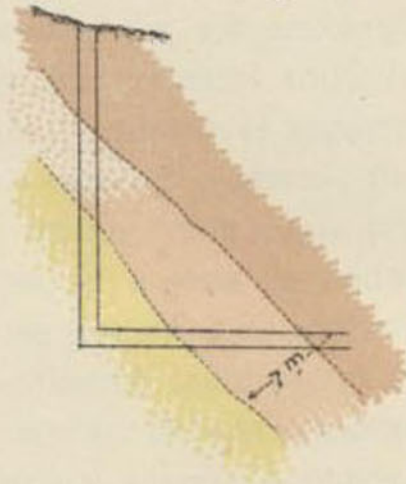
Figª 2ª
Corte R.R. del Trabajo Nº1



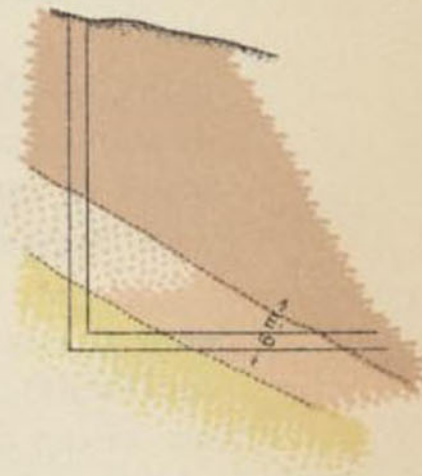
Figª 3ª
Corte T.T. del Trabajo Nº1



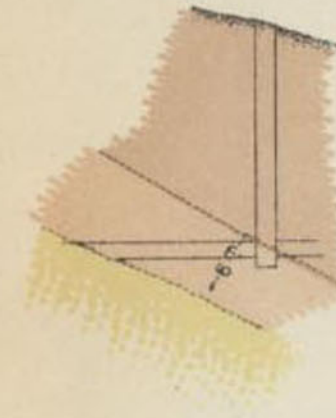
Figª 4ª
Corte S.S. del Trabajo Nº5



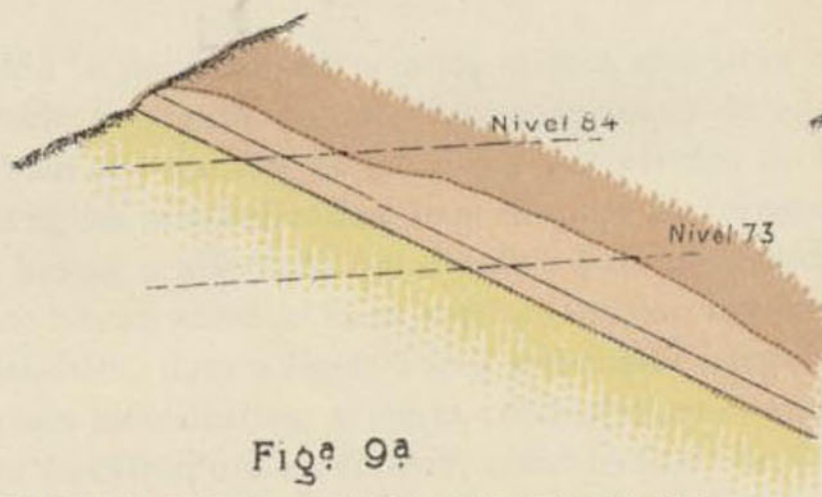
Figª 5ª
Corte R.R. del Trabajo Nº5



Figª 6ª
Corte Transversal del Trabajo Nº14



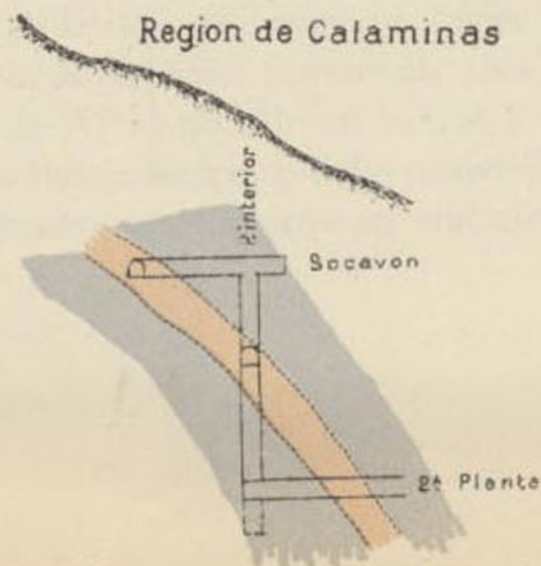
Figª 7ª
Corte Transversal del Trabajo Nº7



Figª 8ª
Corte Transversal del Trabajo Nº2.



Figª 9ª
Corte Transversal R.R. del Trabajo Nº21
Region de Calaminas



ESPLICACIÓN

- Mineral
- Roca erúptiva
- Pizarras arcillosas blandas
- Pizarras lustrosas metamorfizadas

Cotas sobre el Nivel del Mar (90)

camente en el lecho del Uad Harro, cerca del trabajo número 1, con un relleno de caja duro y barítico muy característico.

Pero más aguas arriba del Uad, en las proximidades de Hashaouan, se presenta otro afloramiento barítico, á lo largo de la rambla, con dirección muy similar á la del criadero C y cuyas características mineralógica y geológica de la caja, podrían hacerle tomar por la continuación del criadero C., en cuya prolongación planimétrico-topográfica parece encontrarse: la enorme diferencia de cotas entre ese afloramiento y el del trabajo número 1, unida al buzamiento tan suave de criaderos tan acostados, evidencia, sin embargo, que se trata de una cuarta alineación más oriental todavía que la C.

Estos criaderos presentan el aspecto típico de *flones capas* interestratificados con las pizarras, de verdaderos *mantos* en una palabra; al menos en su parte principal, antes de llegar al terreno eruptivo, cuya zona de contacto ofrece especial interés, y de la cual se tratará más adelante.

Forman el pendiente, las pizarras arcillosas, mates, á veces cloríticas; y el yacente, esquistos metamorfozados, talquíuticos, filadiformes, duros y á veces sonoros. Pero como quiera que estos mantos, no impliquen para su génesis una grieta preexistente, faltan en ellos también verdaderas salbandas en el pendiente, y rara vez aparece algo que merezca ese nombre en el yacente.

Dada también la poca consistencia de la roca que sirve de caja, y sobre todo la pendiente excesivamente suave de ella, es lógico, que bien sea durante su génesis y por efectos de la corrosión de las aguas mineralizadas, bien después de formado el criadero, se hayan ocasionado hundimientos de los esquistos blandos, que hayan atorado la caja filoniana con materiales más impermeables, dando lugar á una acentuada irregularidad en las zonas metalizadas, y cierta tendencia en el yacimiento, á tomar la estructura en *rosario*, considerando la formación en su conjunto y prescindiendo por el momento de los detalles que pudieran oscurecer su facies general. Esto explica también, la sinuosidad puramente local, de los depósitos metalíferos de Afra, no sólo en lo que á su dirección se refiere, sino en sus buzamientos, y debe prevenir contra la tendencia de ver numerosos criaderos en trabajos próximos en

donde no concuerdan enteramente, ni los arrumbamientos ni las inclinaciones, cuando realmente suelen pertenecer á un solo manto: y hace también caer de su base, la suposición (muy común en la generalidad de los mineros) de admitir para yacimientos próximos sensiblemente paralelos ó no, (pero convergentes en apariencia), zonas de unión y de enriquecimiento en los anhelados contactos, bien sea en dirección ó en profundidad.

Los criaderos de Afra, parecen obedecer, como queda dicho á tan sólo tres y tal vez cuatro alineaciones distintas y sensiblemente paralelas en su conjunto, aun cuando en trabajos aislados, varíen á veces los rumbos en cerca de 90°, por efectos de plegamientos locales sin importancia.

El espesor de estos mantos es variado, pero por regla general, oscila entre 5 y 7 metros, aun cuando en algunos puntos su potencia exceda de estas cifras: estos espesores, dado el buzamiento suave (á veces de menos de 15°) de los mantos, hace que en *horizontal*, en las *plantas*, adquiera el criadero potencias aparentes enormes, de á veces 30 metros y más, entre yacente y pendiente.

El relleno está constituido por barita como ganga predominante, calcita en cantidad también de importancia, vetas de cuarzo filoniano, productos de descomposición de las pizarras, óxidos de hierro, verdaderas cineritas endurecidas en algunas zonas, é inyecciones de cuarzo, que transforman en determinada región los óxidos de hierro en verdaderos bancos de jaspe ferruginoso: como mena explotable se presenta la galena hojosa en la mayoría de los casos, la cerusita, y la calamina.

Todas estas sustancias, y muy especialmente el cuarzo, la barita y calcita, suelen afectar la estructura fajeada, sobre todo en las proximidades de la roca eruptiva: la galena y cerusita adoptan igual estructura, concentrándose sobre tonalmente además en el relleno barítico, cuya circunstancia hace difícil hasta ahora el separar, salvo excepciones, las zonas ricas de las inexplotadas: son contadas las columnas extraordinariamente ricas, pero en cambio son más raras aún las enteramente estériles; y en general, la mayor parte de la

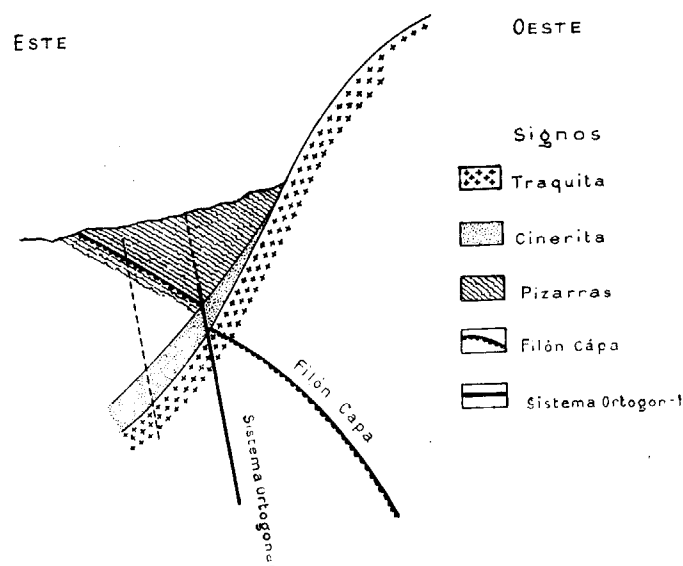
masa filoniana, constituye una materia prima de concentración mecánica, que obligará á explotar casi la totalidad del criadero, exigiendo sobre todo la instalación de grandes lavaderos.

Uno de estos mantos, el que contiene los trabajos número 2 y número 21, el más cercano á la roca eruptiva, aumenta su buzamiento al contacto con la traqui-andesita: y es muy probable, que una vez que encaje completamente dentro de ella, alcance una inclinación mucho más próxima á la vertical, aparezcan verdaderas salbandas, y se concrete más su aspecto de verdadero filón con grieta preexistente: y en los puntos profundos de algunas de estas labores, parece confirmarse de una manera clara esta suposición, tomando el criadero una facies y un relleno de caja muy parecido á la de los célebres filones de la zona española del distrito de Mazarrón: en el trabajo número 2 sobre todo, perteneciente al criadero más occidental de Afra, es donde puede observarse mejor este cambio, en la última planta abierta, y en el fondo de la trancada ó plano inclinado que hace el servicio de extracción.

De interés de primer orden, es también el fenómeno que presenta ese mismo criadero, en su extremo N. es decir, en el llamado trabajo número 21; en este campo de labor, un filón claramente hidrotermal, típico, de buzamiento bastante pronunciado, salbandas perfectamente definidas, cortando la estratificación, con numerosos huecos y *soplados* tapizados de cristales de minerales diversos, cruza ortogonalmente al criadero general y cambia en absoluto su caja y la naturaleza de sus minerales: la zona de E. al N. del filón cruzante, aparece de repente, como criadero principalmente *sincífero* constituido por dos grandes vetas paralelas dentro de la misma caja, una de ellas, verdadero carbonato de zinc muy rico y de buen espesor, sobrepuesta á otra veta, no menos apreciable, de más de diez centímetros de galena compacta: el filón cruzante, de por sí, lleva también dos fajas distintas paralelas, de carbonato de zinc una, de sulfuro de plomo la otra, y la zona de cruzamiento, coincide casi con el contacto de la formación sedimentaria con la traquita, separadas por unos cuantos metros de cinerita. Es la zona llamada de las

calaminas y lo extraño es, que ese mineral no se vuelva á presentar ni en el mismo criadero, fuera de la vecindad del filón cruzante, ni en los otros de Afra, hasta ahora al menos.

El croquis que sigue da una idea de este cruce típico é indica también la zona de descomposición característica de relleno caolínico y laguenoso, en la zona de encuentro.



El filón ortogonal ó cruzante hace saltar el principal algunos metros hacia el N., lo cual implica para este una génesis anterior á la del primero: los mantos A, B, C, parecen alinearse en los cuadrantes N. á N O al entrar en la roca eruptiva, ó al menos, esta suposición se confirma en el criadero que ha penetrado ya en la traquita, y pudiera tal vez relacionarse su génesis con el período inmediatamente posterior á esta erupción: el filón cruzante, representación tal vez de un sistema ortogonal, estaría entonces muy probablemente en conexión con las erupciones basálticas, y su mineralización, tendría su origen en las fase solfatárica y geiseriana que debió seguir á la aparición de las peridotitas: esa misma inyección cuarzosa, que ha dado lugar en los rellenos filonianos de Afra, á la formación de zonas con ver-

daderos jaspes ferruginosos, puede muy bien ser la misma que tan extrañas inyecciones de sílice ha producido en las rocas volcánicas de Tres-Forcas, Cabo de Gata, etc., y cambiado algunas traquitas y andesitas, en verdaderas liparitas.

De este sistema filoniano ortogonal, no se conoce hasta ahora mas que un representante, el cruzante citado: pero pueden tal vez existir otros, aunque no hayan podido penetrar claramente en los mantos, en las regiones lejanas de la erupción traquítica: observaciones cuidadosas, podrán tal vez descubrir en lo futuro las uniones ó cruzamientos difusos de ambos sistemas, en esas zonas de la formación minera, más apartadas de las traquitas, contribuyendo ese hallazgo á la explicación de ese metamorfismo especial que se nota en los esquistos que sirven de base á los mantos plomíferos.

Esta hipótesis que podría representarse por el esquema de la figura anterior asignaría á esta red filoniana ortogonal y cruzante, un papel principal en la génesis de los mantos explotables, como sistema mineralizante general de todo el conjunto, y con metalización propia además, de importancia en ciertas zonas, á juzgar por el solo ejemplo que de él se conoce. No sería sin embargo prudente sacar la consecuencia de una mayor metalización en estos filones cruzantes, respecto á las de los del sistema *receptor*, que forman el distrito, y lo mas frecuente es que tenga lugar todo lo contrario, apareciendo estériles pobres, ó al menos tan sólo ricos en sus partes altas, estos yacimientos que sirven de vehículo á las inyecciones mineralizantes, cual parece estar plenamente dilucidado en los grandes distritos plomíferos del Sur de España, y muy típicamente en el macizo de Sierra Morena, donde ese sistema ortogonal mineralizante, está representado por filones *Norteados* cuyos afloramientos y contextura filoniana son de una apariencia y hasta grandiosidad poco en consonancia con su riqueza metalífera é importancia industrial: allí, como en el cruzante de Afra, el aspecto filoniano de estos ortogonales es mucho mas típico que el de los filones enriquecidos por ellos mismos.

Minerales y metalizaciones.— El mineral aprovechable predominante, es el de plomo en forma de sulfuro ó de carbonato, y muy pobre en plata, apenas si con 300 á 320 gramos

de plata en la tonelada de plomo metal; pero en cambio, es rico en este último, y con pocas impurezas, lo cual permite obtener un plomo de obra muy dulce. Los carbonatos son también de riqueza muy elevada, á veces casi mineralógicamente puros.

Como ya queda indicado, y salvo algunas fajas de metalizaciones compactas (entre las cuales las hay hasta de 0,60 y más de espesor) el mineral se suele presentar en grandes ronchas frecuentemente pegadas á las zonas del pendiente y del arrastre sobre todo, salpicando todo el enorme relleno barítico en la región más investigada hoy día, superior al nivel freático. Ya al llegar á éste, parecen menguar muy palpablemente las especies oxidadas, y se acentúa el predominio de la galena: y es más, como quiera que en los trabajos del manto A. (que es donde se ha llegado á la zona de las aguas), coincida esta circunstancia con la de acercarse y hasta penetrar en algún punto dentro de la traquita, el cambio de aspecto de la masa filoniana es muy sensible, y se acentúa notablemente la tendencia de la galena á alinearse en verdaderas fajas, con una regularidad que contrasta con la falta de esa condición en las zonas superiores.

En cuanto á las calaminas del extremo septentrional del manto A. su riqueza en metal es elevada, tratándose principalmente de carbonatos. Una muestra corriente de este mineral ha dado, en su análisis, los resultados siguientes:

Sílice...	1,16 por 100
Cobre...	0,18 » —
Plomo...	indicies
Azufre...	0,12 » —
Oxido de hierro...	15,26 » —
Oxido de manganeso...	5,14 » —
Oxido de zinc...	46,95 » —
Cal...	0,32 » —
Magnesia...	2,73 » —
Plata...	0,0032 » —
Pérdida en calcinación...	28,10 » —

que arroja un contenido de
38,67 por 100 en zinc metal

32 gramos de plata en tonelada y

28,10 por 100 en ácido carbónico y agua.

La mena zincífera que se produce en Afra oscila entre 33 por 100 y 38 por 100 de cinc; alguna partidita, por excepción, ha llegado á 42 por 100.

De los tres mantos minerales que se explotan, el A. es el que en su extremo N. da lugar á esta producción de calamina, en el trabajo número 21. En la lámina número 7, se representan los croquis en la planta de estas labores, y en la lámina número 8, aparecen los cortes transversales correspondientes, con indicación somera de las zonas ricas y las rocas en que encaja el criadero.

En el 21, se puede observar bien el salto producido por el filón cruzante en el criadero general, que sigue hacia las labores del trabajo número 2 en región de contacto, perdido en algunos metros, para luego consolidar su caja otra vez: también se nota en el pocillo interior de la zona número 21, el cambio de inclinación y de caja (al entrar en la traquita), de que ya se ha hecho mención: las calaminas quedan concretadas á la región extrema Norte, pasado el salto producido por el cruzante.

El trabajo número 2, en plena zona de contacto, ofrece también mucho interés, con tanto más motivo cuanto que todo ese campo de explotación está en zona muy rica, donde son frecuentes ronchas ó árboles de buena metalización compacta, aparte de la cantidad de materia prima para el lavado, que rellena la mayor parte del criadero. Este adquiere á veces espesores considerables, y el término medio de esta potencia no bajará, por lo menos, de tres metros aprovechables, haciendo abstracción de las zonas pobres ó estériles.

En este trabajo número 2, se ha cortado otro manto paralelo al principal, explotado antiguamente, pero cuya investigación no se prosigue por ahora.

El manto B. está representado, sobre todo por el campo de explotación llamado número 7. Es el criadero que acusa mayor espesor de los tres, pues pasa su promedio de siete metros, entre los cuales, cinco metros por lo menos, son aprovechables. También es el que acusa, hasta el presente, mayores metalizaciones compactas en sus zonas elevadas:

la explotación está á punto de llegar á la zona freática, donde se espera un cambio aún más favorable.

Por fin, sobre el manto A., más ó menos investigado, en cerca de 750 metros de corrida, radican los trabajos números 1 y 5 con otros de importancia más secundaria: es el manto más acostado, cuyo buzamiento no pasa de 15° á 20° hacia el N. 15° á 20° O.; su espesor de más de tres metros en el trabajo número 1, aumenta hasta seis metros, hacia el Oeste, y también su buzamiento (véase lámina 8.)

Los trabajos de preparación no están aún muy desarrollados en estos tres mantos; pero sí lo bastante para haber puesto ya al descubierto cantidades considerables de mena rica, y más de unas 40.000 toneladas de materia prima con un 6 por 100 á 7 por 100 en plomo que ha de alimentar un buen taller mecánico de concentración que se proyecta.

Aparte de los tres criaderos principales, someramente descritos, y de su similar de Haschouan, indicado en páginas anteriores, son varias las regiones de Afra en que aparecen vestigios de escarbaduras hechas en busca de filones de plomo, en plena traquita, como por ejemplo, en los mismos altos de Djebel Afra, sobre afloramientos baríticos. Pero el interés especial puede estar en la exploración del llamado «Filón Chacal».

Aflora este filón en la parte alta de la cuenca del Harro, á lo largo de la cresta de su vertiente oriental, encajado primero entre calizas y pizarras, y luego entre esquistos solamente: se le puede seguir en más de 100 metros con una dirección de N. á NE.—S. SO. con un buzamiento casi vertical hacia el E. ES.: parece cortar la estratificación y afecta una facies enteramente filoniana: el relleno es de barita, con cerusita y algo de galena. Se está abriendo gran socavón emboquillado en un barranco secundario del Harro, que los ha de cortar á bastante hondura, y podrá revelar la importancia real industrial que puede tener este criadero.

Fuera de estos mantos y filones de plomo y calamina, en la zona de Afra, la mayor actividad minera desplegada en Guelaya, ha sido en busca de minerales de hierro; y en esta clase de minería se han hecho descubrimientos de real importancia, no sólo en la región de Afra y Uixan, sino en la zo-

na intermedia del Bocoya, Iberkanen, y aun en Tres Forcas.

Los enumeraremos ordenadamente de Levante á Poniente, citando y reseñando ligeramente los de mayor interés.

MINERALES DE HIERRO

En el territorio de Guelaya, son numerosos los yacimientos ferríferos descubiertos, aun en labores preparatorias de exploración: desgraciadamente, pocos han sido objeto de un estudio geológico-minero detenido.

Su naturaleza es, sin embargo, muy varia. Algunos de ellos, en masas intercaladas ó recubriendo la roca eruptiva, parecen acusar una génesis de segregación magmática, de las cuales pueden verse algunos ejemplos en Afra y Bocoya: aparecen entonces como bolsadas, en costras sobre la traquita, y su importancia industrial hasta ahora es dudosa. Predomina en ellas, casi exclusivamente, la magnetita aun cuando la acompañen zonas oxidadas de hematites roja, y la mena es densa y compacta.

Pero, en general, los depósitos más importantes se presentan asociados más ó menos íntimamente á la roca eruptiva, pero en conexión directa con las calizas, acusando una génesis mixta magmática, pero en gran parte pneumotolítica. Esta clase de criaderos francamente de contacto, en los cuales el magma eruptivo parece haber absorbido químicamente el óxido de calcio, con depósito del de hierro (inacción favorecida por el enfriamiento de contacto con roca tan poco conductora del calórico, como la caliza), está ampliamente representada en el Rif oriental. Los minerales de esta clase son en general más ó menos magnéticos; pero pueden dar lugar á zonas oxidadas, á hematites rojas y pardas (éstas, más raramente) y presentan, en profundidad, y sobre todo en el contacto verdadero con el magma, cantidades apreciables de sulfuro, de pirita de hierro sobre todo, salpicando la masa ferrífera.

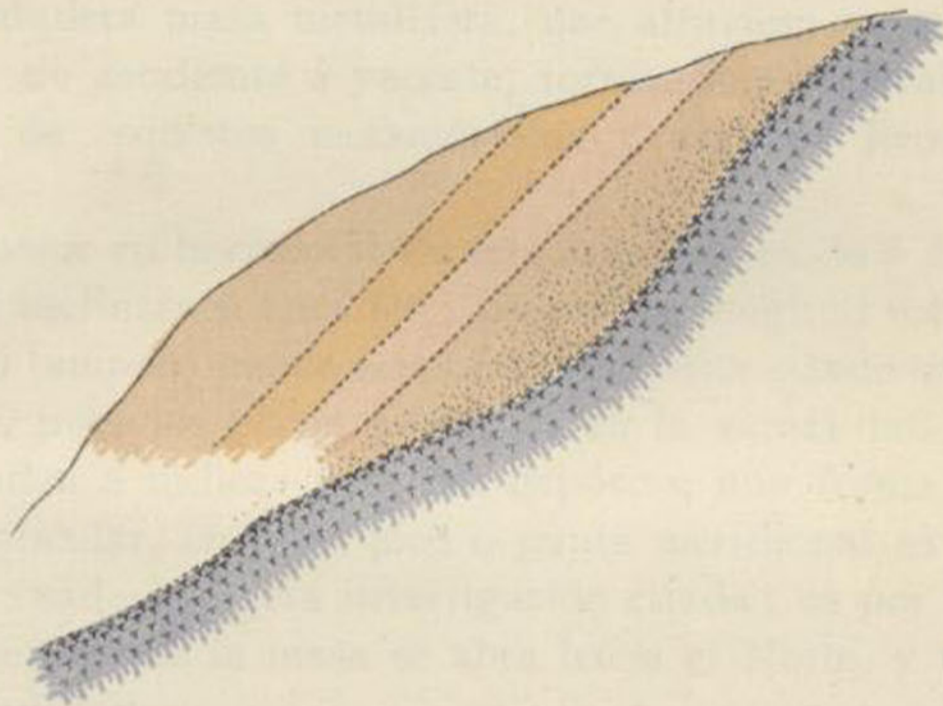
Finalmente, en la misma región se pueden observar yacimientos de hierro con calizas, como pendiente, y esquistos en el arrastre (ó por lo menos con un yacente más impermeable que el techo), de un mineral muy poroso, hematites roja



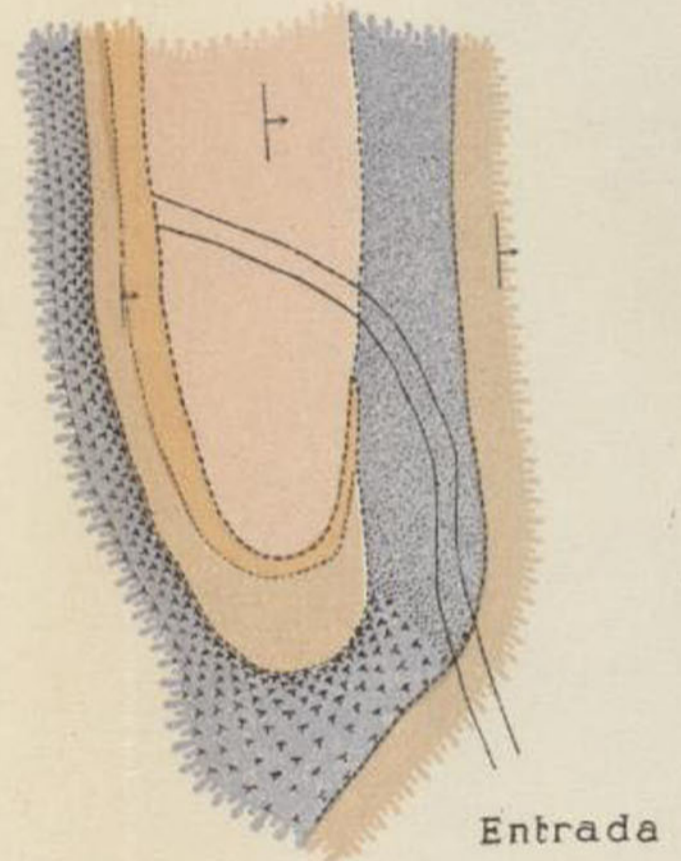
Criadero de Hierro de Afra (Jémis)

CROQUIS

Este Corte Oeste

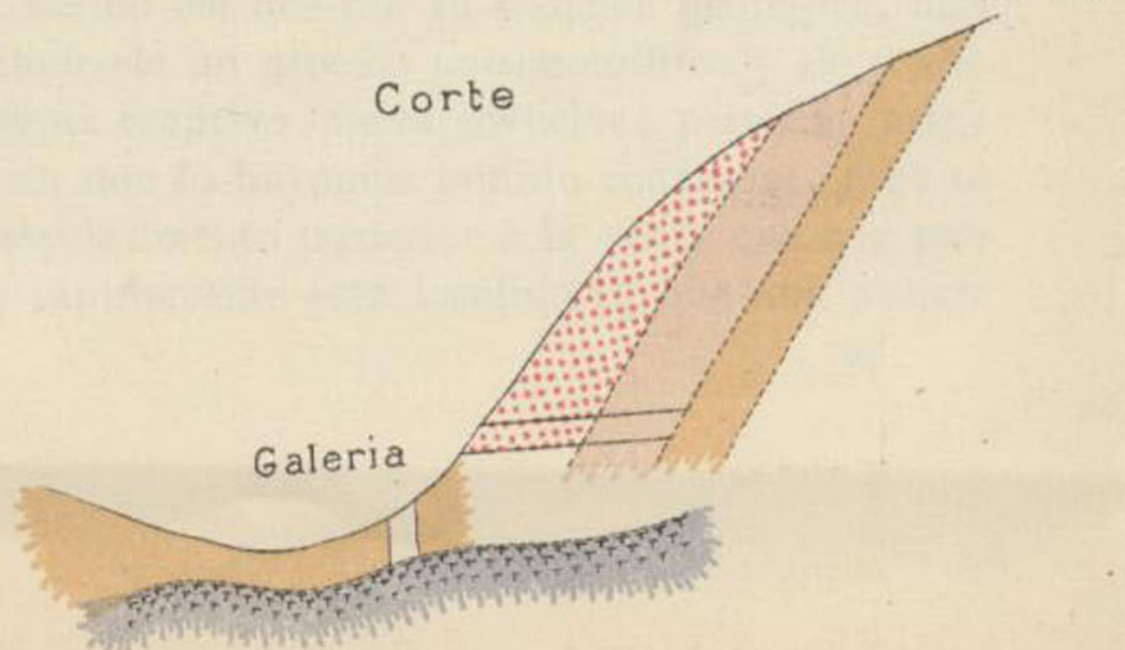


Planta



Criadero de Hierro
MINA VALENCIANA
Cróquis

Este Corte Oeste



Signos

- Roca volcánica
- Cinerita
- Pizarra
- Caliza
- Mineral
- Derrubios

y parda, sin cantidades apreciables de magnetita, exentos de sulfuro, y de forma irregular, que parecen atestiguar un proceso esencialmente metasomático, una sustitución ó ataque de la caliza por aguas ácidas ferruginosas sobre un fondo impermeable.

Yacimientos del Harro.

Un criadero pequeño magnético, sin importancia por el momento, es el de Haschouan. A lo largo de la rambla, aguas arriba del afloramiento barítico de que se ha hecho mención al tratar de los mantos plumíferos, el río está casi relleno de bloques de mineral magnético, muy puro y rico: sobre la falda oriental, y cerca de algunas manchas calíferas que se apoyan sobre unos depósitos pizarreños delgados, se han ejecutado también algunas trincheras, siguiendo las trazas de masas ferruginosas: los depósitos pizarreños, sin embargo, más que esquistos verdaderos, son en realidad cineritas y traquitas foliáceas. Se trata en esa región muy probablemente, de derrubios en gran cantidad, rodados de algún criadero magnético y esencialmente magnético, aguas arriba de la rambla, y cuya posición hasta hoy es desconocida.

El yacimiento, ya de cierta importancia, y seguramente de interés, en esa región, es el situado en el extremo SE. de esa misma formación calcárea, cerca del barranquillo afluente de la parte más alta de la cuenca del Jemis, y de cuyas características geológicas pueden dar una idea los dos croquis, uno de su proyección horizontal, y otro de su corte transversal de las figuras de la lámina 9: en el plano general número 2 de la Guelaya, se indica también su situación topográfica aproximada.

Se trata, de un trozo de formación de pizarra y caliza, enclavado en plena roca eruptiva y en cinerita, que tiene todas las apariencias de un arrastre ó cobijadura, y en posición anormal.

Los afloramientos ferruginosos se destacan en la parte alta del cerro, asociados á lienzos duros de calizas dolomíticas interestratificadas con pizarras completamente metamórficas, que plegadas sobre sí mismas, encierran una masa de mineral



Este

Este

de hierro: la roca eruptiva, traquita en parte, con zonas de porfirita sienítica, envuelve este jirón sedimentario por el O. S. y parte del E., sirviéndole además de substractum.

Una galería en la falda del cerro, aunque cerca del barranco, abierta sobre el pendiente de esta formación (cuyo buzamiento es oriental) bordea primero el contacto de la masa de mineral y los esquistos, donde predominan las cineritas pizarrosas. Mas al N. la galería se arrumba al O. entrando en la verdadera masa metalífera, que atraviesa un poco en diagonal, de pendiente á yacente, formando este arrastre un conjunto de esquistos metamórficos y algunos lienzos de caliza.

El espesor en horizontal de este criadero, es de 5 á 7 metros, y su inclinación unos 60°; pero ni la longitud está reconocida, ni tampoco puede aceptarse el espesor citado como un promedio, pues los pocos datos que en la actualidad se poseen, tienden á indicar para ese depósito, una forma más ó menos lenticular, en cuyo pico ó punta meridional es donde se ha efectuado la ligera investigación citada: es por lo tanto de esperar, que la masa se abra hacia el Norte, y tal vez en profundidad.

El mineral es un hematites rojo, extremadamente poroso, ligero y muy puro, y cuyo contenido medio en hierro, apreciado *grosso-modo* en la pila de mena existente á boca de mina, es de un 55 por ciento: no poseemos análisis de este mineral; pero su aspecto es el de una mena muy pobre en fósforo, y francamente apta para la fusión ácida Bessemer.

Ofrece este criadero (aparte de la importancia industrial que pueda alcanzar) un interés especial bajo el punto de vista geológico, no tan sólo por la posición, en cierto sentido anormal, de su caja, sino por la naturaleza de la mena porosa, enteramente desprovista (hasta el presente) de óxido magnético, con todos los caracteres propios de una génesis metasomática, siendo así que por su posición geológica, más bien deba atribuírsele un proceso pneumotolítico y de segregación del magma eruptivo que la envuelve; pero hay más: parece ser (y sin que lo hayamos podido confirmar, pues se trata de un descubrimiento posterior á la visita que nos permitió estudiar rápidamente esta localidad), que una galería

abierta sobre el pendiente de la masa, ha puesto al descubier-
to un segundo lentejón metalífero, de siderosa que no va in-
dicado en los croquis; y esta asociación del carbonato á los
hematites, ocupando aquella el nivel *más alto*, *más meteori-
zado*, sería en cierto modo extraño y anormal, y vendría á in-
troducir, sobre todo, más confusión en la concepción de su gé-
nesis; la presencia de un carbonato encajaría difícilmente
en un proceso de segregación magmática,

Mina Valenciana.

Llamada así vulgarmente por haberse hecho en ella al-
gunos reconocimientos muy someros costeados por una enti-
dad de Valencia. Está situada en la formación calcárea que
desciende á los llanos de Zeluan, y su situación aproximada
se indica en la lámina 2. Un croquis ó corte transversal apa-
rece en la lámina 9.

Se trata, al parecer, de un criadero metasomático, entre
las calizas dolomíticas, que buzan con bastante inclinación
hacia Levante, y recubiertas por derrubios de mineral, caí-
dos de los afloramientos que aparecen en la cresta del serre-
jón: una trinchera incipiente abierta en la parte baja de la
falda, empieza á cortar el yacimiento metálico. En un pocillo
en el fondo de la vaguada, aparece, sin embargo, la roca
eruptiva á muy pocos metros de profundidad.

El lentejón de mineral está completamente falto de in-
vestigación: los afloramientos, sin embargo, de más de ocho
metros de espesor real, se pueden seguir en unos 60 metros,
ocultándose luego bajo las calizas: el mineral es un hema-
tites rojo, rico y denso.

Mina Rogelio.

Tanto este campo minero del Bocoya, como algunos otros
depósitos de la misma cuenca y el del Iberkanen, son explora-
dos en la actualidad por una entidad alemana, Netter, y ocu-
pan una zona intermedia entre la del Norte Africano y la que
prepara la Compañía del Rif, es decir, desde la rambla del
Jemis hasta el verdadero macizo del Uuixan: el plano geo-
lógico minero de la lámina 5 da una idea de esta zona.

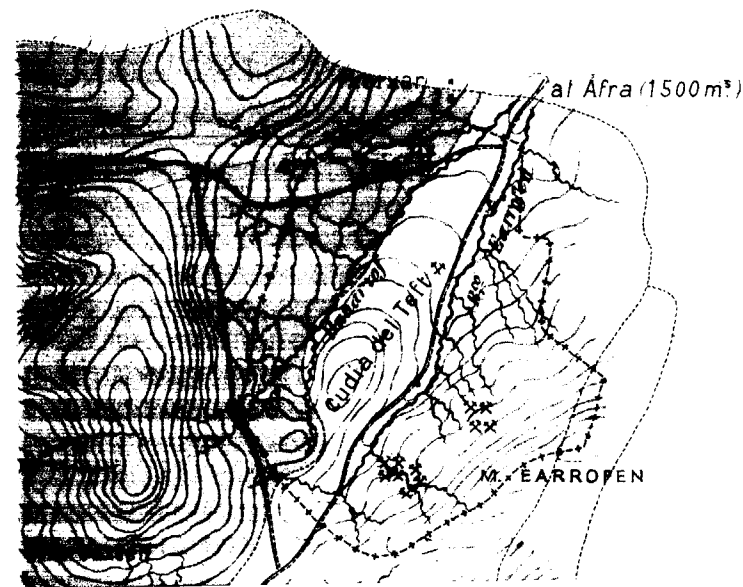
QUEJO GEOLÓGICO MINERO

DE LA REGIÓN

BOCOYA IBER-KANEN

ESCALA 1: 15,000

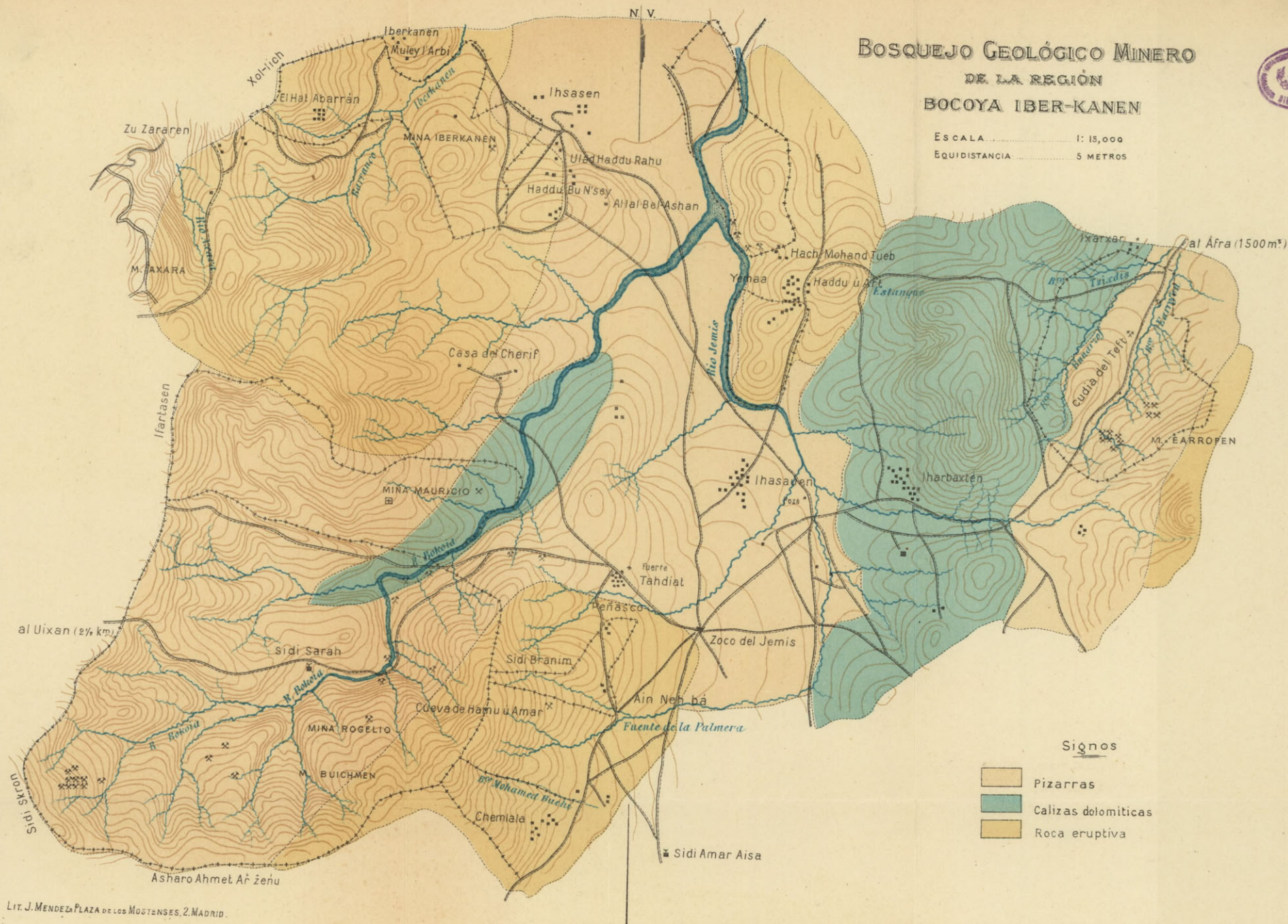
EQUIDISTANCIA 5 METROS



BOSQUEJO GEOLÓGICO MINERO DE LA REGIÓN BOCOYA IBER-KANEN



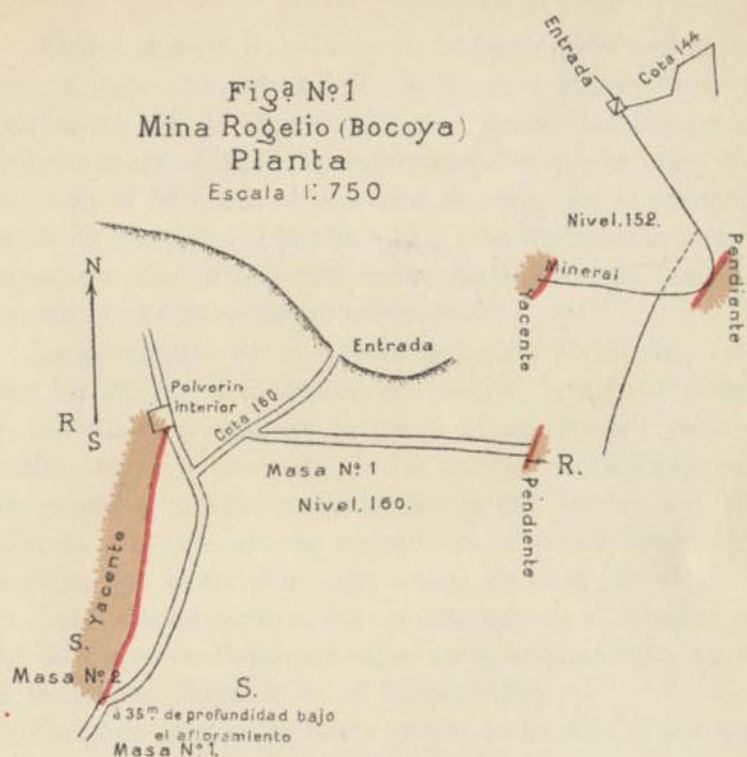
ESCALA 1: 15,000
EQUIDISTANCIA 5 METROS





MINAS DE HIERRO DE BOCOYA IBERKANEN
 Detalles de Labores

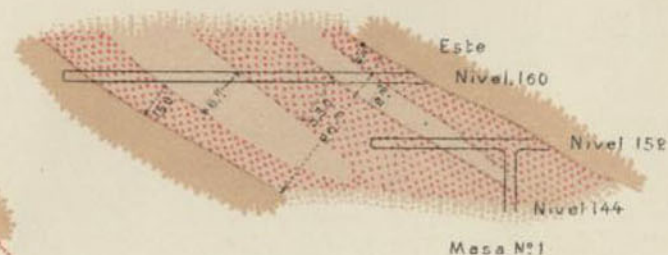
Figª Nº1
 Mina Rogelio (Bocoya)
 Planta
 Escala 1:750



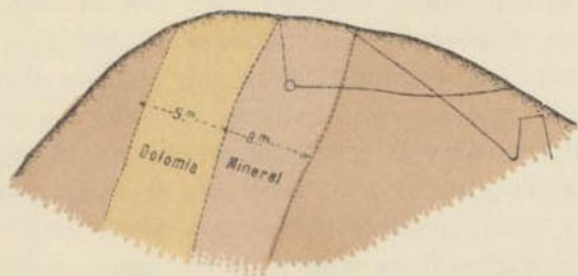
Figª Nº2.
 Mina Rogelio (Bocoya)
 Corte Transversal S.S.



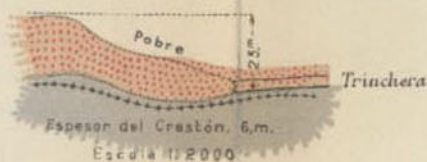
Figª 3ª
 Mina Rogelio (Bocoya)
 Corte Transversal R.R.








Figª 4ª
 Mina Iberkánen (Croquis)
 Corte Transversal



Figª 5ª
 Mina Mauricio (Croquis)
 Sección magnética



Signos

- Mineral hematites 
 - Mineral magnético 
 - Pizarras 
 - Calizas dolomíticas 
 - Roca erúptiva 
- Cotas sobre el Nivel del Mar +90

Radica la mina Rogelio en la falda NO. del monte Buichnien, á unos 150 metros á P. de la cueva Hamir-Amar y un quilómetro más al O. OS. del zoco Jemis: las labores están abiertas en las faldas de un barranquillo que se une 100 metros más al NO. con el barranco Bocoja, por la margen derecha de éste: en las láminas 10 y 5 se representan estos trabajos, no sólo en una proyección horizontal que las relaciona, sino con dos cortes transversales.

La parte alta de la serreta del mote Buichnien, la ocupan las calizas dolomíticas, en bancos de alguna potencia, en las cuales se enclava la cueva Hamir-Amar; pero ya á media ladera y por bajo de las calizas dolomíticas, entran los esquistos ordinarios de la cuenca del Jemis; las labores mineras y el criadero, se encuentran en plena formación pizarrea, con buzamiento muy suave de unos 30° al E.

Entre estos esquistos, encaja concordante el criadero mineral de hierro en forma de capa, cuyo afloramiento, en parte al menos, se descubre en el barranquillo.

La parte explorada hasta ahora, lo ha sido á dos niveles distintos, con salidas independientes por socavones: el piso superior, ó primero, á la cota 160 metros sobre el mar, y el segundo á los 152 metros, es decir, 8 metros más bajo: un pocillo interior en pleno mineral, profundiza otros ocho metros hasta la cota 144, poniendo al descubierto el criadero.

La planta 160 se reduce á un socavón de entrada atravesando la masa, y que á los 25 metros toca el arrastre, constituido por pizarras arcillosas satinadas y talcosas á veces. Dentro del yacente se descubren algunos nódulos aislados y descompuestos de roca eruptiva y cinerita, cuya presencia no tiene hasta ahora explicación suficientemente clara. La galería sigue luego por el arrastre en dirección S., con ligeras ondulaciones, unos 45 metros, bordeando la masa ferruginosa; pero en su culata aparece hacia el O., un nuevo lentejón de magnetita, inexplorada hasta el presente, cuyo espesor se desconoce, y cuya continuación hacia la superficie es también, hoy por hoy, un signo de interrogación. Una travesía de 41 metros, en mineral (de E. á O.), en el piso 160, descubre la potencia total del yacimiento (que pudiera llamarse

número 1) que viene á ser de 20 mts. reales, aun cuando dado su escaso buzamiento, toda la caña de 41 metros en dirección ortogonal á la del verdadero depósito ferrífero, acuse un espesor aparente de 40 metros.

En el piso 152, se ejecuta á su vez otra traviesa, cuya dirección es también normal á la de la masa, pero emboquillada desde su socavón respectivo en el *pendiente*: unos 20 metros de espesor horizontal ó ficticio, lleva puestos al descubierto esta segunda caña, pero aun le quedarán más de 15 metros para llegar al arrastre, si el criadero á ese nivel, sigue con espesor igual al que ha puesto de manifiesto la labor del piso inmediatamente superior.

Por fin, el pocillo de 8 metros por bajo del nivel 152, está completamente en mineral.

De todas estas prospectaciones, unas ejecutadas ya, y otras en marcha, se deducen los cortes correspondientes de la lámina 9.

El mineral es variado: totalmente magnetita en la masa número 2 del yacente, empezada á descubrir, y que aparece en las figuras de la lámina 9, separada del lentejón principal por una cuña de pizarra. En cuanto á la masa principal, es interesante y en extremo curiosa la alternancia de fajas de magnetita y hematites (ó al menos fajas en que predominan una ú otra mena) que descubre la traviesa del nivel 160: después de una faja de 4,50 de espesor real de magnetita en el arrastre, entra otra de 6 metros casi enteramente de hematites rojo, á la que sigue otra de 5,50 metros de magnetita una pequeña luego de hematites y el resto de óxido salino, hasta la pendiente. En cambio en el nivel 152 ya más profundo casi todo el mineral es magnético, así como el descubierto en el pocillo hasta el nivel 144.

El criadero está reconociéndose en unos 50 metros de corrida; y aunque la investigación de toda esa zona no esté ultimada, se le puede atribuir hoy día ya, un tonelaje muy probable de más de 200.000 toneladas, de las cuales una mitad al menos, están completamente vistas, y con posibilidad de aumentar al doble ó más, á poco que se extienda la masa número 2 recientemente descubierta, y por poco que profundice la número 1 por bajo del nivel 144: se trata,

por lo tanto, de un depósito que puede adquirir bastante importancia industrial.

El mineral es bastante sucio en algunos sitios, y necesitará un estrío cuidadoso. En la traviesa del nivel 160 se ven á menudo zonas (sobre todo en las magnetitas), de aspecto enteramente fajeado con vetas de pizarra y de arcilla: la cantidad de azufre en forma de piritita de hierro, es también muy subida, por regla general, y francamente excesiva en algunas regiones, hasta el punto de implicar para lo futuro, algún tratamiento previo de desulfuración, bien sea por tostiión sencilla. bien de concentración magnética con briquetaje, ú otro más adecuado.

En los hematites, estas impurezas sulfuradas y la del fósforo, son más escasas, hasta el punto de constituir una buena mena Bessemer mientras que la magnetita por su composición, no pasa de ser un mineral piritoso y muy mediano para el procedimiento básico, ó todo lo más mineral de mezcla, pues su contenido en fósforo, demasiado subido para el procedimiento Bessemer, no alcanza, sin embargo, la cifra límite para su clasificación como mena Thomas.

He aquí las características de dos muestras corrientes de estos minerales de la masa número 1.

Hematites.	Hierro	50	por 100
	Sílice	8,68	»
	Manganeso	0,21	»
	Fósforo	0,005	»
	Azufre	0,004	»
Magnetita muy piritosa	Hierro	55	»
	Sílice	8,50	»
	Fósforo	0,120	»
	Azufre	3,05	»
Magnetita piritosa	Hierro	53	»
	Sílice	5,71	»
	Manganeso	0,41	»
	Fósforo	0,143	»
Masa n.º 2.	Azufre	5,27	»
	Cal	5,75	»

y es de notar, entre estas dos masas sobre todo. la mayor riqueza en cal y azufre (juntamente con el menor contenido en sílice) de la masa número 2 del yacente, comparada con la magnetita de la masa número 1 del pendiente: está aquella además exenta de arcilla y pizarra en fajas que tanto impurifican algunas zonas de la número 1.

El aspecto de este criadero en conjunto, así como los trozos de roca eruptiva aislados, que se observan encerrados entre las pizarras de su arrastre, indican un proceso de contacto y pneumotolítico: y el mayor contenido en cal, fósforo y azufre, juntamente con uno más reducido de sílice, inclina el ánimo á adjudicar á la masa número 2, el papel de criadero principal ó *criadero madre* (de verdadero contacto en sí), y del cual, por acciones pneumotolíticas en su más amplia acepción, y de metamorfismo, se haya podido derivar la masa número 1 colocada sobre su pendiente: acciones secundarias, metasomáticas, han debido concurrir sin embargo en la génesis del depósito superior, que tal vez reflejen las zonas pizarreñas incluídas en él, y las vetas ó bancos de hematites, aun cuando la formación de esas fajas de sesquióxidos sea principalmente debida á una oxigenación de la magnetita.

Masa Mauricio.

A unos 600 metros más al N. de la zona de Rogelio, en la margen izquierda del Bocoya, á poca distancia hacia el NO. del barranco, se investiga una masita de hierro sobre un manchón de roca eruptiva.

El aspecto de ese criadero de dimensiones reducidas, es francamente el de una segregación magmática.

Aparece en una ligera depresión de la falda, con declive hacia el barranquillo: el afloramiento se puede seguir en unos 25 metros, con una anchura de 12 á 15 metros: el espesor probable no es de suponer sea superior á 7 ú 8 metros, pues ya en el fondo de la vaguada, una galería abierta en el frente de la parte baja del crestón. tropieza con la roca eruptiva que aparece como sirviendo de yacente. La ma-

sa es, pues, de poca importancia, á menos que en el porvenir se descubran nuevas segregaciones; se trata por lo tanto de un criadero en forma de costra, segregado de la traquian-desita.

La parte alta del crestón, más meteorizada, es de hematites rojo: la inferior é interna, de magnetita; y, cual es común en esta clase de yacimientos, la mena es rica en hierro y muy compacta: el contenido en fósforo es reducido, demasiado bajo para el que por regla general acusan los minerales de esta índole; en cambio es muy piritosa.

Dos muestras de esta masita han dado las siguientes características.

Hematites.	Hierro	61,67 por 100
	Sílice	6,46 »
	Fósforo	0,022 »
	Azufre	2,88 »
Magnetita.	Hierro	62,19 »
	Sílice	3,94 »
	Manganeso	0,12 »
	Fósforo	0,016 »
	Azufre	4,35 »

Ambas con pequeñas cantidades de cal y magnesia, y trazas de cobre y zinc.

Más á Poniente, en dirección del Uixan, en lo alto de la ladera izquierda del Bocoya. en los límites al parecer, de los campos mineros que exploran la Compañía Netter y la Compañía del Rif, se presenta otro criaderito muy similar al de Mauricio; y de esta clase de segregaciones magmáticas existen numerosos ejemplos en la región, de importancia muy secundaria en general.

En el plano de la lámina número 5, se indica la posición de la mina Mauricio, y en la lámina 10, un croquis geológico de su criadero.

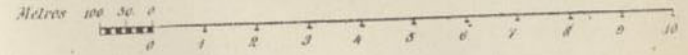
PLANO

DE LOS YACIMIENTOS DE HIERRO DE

BENI-BU-IFRUR

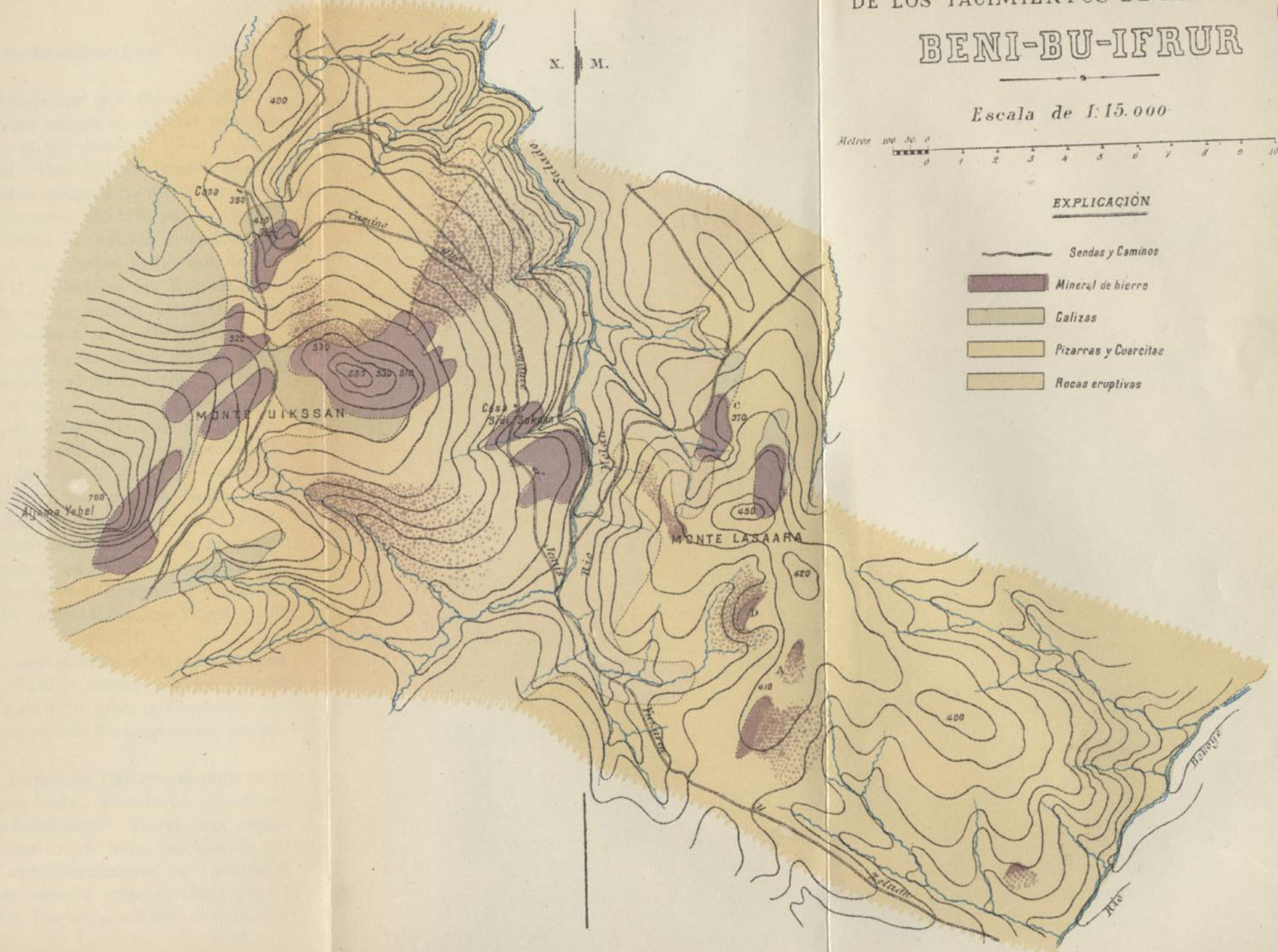


Escala de 1:15.000



EXPLICACIÓN

- Sendas y Caminos
- Mineral de hierro
- Galizas
- Pizarras y Cuercitas
- Rocas eruptivas



Iberkanen.

En el barranco de Iberkanen, un poco al SE. del poblado del mismo nombre, en las faldas bajas del macizo montañoso de Axaara, se investiga también un criadero de hematites por medio de una roza incipiente y algunas galerías someras.

Se trata, al parecer, de una masa interestratificada con calizas dolomíticas entre las pizarras, en el contacto de la formación general de esquistos del Bocoya, con las faldas calcáreas del Axaara.

Los trabajos son aún demasiado reducidos para poder juzgar de su importancia; pero hasta el presente, parece tratarse de un criadero metasomático con un buzamiento pronunciado de unos 40° á 45° encajado entre la caliza dolomítica, ferruginosa en su contacto con la mena, y con los esquistos como caja general. En las láminas números 3 y 5 va indicada la posición geográfica de estas labores, y en el corte ó croquis geológico de la lámina 10, los detalles de la caja.

El espesor del lienzo ferrífero es de 6 á 7 metros en la parte actualmente descubierta, y el afloramiento que atestigua de una manera más ó menos franca, ladera arriba, en unos 30 á 40 metros de elevación: la ladera está además sembrada de derrubios ferruginosos.

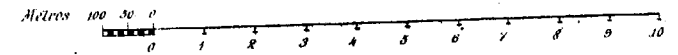
Se trata de un hematites de buen aspecto, rojo en su mayor parte, y relativamente poroso. La calidad, en cuanto al contenido en azufre y fósforo no parece ser mala, y entra de lleno en la categoría de mena Bessemer: su riqueza media en hierro, parece ser la de un 50 por 100, pero una muestra escogida del mejor mineral, ha dado sin embargo las siguientes características:

Hierro	...	...	60	por ciento
Sílice	...	...	9'28	»
Manganeso	...	...	0'20	»
Fósforo	...	...	0'016	»
Azufre	...	...	0'052	»




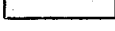
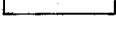
PLANO

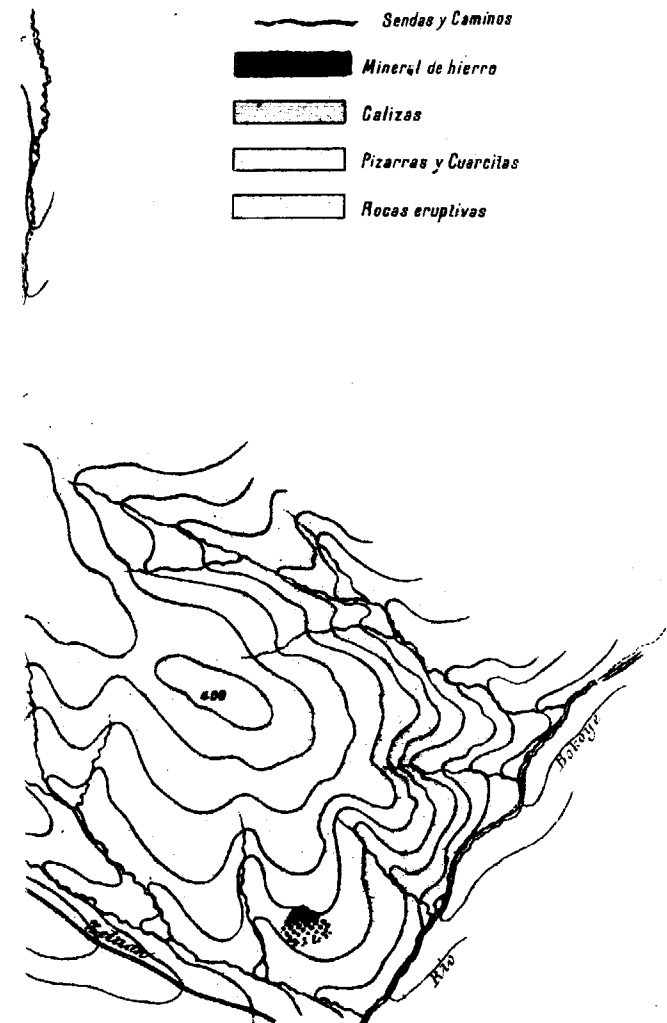
DE LOS YACIMIENTOS DE HIERRO D BENI-BU-IFRUR

Escala de 1:15.000



EXPLICACIÓN

-  Sendas y Caminos
-  Mineral de hierro
-  Calizas
-  Pizarras y Cuarcitas
-  Rocas eruptivas



Minas de Uixan ó de Beni-Bu-Ifrur.

Esta zona ferrífera, explotada por la Compañía del Rif, constituye hasta ahora el núcleo minero de mineral más importante de los conocidos en el Rif oriental.

Abraza todos los altos del Uixan Sidi Chokran y Lasaa-ra en cuyo collado, entre ambos mogotes nace el río Uixan, Saldó ó Rumi (que por todos estos nombres se le conoce). En la lámina número 3 se indica la posición geográfica de estas minas y en la número 6 los detalles geológicos de sus contornos. El corte número 11, debido al Sr. Ramos, antiguo encargado técnico de las minas, refleja según su autor la marcha probable de los criaderos en profundidad.

En la zona de Uixan, se apoyan las calizas magnesianas, sobre las pizarras, con buzamiento al N. casi fijo, pero esta formación sedimentaria, tiene en la región un espesor relativamente reducido. y por entre ellas, aflora en grandes extensiones la roca eruptiva, un verdadero gruenstein dióritico, recubierto en la parte baja de la falda septentrional de la caída al valle de San Juan, por grandes depósitos de cinerita que á su vez se pierden en la vaguada entre el manto diluvial: la roca eruptiva con caracteres ya más marcados de una traquiandesita reaparece en la falda opuesta por Atlaten uniéndose al gran macizo del Gurugú: el buzamiento general de la formación sedimentaria oscila entre 30° y 45°.

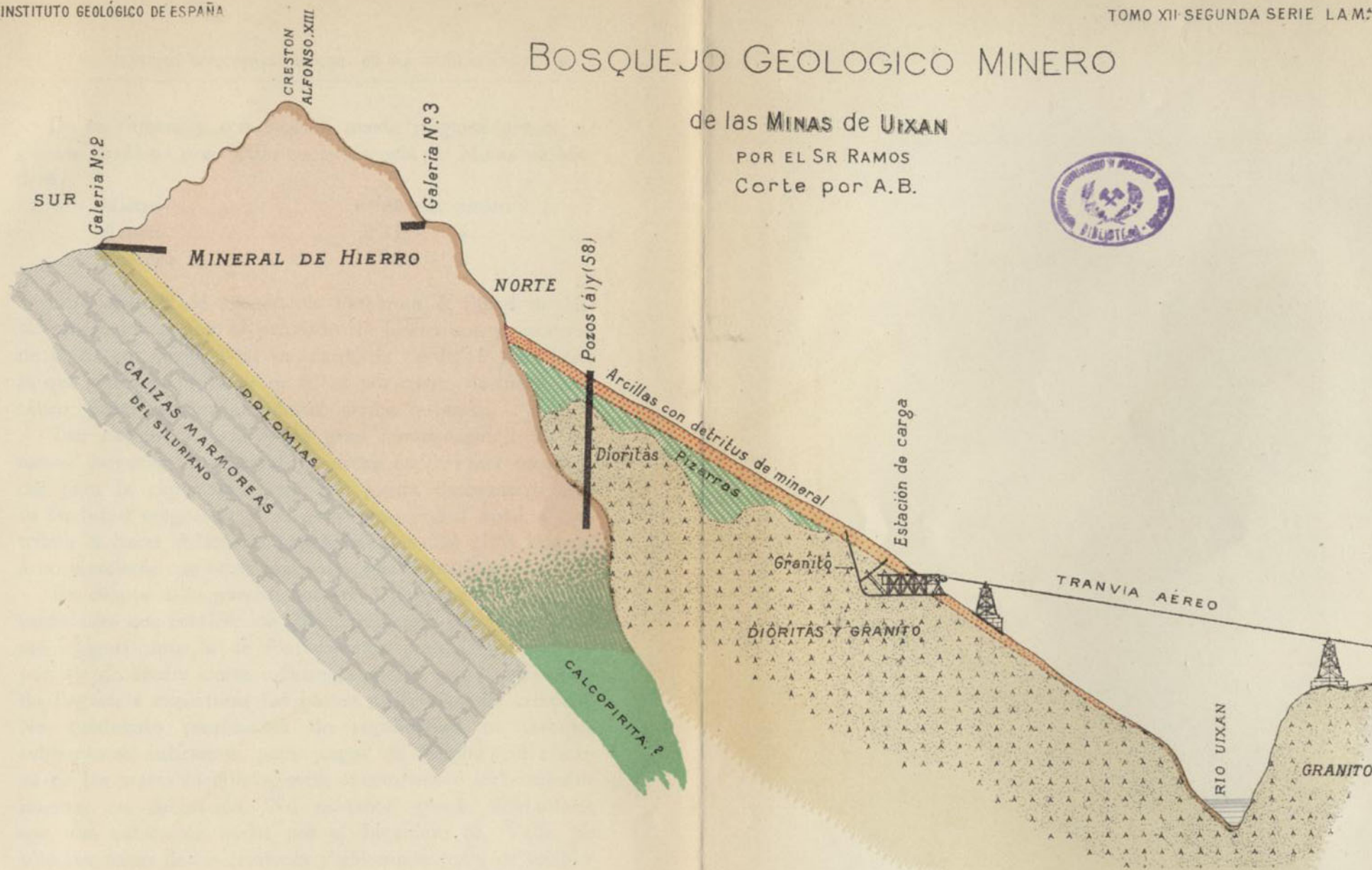
Este criadero complejo, metamórfico y de contacto, ha sido descrito de un modo claro y sucinto por los señores Adaro y Valle en su Reseña de 1910 sobre la Guelaya y nada mejor podemos hacer que repetir á continuación sus palabras.

«La zona que ocupa la formación ferrífera es muy vasta y aun no suficientemente precisada; pero la en que se encuentran los principales afloramientos, abarca una extensión superficial de tres kilómetros de largo por dos de ancho, cuya orientación es aproximadamente de Levante á Poniente. Topográficamente viene á estar dividida por el río Rumi ó Uixan, en dos fuertes porciones montañosas,

BOSQUEJO GEOLOGICO MINERO

de las MINAS de UIXAN

POR EL SR RAMOS
Corte por A.B.



de las que una, la del Yebel Jemis ó monte Milon (que se eleva á 700 metros de altura) forma la divisoria entre las cuencas que vierten á Mar-Chica y la del río Kert, fronteras del verdadero Rif.

Los crestones magnéticos son la manifestación de las grandes masas de mineral que se han formado en contacto con las calizas, por la influencia metamórfica de las rocas eruptivas, que constituyen la parte fondera del terreno y el cuerpo principal de las montañas. Esas masas parecen en algunos puntos descansar sobre los estratos primarios de pizarras y cuarcitas de que ya hemos hablado; en otros puntos parecen apoyarse sobre la misma masa eruptiva, no siendo verosímil que queden limitadas á los macizos aparentes de los crestones, sino que más bien puede admitirse que penetran en gran profundidad, ocultándose á la vista en irregulares dentellones. Otra de sus manifestaciones son los afloramientos de la dolomia que acompaña de cerca al mineral, siendo de admitir que donde quiera que asoman ó existan la caliza y la dolomia, existirán también bolsadas ó masas de mineral, porque subsistiendo las causas, es lógico que subistan los efectos, consideración que permite conceder á la riqueza de los criaderos mayor alcance del que se deduce estrictamente de la cubicación de los crestones y de la multitud de bloques de ellos desgajados que cubren las laderas de las montañas.

El mineral es oligisto en su mayor parte, y magnético en muchos puntos, no siendo raro encontrar bloques ó crestas de verdadera piedra de imán.

No se trata, pues, de un criadero filoniano ni de capas regulares interestratificadas, por más que en el barranco Mohada aparezcan bancos de mineral concordantes con las pizarras. Se trata de uno de los casos típicos de yacimientos originados por el metamorfismo de contacto, análogo á los que se reconocen en Suecia y en nuestras provincias de Sevilla, Málaga y Huelva.

El oligisto es, en general, muy compacto, de grano fino, de color rojo y azulado, y con tan fuerte densidad que por cada metro cúbico puede calcularse un peso neto de kilogramos 4.500.

De su riqueza y composición puede juzgarse por el siguiente análisis practicado en la Escuela de Minas de Madrid:

Hierro	67'80	por ciento
Azufre	0'11	»
Fósforo	0'02	»

Otro análisis de los señores Pattinson & Stead de Middlesborough asigna al peróxido de hierro una proporción de 83'47 por ciento y al protóxido la de 12'15 por ciento la que significa un tenor de 67'88 por ciento de hierro metálico, próximamente el número arriba indicado.

Tan extraña riqueza y la gran homogeneidad de sus masas aseguran al mineral positivas condiciones económicas para la exportación, sin que pueda desconocerse que su cualidad magnética y su gran compacidad puedan contribuir á hacer difícil su tratamiento en los altos hornos, á no mezclarse con otros minerales más reductibles.

En cuanto á su pureza, bastará fijarse en las pequeñas cantidades que contiene de sílice, pudiendo considerarse como insignificante la de fósforo, sólo podrá tener la proporción de azufre cierta influencia nociva sobre todo cuando lleguen á explotarse las partes profundas del criadero. No existiendo condiciones de regularidad ni trabajos subterráneos suficientes para juzgar de la potencia efectiva de las masas metálicas, sería aventurado é indisciplinable intentar su cubicación. No obstante, puede adelantarse que una cubicación hecha por el Ingeniero Sr. Valle, de sólo las masas de los crestones y afloramientos y de los bloques diseminados por las laderas, han arrojado una existencia de mineral de 3 millones de toneladas á lo que habrá que agregar en su día la que arrojen las zonas profundas aun no investigadas; de modo y forma que sólo el criadero de Uixan puede permitir un arranque anual mínimo de unas 300.000 toneladas, lo cual asegura al negocio de la exportación un porvenir lisonjero». (1).

(1) Los reconocimientos y trabajos efectuados desde aquella cubicación, hasta la fecha, permiten calcular una existencia de mineral, doble de la anticipada por aquel Ingeniero.

Hasta aquí, la reseña de los señores Adaro y Valle. Agreguemos que estas minas importantes están servidas por un cable aéreo que baja los productos de la explotación á San Juan de las Minas, donde radican las estaciones de cabeza del ferrocarril de vía de un metro, perteneciente á la misma Compañía minera, y que muere en Melilla., donde se proyectan actualmente las instalaciones de embarque.

Las obras para la carga en vapor no han dado comienzo todavía; parece, sin embargo, que el proyecto de conjunto y detalles para ellas ha sido ya aprobado por la Superioridad civil y militar.

Según éste, se establecerán grandes depósitos para mineral en el edificio llamado «Zoco», y de esta estación arrancarán dos líneas de cable transportador ó cables aéreos hasta la estación de descarga, colocada en plena bahía de Melilla, y á 1.500 metros del Zoco, adoptándose para el cable la patente «Roë», es decir, el monocable de adherencia por guarniciones de caucho. El cable irá apoyado en caballetes y guiado sobre poleas de 65 centímetros. con pando máximo de 150 metros. El arrumbamiento del cable será hacia el N. E. Sobre el cajón artificial, que constituirá la estación de descarga y carga en vapor, se instalarán los motores necesarios, no sólo para la vía aérea, sino para las verdaderas faenas de la carga.

En la península de Tres-Forcas, dentro del macizo arcaico, aparecen también numerosos afloramientos ferruginosos, casi totalmente inexplorados y que, hoy por hoy, no revelan gran importancia industrial; pero insistimos en la circunstancia indicada ya, de la carencia de investigaciones, que impide formar juicio exacto acerca de estos criaderos.

Asoma en varios puntos, pero más principalmente en las regiones de Casablanca y Peñón hendido, ó sea Bulben, y también en las cercanías del poblado de Aguilman.

Estos criaderos de hierro se presentan, en general, dentro de las pizarras talcosas, en forma entonces de filoncillos, generalmente de hierro oligisto, con poco espesor y gran irregularidad; su dirección en esos casos suele encajar dentro del cuadrante nortado (desde el NO. hasta el NE.).

Aparte de estas vetas de oligisto, existen verdaderos hematites, pardos por regla general, en bolsadas de contacto entre las pizarras y una caliza, al parecer localmente concordante, cuya edad está aun por determinar. Los asomos más conocidos hasta hoy son los de Aguilman, y allí parecen afectar una dirección de NE. á SO.; tienen éstos todo el aspecto de criaderos metasomáticos, y la riqueza en metal, en los afloramientos, es poco elevada; pero debemos insistir en la imposibilidad de formar juicio alguno todavía en lo que á su importancia se refiere.

De todos modos, por lo que parece descubrirse en la Guelaya y los datos de referencia más ó menos fidedignos que se posee del *hinterland* de toda esa zona, así como de Quebdana y del Rif medio hasta más al O. de Alhucemas, hay sobrados motivos para sospechar que la riqueza principal de toda esa parte del Imperio sea la minería; y aparte de los yacimientos de hierro y plomo conocidos, y de la más que probable continuación de esas formaciones metalíferas á través de las zonas aun por explotar (dando hoy indicios para que se sospechen idénticas condiciones geológicas), deben también existir criaderos de otra índole y otros minerales, piritosos sobre todo. El estudio geológico minero de esas regiones ha de traer consigo muy probablemente agradables sorpresas.

Concretando la cuestión á la mena de hierro, y teniendo en cuenta el carácter magnético de la mayor parte de ella, sería de un interés indiscutible los estudios magnetométricos de toda la zona, ó, al menos, la prospectación magnética, tan fácil de llevarse á cabo en sitios adecuados. Este medio de investigación rápido aportaría seguramente no pocos descubrimientos.

Acompañamos á esta Reseña varios fotograbados de puntos interesantes, reproducción de fotografías obtenidas por la Brigada obrera y topográfica del Estado Mayor Central, en su mayor parte, al que expresamos nuestro reconocimiento por habernos autorizado á publicarlas.

NOTA.—En prensa ya la presente Reseña geológico-minera, llega á nuestras manos un interesante estudio geológico

del Rif oriental, publicado por el Sr. Fernández Navarro en las Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural, que contribuirá no poco á desentrañar la geología de esta región.

Muchos de los puntos de la citada Memoria concuerdan con las apreciaciones que estampadas quedan, y aun en algún otro, como el relativo á la edad de las calizas dolomíticas, no estamos muy lejos de admitir que nuevos descubrimientos confirmen la clasificación que de ellas hace el Sr. Fernández Navarro, y algo de eso se insinúa en esa Reseña. De todos modos, tan sólo la insistencia en estos estudios y amplitud que se dé á las investigaciones podrán señalar los límites de las diversas formaciones y determinar con precisión sus edades geológicas.





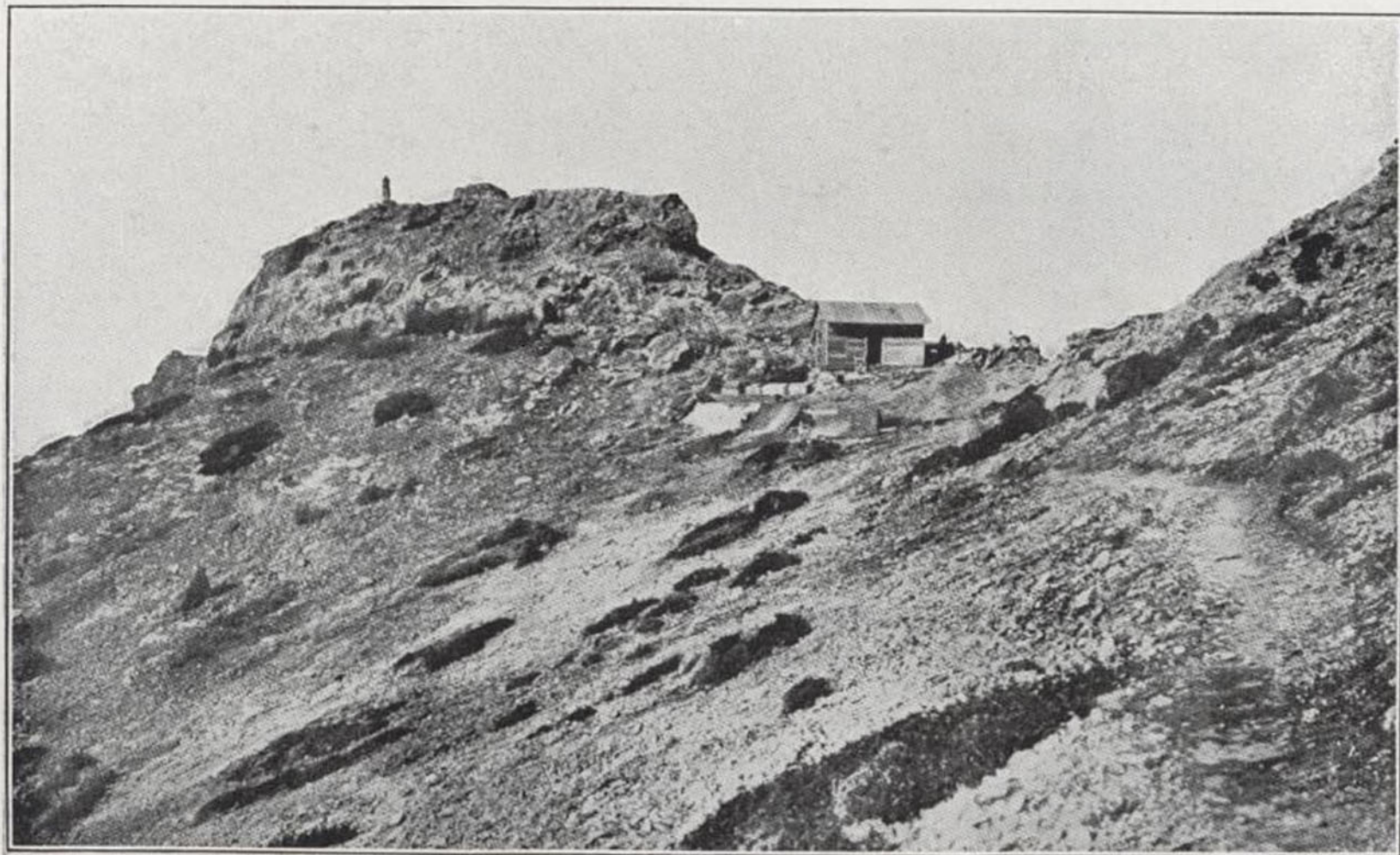
1. Beni-bu-Ifrun.

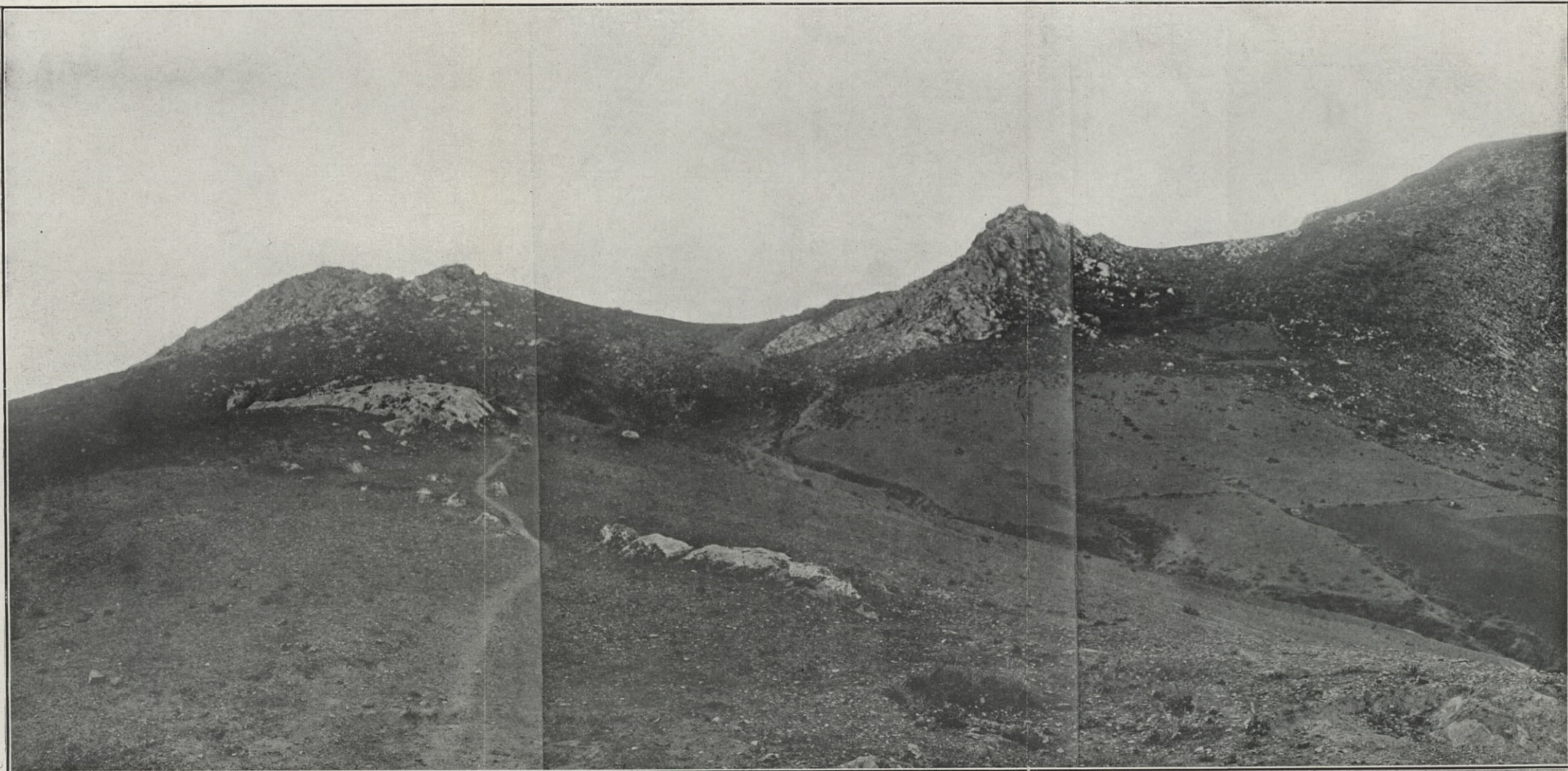
2. Río Uixan

3. Monte Uixan.

4. Río Masing

5. Monte Beni-Fa Klan.





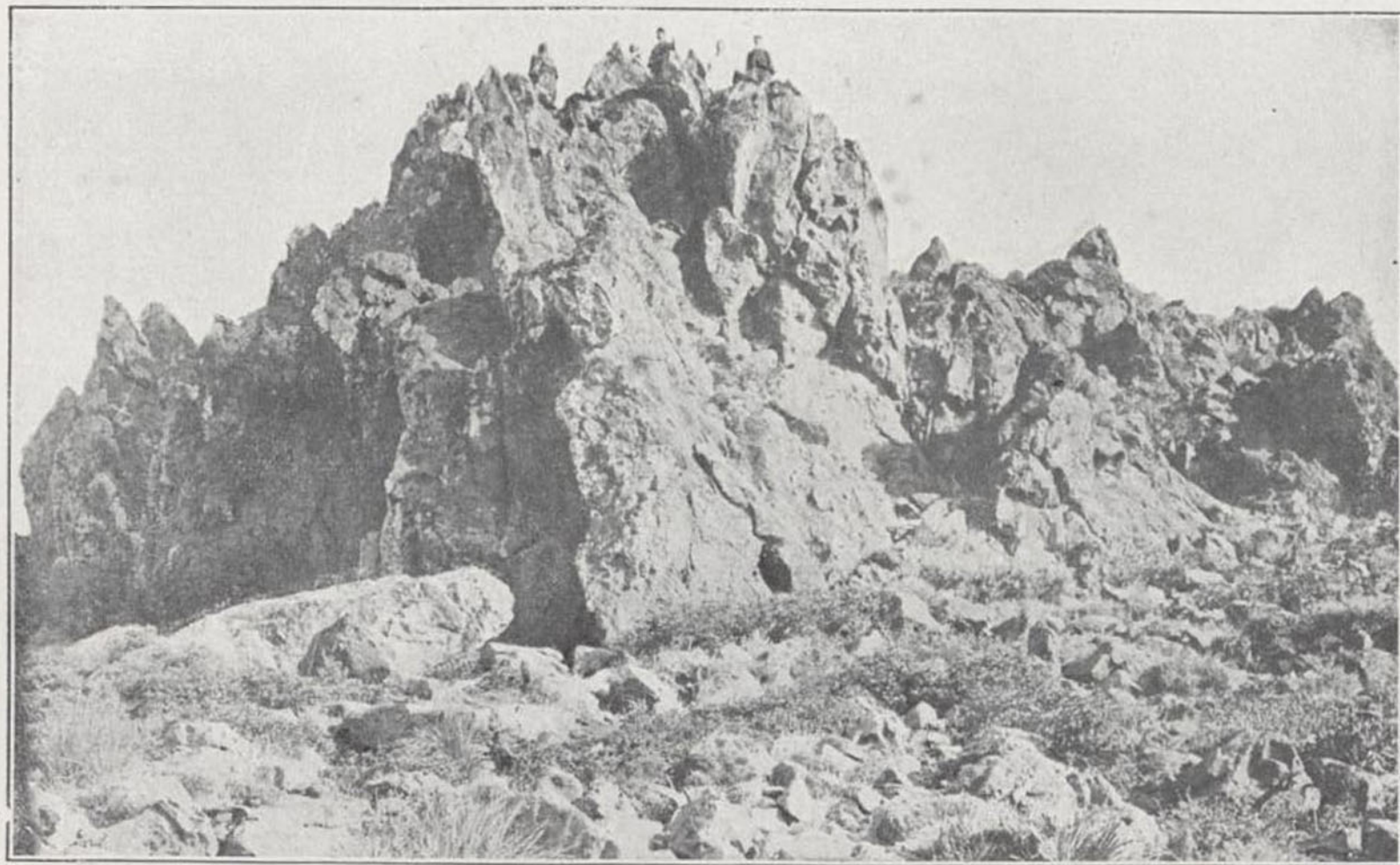


INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

VISTA DEL TIDIMIT DESDE MONTE UIXAN

TOMO XII. SEGUNDA SERIE. LAM. 15



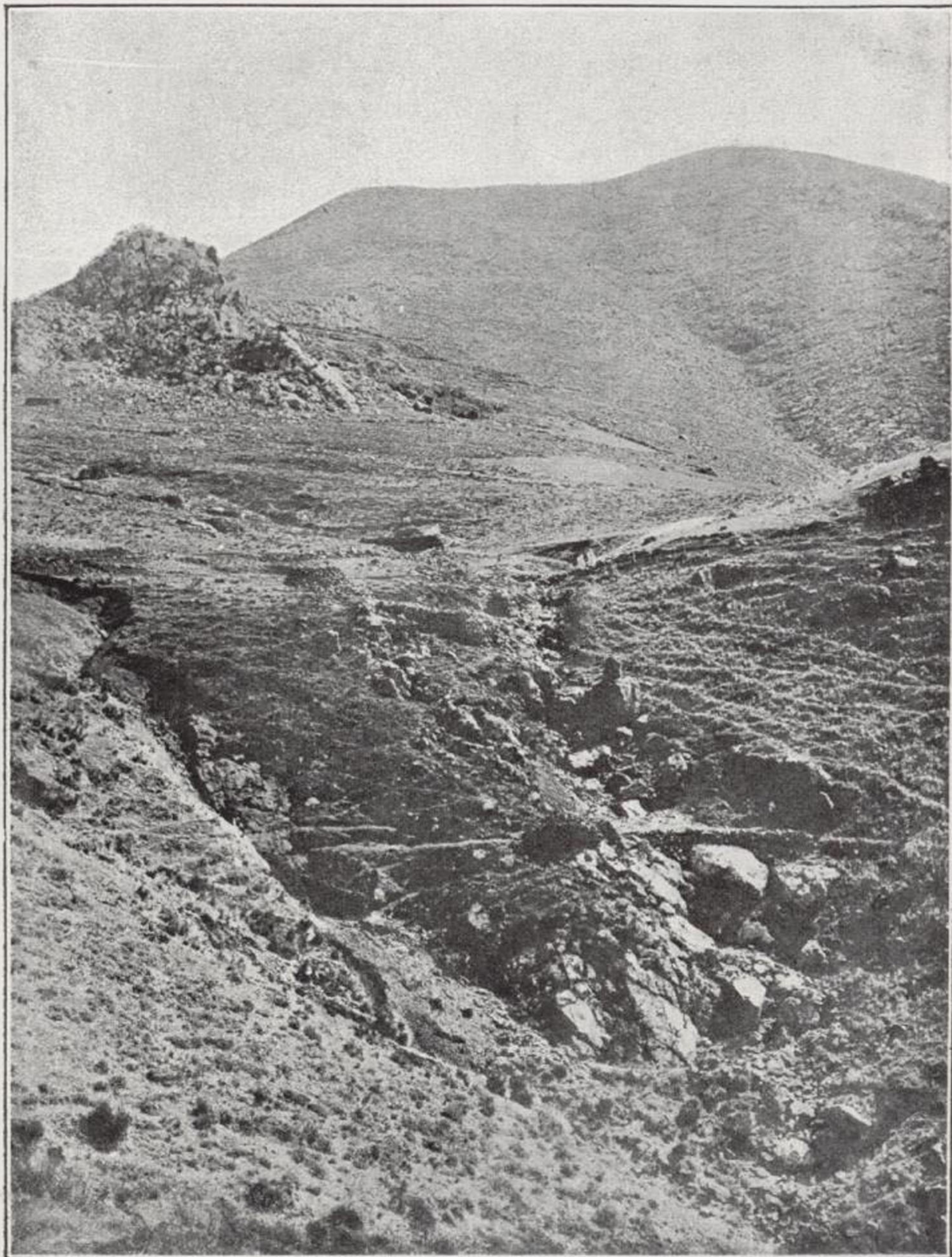




CRESTON DE HIERRO EN UIXAN

INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

TOMO XII. SEGUNDA SERIE. LAM. 17





Historia natural relativa al sitio en que brotan las aguas

MINERO-MEDICINALES DE VALLFOGONA DE RIUCORP

por el M. I. Sr. D. Jaime Almeida.

Orografía.—La fuente minero-medicinal de Vallfogona de Riucorp, situada á dos kilómetros al E. del pueblo de este nombre, se encuentra en los confines de la provincia de Tarragona y de Lérida, á unos 550 metros sobre el nivel del mar. Brotan en la orilla derecha del Riucorp, de entre las capas de una marga bastante caliza, de origen lacustre, de olor bituminoso al golpe del martillo. Esta roca, que domina en toda la comarca de la Segarra y en los confines de ésta con la del Urgel, alterra con lechos de otras, como arcillas, arenisca, molasa, lignito, y constituye las sierras y lomas que limitan el valle, por el cual corre el Riucorp, de cuya ribera brota el manantial.

Por el Sur constituyen su límite los montes de Forés, de una altura de más de ochocientos metros, formando sierras aplanadas, lo mismo que los que limitan por el lado Norte, denominados Comalats, de una altura de 831 metros, los cuales, como el valle que limitan, corren de E. á O. próximamente. El valle, y, en consecuencia, el Riucorp, tiene su origen en el término del pueblo de Raurich, cerca de Santa Coloma de Queralt, y corriendo sus aguas hacia el O., van á perderse en los llanos del bajo Urgel, después de haber regado los términos de los pueblos de Vallfogona, Guimerá y Cintadilla, Analech, Maldá y San Martín de Maldá, sin que alcance, por tanto, la corriente visible del río Segre, hacia el cual, no obstante, se dirige en su curso subterráneo.

En virtud de lo aplanado de las cumbres ó sierras que

le limitar, este valle no es muy hondo, y por ende nada húmedo; antes al contrario, como no está afectado por las nieblas de Urgel, que pocas veces salvan los límites de Guimerá, es en verano asiento de corrientes de aire seco y fresco de la Segarra, que se desliza por el mismo hacia la planicie ondulada del Urgel.

Según se ha dicho arriba, integran los montes ó colinas de esta comarca una serie de lechos alternantes de caliza, margas, arcilla, molasa, etc., que guardan su disposición estratigráfica inicial, y en las vertientes del valle están cortados normalmente á su posición estratigráfica horizontal. Esto origina que las laderas del valle aparezcan constituidas por una multitud de hiladas escalonadas y sobrepuestas con regularidad, cuyo aspecto ha llamado la atención de aquellos habitantes, lo bastante para que hayan dado á estos lechos, á causa de su disposición estratigráfica tan regular, el nombre de *Fitéx*.

Estratigrafía.—En el sitio en que brota el agua á guisa de hervidero, denominada de antiguo con el nombre de *Font Prudenta*, y en el cual está emplazado el Balneario, se presentan á la vista tres clases de terrenos distintos, por lo que mira á su composición y á su edad geológica, que de arriba á abajo son:

Primero. Depósito de derrubios cuaternarios y actuales, á modo de terraza, que se han formado á expensas de los elementos desprendidos de las hiladas ó fitéx de las rocas contiguas que integran la vertiente, gracias á la acción demolidora de los agentes atmosféricos, á su calor, frío, agua, hielo, vientos, gases, puesto que en los mismos entran trozos de margas, calizas, molasa, predominando, no obstante, los elementos más desmenuzados y pulvulentos, originados por la descomposición de los primeros. Este depósito, por su naturaleza, como se deja adivinar, debe ser inestable ó movedizo, y, por tanto, con tendencia á resbalar por la pendiente en que descansa, hacia el río. Tiene en la ribera de éste, en la cual brota el agua, un espesor de unos cuatro metros.

Segundo. Debajo de éste, viene otro depósito de margas más ó menos arcillosas ó areniscoideas de un tono azulado,

ceniciento, ocráceo ó violado, y es próximamente de un espesor visible de dos metros. Está cortado, como las capas precedentes, por la corriente del río. Estas margas acusan en este sitio la existencia antigua reconocida de un remanso ó pequeño estanque de aguas tranquilas, en cuyo fondo se depositaba el légamo que las aguas acarreaban, procedente de la descomposición de las capas sobredichas contiguas ó fitéx, y su existencia no parece datar de más antiguo que del postplioceno ó subcuaternario.

En estas capas es en donde precisamente brotan, junto al cauce del río, las aguas salinas que nos ocupan, si bien es verdad que gracias á su fuerza ascendente, pueden salvar el depósito superior ó de derrubios, como de hecho lo efectuarán antes de darles salida artificial.

Tercero. Debajo de estas margas existe el *Substratum*, constituido por la roca dividida en hiladas de 10 á 40 centímetros, que integra la comarca, en cuyo seno el agua del Riucorp ha abierto el valle, por cuyo fondo se desliza hacia el bajo Urgel, según lo indica claramente la correspondencia mutua de las hiladas de ambos lados del mismo.

Estas, de origen lacustre, como indicamos arriba, fueron depositadas en el seno de un lago mucho más extenso que el anterior, ya que se extendía, no sólo por la Segarra, sino por todo el Urgel y la provincia de Lérida y de Huesca.

Edad geológica.—Pertenece estas calizas y margas á la parte inferior del período oligoceno ó tiempo medio de la era terciaria, según lo acusa, no sólo la estratigrafía de las mismas, puesto que están sostenidas por las capas superiores del período eoceno, en los sitios donde ambas formaciones se presentan á la vista, como acontece un poco más hacia el E., dentro de la misma Segarra, sino también la Paleontología. En efecto: por una parte, ésta nos dice que las especies de moluscos fósiles lacustres, que son las que, aunque escasas en número, abundan en individuos en toda la comarca, son propias de este período. Entre éstas hay señaladamente el género *Limnea*, propio de aguas estancadas, dulces, del cual se presentan algunos individuos en estado suficiente de conservación para ser clasificada la especie á que pertenecen. Es ésta la *Limnea pyramidalis* (Brand), que en

las comarcas de Francia y en otros puntos de Europa yace también en capas lacustres de esta época. Hay, además, en esta comarca *Planorbis*, *Paludinas*, *Melania*, *Cyrena*, de las cuales no he podido recoger ningún individuo que fuese determinable específicamente, como no sea la *Melania Albigen-sis* (Noulet), que se encuentra en un nivel, al parecer, algo más bajo, ó sea en las capas de los contornos de Santa Coloma de Queralt, donde lo he recogido.

Pero la prueba más clara de que la edad de estas capas es la que indico arriba, es la presencia de dos especies de mamíferos característicos del oligoceno inferior, encontrados aproximadamente á este nivel en los contornos de Calaf.

Son éstos el *Ancodus Aynardi*, parecido á los antraco-teidos Bornel y el *A. Diplobune* Filliol, los cuales sólo vivieron al principio del período oligoceno, según se observa en todos los sitios en que han sido hallados.

En consecuencia: estos terrenos de Vallfogona, por más que ocupen un nivel estratigráfico algo superior á los de Calaf, deben atribuirse con todo al oligoceno inferior. También lo confirma, los restos fósiles de plantas halladas no muy lejos de este sitio.

Tales como la planta acuática llamada *Anactomeria Brogniarti*, y la palmera denominada *Sabal Lamanonis*, que predominan en las canteras de Talladell, término de Tárrega, juntamente con la *Limnea pyramidalis planorbis*, puesto que las capas en que se han encontrado no son más que la continuación de las de esta localidad de Vallfogona, que ya dijimos que se extendía por toda la Segarra y Urgel.

Además de los fósiles indicados, ha reconocido Mr. Charles Depéret, próximo á la villa de Tárrega, perteneciente á la misma comarca, á unos 1.500 metros al E. de la población, en una vasta cantera en la que se explotan losas grises, restos bastante abundantes de vertebrados fósiles (cráneos y otros huesos), por desgracia muy aplastados y deformados.

Estos fósiles se encuentran á la mitad del corte calizo-margoso, en un lecho especial que separa dos bancos calizos. También se ven impresiones de peces y plantas terrestres.

Por lo que toca á la edad de este depósito fosilífero, queda estudiada en la memoria que en colaboración con el Ingeniero Sr. Vidal hemos presentado á la Real Academia de Barcelona sobre el oligoceno de Cataluña, y hemos sido conducidos á situarlos en: lo alto del oligoceno superior, en el límite de los dos tramos Sannuasense y Estapiense.

La lista de los fósiles conocidos de este yacimiento es la siguiente:

VEGETALES.—*Anastomerias*, según determinación de los Sres. Laporta y Zeiller.

Sabal Lamanonis, ídem. íd. íd.

Cinamomum lanceolatum Unger, según M. Fliche.

Leucolhea (Andromeda) protogea Unger, ídem íd. íd.

Myrica acuminata Unger, ídem íd. íd.

MOLUSCOS.—*Limnea longiscata* Brongn. var. *ostro gallica*, Font.

Planorbis grupo *Cornu*, Brongn.

P. polycinus, Font.

PECES.—*Prolebias* sp. aff. *P. Oustaleti*, Sauvage, del Oligoceno de Auvernia, según determinación de M. Sauvage.

REPTILES.—*Chrysemys Lachati*, Sauvage.

Trionyx, sp.

Diplocynodon, sp.

MAMÍFEROS.—*Brachyodus Cluai*, nov. sp.

Therydomys siderolithicus, Pictet var. *major*, nov. var.

Plesictis Filholi, nov. sp.

Amphicyonide.

ESTUDIO ACERCA DE LA INTENSIDAD DE LA GRAVEDAD

POR EL INGENIERO DEL CUERPO DE MINAS

D. Manuel de Barandica y Ampuero

I.—ANTECEDENTES HISTÓRICOS (1)

Escasas y aun inciertas son las noticias que tenemos de los conocimientos geodésicos de las épocas primitivas; algún antiguo texto da pie para conjeturas más ó menos verosímiles, pero el origen histórico propiamente dicho no se remonta más allá de la antigua Grecia. A continuación de las fábulas homéricas, vense brotar del genio especulativo de los filósofos, diversos y peregrinos conceptos sobre la constitución del Universo y la figura de la Tierra; todas las opiniones tuvieron sus adeptos y dieron pasto á largas é inútiles controversias, para caer luego en el desprecio y el olvido. Eudoxio de Gnido, y después el gran Aristóteles, aseguraron que la figura esférica de la Tierra era un hecho, dando pruebas de su sagacidad consumada. Un paso más y se entraba en el fértil terreno de la observación que descansa en la medida; éste lo iniciaron Eratosthenes y Posidonio, proponiéndose ambos valuar el tamaño de la Tierra, en el supuesto de su perfecta esfericidad.

En vano se busca en los diez y siete siglos siguientes progreso alguno tocante á este asunto, así en la Escuela de Alejandría, templo de la ciencia durante diez siglos, ni en la del Cairo, ni en la floreciente Bagdad, ni, por último, en Córdoba y Toledo (2), que, aunque por breve espacio, pusieron á nuestra España á la cabeza del mundo intelectual (3), hasta que fenecida la Edad Media, se presentan

síntomas de regeneración científica ensayando el célebre médico de Enrique II de Francia la medición de arcos de meridiano (4).

Un deplorable espíritu científico dominaba entonces en Europa; las doctrinas de Aristóteles, anatematizadas poco antes, eran consideradas como doctrina indiscutible, y cualquier innovación se calificaba de crimen ó locura. Entonces aparece la gigantesca figura de Galileo, que trata de someter á pura crítica experimental las opiniones de Aristóteles, declarando que la Naturaleza es el único libro infalible.

Observa Galileo el oscilar de la lámpara en el templo, y en su acompasado movimiento piensa descubrir un exacto isocronismo; tal fué el hecho sencillo que sirvió para descubrir el péndulo, instrumento admirable y sin par por su sublime y típica sencillez. Aunque no era dable á Galileo alcazar toda la importancia de su descubrimiento, lo cree útil para medir la frecuencia del pulso, para la música, y de especial aplicación en todas aquellas observaciones en que hubiera necesidad de apreciar pequeños intervalos de tiempo, utilizándolo así en los experimentos sobre el libre descenso de los graves, experimentos que le sirvieron para fundar la ley de la aceleración.

Empieza el péndulo en manos de algunos sabios á cumplir su misión como *compás del tiempo* bajo la forma más sencilla: un pequeño cuerpo muy denso, suspendido de un hilo flexible. Riccioli, comparando las duraciones de las oscilaciones de péndulos de distintas longitudes, obtiene la del que oscila en un segundo; Tycho-Brahe, Hevelius, Kircher, Mersenne y Moutón, lo emplean contando de memoria las oscilaciones. Esta manera de proceder era muy propensa á errores, pero así continuaron hasta que Huygens dió al mundo su gran invento. El descubre los defectos del isocronismo, que no apreció Galileo; funda la teoría de los centros de oscilación; encuentra la reciprocidad de los ejes de suspensión y de oscilación, y llega al péndulo cónico. Así la Historia señala, y con justicia, á este grande hombre como primer inventor en la relojería de precisión, y su obra célebre (5) es la que dió entrada al péndulo como aparato científico de inestimable valor.

Admitiase todavía la exacta esfericidad de la Tierra, que ningún dato experimental, ninguna consideración teórica repugnaban; todas las medidas geodésicas se habían dirigido á deducir el tamaño, y aunque ya se manifestaban crecidos desacuerdos entre los resultados hipotéticamente comparables, la imperfección de los instrumentos consentía que se atribuyesen tan sólo á errores de observación. Al péndulo estaba reservado entablar la cuestión de la figura, acusando la inexactitud de la hipótesis de la esfericidad.

Encargado Richer por la Academia de Ciencias de París en 1672 de hacer observaciones astronómicas en la Cayena observó con asombro el retraso de su péndulo (6), y tanto, que «apenas podía dar crédito á sus ojos» (7). Puesto en duda el hecho, no dejó, sin embargo, de llamar extraordinariamente la atención; pero fueron necesarios quince años, al cabo de los cuales Newton proclama en sus inmortales «Principios» (8) que el movimiento de rotación de la Tierra era la causa de la desigual energía de la gravedad en la superficie, bajo dos aspectos: por la fuerza centrífuga, que modifica las acciones de la tracción, y porque la figura del Globo en conjunto, supuesta la homogeneidad de la masa, y un primitivo estado de fluidez, debe ser la de un esferoide de revolución achatado por los polos, exigida por las leyes del equilibrio.

Acogen con entusiasmo en Inglaterra las ideas de Newton; no así en el Continente, donde se recibió la nueva teoría con prevención y desdén. Los admiradores del sistema cósmico de Descartes acusan á Newton de visionario, y acomodan mejor á su inteligencia los artificiosos torbellinos, que por su vaguedad nada explicaban, que las leyes sencillas y concretas de la atracción. Deseoso estaba el mundo científico de que las observaciones pusieran á prueba la nueva teoría, y esperábase, por lo tanto, con impaciencia los resultados de la medición de los arcos de meridiano que Domingo Cassini dirigía á la sazón en Francia. Llegó, por fin, el momento anhelado, y créese, á causa de una singular paradoja, que aquéllos confirman la hipótesis newtoniana; mas en breve una sencilla consideración geométrica conduce á una conclusión opuesta, que Cassini acepta sin vacilar un momento, por-

que los recientes trabajos geodésicos eran, á su entender, dignos de completo crédito. La figura de la Tierra fué para Cassini y sus admiradores la de un esferoide alargado por los polos. La Academia de Ciencias de París, dando muestras de sus elevadas miras, toma la iniciativa y obtiene los medios para llevar á cabo las expediciones al Perú (9) y á La Laponia, que por la medición de grandes arcos de meridiano habrían de asentar definitivamente la consecuencia general de la figura de la Tierra, según los principios newtonianos, poniéndose de este modo fin á la famosa controversia que duró cerca de medio siglo, y á la cual un autor francés (10) no titubeó en calificar de escándalo científico.

II.—EL PÉNDULO COMO APARATO GEODÉSICO

a) *Modificaciones principales del aparato.*

Desde que fué universalmente reconocida la mutua dependencia entre la figura de la Tierra y la fuerza de la gravedad, la determinación de esta última adquiere papel importante en los trabajos geodésicos, y, por tanto, el péndulo como instrumento á propósito para medirla ocupa puesto importante en la medición de arcos de meridiano y en la evaluación del achatamiento terrestre.

Así, Bouguer al empezar sus observaciones con el péndulo simple (11); Clairaut al descubrir su célebre teorema relativo á la elipticidad de nuestro globo (12), y el español don Jorge Juan al aplicarlo por primera vez, marcan la senda por donde deben conducirse estos estudios.

Tropieza Bouguer desde el principio con la principal dificultad, que consiste en reducir las observaciones hechas con el péndulo físico al caso del ideal ó simple, pero no la esquivó, antes bien, la acomete y francamente se esfuerza en vencerla. Consistía ésta en dos principales extremos: conocer la longitud del péndulo de experiencias y la duración de un número de oscilaciones isócronas y en el vacío. Apercebido de la incertidumbre que cabía en el primero, iba, según su propia frase, directamente al objeto, dando al hilo de pita

de su péndulo una determinada longitud. No satisfecho por completo con el llamado péndulo simple, tanto porque tenía irregulares cambios en ésta cuanto por el recelo, hartamente justificado, de que el punto fijo durante el movimiento oscilatorio no correspondía al de suspensión, propone y prefiere el aparato conocido por *péndulo invariable* (13). Respecto á la reducción al vacío, se limitó á calcularla por la disminución que ocasionaba el medio en el peso del péndulo.

Borda, eminente marino, astrónomo y geodesta, inventa después el aparato de su nombre.

Desde el péndulo empleado por los primeros observadores al aparato de Borda se señala un paso gigantesco: el cuchillo de suspensión de fino acero que se sustenta en sólido muro, el delgado hilo metálico de cuatro metros de longitud, la pequeña esfera de platino, todos los detalles, en fin, procura que se ajusten á los principios teóricos. Tampoco en las mediciones omite precaución alguna; obtiene inmediatamente la longitud de su péndulo; la duración de las oscilaciones por el método de las coincidencias (14), cuyos instantes observa valiéndose de un antejo colocado á corta distancia, reduce esta duración al caso del isocronismo en el vacío y se cuida para ello con exquisito esmero de la temperatura y presión atmosférica. Sin embargo, Laplace, encomiando el método de estas observaciones, demostró que el aparato adolecía de algunos inconvenientes que era preciso evitar (15).

Kater, en 1818, fundándose en el teorema de Huygens, propone la construcción del péndulo con ejes recíprocos ó *péndulo de inversión* (16), que permite operar con el péndulo físico y obtener las mediciones absolutas, y hace experiencias satisfactorias en Londres y en diversos vértices de la red inglesa (17). Empléase después en las mediciones en la India; llega á las cumbres del Himalaya (18), y los rusos lo adoptan en el Cáucaso, extendiéndose en todas partes su uso.

A Bessel es preciso acudir después para encontrar el origen de las modernas investigaciones sobre la figura de la Tierra, por medio del péndulo, aplicando el fecundo teorema Clairaut.

Los profundos estudios del ilustre astrónomo de Königs-

berg y la determinación de la longitud del péndulo simple de segundo que hizo en Berlín siete años más tarde son de tal importancia, que marcan época en estos estudios. A él se deben los perfeccionamientos que presiden al péndulo de forma simétrica con ejes recíprocos y la demostración de lo imperfecta, que era la fórmula empleada para reducción al vacío, que hasta entonces se aplicaba, porque la corrección debe depender de la figura, dimensiones y densidad del cuerpo oscilante, á causa del movimiento transmitido al medio. Con su aparato Bessel se propuso llegar á resultados cuya bondad no fuera limitada por los defectos de construcción, sino solamente debida al esmero en las observaciones y á su número.

Construido el aparato, según estas indicaciones, en 1864, por el célebre Repsold, comenzó á usarlo en 1865 Plantamour (19) en Suiza, y con él midió varias estaciones de la red geodésica de aquel país, observando los pasos por la vertical y registrándolos por medio del cronógrafo eléctrico.

Siguiendo el ejemplo de esta nación, y bajo el patrocinio de la Asociación Geodésica Internacional, emprenden Austria, Baviera, Prusia, Rusia y Sajonia las determinaciones de la gravedad en sus respectivos territorios, elevándose considerablemente el número de estaciones; pero sus observaciones no pueden considerarse más que como provisionales, porque los observadores no han tenido en cuenta una causa que ejerce gran influencia en la duración de las oscilaciones y en la longitud del péndulo, el movimiento que la oscilación del péndulo comunica á su trípode, y, por lo tanto, á su plano de suspensión (20).

El geodesta norteamericano Peirce (21) comienza entonces una serie de experimentos destinados á medir y tener en cuenta esta causa de error; interesante investigación á la que se dedicaron también Hirsch y Plantamour en Suiza y Barraquer en España.

Resulta en definitiva que es preciso *medir* en cada estación ó eliminar los efectos de estos movimientos, y esto último se consigue con el procedimiento que el matemático ginebrino Cellierier (22) propone, haciendo oscilar uno después de otro sobre el mismo trípode dos péndulos, de los

cuales el primero pese próximamente la mitad del segundo, pero cuya distancia entre los cuchillos sea en ambos la misma. Como el efecto perturbador de que se trata es proporcional á la masa del péndulo que oscila, se podrá de esta suerte eliminar aquél, como se demuestra en la teoría matemática del procedimiento presentado por el autor á la Asociación Geodésica Internacional reunida en Munich. Nuevo programa de observaciones se presentaba, pues, á los geodestas; duplicar el trabajo de las oscilaciones, observando dos péndulos en vez de uno ó medir en cada caso con un aparato especial la influencia de las oscilaciones del plano de suspensión para introducir en los resultados las correcciones correspondientes (23).

En la misma Conferencia geodésica anteriormente citada, celebrada en 1880, Ivón Villarceau se declara partidario de las mediciones relativas que, á su modo de ver, ofrecen tanta seguridad y exactitud como las absolutas, con la considerable ventaja á su favor de ser mucho más rápidas, por no ser preciso medir experimentalmente más que la duración de oscilación. La Conferencia toma en cuenta esta proposición y encarga á Oppolzer el estudio detenido de la misma, el cual, en 1883, al dar su informe sobre los distintos métodos para obtener el valor de la intensidad de la gravedad, no vacila en declarar que las determinaciones relativas eran más exactas que las absolutas (24).

A partir de esta época, y por las simplificaciones que el método lleva consigo, las observaciones de la gravedad se multiplican extraordinariamente, llegando á contarse en 1898 más de 1.300 estaciones hechas en el mundo, número que de día en día aumenta considerablemente. El aparato casi generalmente empleado para estas observaciones es el modelo ideado por Sterneck (25) (de cuyo aparato daremos detalles más adelante), y con variantes de mayor ó menor importancia, vemos emplearlo con auge siempre creciente en Austria, Alemania, Italia, Rusia, Dinamarca, Suecia, España, Méjico, Estados Unidos y Japón.

Recientemente el barón Eötvös ha dado á conocer la balanza de su nombre, fundada en los mismos principios que la de Cavendish, y por las experiencias hasta el presente

hechas, parece ser llamado á prestar importantes servicios en esta clase de trabajos.

Con esto damos por terminado el estudio de las modificaciones principales que el péndulo ha sufrido desde sus primeras aplicaciones á la época presente, pero debemos advertir que únicamente hemos señalado los puntos culminantes y que por decirlo así forman época en la historia (26) de este aparato, pues las variantes de los mismos, y aun el estudio detallado de los que sirven para medir la intensidad de la gravedad independientemente de las observaciones de péndulo sería tan largo que necesitaría por sí solo un estudio especial (27).

b) Trabajos geodésicos más importantes realizados con el péndulo.

Desde que Richer observa el atraso de la péndola de su reloj en la Cayena, empiezan á tomar importancia las mediciones pendulares; así vemos á Feüillée hacer observaciones notables valiéndose del elemental aparato formado por la bala de mosquete suspendido del hilo de pita (28); con el mismo péndulo simple ó con el invariable, observan Bouguer, Godin, La Condamine, Ulloa y Jorge Juan en el Perú y Maupertius, Clairaut, Le Monnier y el sueco Celsio en La Laponia; continúan la labor Malaspina y Bustamante, observando la gravedad en numerosos puntos de ambos hemisferios, y al empezar el siglo XIX toman notable incremento estas observaciones en manos de Biot, Arago, Mathieu, Bouvard y Chaix, que las prosiguen por el método de Borda en la cadena geodésica, que desde París se prolonga hasta Formentera. Surca Freycinet el mar y las costas de Africa, América, Australia, y las islas del Pacífico son teatro de su abnegación científica; síguete en breve Duperrey, y mide también en puntos del hemisferio austral la intensidad de la gravedad. Continúan las observaciones con el péndulo invariable de Kater en Londres y en la red geodésica inglesa, y con el mismo aparato hace el célebre Sabine numerosas mediciones desde la zona tórrida en las costas de Africa y del Brasil, hasta las glaciales de Noruega,

Groenlandia, Spitzberg y de las islas Melville y contribuye con multitud de investigaciones al estudio de la figura y constitución física del globo.

Mientras estos y otros trabajos análogos se realizaban, entre los cuales deben citarse especialmente los de Foster y Luctke, en aparatos puntos de ambos hemisferios empiezan á efectuarse las grandes mediciones geodésicas de Europa (29), que hechas al principio aisladamente, pero unidas luego entre sí por iniciativa de los sabios y la eficaz protección de los Gobiernos respectivos, constituyen los grandes arcos terrestres, como son: el del meridiano 52, que desde la isla Valentia de Irlanda llega hasta los confines de la Rusia Europea, propuesto por Struve en 1857; el arco de meridiano Ruso Escandinavo; el que en 1861 propone Baeyer desde Noruega á Sicilia, y el que desde el Norte de Escocia se extiende hasta los confines septentrionales del desierto de Sahara (30); quedando de este modo unidos geodésicamente los islotes de Escocia con las montañas de Sicilia; el imponente Mulhacén con los montes Urales y con Africa; el mar Mediterráneo con el Océano Artico; el mar del Norte con el Negro; el Adriático con el Báltico. Desde unos y otros se extiende no interrumpida red de triángulos que fijan y determinan la posición de sus vértices sobre el esferoide matemático terrestre, y por separado la red hipsométrica que proporciona la tercera coordenada de los mismos puntos, entre los cuales se cuentan todos los Observatorios astronómicos.

En todos los trabajos, así como en los análogos realizados por los ingleses en la India, cuyas triangulaciones geodésicas llegan á los pies del Himalaya, en las mediciones de los Estados Unidos, del cabo de Buena Esperanza y del Japón (31), vemos siempre al péndulo, ya independiente, ya en colaboración, desempeñar el importante papel que con su potente genio le augurara Newton (32).

III.—ANOMALÍAS DE LA GRAVEDAD: SU ÍNTIMA RELACIÓN CON LOS ESTUDIOS GEOLÓGICOS Y LOS DE FÍSICA TERRESTRE

a) Cálculo de las anomalías.

Cualquiera que sea el método que se siga para calcular la intensidad de la gravedad en un lugar determinado y el aparato que se emplee, se obtiene un valor para g que depende en parte de la altitud del punto de observación y de otras varias circunstancias locales.

Ya Bouguer hubo de estudiar esta cuestión y comprendió la necesidad de reducir todas las observaciones al nivel del mar y descontar, además, la atracción que la montaña (33) ó meseta sobre la cual oscilase el péndulo pudiera ejercer sobre el mismo, correcciones que todavía se usan con algunas modificaciones de detalle (34).

La fórmula que actualmente se emplea para estas correcciones es la siguiente:

$$g''_0 = g_0 + \frac{3}{4} \times \frac{\theta}{\theta_m} (g - g_0) + (g' - g),$$

en la cual,

g_0'' representa el valor de g observado, y en el cual se han hecho las tres correcciones que indican los tres términos del segundo miembro y que representan respectivamente.

g_0 .—Corrección debida á la altura sobre el nivel del mar del punto de observación que se expresa por la fórmula

$$g_0 = g + 10^{-7} \times 3086 H$$

$\frac{3}{4} \times \frac{\theta}{\theta_m} (g - g_0)$ —Corrección debida á la atracción ejercida por la meseta de observación.

$(g' - g)$.—Corrección llamada topográfica, que trata de tener en cuenta todas las restantes atracciones locales. Para hacer esta corrección precisa tener la carta hipsométrica del lugar de observación, y generalmente no se hace, pues en realidad es la incógnita y no un dato de la cuestión.

En las anteriores fórmulas las diversas letras empleadas representan:

g .—Valor obtenido directamente por la observación.

H .—Altitud sobre el nivel del mar del centro de gravedad del péndulo.

θ .—Densidad media de la meseta de observación.

θ_m .—Densidad media de la tierra.— 5,52, según los últimos experimentos.

Por otra parte, como la figura de la tierra es hoy conocida como suficiente exactitud por el gran número de datos suministrados constantemente por las observaciones astronómicas y geodésicas, resulta que puede expresarse el valor teórico que en cada punto de la tierra debía de tener g , si únicamente le considerásemos como resultante de la atracción terrestre y de la fuerza centrífuga.

La fórmula que generalmente se emplea para obtener este valor teórico es la de Helmert (1909), que tiene por expresión $\gamma_0 = 978.030 (1 + 0.005302 \text{ sen}^2\varphi - 0.000007 \text{ sen}^2 2\varphi)$ la cual, como era de esperar, es función únicamente de la latitud del lugar de observación representado por φ

La diferencia entre el valor g_0'' directamente obtenido y corregido según las fórmulas de Bouguer y el valor teórico γ_0 deducido de la de Helmert, es precisamente la anomalía de la gravedad en el lugar de observación, anomalía que tendrá por expresión, según lo dicho anteriormente.

$$g_0'' - \gamma_0 = \left[g + 10^{-7} \times 3086 H + \frac{3}{4} \times \frac{\theta}{\theta_m} (g - g_0) \right] - 978.030 (1 + 0.005302 \text{ sen}^2\varphi - 0.000007 \text{ sen}^2 2\varphi) \quad (35)$$

b) Estudio de las anomalías.

Los primeros observadores de péndulo, y aun sus sucesores, hasta bien entrado el pasado siglo, no dejaron de notar las diferencias existentes entre los valores que hemos llamado teóricos y los que directamente observaban; pero imperfectamente conocida entonces la forma del geoide, y poco seguros también de la precisión de los aparatos empleados, atribuían estas diferencias á la falta de exactitud de los medios y de las fórmulas en uso; pero á medida que unos y otros fueron perfeccionándose, empezaron á preocupar es-

tas anomalías, y desde luego, se admitió que debían ser la exacta representación de la realidad, puesto que el fenómeno de que procedían debe ser, y es en efecto, mucho más complejo de lo que la fórmula teórica supone.

Así, en el año 1866 por primera vez el general Walker (36), y posteriormente en sus escritos, hasta 1874, llamó la atención sobre la disminución evidente de la intensidad de la gravedad á medida que las observaciones realizadas en la India se aproximaban al Himalaya, y, por el contrario, esa fuerza era mayor en los puntos próximos á las costas y en las islas. Posteriormente se demostró sin género de duda que en las cumbres del Himalaya existía una notable anomalía negativa.

Análogos resultados se encontraron poco después en el Cáucaso, y en observaciones posteriores realizadas en Francia, Austria é islas Sandwich, de tal manera, que en el año 1891 Defforges (37), haciendo un estudio comparativo de las anomalías hasta entonces encontradas, formuló las siguientes leyes, que aunque no rigurosamente exactas, como veremos más adelante, se aproximan bastante á la realidad en la generalidad de los casos.

Las leyes de Defforges son las siguientes:

1.ª La pesantez está distribuída muy desigualmente por el globo. La ley de Clairaut, verdadera en conjunto, se ve casi siempre fallida por anomalías locales importantes.

2.ª Los litorales de los diversos mares parecen tener anomalías constantes y variables de un mar á otro.

3.ª Las islas presentan exceso considerable de pesantez.

4.ª Sobre los continentes la pesantez es menor que la teoría, y esta falta crece generalmente con la altitud y la distancia al mar.

Para la explicación de estas leyes se emitieron diversas hipótesis; así, por ejemplo, el profesor Fischer (38) suponía que el mar era atraído por las costas y experimentaba una elevación con relación á su nivel en su parte central, que, por el contrario, se hundía, y de este modo explicaba el aumento de gravedad en los mares. Esta teoría tuvo poca aceptación, pero no ocurrió lo mismo á la dada por Faye (39), que tuvo gran éxito, y en la cual, para dar explicación al

mismo asunto, suponía que, enfriándose las capas submarinas por efecto de la temperatura del agua del mar mucho antes que las capas terrestres, se producía en el fondo submarino un exceso de densidad capaz de producir variaciones sensibles en el valor de la gravedad. En 1890 Helmert (40) afirmó á su vez que la causa de las anomalías positivas debía buscarse únicamente en el aumento de densidad de las capas inferiores, y las negativas en las oquedades subterráneas.

Experiencias posteriores han venido á demostrar que las leyes de Defforges están sujetas á numerosas excepciones, y aquí señalaremos algunas de las más importantes.

En la célebre expedición al Polo Norte realizada por Nausen en 1895, hizo observaciones pendulares, y encontró que sobre el mar helado era igual á la teórica, en contra de la segunda ley de Defforges.

También en el mar del Norte la gravedad es igual á la teórica, pero no ocurre lo mismo en el Mediterráneo, en donde existe una anomalía positiva media de +0,029 cm. Pero aquí debe observarse que el mar del Norte, cuya profundidad es muy débil, no presenta ninguna dislocación, mientras que en el Mediterráneo existen, como es sabido, una serie de fosas independientes que son verdaderos abismos, tales como la fosa Balear, la fosa Adriática, la de Malta, etcétera.

En una palabra: el primer mar es de erosión, y el segundo de dislocación.

Por demás notables son las investigaciones hechas recientemente por el profesor Hecker (41) estudiando la gravedad en los Océanos Atlántico y Pacífico y Mar Negro. Los aparatos empleados para estas mediciones están fundados en la combinación de las indicaciones barométricas con las hipsométricas. Hecker pudo de este modo hacer sus observaciones á bordo, y con ellos encontró gravedad normal en ambos Océanos y en el citado mar, no alteradas sino en algunos puntos excepcionales. Así en el recorrido del Atlántico entre Lisboa y Bahía encontró sólo tres máximos principales, que numéricamente valen +0,146 cm., +0,058 cm. y +0,114 cm.

El primero corresponde con el paso brusco del Banco de Gettysburg, en las grandes profundidades que preceden á Canarias; el segundo marca la caída rápida que tiene lugar entre el islote de San Pablo y el Ecuador, y el tercero á la brusca elevación del fondo del mar en las profundidades del cabo brasileño de Saint-Roch.

Por otra parte, el profesor Ricco (42), haciendo observaciones en Italia, encontró que la anomalía de la gravedad nula ó casi nula en el vértice Etna, ó sobre la cadena de los Apeninos al Norte de Nápoles, aumenta constantemente cuando se desciende hacia la orilla, pero no de una manera uniforme.

Trazando, con ayuda de las observaciones hechas en 43 estaciones, las curvas *isanómalas* Mr. Ricco, ha reconocido que se conforma exactamente por un lado al contorno del mar Tirreno y del otro al del mar Jónico, y que, además, las regiones sobre las cuales las curvas están más cerradas coinciden justamente con las que la estadística de las observaciones sísmicas designa como más sujetas á los temblores de tierra, por ejemplo, en la región comprendida entre el vértice del Etna y Catania.

L'apparent en 1903, fijándose en los resultados obtenidos por las últimas determinaciones, y en especial en los trabajos de Hecker y Ricco, hizo la observación de que no es cuando se pasa de la zona terrestre á la marítima cuando la anomalía se presenta, sino cuando la observación se hace en una región que podemos llamar de dislocación, por servir de enlace á dos zonas de muy diversa altitud, y así recomienda á todos los geodestas que hagan experiencias en esas zonas, que llama de dislocación, sin descuidar las comarcas llaras, donde la aparición de una importante anomalía puede obedecer á ocultas dislocaciones internas de la corteza terrestre, que sería muy útil conocer, para relacionarlas con los movimientos que se presentan en las regiones sísmicas (43).

c) Ultimos trabajos sobre este asunto.

Para terminar indicaremos las dos últimas cuestiones propuestas en la última Conferencia Geodésica celebrada en

Londres en 1909, y en la cual llamaron poderosamente la atención los trabajos presentados por el Barón Eötvös y el geodesta norteamericano Mr. Hayford (44).

El primero de dichos señores presentó la balanza de su nombre, destinada á medir la atracción de las masas. Su aparato es, en esencia, la conocida balanza de Cavendish, con la diferencia de que en lugar de ser un aparato de laboratorio, que no puede ser empleado más que con muchas precauciones, y es sensible á la menor corriente de aire, la de Eötvös está montada como aparato de campaña y aplicable, por lo tanto, á las operaciones geodésicas. Con este aparato puede medirse también el valor de g y los resultados obtenidos coinciden exactamente con los valores pendulares, siendo más útil y su empleo preferible al del péndulo cuando las masas perturbadoras de la gravedad se encuentran á pequeña profundidad; la Conferencia comprendió que los geólogos podían sacar partido de este aparato, el cual ya se ha tratado de aplicarlo para el estudio de los fenómenos volcánicos, y aun para la investigación de los criaderos de cobre.

Además, Mr. Eötvös ha demostrado que puede hacerse con el mismo una interesante comparación entre las perturbaciones de la gravedad y las magnéticas, habiéndose reconocido así tres tipos diferentes, según que ambas perturbaciones sean del mismo signo, de signo contrario, ó *er. fin*, varíen de una manera independiente; estos tres tipos de variaciones corresponden á tres modos de distribución de las masas magnéticas y de las masas de gran densidad desprovistas de magnetismo. Se puede de este modo diagnosticar la presencia de las masas de hierro.

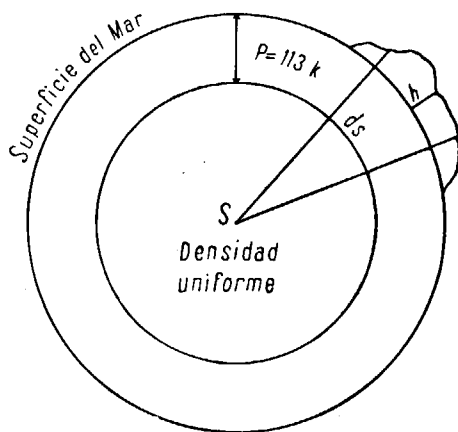
Haciendo experiencias con la misma balanza en los alrededores de una colina volcánica, se ha demostrado que las diferencias eran bastante grandes para no dejar ninguna duda sobre la influencia de la naturaleza de los terrenos.

El Barón Eötvös, además, ha observado con su aparato en diversos puntos de la llanura de Hungría, y ha obtenido valores que dan una idea bastante aproximada del espesor de la capa aluvial que ha rellenado el antiguo lago de la

época prehistórica, resultado análogo al obtenido por Hec-ker sobre la profundidad de los Océanos.

No menos interesante fué la nota presentada por Mr. Hayford, en la cual supone que todas las alteraciones que en la gravedad existen ocurren como si las masas terrestres estuviesen repartidas isostáticamente (45).

Hayford parte del supuesto de que exista una esfera S , concéntrica con la terrestre, y á una profundidad que representa por P , por debajo de la superficie de los mares ideal-



mente prolongada por debajo de los continentes. En el interior de esta esfera la densidad puede considerarse como uniforme, pero no ocurre otro tanto en el exterior de la misma. Divide la esfera S en gran número de áreas muy pequeñas ds , que supone iguales entre sí. Considera, además, un cono que tenga por vé-

rtice el centro de la Tierra y por base el contorno de una de estas áreas ds , y prolonga este cono hasta la superficie topográfica. El sólido comprendido entre la esfera S y la superficie topográfica, es decir, la corteza exterior del Globo, se encontrará así descompuesto en un gran número de troncos de cono que todos tendrán por base menor las ds y por base mayor los elementos correspondientes de la superficie topográfica. Las pequeñas bases de todos estos pequeños troncos de cono son iguales por hipótesis, pero no ocurre lo mismo con su volumen, pues su altura depende, en efecto de la distancia de la esfera S á la superficie topográfica; es, por consiguiente, mayor bajo las montañas que bajo las llanuras, y bajo los continentes que bajo los mares. Ahora bien; según la hipótesis isostática, estos troncos de cono, que todos tienen volúmenes diferentes, deben tener todos la misma masa, la densidad será menor en los con-

tinentes y mayor en los mares, g estará en razón inversa de la distancia de la superficie topográfica á la esfera S . es decir, de $P + h$, designando h la altitud media por encima del nivel del mar, y P la profundidad constante de la esfera S por debajo de este nivel, profundidad que Hayford estima para sus cálculos en 113 kilómetros.

Partiendo de estas bases, Hayford ha realizado un trabajo de cálculo inmenso, pues éste abarca nada menos que á descomponer la esfera terrestre en estos troncos de cono y cubicarlos uno por uno, valiéndose de las cartas hipsométricas. El resultado final de sus cálculos ha sido reducir el promedio de las anomalías de la gravedad á un valor mucho más pequeño, casi igual á cero, y deduciendo, en consecuencia, que si la teoría isostática no es cierta, al menos este cálculo demuestra estar conforme con la hipótesis de Dutton.

Hayford, además, para dar forma externa á su teoría (46), y partiendo de la suposición de considerar el núcleo interno terrestre en estado líquido, ó por lo menos, pastoso, se representa la corteza terrestre compuesta á modo de balsas flotantes sobre un líquido interior más denso. En su virtud, y teniendo, además, en cuenta el principio de Arquímedes, cada una de estas balsas se hundirá más cuanto mayor sea su peso, y la relación entre la parte emergida y la sumergida será sensiblemente constante, así como sobre los mares polares los icebergs dejan salir del agua $\frac{1}{7}$ de su altura total.

Los continentes, según esto, corresponderían á las balsas más ligeras, y resultaría de aquí una compensación isostática, automática y perfecta.

d) Consideraciones finales.

El número de experiencias, hipótesis y contradicciones que acerca de este asunto podríamos citar, además de las ya dichas, sería tan grande, que se saldría fuera de los límites del presente trabajo, en el cual nos hemos propuesto únicamente indicar aquellos puntos que, por decirlo así, sirven de jalones á la cuestión.

Por lo que antecede, en conclusión, se desprende que hoy por hoy sólo datos aislados se conocen, sin que exista teoría alguna que satisfaga á todos; pero su íntima é inmediata relación con los estudios geológicos es tan evidente, que no ha mucho Mr. Darwin, vicepresidente de la Asociación Geodésica Internacional, propuso que se diese cuenta y se interesase en estos estudios á la Asociación Geológica, pues su concurso había de ser de inestimable utilidad, y así también debió comprenderlo el insigne Lapparent cuando en su Memoria ya citada dice: «La continuación de estos estudios es importantísima, no sólo bajo el punto de vista de la física del globo, sino también en razón del gran auxilio que pueden aportar para el conocimiento de las partes invisibles de la corteza terrestre » (47).

IV.—TRABAJOS DE ESTA ÍNDOLE REALIZADOS POR ESPAÑA

a) *Primeros observadores y trabajos hechos por los mismos.*

A los célebres marinos españoles Ulloa y Jorge Juan son debidos los primeros trabajos de esta clase, realizados con motivo de la importante operación geodésica de la medición del arco del Perú, hecha al finalizar la primera mitad del siglo XVIII, y en la que tomaron una parte tan importante como gloriosa. Así, en colaboración con los sabios franceses unas veces, y aisladamente otras, como Quito, les vemos dedicarse asiduamente á las determinaciones de la intensidad de la gravedad, y detalle de las mismas se encuentra en la obra titulada «Relación histórica del viaje á la América Meridional» (48).

El ejemplo de tan ilustres marinos tuvo posteriores imitadores de saber y patriotismo dentro del Cuerpo de la Armada, en el cual, y bajo la inmediata dirección de hombres tan eminentes como Varela, Tofiño, Mazarredo, Ciscar, Alcalá Galiano y Churruca, se hacen numerosas expediciones científicas, que al par que nos enriquecen con mapas hidrográficos de las costas de la Península y de nuestras posesiones de distintas partes del Globo, sirven para recopilar

importantísimos datos astronómicos, físicos, geográficos, políticos y de Historia Natural (49).

Existe entre todas estas expediciones una á la cual un autor moderno ha calificado justamente de «asombrosa, al par que desconocida» (50), refiriéndose al viaje de circunnavegación efectuado por los españoles desde 1789 á 1794, á bordo de las corbetas *Descubierta* y *Atrevida*, y del cual debemos ocuparnos detenidamente.

Cuando Francia en los días de su revolución se proponía el sistema de pesas y medidas, fundándose en la longitud del péndulo teórico de segundos á 45° de latitud y al nivel del mar, el Gobierno español, inspirándose en tendencias de progreso (51), decretó que el encargo que desempeñaban Malaspina y Bustamante á bordo de las corbetas *Descubierta* y *Atrevida* se extendiese á medir la longitud del péndulo de segundos en varios lugares, eligiéndolos con preferencia en latitudes australes correspondientes á boreales en que observaron los franceses, entendiendo que estas observaciones debían contribuir de un modo eficaz á ilustrar la debatida cuestión entre la semejanza de uno y otro hemisferio. Valiosos resultados prometía la empresa, pensando sus autores que para formar una idea de la figura del Meridiano, es el mejor medio el del examen del péndulo en dos lugares propios para deducir la alteración que ha tenido.

Con arreglo á estas instrucciones observar Malaspina y Bustamante la intensidad de la gravedad en Mulgrave, Nutka, Monte Rey, Acapulco, Manila, Islas Ladrones, Macao y Mindanao (Zamboanga) del hemisferio Artico, y en Puerto Egmont, Santa Elena, Talcahuano, Montevideo, Puerto Jackson, Vavao (Islas Amigos) y Magdalena (Lima) del Antártico (52).

D. Gabriel Ciscar, refiriéndose á estas observaciones que tuvo la satisfacción de calcular, aunque no por procedimientos tan perfeccionados como los que empleó después Mathieu (53), opina que forman una colección preciosa «suficiente por sí sola para determinar, con despreciable diferencia, la verdadera figura de la Tierra», y por más que á este juicio no pueda darse una incondicional validez, los traba-

jos de aquellos ilustres marinos rayan á la altura de los mejores de su tiempo (54).

El ya citado y no menos célebre D. Gabriel Ciscar adquiere á su vez en París cuatro péndulos de orden del Rey, y con ellos observó en Madrid en 1800 la intensidad de la gravedad (55).

Hace en Cartagena los cálculos de sus observaciones, ignorándose en el día el método seguido y la marcha de operaciones; pero el resultado obtenido es conocido por comunicación del mismo Ciscar, que se conserva en el Archivo del Ministerio de Marina, y porque Antillón en la primera edición de su Geografía la publica, y Vázquez Queipo lo estampa en sus tablas de logaritmos (56).

Después de Ciscar los estudios sobre este importante asunto se extinguen en España para reaparecer de nuevo en el último tercio del siglo pasado, merced á la iniciativa del general Ibáñez.

b) Trabajos realizados por el Instituto Geográfico y Estadístico.

Comprendiendo el insigne fundador del Instituto Geográfico y Estadístico la alta importancia de los mismos, encarga primeramente al Ingeniero de Minas D. Juan Sánchez y Massiá el estudio de ellos, el cual, dedicado á esta labor durante algún tiempo, recopila datos, ordena los conocimientos teóricos y publica una obra que demuestra cuánto fué su celo é interés en este servicio (57). El coronel de Ingenieros D. Joaquín Barraquer y Rovira es el encargado de proseguirlos, y hace á continuación notables experiencias con el péndulo de Bessel, construido por Repsold, y obtiene en el año 1882 en el Observatorio Astronómico el valor de la intensidad de la gravedad en Madrid (58).

El rigor científico y escrupulosidad con que este último procedió en sus trabajos ha sido justamente aplaudido recientemente por los geodestas alemanes Kühnen y Furtwängler, encargados de obtener el valor de g en Potsdam con el mayor cuidado. Al referir los citados geodestas otros valores de reconocida garantía al valor inicial de Potsdam,

reconocieron que el valor obtenido por Barraquer para Madrid, corregido de flexión (corrección moderna que antes no se tenía en cuenta), concuerda admirablemente con el obtenido por ellos, y el resultado no es superado por ninguno de los otros valores comparados, hechos todos por geodestas de reconocida y celebrada autoridad (59).

Nos complacemos en hacer constar este hecho para honra y gloria del sabio geodesta español y de su patria.

Siguiendo la pauta trazada por Barraquer (60), y empleando los mismos aparatos, el Instituto Geográfico prosigue estos estudios hasta los últimos años del pasado siglo, y así obtienen por el procedimiento de determinaciones absolutas los valores de la intensidad de la gravedad en Pamplona, San Fernando, Coruña, Valencia, Barcelona, Valladolid, Badajoz y Granada, los geodestas Sres. Cebrián, Los Arcos, Aparici Mifsut, Escribano y La Rica (61).

La proposición ya citada de Ivon Villarceau, las conclusiones de Oppolzer y el viaje de Hecker (62) al través del Atlántico, en el cual determina con péndulos invariables sistema Sterneck y por el procedimiento de relativas la intensidad de la gravedad en Río Janeiro, Lisboa y Madrid, hicieron comprender la necesidad de un cambio de método. Encargados los Ingenieros Geógrafos Sres. Galbis y Estrada de proponer el más conveniente, demuestran en una meditada Memoria (63) la necesidad de sustituir el antiguo procedimiento por el empleado por Hecker en las determinaciones terrestres de su viaje citado.

El aparato empleado para las determinaciones relativas se compone de un soporte, sobre el cual se colocan cuatro péndulos de unos 0,28 m. de longitud que batan, por consiguiente, medio segundo aproximadamente. Un quinto péndulo fijo lleva en su interior un termómetro y sirve únicamente para apreciar la temperatura. Estos péndulos fueron construidos por Stuckrart, y dos de ellos, los señalados con los números 46 y 47, fueron empleados por Hecker en su citado viaje. Los péndulos están encerrados dentro de una campana de metal y la observación de la duración de su oscilación se hace con un aparato independiente, llamado de coincidencias (64). Compañero inseparable de estos aparatos

tos es un reloj de tiempo sidéreo, modelo de Strasser-Rhode, con péndola Riefler de medio segundo y un antejo de pasos, con el cual, por medio de observaciones astronómicas, se determina el movimiento del reloj (65).

Estos aparatos llegaron á España en el año 1903, y desde entonces hasta la fecha se han observado con ellos las estaciones que se indican en el adjunto cuadro, de las cuales las nueve últimas estarán calculadas en plazo breve.

Mediciones relativas de la gravedad, hechas en la Península con péndulos invariables de medio segundo. Cuadro publicado con autorización de la Dirección general del Instituto Geográfico y Estadístico.

Nombre de la estación.	Latitud.	Longitud.	Altitud. m.	Densidad del terreno.	Gravedad observada. cm.	Observador.	Año.	E_0 cm.	$g' - g$ cm.	E_0'' cm.	γ_0 cm.	$E_0'' - \gamma_0$ cm.	$g'' - \gamma_0$ cm.
Madrid.....	40°-24' 5"	3°-41' 3W	656,00	2,6	979,981	Hecker..	1901	980,183	—	980,112	980,202	0,090	- 0,019
Lisboa.....	38°-42' 5"	9°-11' 2W	91,00	2,4	980,094	»	1901	980,122	—	980,113	980,052	0,061	+ 0,070
San Fernando.	36°-27' 9"	6°-12' 3W	28,00	2,4	979,830	Galbis...	1903	979,839	—	979,836	979,855	0,019	- 0,016
Duque.....	36°-29' 2"	4°-57' 4W	7,00	2,5	979,912	»	1903	979,914	—	979,913	979,857	0,056	+ 0,057
Granada.....	37°-10' 6"	3°-36' 0W	669,00	2,6	979,669	»	1903	979,875	—	979,802	979,917	0,115	- 0,042
Baños.....	36°-42' 1"	2°-50' 5W	13,00	2,5	979,881	»	1904	979,885	—	979,874	979,876	0,008	- 0,009
Roldán.....	37°-36' 0"	1°-54' 7W	204,00	2,6	979,881	Barandica	1805	979,944	—	979,922	979,897	0,025	+ 0,047
Cartagena.....	37°-36' 0"	0°-58' 9W	3,00	2,6	980,035	»	1905	980,036	—	980,036	979,954	0,082	+ 0,062
Torrejón.....	38°-00' 1"	0°-39' 1W	2,00	2,6	980,032	»	1905	980,033	—	980,033	979,989	0,044	+ 0,044
Huelva.....	37°-16' 0"	6°-57' 3W	46,00	2,6	979,971	Mifsut...	1908	979,985	—	979,980	979,925	0,055	+ 0,060
Tarifa.....	36°-00' 0"	5°-36' 3W	29,00	2,6	979,748	»	1908	979,757	—	979,754	979,816	0,062	- 0,059
Llansá.....	42°-22' 0"	3°-08' 7 E	6,00	2,6	980,431	»	1908	980,433	—	980,432	980,378	0,054	+ 0,055
Ripoll.....	42°-36' 0"	0°-33' 3W	819,00	2,6	980,180	»	1908	980,394	—	980,318	980,360	0,042	+ 0,034
Jaca.....	42°-36' 0"	0°-33' 3W	819,00	2,6	980,160	»	1908	980,413	—	980,324	980,399	0,075	+ 0,014
Tudela.....	42°-30' 0"	1°-37' 0W	252,00	2,6	980,244	»	1909	980,322	—	980,294	980,349	0,055	- 0,027
Logroño.....	42°-28' 0"	2°-26' 0W	384,00	2,6	980,265	»	1909	980,384	—	980,342	980,387	0,045	- 0,003
Pamplona.....	42°-49' 0"	1°-38' 0W	450,00	2,6	980,273	»	1909	980,412	—	980,363	980,419	0,056	- 0,007
Roncesvalles	43°-00' 0"	1°-19' 0W	959,00	2,6	980,216	»	1909	980,512	—	980,407	980,435	0,028	+ 0,077
Reinosa.....	43°-00' 0"	4°-08' 0W	847,00	2,6	980,251	»	1909	980,512	—	980,420	980,435	0,015	+ 0,077
Burgos.....	42°-20' 0"	3°-42' 0W	855,00	2,6	980,161	»	1909	980,425	—	980,332	980,375	0,043	+ 0,050
Palencia.....	42°-1' 0"	4°-32' 0W	717,00	2,6	980,151	»	1909	980,372	—	980,294	980,346	0,052	+ 0,026
Peñas.....	43°-9' 3"	5°-51' 3W	»	»	»	Galbis...	»	»	»	»	»	»	»
Santander.....	43°-29' 1"	3°-49' 2W	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Faro Igueldo	43°-19' 3"	2°-06' 6W	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Izarra.....	42°-55' 7"	2°-53' 3W	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Arbas.....	43°-09' 5"	5°-45' 1W	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Vivero.....	43°-39' 0"	7°-34' 6W	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Camposancos.	41°-53' 2"	8°-48' 9W	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Vilagarcía.....	42°-36' 1"	8°-43' 4W	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
La Coruña.....	43°-22' 0"	8°-23' 0W	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

La elección de las estaciones observadas, así como de las que se encuentran proyectadas, no es caprichosa, sino que obedece á un plan trazado con arreglo á los últimos estudios. Así existe el proyecto de hacer observaciones en las costas españolas, en las islas inmediatas, observar á lo largo de los paralelos en la meseta de ambas Castillas y en la cuenca del Ebro, á uno y otro lado de las principales cordilleras y en algunas minas, ascendiendo de este modo á unos ochenta el número de estaciones proyectadas, número que puede ampliarse, si, como es de suponer, las nuevas orientaciones científicas demuestran la necesidad de aumentar su número (66).

Aunque el número de estaciones observadas y calculadas hasta la fecha es escaso, no por eso dejan ya de manifestarse algunas particularidades dignas de llamar la atención. En su conjunto, las anomalías obtenidas se ajustan á las leyes de Defforges; así, vemos exceso de gravedad en las costas y déficit en el interior de la Península. Existen, no obstante, algunas excepciones, como son las negativas de San Fernando y de Tarifa, que parecen sentir la presencia del Continente africano.

Curiosa es por otra parte la diferencia que se observa entre las estaciones de San Fernando y del vértice Duque, situadas ambas en paralelos muy próximos, pues la primera es negativa y positiva la segunda. El valor de San Fernando ya hemos dicho que podía depender de su proximidad al Africa; pero en el mismo caso se encuentra el vértice Duque, debiendo observarse de paso que esta influencia del inmediato continente tal vez sea contrarrestada con la fosa mediterránea que se extiende desde el Estrecho de Gibraltar á la isla de Alborán, alcanzando una profundidad superior á 1.500 metros.

Las estaciones costeras de Roldán, Cartagena y Torrejón presentan todas las anomalías positivas, pero de muy distinto valor, estando éste aparentemente en relación con la mayor proximidad á la fosa mediterránea de las Baleares.

Por último, la anomalía negativa del vértice Baños, situado precisamente enfrente de la isla de Alborán, parece señalar la presencia de la misma (67).

V.—NOTAS

(1) Este capítulo es un extracto del discurso leído ante la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, en la recepción pública de D. Joaquín Barraquer y Rovira, celebrada el día 1 de Mayo de 1881.

Para más detalles pueden consultarse también: «History of the Theories of attraction and the Figure of the Earth por Todmunter; Lista bibliográfica de los libros y memorias concernientes á experimentos hechos con el péndulo por Sir John Herschel, publicada en la obra titulada «Operations of the great trigonometrical Survey of India», tomo V, año 1879; Discurso sobre «La figura de la tierra», pronunciado en la Universidad Central por D. Eduardo León y Ortiz en la inauguración del curso académico de 1890 á 1891.

(2) Conocida es la importancia de Córdoba en esta época. En ella se congregaban los artistas, los sabios y los poetas del mundo musulmán y de Occidente acudían los estudiantes á llenar sus escuelas florecientes, á visitar sus numerosas bibliotecas y aumentar el esplendor de la corte de los califas.

En época posterior el rey de Castilla Alfonso *el Sabio* organizó en Toledo un Observatorio, en el cual trabajaban bajo su dirección astrónomos cristianos, judíos y árabes, no siendo ajenos á estos trabajos los doctos y los sabios de la entonces floreciente Universidad de Salamanca. El resultado de estos trabajos fué la publicación de las Tablas Alfonsinas, que daban los movimientos de los astros con mayor exactitud que las hechas hasta entonces. Alfonso X observó antes que Copérnico la extremada falsedad y complicación del sistema de Ptolomeo.

(3) Por ser sobrado conocidos no hacemos aquí mención de los descubrimientos hechos por los navegantes españoles y portugueses en los siglos XV y XVI, que tanto contribuyeron al conocimiento de la forma y dimensiones de nuestro planeta; pero por no serlo tanto no queremos dejar de citar los viajes particulares del judío Benjamín de Tudela y los que con carácter de embajada despachada por Enrique III de Castilla á la corte de Tamorlan hicieron Sotomayor y Palazuelos, y en una segunda Fray Alonso Pérez de Santa María Clavijo y Gómez de Salazar, que juntamente con los del veneciano Marco Polo tanto contribuyeron á conocer el Asia, preparando así el inmortal descubrimiento de Cristóbal Colón.

(4) También debemos hacer notar aquí que por la misma época Felipe II encargó á D. Pedro Esquivel, autor del sistema de triangulaciones, el mapa de nuestro territorio.

(5) *Horologium Oscillatorium*, 1673.

(6) El retraso fué de 2 minutos y 28 segundos en la cayena situada á 4°—57'—17" latitud Norte.

(7) Humboldt-Cosmos.

(8) Philosophie naturalis Principia mathematica.

(9) Al llegar á este punto justo es consignar un tributo de admiración á la gloriosa memoria de los eminentes oficiales de nuestra Armada D. Jorge Juan y D. Antonio de Ulloa, que tan alto pusieron el nombre de España en las apartadas regiones ecuatoriales.

(10) Montferrier.—Dictionnaire des Mathematiques.

(11) El péndulo simple trata de asimilarse al péndulo ideal, y para determinar por este medio el valor de g , se parte de la conocida

fórmula $s = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$ en la cual es preciso determinar experimentalmente el valor de s (duración de la oscilación) y el de l (longitud

del péndulo, obteniéndose así el valor de $g = \frac{\pi^2 l}{s^2}$ por el método

llamado de determinaciones *absolutas*. El valor de s se determina contando el número de oscilaciones que hace el péndulo en un tiempo determinado, y su valor será el cociente de dividir el número de segundos transcurridos por el de oscilaciones hechas en este tiempo. Este modo de operar se llama de *pasos*, que es diferente al de *coincidencias*, que estudiaremos en la nota 14.

(12) Si se representa por $q = \frac{1}{289}$ la relación que existe entre la fuerza centrífuga y la gravedad y se designa por α el aplastamiento terrestre y por g_{90} y g_0 los valores de la intensidad de la gravedad en el Polo y en el Ecuador, Clairaut demostró que estas cantidades

están relacionadas entre sí por la fórmula $\frac{g_{90} - g_0}{g_0} + \alpha = \frac{5}{2} q$. El

valor de α obtenido de este modo, resulta igual á $\alpha = \frac{1}{292,2}$ en perfecto acuerdo con las mediaciones geodésicas.—Ved tratado de Geodesia, de Clarke, y Phisique du Globe, por A. Berget.

(13) En el péndulo llamado invariable se supone que su longitud no cambia, y esto permite no tener que hacer más determinación experimental que la de la duración de oscilación. En efecto; si observamos con un péndulo de esta clase la intensidad de la gravedad en dos lugares que representamos por m y n , aplicando la fórmula

conocida tendremos $s_m = \pi \sqrt{\frac{l}{g_m}}$ y $s_n = \pi \sqrt{\frac{l}{g_n}}$

Dividiendo una por otra y admitiendo que el valor l sea constante, tendremos $\frac{s_m^2}{s_n^2} = \frac{g_n}{g_m}$, y si además suponemos conocido el va-

lor g_m , el de g_n se expresará por la fórmula $g_n = \frac{s_m^2}{s_n^2} g_m$, en la cual no interviene el valor de l . En esto está basado el procedimiento de observación llamado de *relativas*.

(14) El método de coincidencias (ver nota 11), que tiene la ventaja de ser más cómodo para el observador, sirve también para determinar el valor de s (duración de oscilación), y está fundado en lo siguiente: Supongamos que el péndulo que se observa y la péndola del reloj astronómico que sirve para la comparación pasen en un mismo instante por la vertical. Como sus duraciones de oscilación, que representaremos respectivamente por s y s' son diferentes, ocurrirá que en la oscilación siguiente uno de los dos péndulos estará adelantado con respecto al otro, y este adelanto aumentará en cada oscilación *hasta llegar un momento que sea igual á una oscilación completa*. Entonces los dos péndulos vuelven á pasar por el vertical en un mismo instante, pero uno de ellos habrá hecho una oscilación más que el otro.

Si ahora representamos por c el tiempo transcurrido de una á otra coincidencia y por n el número de oscilaciones hechas por la péndola, podemos establecer las dos igualdades siguientes; $ns' = c$ y $(n \pm 1)s = c$, tomando en la segunda el signo más ó el signo menos, según que el péndulo observado sea más rápido ó más lento que la péndola del reloj.

De las dos igualdades anteriores puede deducirse $ns' = (n \pm 1)s$ y por tanto $s = \frac{ns'}{n \pm 1}$ (1). Si ahora suponemos que el reloj bate segundos, s' será igual á 1", y por tanto $n = c$ y la fórmula (1) se transformará en $s = \frac{c}{c \pm 1}$ (2).

(15) Sur la longueur du pendule à secondes.—Connaissance des Temps pour l'an 1820.

(16) Este péndulo está formado por una barra metálica, en cuyas dos extremidades existen dos cuchillos de acero cuyos bordes cortantes están frente á frente. Entre los dos cuchillos una masa móvil M puede resbalar y sujetarse por medio de tornillos de presión en un punto cualquiera de la barra.

Esto supuesto, se hace oscilar el péndulo alrededor de uno de los dos cuchillos y se determina la duración de la oscilación. Después se invierte el péndulo y se le hace girar alrededor del segundo cuchillo. Generalmente la duración de oscilación en este segundo caso es diferente del primero, pero por tanteos sucesivos hechos en la posición de la masa M , se obtiene una igual duración de oscilación en ambas posiciones. Entonces esta duración de oscilación representa la del péndulo simple que tuviera por longitud la distancia que separa los dos cuchillos.

(17) En realidad el inventor del péndulo de inversión fué Bohnenberger, el cual propuso á principios del siglo XIX la construcción del péndulo de ejes recíprocos. A pesar de sus ventajas, este invento permaneció en el olvido, compartiendo la preferencia el aparato de Borda y el llamado invariable. (Astronomie von J. G. Bohnenberger. Tüb., 1811.) Es de creer que Kater ignorase la exis-

tencia de esta obra cuando dió como invención suya la que ya estaba publicada.

(18) En esta expedición pereció el capitán de Ingenieros Basevi en los confines del Tibet chino, en una meseta del Himalaya, cuya altitud supera á 5.200 metros. Encontróse allí rodeado de nieve y á gran distancia de todo socorro humano.

(19) Plantamour.—Expériences faites en Genève avec le pendule à reversion.

(20) Una notable experiencia hecha en Neuchatel demostró que el movimiento de oscilación del péndulo de inversión se transmitía á la roca que sustentaba el edificio dentro del cual se hacían las observaciones.

(21) Peirce.—On the flexure of pendulum supports.—U. S. C. and G. Survey. Rep., 1881.

(22) Cellier.—Sur le mouvement simultané d'un pendule et des ses supports.—Cong. Int. Geod., 1877.

(23) Modernamente se hace una nueva corrección, que consiste en tener en cuenta la alteración que sobre el valor de la duración de oscilación produce la flexión del péndulo. Los profesores Kühnen y Furtwängler han estudiado detenidamente esta cuestión en su obra «Bestimmung der Absoluten Größe der Schwirkraft zu Potsdam mit reversionpendeln», y por medio de ella han reducido el valor de g en Potsdam desde $g=981,292$ á $981,274 \text{ c m}$.

(24) Oppolzer.—Bericht über die Bestimmung der Schwere mit Hülfe verschiedener apparate.—Con. Int. Geod. 1883.

(25) Sterneck.—Der neue Pendelapparatu des K. K. militär geog. Inst., 1886.

(26) En efecto, pueden considerarse en la historia de las modificaciones del péndulo cuatro grandes períodos. El primero es de influencia francesa y dura hasta principios del siglo XIX. Los aparatos son los Bouguer y Borda. El segundo corresponde á Inglaterra con el péndulo Kater y llega hasta el último tercio del siglo XIX. En el tercero ocupa el primer lugar Alemania con el péndulo Bessel, y en el cuarto ó actual continúa la influencia alemana y la austriaca con el péndulo Sterneck.

(27) No podemos menos de hacer una excepción con dos aparatos: uno es el ideado por Defforges y con el cual este sabio geodesta hizo á fines del pasado siglo notables trabajos en Francia, América y Rusia, y otro el gravígrafo Mier, por tratarse de un invento español.

El fundamento de este último aparato consiste en observar la caída de un cuerpo completamente libre en el vacío y deducir el valor de g por la fórmula $e = \frac{1}{2}gt^2$. En las observaciones se reemplaza la vista humana por la cámara fotográfica, obteniéndose unos gráficos que permiten determinar experimentalmente los valores de e y de t . (Ver para más detalles revista científica *Naturaleza, Ciencia é*

Industria, número correspondiente al 25 de Octubre de 1891 y siguientes.)

(28) Con tan rudimentario aparato hizo notables experiencias: «Observations faites aux Indes Occidentales en 1704, 1705 y 1706, par le P. Feuillée, minime, memb. de l'Acad. Roy. des Sciences, 1708.

(29) Association geodesique internationale. Comptes rendues de la session de la Commission permanente à Nice en 1887. Rapport sur les Triangulations par le Général A. Ferrero.

(30) Este gran arco de meridiano interesa á España y forma parte del mismo la unión geodésica de nuestra Península con Argelia, notable operación realizada en 1879 por geodestas españoles y franceses bajo la dirección respectiva del general Ibáñez y del coronel Perrier. Los grandes triángulos de este enlace tienen sus vértices en Mulhacen y Tetica (España) y en Filhaoussen y M'Sabiha (Argelia). (Ver tomo VII de las Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico y también la nota titulada «Enlace geodésico y astronómico de Europa y Africa», presentada á la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales por sus individuos D. Carlos Ibáñez y D. Miguel Merino.

(31) De las más recientes observaciones de péndulo nos ocuparemos en el capítulo III.

(32) Et certius per experimenta pendulorum deprehendi possit quam per arcus geographice mensuratos in meridiano.—Principia, 4-3.

(33) Tomaba Bouguer en cuenta la temperatura, la pérdida de peso en el aire y la altura del lugar de observación sobre el nivel del mar y también la atracción que la montaña ó meseta sobre la cual oscilase el péndulo pudiera ejercer, dando para esta última corrección una fórmula que, usada luego por el matemático inglés Young, fué atribuida á éste por mucho tiempo.

(34) Estas fórmulas están tomadas de la Comptes rendus des séances de la seizième conférence générale de l'Association géodesique internationale réunie à Londres et à Cambridge du 21 au 29 Septembre 1909, publiés par le Secrétaire perpétuel H. G. Van de Sande Bakhuyzen.—Rapport spécial sur les mesures relatives de la pesanteur, avec 2 cartes, 1911.

(35) Aplicación á un ejemplo:

en Madrid según Hecker (1901) = 979,981 cm.

Este valor está deducido del valor de g en Postdam = 981,274 cm. (Ver notas 13, 23 y 41.)

$$g_0 = 980,183,$$

siendo $H = 656$, m

$$g''_0 = 980,112,$$

siendo $\theta = 2,6$ y $\theta_m = 5,52$.

Valor teórico para $\varphi = 40^\circ - 24' - 30''$; $\gamma_0 = 980,202$,

$$g_0'' - \gamma_0 = 980,112 - 980,202 = -0,090 \text{ cm.}$$

(36) Walker.—Preliminary notice of results of pendulum experiments made in India.—Roy. Soc. London. Proc. xv.—On the Indian pendulum observations.—Roy. Soc. London. Proc. xix.

(37) Defforges.—Mémoire sur la mesure de l'intensité de la pesanteur.—Cong. Int. Geod. 1887.—Sur la mesure de l'intensité absolue de la pesanteur. C. R. Acad. Sc. Paris, 1888.—Sur la distribution de l'intensité de la pesanteur á la surface du globe. C. R. Acad. Sc. Paris, 1893.

(38) Fischer.—Die Gestalt der Erde und die Pendelmessungen.—Astrn. Nachr.

(39) Faye.—Cours d'Astronomie.

(40) Helmert.—Die mathematischen und physikalischen Theorien der höheren Geodäsie.

(41) Hecker.—Bestimmung der Schwerkraft auf dem atlantischen Ozean sowie in Rio de Janeiro, Lissabon und Madrid, 1903.

Bestimmung der Schwerkraft auf dem Schwarzen meere und an dessen Küste sowie neue angleichung der Schwerkraftsmessungen auf dem Atlantischen Indischen und Groszen Ozean.

(42) Ricco.—Determinazione della gravità relativa fatte Regione Etnee e nella Sicilia orientale.—Accad. Lincei, 1898.

Riassunto delle determinazioni di gravità relativa fatte nelle Sicilia orientale, in Calabria e nelle isole Eolie.—Accad. Lincei, 1903.

(43) Lapparent.—Sur la signification géologique des anomalies de la gravité.—C. R. Acad. Soc. Paris, 1903.—Comptes Rendus.—Tomo CXXXVII, pág. 827.

(44) Comptes rendus des séances de la seizième conférence générale de l'Association géodesique internationale réunie à Londres et á Cambridge au 21 au Septembre 1909.

(45) Es decir, que conforme á la teoría de Dutton se adaptan á la condición de equilibrio (isostasia) que la gravitación impone á todo cuerpo planetario, sea homogéneo ó no.

(46) Este modo de ver la cuestión es debido á Lippmann.

(47) D. Eduardo Mier y Miura, actual delegado de España en la Asociación Sismológica internacional, vió claramente y con gran anterioridad la mutua relación entre estos estudios, como lo demuestra un artículo suyo sobre el nivel de los mares, publicado por la revista científica *La Naturaleza* en el número del 8 de Abril de 1895, y en el cual se expresa así: «Las observaciones del péndulo hechas desde el punto de vista geodésico y produciendo en realidad resultados geognósticos, vienen á dar fuerza á la anterior hipótesis, poniendo en claro que la pesantez ó gravedad resulta mayor de lo que debiera en las islas y menor en los continentes, apareciendo, por lo tanto, el cambio de latitud, no como el factor único que en

las alteraciones del valor de g influye, sino como una de las causas de variación, imposibles de desligar por ahora de otras muy importantes.»

(48) Ver en esta obra la parte titulada «Observaciones astronómicas y físicas hechas de orden de S. M. en los Reinos del Perú por D. Jorge Juan y D. Antonio de Ulloa, 1748».

Entre otros muy curiosos detalles acerca de estas experiencias, mencionan «que al aproximarse al aparato se cubrían la boca lo mejor que permitía la precisión de haber de respirar, para que el aliento no interrumpiese las oscilaciones, y en esta conformidad notaban cuándo el péndulo y el reloj de péndola fenecían una vibración unánimes».

(49) Memorias sobre las observaciones astronómicas hechas por los navegantes españoles en distintos lugares del Globo, ordenadas por D. Josef Espinosa y Tello, Jefe de Escuadra de la Real Armada.—Madrid, 1809.

(50) Novo y Colson.—Viaje político y científico alrededor del Mundo por las corbetas *Descubierta* y *Atrevida*.

(51) «El viaje de Malaspina es el más brillante testimonio que á fines del siglo pasado (xviii) dió nuestro Gobierno del laudable interés que se tomaba en aumentar los conocimientos de la Ciencia de nuestro Globo.»—Fernández Navarrete.

(52) Experiencias sobre la gravedad hechas con un péndulo invariable en los puntos de Europa, América y Asia, Mar Pacífico y Nueva Holanda, en el viaje de las corbetas *Descubierta* y *Atrevida*. (En la obra ya citada de Espinosa, en la nota 49.)

(53) Connaissance des Temps pour l'an 1816.

(54) En la Dirección de Hidrografía se conservan numerosos manuscritos referentes á estas experiencias, y entre ellos podemos citar los siguientes:

Nociones sobre la gravedad. Nociones sobre el péndulo simple. Consecuencias que se deducen de las observaciones hechas con el péndulo invariable. Exposición de los principios que han servido de base para calcular las observaciones hechas con el péndulo invariable. Experiencias sobre la gravedad hechas en los puertos de Europa, América y Asia, en el viaje de las corbetas *Descubierta* y *Atrevida*. Estado en donde se manifiesta la relación de gravedades entre diversos lugares del mundo, según las experiencias hechas por las corbetas del Rey, *Descubierta* y *Atrevida*, por el Teniente de navío don Ciriaco de Ceballos.

(55) El Ingeniero de Minas D. Juan Sánchez y Massiá hizo detenidas investigaciones sobre las observaciones de Ciscar, y llegó á averiguar que los péndulos empleados por éste estaban constituidos por una barra de acero, en cuya parte inferior llevaba una lenteja de plata. Por medio de una pieza de latón se une la barra por su parte superior á un prisma triangular de acero, cuya arista inferior se apoyaba en un plano horizontal de la misma substancia, que llevaba

una gran hendidura, por la cual se introducía la barra. Cada péndulo llevaba un termómetro para calcular la dilatación de la misma. (Ver para más detalles la obra titulada «Introducción al estudio de la gravedad por medio del péndulo, por D. Juan Sánchez y Massiá.—Madrid, 1879».)

(56) En la biblioteca de la Escuela de Ingenieros de Caminos existe un manuscrito firmado por Ciscar y fechado en 10 de Mayo de 1821, que debía servir de prólogo á una segunda edición no llevada á efecto de la *Memoria elemental sobre los nuevos pesos y medidas decimales fundados en la naturaleza.*—Madrid, 1800.—En este manuscrito se consigna que «las observaciones hechas en Madrid en 1800, comparadas con las hechas en París el año anterior, manifiestan con suma precisión la verdadera diferencia de la gravedad en los dos puntos expresados, según se demostrará en una Memoria dirigida á este objeto, cuya publicación no ha podido verificarse por la necesidad de atender á otras de mayor consideración ó de mayor utilidad y por causas harto notorias, que parece inútil especificar». No parece, por tanto, probable que dicha Memoria llegara á publicarse.

El valor que para la gravedad de Madrid señala Vázquez Queipo es 980,4486 c. m.

(57) Obra citada en la nota 55.

(58) Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico, tomo VIII.

(59) Ver la obra citada en la nota 23.

(60) Para estudiar con detalle este método y el plan seguido en las operaciones, consultar la obra titulada «Geodesia y Cartografía», por D. Arturo Mifsut, Comandante de E. M. é Ingeniero Geógrafo, 1905.

(61) Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico, tomos IX, X, XI y XII.

(62) Ver notas 24 y 41.

(63) Memoria manuscrita existente en el Archivo Geodésico del Instituto Geográfico y Estadístico.

(64) Por medio de este aparato y aplicando la fórmula explicada en la nota 14, una vez conocido el período c de las coincidencias, se obtiene el de s , valor de la duración de oscilación.

Como en el caso particular que nos ocupa la péndola del reloj bate medio segundo y el péndulo observado es algo más lento, la fórmula (1) de la citada nota se transforma en

$$s = \frac{c}{2c-1} = 0,5 - \frac{c}{4c-2},$$

puesto que $s' = 0,5$ y $ns' = c$ en este caso es igual á $n \times 0,5 = c$ ó sea $n = 2c$.

Pero al valor de s así obtenido será preciso hacerle numerosas correcciones, las cuales nos darán el valor de S , que debe ser sustitui-

do en la fórmula de la nota 13 para obtener el de g en el punto de observación.

Enumeradas rápidamente estas correcciones, son:

1.ª Corrección por amplitud. Es decir, reducir la amplitud observada en el péndulo á otra tan pequeña que no influya en el valor de S dentro de los límites de aproximación que se piden.

Esta corrección es negativa y está representada por la fórmula $-s \frac{A^2}{16}$, siendo A el valor de la semiamplitud de oscilación.

2.ª Corrección al vacío, ó sea la que tiene por objeto obtener el valor de S , como si el péndulo oscilase en el vacío. Esta corrección es también negativa y la representaremos abreviadamente por la expresión λD , en la cual λ representa una constante determinada previamente y D la densidad del aire en las condiciones de observación.

3.ª Corrección de temperatura, ó sea la correspondiente al valor que tendría S si el péndulo oscilase á 0 grados. Corrección también negativa y expresada por la fórmula $-\tau T$, siendo τ una constante y T la temperatura del péndulo en el momento de la observación.

4.ª Corrección por el movimiento del reloj de comparación en 24 horas (t. s.) y que puede ser positiva ó negativa, según que éste atrase ó adelante, y que abreviadamente representaremos por $\pm \frac{sM}{86400}$ siendo s la duración observada y M el movimiento del reloj.

5.ª Corrección debida al balance del sostén ó soporte (ver notas 20, 21 y 22), que también es negativa y se calcula por una complicada fórmula debida al Profesor Borrass, y que abreviadamente representaremos por $-\sigma$.

Según todo lo que precede, el valor S , que debe ser sustituido en la fórmula de la nota 13, vendrá expresado abreviadamente por la expresión

$$S = s - s \frac{A^2}{16} - \lambda D - \tau T \pm \frac{sM}{86400} - \sigma.$$

Todos los cálculos y correcciones indicadas se repiten con cada uno de los cuatro péndulos de que consta el aparato, y se toma como valor definitivo de la gravedad el promedio de los valores dados por cada uno de ellos.

(65) Para el estudio detallado de aparatos y procedimientos, consultar en el tomo XIII de las Memorias del Instituto Geográfico y Estadístico la «Determinación relativa de la intensidad de la gravedad en San Fernando, Duque, Baños y Granada», por D. José Galbis y Rodríguez, Capitán de Estado Mayor é Ingeniero Geógrafo.

(66) La Memoria con el plan razonado que debe seguirse fué redactada por el Ingeniero Geógrafo D. José Galbis, y se conserva



MAPA DE ESPAÑA

CON LAS ESTACIONES DE PÉNDULO
 observadas por el procedimiento de
 relativas y anomalias encontradas en el
 valor de la intensidad de la gravedad



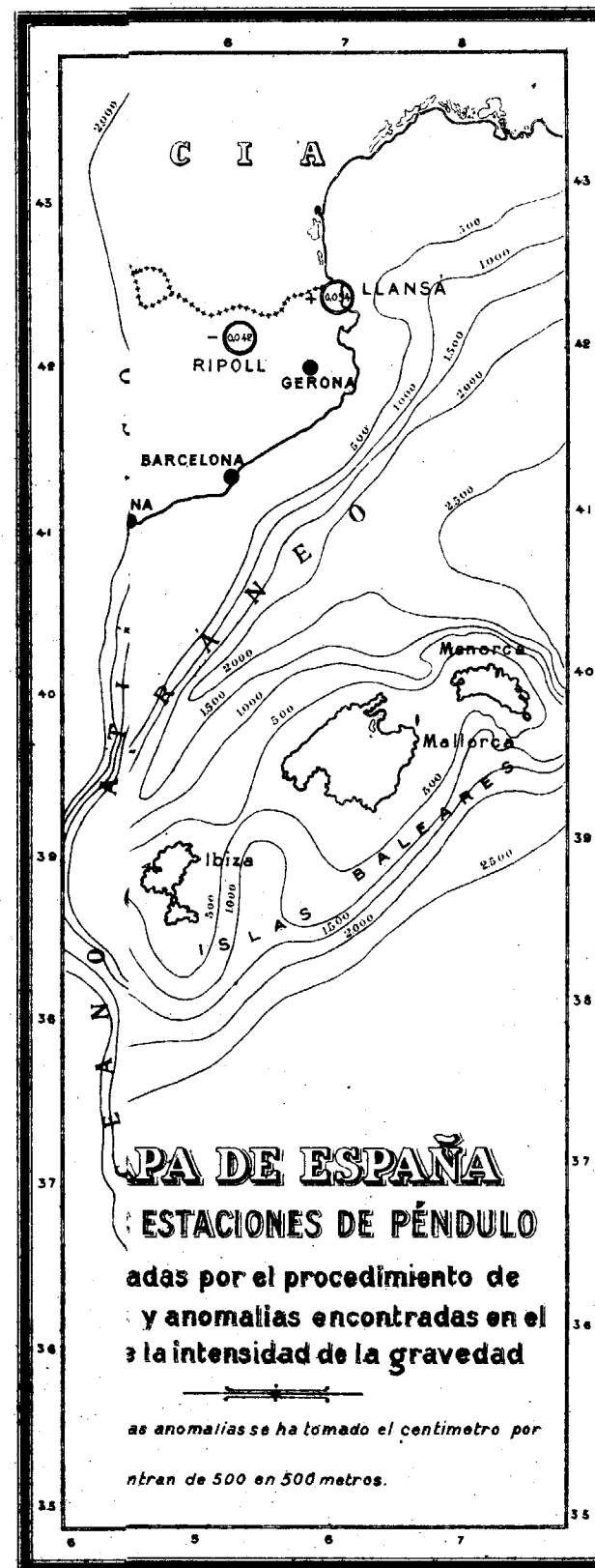
*Notas: Para la expresión de las anomalias se ha tomado el centímetro por unidad.
 Las curvas batimétricas se encuentran de 500 en 500 metros.*

Escala de 1:5.000.000



manuscrita en el Archivo Geodésico del Instituto Geográfico y Estadístico.

(67) Consultar, además, el folleto de D. José Galbis sobre «Determinaciones relativas de la intensidad de la fuerza de la gravedad en España, publicado por la Asociación Española para el progreso de las Ciencias.—Congreso de Zaragoza, 1908».



**ENSAYO DE UNA LISTA DE MAMIFEROS
Y AVES DEL CUATERNARIO CONOCIDOS HASTA AHORA
EN LA PENINSULA IBERICA
por Mr. Edouard Harlé**

Académico correspondiente de la Real Academia de la Historia.

(Los números negros se refieren á las obras citadas al final de la Lista.)

En mis estudios acerca de los huesos cuaternarios de España y Portugal, he tenido frecuentemente que lamentar que no se haya hecho nunca un inventario de todos los Mamíferos y Aves del Cuaternario, reconocidos hasta ahora, *con certidumbre*, en la Península Ibérica. El trabajo presente tiene por finalidad el tratar de llenar esta laguna.

Es posible que entre los ejemplares que cito haya algunos que deban referirse al Plioceno enteramente superior y otros que, por el contrario, pertenezcan á la época actual ; pero desde este punto de vista, he preferido, sin embargo, comprender mucho que restringir demasiado.

No me ha sido posible, naturalmente, citar en esta lista ejemplares descubiertos recientemente y cuya clasificación no se ha publicado todavía, porque si para hacerlo hubiese retrasado este trabajo, se me hubiera vuelto á presentar el mismo inconveniente más tarde con otros descubrimientos.

La enumeración, para cada especie, está hecha, dentro de lo posible, siguiendo un orden geográfico, de Norte á Sur y de Este á Oeste.

Sorprenderá, al leer esta lista, el reducido número de yacimientos que se citan para cada especie. De la *Hyæna spelæa*, por ejemplo, no he podido citar más que seis ó siete yacimientos, dispersos en toda la Península, y si hubiera admitido todas las referencias bibliográficas, esta cifra no se hu-

biese elevado á más de diez ó doce. Esto es muy poco, con relación al Suroeste de Francia, por ejemplo, donde yo conozco más de cuarenta yacimientos en los que se ha encontrado esta especie, y aun es menos, puesto que la superficie del Suroeste de Francia equivale sólo á la quinta parte de la de la Península Ibérica. Las faunas cuaternarias de España se conocen todavía muy poco; pero debo hacer observar, que la misión de los sabios españoles ha tenido que resultar en extremo difícil por la carencia casi absoluta de ejemplares que sirvan de punto de comparación.

Sería una ingratitud en mí, el que no expresase mi reconocimiento por la excelente acogida que me han dispensado y por sus interesantísimas noticias y consejos, á D. Jaime Almera y á D. Arturo Bofill, á D. Pedro Alsius, D. Ramón Bolós, D. José Bosóms y D. Manuel Cazorro, para mis estudios acerca de Cataluña; al Sr. Marqués de Cerralbo y á D. Juan Cabré, en la provincia de Soria; á D. Javier Peña y á D. Modesto del Valle y Lersundi, Ingenieros del Cuerpo de Minas, y á D. Manuel de Soraluze, D. José de Insausti y D. Luis Aguirre, de Guipúzcoa; á D. Lorenzo Sierra, D. Jesús Carballo, D. Eduardo de la Pedraja y D. Emilio Botín, de Santander; á D. Lucas Mallada, autor de una lista de fósiles de España que me ha sido muy útil (39), á D. Salvador Calderón, el ilustrado y malogrado Profesor de la Universidad Central, á D. Ignacio Bolívar y á D. Pío Vidal, Director y Conservador del Museo de Ciencias Naturales, á D. Manuel Antón, Director del Museo Antropológico, á D. Florentino Azpeitia, Profesor de la Escuela de Minas, y á D. Emilio Rotondo Nicolau, de Madrid. Estoy también vivamente agradecido á D. José Pueyo, de Zaragoza, y á D. Hermilio Alcalde del Río, de la provincia de Santander, que me han enviado huesos cuaternarios, y especialmente á los Sres. Delgado y Choffat que me han mandado, para estudiar, casi todos los que guarda, en sus colecciones, el servicio Geológico de Portugal.

Mamíferos.

Homo.—D. Pedro Alsius ha recogido una mandíbula inferior humana en Bañolas, provincia de Gerona, en un travertino muy duro que se explota como piedra de construcción, y que ha sido depositado por el lago de Bañolas. Me ha hecho observar, que la barbilla de esta mandíbula no forma saliente alguno hacia adelante, lo que constituye un carácter de inferioridad. Esta observación me parece que debe ser acentuada por la de que el sujeto era viejo, como se demuestra por el extremado desgaste de sus dientes, porque en los ancianos, el saliente de la barbilla tiende á pronunciarse más.

Ursus arctos LINN.—Mr. Depéret ha clasificado como de *Ursus arctos*, fundándose probablemente en su pequeña talla, un calcaneo del travertino de Castellbisbal, provincia de Barcelona, que forma parte del Museo del Seminario Conciliar de Barcelona. Mr. Boule ha atribuido al *U. arctos* unos huesos recogidos, con restos de una Hiena, de un *Felis* del tamaño del León, de *Equus caballus* de gran tamaño, de *Sus* y de *Cervus elaphus*, en una gruta situada á dos kilómetros de Allueva, provincia de Teruel (20, p. 190). He encontrado restos de un Oso parecido al Oso actual, entre los huesos de las grutas de Aitzbitarte, en Guipúzcoa (30), y de Ojear, en la provincia de Santander (30). Creo que deben atribuirse al *U. arctos*, algunos restos de un Oso pequeño, recogidos por el Servicio Geológico de Portugal, en la gruta de Serra-dos-Molianos, en Alcoabaça, al Norte de Lisboa, con huesos de un *Rhinoceros*, que es probablemente el *Mercki*, y de un *Cervus elaphus* de pequeña talla. En Portugal, se ha encontrado en la gruta de Furninha, en Peniche, también al Norte de Lisboa, un *U. arctos*, generalmente grande y macizo (con *Hyæna striata*, *Canis lupus* de mediano tamaño, *Felis catus*, *F. pardus*, *F. pardina*, *Rhinoceros Mercki*, gran Bovino, *Cervus elaphus*, etc.) (33), y en la gruta Das Fontainhas, en el Monte-Junto, (con *Hyæna*

spelæa, *Canis lupus* de gran tamaño, *Felis catus*, *F. Pardus*, *F. Pardina*, *Cervus elaphus*, *Capra hispanica*, etc.) (31). Un *U. arctos*, grande y macizo se ha reconocido también en la gruta de Genista, en Gibraltar (con *Hyæna spelæa*, *Felis* del tamaño del *F. catus*, *F. pardus*, *F. pardina*, *Rhinoceros* del tipo *Mercki*, *Cervus elaphus*, *Capra hispanica*, etc.) (9).

Ursus spelæus BLUM.—Puedo citar esta especie, de varios yacimientos situados al Norte de la prolongación de los Pirineos, á lo largo de la costa del golfo de Gascuña. En Guipúzcoa: gruta de Aitzbitarte, con *Hyæna spelæa* y *Felis spelæa* (28, 29, 30) y con gruta de San Elías en Oñate (28, 29). Se la ha citado con frecuencia, de otra gruta de Oñate, la gruta de Aitzquirri (51, 48, 45, 1, 44); pero los ejemplares de esta procedencia, que he visto en el Museo de Ciencias naturales de Madrid, no permiten la determinación de la especie. D. Pío Vidal me ha enseñado, en el mismo Museo, huesos de *U. spelæus*: unos, de la gruta de Gorbea, en Alava, sobre la línea de coronación de los Pirineos;— otros (2), de la gruta de Berriatúa en Vizcaya. Los primeros comprenden un último premolar inferior de la forma característica de esta especie;—los segundos, un 5.º metacarpo sumamente gordo, como en los *U. spelæus* de tipo acentuado.

Por último, puedo citar en la provincia de Santander, el *U. spelæus*, con absoluta certeza, de las grutas de Castillo (con *Hyæna spelæa* y *Felis spelæa*) y de Pontida (31), así como en la de Camargo (metacarpo muy gordo que me hizo ver D. Jesús Carballo) y, con cierta duda, de varias otras: Hornos y Salitre (30), Cobrante.

Podría citar algunos restos de Osos de otras procedencias, pero sin arriesgarme á determinar la especie: por ejemplo, á pesar de la opinión de un sabio francés, de gran valor, un canino, clasificado como de *U. spelæus*, que ha sido descubierto en Tarrasa, cerca de Barcelona, con varios dientes de *Hippopotamus major* (3, p. 107, y 4, Lá. I, fig. 4).

Meles taxus SCHREB.—Haré notar solamente que Delgado ha encontrado algunos restos de Tejón, con otros de Hiena rayada, en la gruta de Furninha, en Portugal (19, 33).

Mustela foina LINN.—Gruta con Hiena rayada de Furninha, en Portugal, (19, 33).

Foetorius putorius KEYS. y BLAS.—Gruta de Casa-da-Moura, en Cesareda, en Portugal (33).

Foetorius erminea KEYS. y BLAS.—Gruta con Hiena rayada de Furninha, en Portugal (33).

Canis lupus LINN.—Gruta de Serriñá, provincia de Gerona, según una mandíbula que me ha enseñado D. Pedro Alsius. Grutas de Hornos y de Altamira, provincia de Santander (30). Gruta de Furninha, en Portugal (Lobo de pequeño tamaño, con Hiena rayada) (19, 33). Gruta Das Fontainhas, en Portugal (Lobo de gran tamaño, con *Hyæna spelæa*) (31). Gruta de Casa-da-Moura, en Cesareda, en Portugal (18, Lá. II, y 33).

Canis vulpes LINN.—Me limito á hacer constar que en la gruta, con Hiena rayada, de Furninha, en Portugal, se han encontrado algunos restos de Zorra, de pequeña talla (19, 33).

Hyæna striata ZIMM.—Delgado ha atribuído á la Hiena rayada, numerosos restos que había recogido en la gruta de Furninha, en Peniche, al Norte de Lisboa (19). Gaudry y Mr. Boule han confirmado después aquella clasificación (23, p. 120). Esta Hiena rayada era generalmente más grande y más gorda que la actual (23, 33). No es, pues, la Hiena parda, *H. brunnea* (33). Véase al tratar del *Ursus arctos*, la fauna de aquella gruta. He publicado, en *Communicações da Comissão do Serviço geológico de Portugal*, VIII, 1910-1911, fotograbados, que salieron muy buenos, de varios ejemplares de la Hiena rayada de Furninha (y de otros animales de esta misma gruta y de la de Das Fontainhas).

Hyæna crocuta ERXL. raza *spelæa*.—Hace ya medio siglo que Edouard Lartet, y en seguida Falconer, atribuyeron á esta Hiena una mandíbula encontrada por Casiano de Prado en una gruta situada al pie de la aldea de Pedraza, provincia

de Segovia (43, p. 183, y 21, II, p. 465). He podido reconocer varios dientes de esta especie entre los huesos que el malogrado D. Norberto Font y Sagué ha recogido con restos de industria, en una cavidad rocosa que se llama Abrich Romani, en Capellades, provincia de Barcelona. Una mandíbula muy mal conservada, procedente de una brecha de la Casa Sans en Moncada, cerca de Barcelona, y que D. Jaime Almera me ha enseñado en el Museo del Seminario Conciliar de aquella provincia, también pertenece probablemente á esta especie. He reconocido algunos restos de la misma, entre los huesos recogidos en la gruta de Aitzbitarte (Guipúzcoa), por el Conde de Lersundi (28, 29, 30), y en la de Castillo (provincia de Santander) por D. Jesús Carballo (31), en unión de otros de *Ursus spelæus* y *Felis spelæa* en los dos casos. En Portugal la *Hyæna spelæa* ha sido citada por Carlos Ribeiro, en la gruta Das Fontainhas, situada en el Monte-Junto, próximo á Cercal, al Norte de Lisboa (19, p. 240). He tenido ocasión de estudiar el ejemplar encontrado por este sabio y otros huesos que se hallaron en el mismo yacimiento (31). (Véase, *Ursus arctos*). En Gibraltar, la gruta de Genista, ha dado también *Hyæna spelæa* (9). (Véase en *Ursus arctos*, la fauna de esta gruta.)

Felis leo LINN. var. *spelæa*.—Se ha encontrado en varios yacimientos situados en la vertiente norte de la prolongación de los Pirineos: Gruta de Aitzbitarte (Guipúzcoa), excavaciones del Conde de Lersundi (de un individuo de gran tamaño) (28, 29, 30);—gruta de Castillo, provincia de Santander, en la que fué descubierto por D. Jesús Carballo (individuo de gran tamaño) (31);—gruta de Mirón, en la misma provincia, en la que ha sido encontrado por D. Lorenzo Sierra (individuo del tamaño del León actual) (30, 31);—gruta de Altamira, en la misma provincia (un soberbio canino superior, del tamaño del de un León actual, perforado por un agujero de suspensión en la raíz, descubierto por D. Hermilio Alcalde del Río y determinado por el Abate Breuil) (31);—gruta de Eria del Prado en Balmori, á 7 quilómetros al Oeste de Llanes, provincia de Oviedo, según una mandíbula que me ha enviado D. Hermilio Alcalde del Río (de un individuo del tamaño de un León

grande actual) (1). Fuera de esta región, no puedo citar más que una gruta cerca de Allueva, provincia de Teruel, según clasificación de Mr. Boule (individuo del tamaño del León actual) (20, p. 190).

Felis pardus LINN.—He reconocido la Pantera, de las grutas de Furninha (33) y Das Fontainhas (31), ambas situadas al Norte de Lisboa. Busk la ha citado en la gruta de Genista, en Gibraltar (9). Un navicular de la gruta de Hornos, provincia de Santander, que D. Lorenzo Sierra me ha hecho conocer, también pertenece probablemente á esta especie (30).

Felis catus LINN., ó especie próxima á ella.—Gruta de Valle, provincia de Santander (primer nivel, cuya industria prehistórica es, según el Abate Breuil, la final extrema de la magdalenense) (30). Gruta de los Sastres, Ogarrío, provincia de Santander, con *Cervus elaphus*, según ejemplares que me ha enseñado D. Pío Vidal, en el Museo de Ciencias Naturales de Madrid. En Portugal, grutas de Furninha (19, 33), Das Fontainhas (31) y Casa-da-Moura (33), depósito de Cabeço-da-Arruda, en Muges, al NE. de Lisboa (41, Lá. VI). En Gibraltar, gruta de Genista (9).

Felis pardina OKEN.—Varios yacimientos han dado restos de Lince, generalmente de tamaño pequeño y sin indicio de talón en la carnífera inferior, caracteres que presenta el Lince actual de la Península Ibérica: *Felis pardina*. En España, en la gruta de Serriá, provincia de Gerona, según los ejemplares que me ha enseñado D. Pedro Alsus (27, 32). En Portugal, en la gruta de Furninha, con Hiena rayada (19, 33),

(1) Esta gruta ha dado también una estación prehistórica magdalenense, *lato sensu* (descubierta por Alcalde), con *Cervus elaphus* y la enorme *Patella vulgata* LINN. var. *Sautuolai* FISCHER. Esta *Patella* ha sido encontrada primero en la célebre gruta de Altamira y en la de Revilla (Santander, descubrimientos de Sautuola), después en las de Salitre y de Loreto (Santander, descubrimientos Sierra). Ha sido dibujada (46) y descrita (25 y 30) y es peculiar de estaciones prehistóricas (Magdalenense, *lato sensu*) de la costa cantábrica.

la gruta Das Fontainhas, con *Hyæna spelæa* (31), la de Casa-da-Moura, próxima á Cesareda (18, 33), y también el depósito de Cabeço-da-Arruda, en Muge, que parece no ser anterior á la época actual (41, Lá. VI). En Gibraltar la gruta de Genista, con *Hyæna spelæa* (9).

Verpertilio sp. y Rhinolopus ferrum-equinum LINN.—Gruta de Furninha (Portugal) (19, 33).

Erinaceus europæus LINN.—Gruta de Gracia, en Barcelona, con *Lagomys corsicanus*, determinación de Mr. Depéret (4);—gruta de Serriñá, provincia de Gerona (26);—gruta con Hiena rayada, de Furninha (Portugal) (19, 33);—gruta de Casa-da-Moura (Portugal) (18, Lá II.).

Elephas primigenius BLUM.—Hasta ahora esta especie no se conoce más que de dos procedencias, ambas en el Norte de España.

Ha sido citada en el valle de Viaña, cerca de Olot, provincia de Gerona (5, 50, 13). Los ejemplares consisten en dos trozos de un mismo molar, que no han sido aún dibujados ni descritos. La anchura máxima (sin cemento) es de 85 milímetros. Una lámina y un intervalo entre dos láminas, ocupan generalmente (midiendo perpendicularmente á las láminas) 12 milímetros sobre la cara lateral convexa del diente y 9 milímetros sobre la otra. Los dibujos del esmalte son como en el *El. primigenius*. El esmalte está poco plegado. Su espesor es generalmente 1,5 milímetros. Estos ejemplares fueron recogidos, hace cerca de un siglo, por D. Francisco Bolós, naturalista concienzudo, que fué el primero que reconoció que las montañas de los alrededores de Olot son volcánicas, y los han conservado y me los enseñó D. Ramón Bolós, su nieto, farmacéutico en Olot. El yacimiento que visité, bajo la dirección de D. Daniel Socarrats, que conoce bien este descubrimiento, por tradiciones de su familia, propietaria del terreno, desde hace más de dos siglos, es el barranco llamado Clot del Llop (barranco del Lobo), situado á algunas decenas de metros de la Iglesia de San Andrés de Socarrats, un poco por encima del valle cultivado de Viaña. Según D. Pe-

dro Alsius (5), otro molar de la misma especie y de la misma procedencia se conserva en el Museo del Instituto Provincial, en Gerona; pero D. Manuel Cazorro, profesor de este Instituto y conservador del Museo hace veinte años, me ha dicho que aunque lo ha buscado varias veces, no ha encontrado nunca este ejemplar.

La otra procedencia es la provincia de Santander, vertiente norte de los Pirineos.

El *El. primigenius* está representado, según Leith-Adams, por varios molares y huesos encontrados en una gruta descubierta en los trabajos de explotación de la mina de calamina «Dolores», en Udías, provincia de Santander, y publicados por Sullivan y O'Reilly (38). Mr. Scharff, del Museo Nacional de Dublín, ha tenido la amabilidad de escribirme que estos ejemplares se conservan en el Queen's College, en Cork, Irlanda.

Un molar inferior encontrado también en Udías, pero en la mina de calamina «Angel», y que he visto en la Escuela de Minas de Madrid, pertenece á la misma especie.

D. Julián Salguero y D. Luis Salguero han regalado, hace poco, al Museo de Ciencias naturales de Madrid, una mandíbula inferior, dos molares superiores, un colmillo de forma muy curvada y otros restos, clasificados, con razón, de *El. primigenius* por D. Jesús Carballo. Han sido descubiertos en la mina de hierro «Inadvertida», pueblo de Pánames, á 25 kilómetros al Sur de Santander.

Elephas antiquus FALC.—Esta es la especie que se ha encontrado en la mayoría de los yacimientos de la Península Ibérica que han dado restos de Elefantes.

Una parte de molar superior, descubierta en Corts de Sarriá, barrio de Barcelona, y que D. Jaime Almera me ha enseñado en el Museo del Seminario Conciliar de aquella capital, me parece que es de *El. antiquus* (22, fig. p. 23, y 34), y lo mismo creo de un trozo de molar, encontrado á orillas del Gállego, á tres kilómetros de Villanueva de Gállego, provincia de Zaragoza, del que me envió un molde D. José Pueyo, y que fué atribuido, con error, al *El. primigenius*. También lo son pedazos de molar, encontrados en la provincia de Santan-

der, y que tuve ocasión de ver en el Museo de la Comisión del Mapa Geológico, en Madrid, de los que uno, por lo menos, procede de una mina de calamina de Udías. Citaré también, como perteneciente quizás á esta especie, un molar encontrado en los trabajos de construcción del ferrocarril, á Monasterio, provincia de Burgos, y que Falconer y Busk atribuyen al *El. armeniacus* FALC., especie que sirvió para clasificar ejemplares dudosos. (43, p. p. 184 y 185.)

El Marqués de Cerralbo ha investigado recientemente con gran esmero, al lado de la estación de ferrocarril de Torralba, en término municipal de Fuencaliente de Medinaceli, provincia de Soria, á la considerable altitud de 1.110 metros, un yacimiento de los más curiosos, en el que ha encontrado, hasta la fecha, resto de unos 25 Elefantes, jóvenes y viejos (15). Este yacimiento había sido cortado, en 1888, por las obras del ferrocarril de Torralba á Soria, y algunos restos de Elefante, extraídos entonces, figuran en la colección de la Escuela de Minas de Madrid, donde me los enseñó D. Florentino Azpeitia. El Marqués de Cerralbo ha descubierto allí además de los huesos de Elefantes, algunos restos de un gran *Bos*, de un Ciervo pequeño, de un *Rhinoceros* y de un *Equus caballus*. También ha encontrado, con los huesos, un gran número de piedras que reconoció ser hachas del tipo chelense. Como he de volver á ocuparme de estos Elefantes, al tratar del *El. meridionalis*, me limitaré á describir aquí dos ejemplares del último molar superior, que claramente presentan los caracteres de *El. antiquus* (35). Cada uno está fijo á su maxilar superior. Uno tiene 0,40 m. de longitud, medida según su eje perpendicularmente á las láminas; su anchura máxima es 85 milímetros; el número de sus láminas, comprendiendo los talones, es de 19 ó 20; el intervalo de las láminas de eje á eje, medido perpendicularmente, es, por término medio, de 21 milímetros y llega excepcionalmente á 29. El otro molar tiene 0,38 m. de longitud; una anchura máxima de 87 mm.; un número de láminas, comprendiendo los talones, de 21. Estas cifras coinciden, en los dos casos, con las dadas por Mr. Pohlig para *El. antiquus* (42, I, p. 251). Se separan mucho, en cambio, de las que dió este sabio para este mismo diente en el caso del *El. meridionalis* (longitud, no pasa de

0,30 m.; anchura, por lo menos, 100 mm.; número de láminas, comprendiendo los talones, á lo más 16).

Varios restos encontrados en San Isidro, afueras de Madrid, han sido atribuidos, por Edouard Lartet, al *El. africanus*, según documentos que había recibido de D. Casiano de Prado (36), y Falconer fué al principio de la misma opinión (21), II, p. 283). Pero Falconer, en otra ocasión, y Busk se separaron de este criterio (43, p. 184). D. Mariano Graells ha creado, como consecuencia del examen de estos diversos ejemplares, una nueva especie: *El. platyrhyncus* (24). El Museo de Antropología de Madrid posee algunos ejemplares en mediano estado. Son, según creo, de un *El. antiquus*. Fueron encontrados con los de un *Equus caballus*, los de un Bovino, los de un Ciervo, que me parece de pequeña alzada (43, p. p. 185 y 186, Lá. IV) y varios silex chelenses (49).

Falconer y Busk han atribuido al *El. armeniacus* FALC. (especie que ha servido para clasificar ejemplares dudosos), un molar encontrado al construir un ferrocarril en Almodóvar del Río, provincia de Córdoba (43, p. p. 184 y 185). Según D. Salvador Calderón y Mr. Pohlig, este molar es de *El. antiquus* (12, p. 73). Un molar encontrado en el cementerio de Sevilla y otros en Brenes, provincia de Sevilla, fueron atribuidos por Mr. Pohlig, después de un nuevo estudio, á esta misma especie (10, 11, 42, I, p. 205 y II, p. p. 300, 301, Lá. A, y 12, p. 72). Por no hacer omisión de ellos solamente, incluyo en esta Lista los molares, citados con frecuencia, que se hallaron en Cantillana y La Rinconada, provincia de Sevilla, pues parece probable que sean recientes (10, 11, 42, I, p. 210 y 12 p. 72).

Busk ha clasificado como de *El. antiquus* un molar recogido en una playa antigua, en Gibraltar (9, p. 129). Gaudry y Mr. Depéret han atribuido á esta misma especie otro molar descubierto en aluviones, en Mealhada, al Norte de Coimbra, Portugal, con restos de un *Cervus elaphus* de pequeño tamaño (16). Un molar, medianamente conservado, de Condeixa, al Sur de Coimbra, ha sido atribuido al *El. antiquus* por Mr. Boule y por Mr. Pohlig, y al *El. meridionalis* por Mr. Depéret (16).

Elephas meridionalis NESTI.—Como acabo de indicar, Mr. Depéret ha clasificado como de esta especie un molar de Condeixa, Portugal.

Varios molares descubiertos por el Marqués de Cerralbo, en su yacimiento de Torralba (ya citado al tratar del *El. antiquus*), presentan los caracteres del *El. meridionalis*. Citaré, especialmente, un molar de la mandíbula inferior, que el Marqués de Cerralbo ha atribuido á esta especie (15, p. p. 17, 19), y cuya descripción es la siguiente:

El número de láminas (incluso los talones) nunca fué mayor de diez ó poco más, aún cuando no había empezado á gastarse el molar. Las láminas no se ensanchan en su parte central. El esmalte es grueso (3 ó 3,5 mm.). No está festoneado más que en el exterior de la lámina, siendo este plegado superficial y sin desviar la dirección del esmalte. El molar es bajo. Es relativamente ancho (86 mm.). La longitud ocupada por seis láminas con seis intervalos, medida perpendicularmente á las láminas, del lado interior (visible por la caída de un trozo de maxilar) excede de 0,16 metros, lo que da una longitud media de 27 mm. por lámina, comprendiendo los intervalos (máximum excepcional, 36 mm.). La separación de las láminas de eje á eje, en la superficie de desgaste, medida perpendicularmente, es 26 mm., de los cuales corresponden más de 15 para el intervalo de cemento.

El Marqués de Cerralbo tiene, pues, excelente fundamento para sostener que la fauna de su yacimiento comprende el *El. meridionalis*. Pero varios molares de este yacimiento, los unos descubiertos por él y los otros que D. Florentino Azpeitia me enseñó en la Escuela de Minas, aunque presentan caracteres del *El. meridionalis*, se aproximan, sin embargo, á los del *El. antiquus*, particularmente en que son algo estrechos y altos. Por eso, yo siempre he vacilado en separar completamente los molares manifiestamente de *meridionalis*, de los que son, sin duda alguna, de *antiquus*. (Véase en *EL. antiquus*) (35).

El gran número de defensas encontradas en Torralba (de las que algunas tienen más de 3 metros de longitud) son casi todas delgadas y con la curvatura contenida enteramente en el mismo plano, caracteres que se han atribuido generalmente

al *El. antiquus*. Solamente dos tienen la forma sinuosa que se ha hecho notar en *El. meridionalis*.

Los Elefantes mayores de Torralba parece que han tenido cuatro metros de altura, próximamente.

El Marqués de Cerralbo ha hecho recientemente donación al Museo de Ciencias Naturales de Madrid de todos los ejemplares recogidos por él en Torralba. Formarán una serie magnífica y del mayor interés.

Es quizá también de *El. meridionalis* una porción de molar encontrada, por el Duque de San Pedro de Galatino, en Lachar (provincia de Granada) y que me hizo ver el Marqués de Cerralbo.

Rhinoceros etruscus FALC.—Un maxilar superior y otros restos, procedentes de tejeras de los alrededores de Málaga, según Falconer (6, p. 602 y 21, II, pp. 310 y 360).

Rhinoceros Mercki KAUP.—Según determinación de Mr. Depéret, esta especie ha sido recogida por D. Jaime Almera y D. Arturo Bofill en la gruta de Gracia, en Barcelona, capa superior, con *Cervus elaphus* de pequeño tamaño (4). La misma especie, ó al menos una especie diferente del *Rh. tichorhinus*, ha sido descubierta por Mr. Luis Lartet en una gruta de la Peña de la Miel, en Nieva de Cameros, provincia de Logroño, con un Bovino de gran tamaño, *Cervus elaphus* y *capreolus* (37) D. Salvador Calderón encontró un molar superior de *Rh. Mercki* en Alcalá de Guadaíra, provincia de Sevilla (12, p. 74, y 42, II, p. 301). El *Rh. Mercki* forma parte, según mis clasificaciones, de la fauna de Hiena rayada, *Cervus elaphus* de tamaño pequeño, etc., descubierta por Delgado en la gruta de Furninha, al Norte de Lisboa (33).—Un cuarto metatarso de *Rhinoceros*, de la gruta de Serra-dos-Molianos, cerca de Turquel, no lejos de Alcobaca, al Norte de Lisboa, me parece que tiene, como en esta especie, una forma menos pesada que la del *Rh. tichorhinus*. Este ejemplar se encontraba con restos de un Oso pequeño, probablemente un *U. arctos*, y de un *Cervus elaphus* de pequeño tamaño. Busk ha señalado un Rinoceronte del tipo *Mercki* (*Rh. hemitoechus* FALC.) en

la gruta de Genista, en Gibraltar, con *Hyæna spelæa*, *Cervus elaphus* de mediano ó pequeño tamaño, etc. (9).

Rhinoceros tichorhinus BRANDT.—Puedo citar esta especie, de la trinchera de Unquera, estación de ferrocarril de la costa cantábrica, en la provincia de Santander, en su límite con la de Oviedo, sobre la vertiente norte de los Pirineos, por un molar inferior que me enseñó D. Hermilio Alcalde del Río en 1908 (33, p. 99). La rugosidad del esmalte de este diente es muy tosca, como es frecuente en el *Rh. tichorhinus*, mientras que la rugosidad es muy fina en la especie *Rh. Mercki*. He dudado si, por excepción, ciertos ejemplares de *Rh. Mercki* no serán también toscamente rugosos. Para aclarar esta duda he examinado cerca de 150 molares de *Rh. Mercki*, unos de mi colección, procedentes de los aluviones de la Charente, de la grieta de Montoussé, de la gruta de Montsaunés; otros del Museo de Mónaco (clasificación Boule), procedentes de las grutas Du Prince y Des Enfants. He comprobado que la rugosidad es generalmente muy fina; que, sin embargo, en algunas, es, á trechos, algo grosera, pareciéndose á la de algunos ejemplares de *Rh. tichorhinus*, pero muy distinta de la del ejemplar de Unquera, que es muy grosera. (En ambas especies, algunos ejemplares carecen por completo de rugosidades, de suerte que la ausencia de ellas en el esmalte no permite ninguna deducción).

Se ha determinado como perteneciente al *Rhinoceros tichorhinus* un cráneo, descubierto cerca de Burgos, en Puente de Parapa (48, p. 717). He visto este hermoso ejemplar en Madrid, en las colecciones de la Escuela de Minas, y me cabe poca duda, no obstante la piedra que lo cubre en gran parte, de que pertenece á un Rinoceronte terciario, de especie completamente diferente.

Lo mismo que para la mayor parte de los demás animales, no he citado los ejemplares cuya determinación específica no he podido conocer; así, por ejemplo, los dientes de *Rhinoceros*, poco determinables, de la gruta de Cobalejo, en Puente de Arce, provincia de Santander (14, pp. 246 y 274), de los que solamente he escrito que no había podido verlos bien en

sus vitrinas, pero que me parecían poco rugosos para ser de *Rh. tichorhinus* (Véase también 30.)

Equus.—Yacimiento de Tarrasa, provincia de Barcelona, con *Hippopotamus major* (3);—osario de *Elephas antiquus* y *meridionalis* de Terralba, provincia de Soria;—gruta de Serriñá, provincia de Gerona (26, 32);—gruta de Aitzbitarte, Guipúzcoa (28, 29, 30);—varias grutas de la provincia de Santander, entre ellas la de Altamira (25, 30);—grutas de Furninha, con Hiena rayada (19, 33) y Das Fortainhas, con *Hyæna spelæa* (31), Portugal;—gruta de Genista, con *Hyæna spelæa*, Gibraltar (9);—etc.

Hippopotamus.—D. Pedro Alsius ha citado restos de Hipopótamo cerca de Bañolas, provincia de Gerona (5, p. 6.). Estos restos, que dicho señor tuvo la amabilidad de enseñarme, son un canino inferior y un molar, procedentes de la llanura de Espolla, término de Porqueras, y no de la gruta de Serriña, como se publicó por error.

Mr. Depéret ha reconocido el *Hippopotamus major*, con un gran *Equus* y un Oso, de un yacimiento situado en Tarrasa, provincia de Barcelona (3, p. 107, y 4, Lá. I).

Por último, Mr. Choffat ha publicado, con una lámina, restos de *Hippopotamus major*, recogidos en las tobas de Condeixa, al Sur de Coimbra, Portugal (16). Estas tobas están encima del conglomerado en que se encontró el molar del Elefante.

Sus scropha LINN.—Citaré solamente la gruta Das Fontainhas, con *Hyæna spelæa*, en Portugal (31);—la gruta de Genista, también con *Hyæna spelæa*, en Gibraltar (9);—una brecha, cerca de Cabra, provincia de Córdoba, con Oso, Caballo, Ciervo (51, Lá. I).

Bos y Bison.—Han sido encontrados restos de grandes Bovinos en muchos yacimientos, pero los ejemplares recogidos no permiten precisar si son de *Bos* (Buey) ó de *Bison* (Bisonte). Sólo conozco dos excepciones: un cráneo de *Bos*, descubierto por el Marqués de Cerralbo en su osario de Elefantes

de Torralba, provincia de Soria, y un cráneo de *Bison* encontrado con restos de Oso y de Ciervo, efectuando trabajos de descombro en la mina de calamina Buena, en Udias, cerca de Comillas, provincia de Santander. D. Mariano de la Paz Graells ha incluido este último en la hermosa lámina dedicada á los huesos de este yacimiento que ha atribuido al *Bos Urus* BOYD (24, Lá. XXI—el húmero fig. 6 me parece de Oso—texto, pp. 560-584). He visto todos estos ejemplares de Udias en el Museo de la Comisión del Mapa Geológico, en Madrid.

Esta mina no dista más que 12 ó 15 kilómetros de la célebre gruta de Altamira, en la que los hombres del fin del Cuaternario pintaron y dibujaron muchos Bisontes (46, 25, 14). Pero, en tanto que el Bisonte de Udias tiene cuernos de diámetro enorme, los artistas de Altamira han dibujado sus Bisontes con cuernos excesivamente delgados, representados casi todos ellos sólo por un trazo. Tal vez quisieran hacer concordar sus obras con algún mito del Bisonte-Hombre, y esto explicaría también por qué el perfil de muchos de sus Bisontes es casi humano.

Cervus tarandus LINN.—Un trozo de asta de Reno ha sido descubierto por D. Pedro Alsius en la gruta de Serriñá, entre Bañolas y Besalú, provincia de Gerona (con *Cervus elaphus* abundante é industria prehistórica del fin del Magdalenense: Gourdanense superior y Lortecense, según MM. Cartailhac y Breuil) (27, 32). La Revista ilustrada *Cataluña*, de Barcelona, ha publicado un excelente fotograbado de este ejemplar en el número del 15 de Abril de 1908. Entre los muchos restos que D. José Bosóms me ha dicho que había recogido en esta misma gruta, he visto también dos trozos de asta de Reno.

Una extremidad inferior de caña que recogí en la gruta de Aitzbitarte, Guipúzcoa, es de Reno (28, 29, 30, 32). Y también lo es un molar procedente de la gruta de Valle (segundo nivel, capa prehistórica magdalenense: gourdanense superior, según MM. Cartailhac y Breuil;—con *Cervus elaphus* abundante) (30, 32), lo mismo que una mandíbula y un húmero de la gruta de Ojébar (30, 32), y quizá también

un trozo de asta de la gruta de Palomas (30, 32). Estas tres últimas grutas están en la provincia de Santander y los ejemplares han sido descubiertos por D. Lorenzo Sierra. He figurado el molar de Valle y la mandíbula de Ojébar en una lámina adjunta á este Ensayo.

Los ejemplares de Aitzbitarte, de Valle y de Ojébar, son grandes ó medianos. Es interesante comprobar que no proceden de una raza cuyo tamaño haya degenerado por un clima poco favorable. Los ejemplares de Serriñá y de Palomas no permiten conclusión ninguna en este punto.

Cervus capreolus LINN.—Louis Lartet encontró restos de Corzo en dos grutas de la Peña de la Miel, en Nieva de Cameros, provincia de Logroño (con gran Bovino, *Cervus elaphus* y, además, en una de las grutas, un Rinoceronte diferente del *Rh. tichorhinus*) (37). He reconocido algunos restos de Corzo entre los huesos que D. Lorenzo Sierra ha recogido en la gruta de Valle (primer nivel prehistórico) y en la de Mar, provincia de Santander (30), así como en la de Camargo de Arriba, en la misma provincia.

También he encontrado una mandíbula de Corzo en Monreal de Ariza, provincia de Zaragoza, en las excavaciones metódicas ejecutadas por el Marqués de Cerralbo en el emplazamiento de una ciudad ibero romana que cree ser la antigua Arcóbriga.

Cervus elaphus LINN.—Restos de esta especie, de individuos, sobre todo de pequeño y mediano tamaño, han sido recogidos en muchos yacimientos, y á veces en gran abundancia. Me limitaré á citar la gruta de Gracia, en Barcelona, capa superior, con *Rhinoceros Mercki*, clasificación de Mr. Depéret (4);—la gruta de Serriñá, provincia de Gerona, estación prehistórica del fin del Magdalenense, descubrimientos de D. Pedro Alsius (26, 27, 32), individuos de mediano y gran tamaño;—gruta de la Peña de la Miel, en Nieva de Cameros, provincia de Logroño, con un *Rhinoceros* diferente del *Rh. tichorhinus* (37);—el depósito de huesos de *Elephas antiquus* y *meridionalis* de Torralba, provincia de Soria, descubierto por el Marqués de Cerralbo, individuos pe-

queños;—muchas grutas de Guipúzcoa y de la provincia de Santander (Valle, Altamira, etc.) (25, 28, 29, 30);—la gruta de Furninha, con Hiena rayada (19, 33), la de Das Fontainhas, con *Hyæna spelæa* (31), y la de Serra-dos-Molianos, todas en Portugal;—la gruta de Genista, en Gibraltar, con *Hyæna spelæa* (9).

Ciervo pequeño, adulto, anchura de la extremidad inferior de la caña anterior: Torralba, 36 mm. 0, 36 mm. 3 y 36 mm. 5; Fontainhas, 36 mm.; Serra dos Molianos, 36 y 37 mm.

Cervus dama LINN.—El Gamo ha sido citado en las brechas de Gibraltar, por Cuvier, con dudas (17, t. VI, p. 346); por Busk, con certeza, por el examen de otros ejemplares, pero sin justificar su determinación (9, p. 115).

Rupicapra europæa CUV.—Se puede citar la Gamuza de muchos yacimientos de la región pirenaica: La gruta de Serriñá, situada al Sur de los Pirineos, á 200 metros de altitud, á 6 quilómetros de Bañolas, provincia de Gerona (estación prehistórica del fin del Magdalenense), comprobado especialmente por dos cuernos, descubiertos por D. Pedro Alsius (27, 32) y por D. José Bosóms. La gruta de Aitzbitarte, Guipúzcoa, por un cuerno recogido por D. José de Insausti y D. Luis Aguirre (30). En la provincia de Santander, las grutas de Salitre (un cuerno) de Valle (á los tres niveles) y de Hornos (30), y la de Carranceja.

Capra ibex LINN.—Se han recogido restos de Rebezo en diversas grutas de la región pirenaica, provincia de Santander: gruta de Valle (segundo nivel), de Salitre, de Hornos, de Altamira (30, 32). Las importantes excavaciones que el Instituto de Paleontología humana de París lleva á cabo en las estaciones prehistóricas de la costa cantábrica han dado de la primera de estas grutas, restos que han permitido á Mr. Boule precisar que este Rebezo es, no el de los Alpes, sino el que vive actualmente en los Pirineos (8 p. 230). En la gruta Das Fontainhas, en Portugal, con *Hyæna spelæa* (31), y la de Genista, en Gibraltar, también con *Hyæna spelæa* (9), se ha encontrado igualmente un Rebezo, y en estos dos casos, esta

especie es la misma que la que vive todavía en la Península ibérica: *Capra hispánica* SCHIMP. Falconer ha atribuído á un Rebezo, análogo al *Ibex cebennarum* GERVAIS, un cuerno, de los alrededores de Málaga (6, p. 602). Podría aumentar esta lista, si no me contuviese el temor de atribuir al Rebezo huesos que pudieran ser de Cabra.

Lagomys corsicanus CUV.—Gran número de restos en la capa inferior de la gruta de Gracia, en Barcelona, según los descubrimientos de D. Jaime Almera y D. Arturo Bofill, clasificación de Mr. Depéret (4).

Lepus cuniculus LINN.—Citaré únicamente: la gruta de Valle (segundo nivel), provincia de Santander (30); las grutas de Furninha (19, 33) y Das Fontainhas (31), en Portugal; las grietas y grutas de Gibraltar (además, con un *Lepus* del tamaño de la Liebre) (9).

Arvicola.—Se ha citado, aunque excepcionalmente, diversos *Arvicola*, sobre todo el *Arvicola amphibius* (4, 32, 19, 33).

Myodes lemmus LINN.—Cadáveres momificados del Lemming de Noruega han sido citados por Barrett-Hamilton (7), y Nehring (40), procedentes de una gruta próxima á Athouguia, no lejos de Santarem, al Norte de Lisboa. La clasificación no puede dejar ninguna duda, pero la procedencia es seguramente inexacta (33). Estos ejemplares no proceden de Portugal.

Esta lista parecerá corta si se observa que se refiere á una superficie superior en una décima parte á la de Francia. Una gran parte de las informaciones que contiene comprenden tres ó cuatro regiones: la costa del Océano, desde la frontera francesa hasta la provincia de Santander, inclusive; una región situada al Norte de Lisboa; el peñón de Gibraltar; también, en cierto modo, Cataluña, entre Francia y Barcelona. El

resto de la Península es casi desconocido. Es preciso, pues, no admitir, sino con grandes reservas, conclusiones negativas.

Sería muy interesante saber qué yacimientos de otros países más conocidos son contemporáneos de cada yacimiento de la Península.

En Francia, se conocen :

1.º Al comienzo del Cuaternario, una ó, más exactamente, varias faunas cálidas con *Hyæna striata*, *Elephas antiquus*, *Elephas meridionalis*, *Rhinoceros Mercki*, Hipopótamo, animales de los que algunos de ellos (como el *Rh. Mercki*), han persistido mucho más tiempo que otros (por ejemplo, que *Hyæna striata* y *Elephas meridionalis*). El Hombre existía ya en este tiempo y usaba industria chelense.

2.º Después, una fauna de frío húmedo, con Reno, en la que es muy abundante el *Ursus spelæus*. El Hombre, con industria mousterense.

3.º Al fin del Cuaternario, una fauna de frío seco, en la que es muy abundante el Reno, encontrándose á menudo representantes de la fauna de las estepas de Rusia, excepto al pie de las grandes montañas que, por provocar las lluvias, han impedido que se extienda la estepa. El Hombre, con industria magdalenense.

Hay que añadir que, según algunos sabios alemanes, varios hechos observados en su país demuestran que ha vuelto á veces el clima cálido, interrumpiendo por períodos el clima frío. En Francia podrían, tal vez, algunos hechos ser interpretados en el mismo sentido. (DEPÉRET: *Rhinoceros Mercki* de Villefranche-sur-Saône;—HARLÉ: Puerco Espín de Montréjeau). De otra parte, el clima cálido de los principios del Cuaternario (y del fin del Plioceno) se ha, sin duda, enfriado varias veces, pues se sabe que hubo entonces al menos dos grandes extensiones de los ventisqueros (glaciers).

Gran número de los animales de la Península que he citado, son de clima cálido. Tienen mucho valor para demostrar la antigüedad de los yacimientos, pero no permiten, sin embargo, precisar la fecha tan exactamente como si procediesen de Francia, por ejemplo. En efecto, en la mayor parte de la

Península, ha sido siempre el clima bastante más cálido que en Francia y, por consiguiente, es muy probable que las especies de clima cálido hayan persistido más tiempo. De eso resulta que la presencia de restos de *Elephas antiquus* ó de *Rhinoceros Mercki*, por ejemplo, en un yacimiento español ó portugués, no demuestra, por sí sola, que sea contemporáneo de los yacimientos franceses en que se encuentran estas especies.

Es cierto que la fauna fría de Francia se extiende en el Norte de España, franqueando los Pirineos en Cataluña, con *Elephas primigenius*, Gamuza y Reno; siguiendo la vertiente norte de esta cadena, á lo largo del Océano hasta más allá de Santander, con *Elephas primigenius*, *Rhinoceros tichorhinus*, Gamuza, Reno. Pero no parece prolongarse hacia el Sur. El hecho es que de los restos, relativamente numerosos, de Elefantes y de Rinocerontes que se ha descubierto, no parece que salvo en el extremo Norte, pertenezca ninguno á las dos especies de clima frío.

La fauna fría de la vertiente norte de los Pirineos es más rara en España que en Francia, aunque la latitud sea la misma. Esto responde á una dulcificación del clima, debida al mar, y que se produce todavía, pues yo he visto una Palmera de dátiles de cuarenta años en San Sebastián y grandes Eucaliptus en Santander, y no conozco ninguno en la parte francesa, salvo Eucaliptus muy jóvenes que han crecido entre dos inviernos fríos.

El *Ursus spelæus* sólo nos es conocido en la vertiente norte de los Pirineos hasta Santander, y es frecuente en ella. En el Sur, parece que ha sido substituído por el *Ursus arctos*.

No es extraño que, salvo en el extremo Norte, los yacimientos de la Península den solamente restos de animales que, en Francia, caracterizan en abundancia las épocas de climas fríos. Es que, á causa de la latitud meridional de estas regiones, los animales de climas fríos no han llegado á habitarlos. Y resulta una gran dificultad, y hasta la imposibilidad, de determinar la edad de algunos yacimientos españoles ó portugueses, porque los huesos encontrados, aunque

antiguos, pertenecen á animales que viven tod-vía en el país.

La fauna de las estepas de Rusia, muy común en el Suroeste de Francia, no se ha descubierto hasta ahora en la Península. La sierra de los Pirineos que, provocando las lluvias, es contraria á las estepas, le ha quizá cortado el paso.

He de añadir algunas observaciones sobre diversos animales:

Hyæna crocuta: La *Hyæna crocuta* se ha encontrado en toda la Península.

Felis spelæa: Este gran Felino, que se cree que es un León, se ha encontrado en el Norte de la Península, pero no en el Sur. Como este Felino es común en los yacimientos franceses, cabe suponer que no haya ido al Sur de la Península porque temía al calor. En mi opinión, no es el mismo animal que el León actual de Africa. Mr. Boule, que ha estudiado al detalle las diferencias osteológicas de Tigres y Leones actuales, ha reconocido, entre otras diferencias, muy pocas en número, la siguiente:

Tigre actual: El borde inferior de la mandíbula tiene una forma más bien recta y hasta cóncava, de suerte que la mandíbula, colocada sobre una mesa, descansa á la vez sobre la sínfisis y apófisis angular (es decir, sobre los dos extremos).

León actual: El borde inferior de la mandíbula tiene una forma más bien convexa. Por consiguiente, al apoyar la mandíbula sobre una mesa, no puede descansar á la vez sobre la sínfisis y sobre la apófisis angular. (BOULE. Les grands Chats des Cavernes. Ann. de Pal., I, 1906.)

A mi parecer, es verdad que algunos ejemplares de mandíbulas de *Felis spelæa* tienen el carácter de León, pero otros muchos, por ejemplo, los dos, de individuos diferentes que poseo, de la gruta de Malarnaud (Ariège), presentan, por el contrario y muy claramente, el carácter de Tigre.

Lynce: El lince es común hasta en el extremo Sur, y parece de la especie que, en la fauna actual, es especial de España y Portugal.

Rebezo: El Rebezo parece también que es de la mis-

ma especie, distinta de la de los Alpes, que la que actualmente vive en la Península.

Ciervo: El Ciervo está extendido por todas partes, y en algunos yacimientos es un extremo abundante.

Contrariamente á lo que podía suponerse por la proximidad del Norte de Africa, las faunas cuaternarias de la Península son, al menos á mi juicio, muy diferentes de todas las de este continente. Las diversas faunas cuaternarias de Argelia han sido objeto de trabajos importantes. Comprenden un gran número de animales de tipos marcadamente africanos, de los que citaré solamente el *Phacochoerus*, el Camello, la Jirafa, muchos Antílopes de especies sumamente variadas. No se ha encontrado nada parecido, hasta ahora, en los yacimientos de la Península. La presencia de la *Hyæna striata* y de la *Hyæna crocuta* en el Cuaternario se explica muy bien para la Península, lo mismo que para Francia y Alemania, por el hecho de que Hienas muy parecidas vivían en Europa, en el Plioceno, y si las Hienas actuales de Africa son análogas, es porque descienden de antepasados comunes y que han evolucionado paralelamente, siguiendo las mismas tendencias. Las faunas del Cuaternario de la Península, tales como las conocemos, demuestran, pues, que ya en esta época España formaba parte de Europa, sin tener ninguna unión con Africa.

Aves.

Gruta de Serriñá, provincia de Gerona (según A. Milne Edwards) (26).—Busard; Abutarda, grande, mediana y pequeña; Oca.

Gruta de Hornos, provincia de Santander (según E. T. Newton) (30).—*Pyrrhocorax alpinus* KOCH ó *graculus* LINN.; *Corvus monedula* LINN.; *Lagopus mutus* MONTIN; *Perdix cinerea* LATH.

Gruta de Furninha, Portugal (según E. T. Newton) (33).—*Turdus musicus* LINN.; *Turdus iliacus* LINN.; *Turdus pilaris* LINN.; *Pyrrhocorax alpinus* KOCH.; *Pica (grústica? SCOP.)*; *Corvus (monedula? LINN.)*; *Corvus (corone? LINN.)*; *Strix flammea* LINN.; *Bufo ignavus* FORST.; *Phalacrocorax graculus* LINN.; *Cignus (olor? GMEL.)*; *Tadorna cornuta* S. G. GMEL.; *Querquedula crecca* LINN.; *Oedemia nigra* LINN.; *Columba livia* BONNAT; *Caccabis rufa* LINN.; *Perdrix (cinerea? LATH.)*; *Puffinus Kuhli* BOIE.

Gruta de Das Fontainhas, Portugal (según E. T. Newton).—*Vanellus vulgaris* BECHST.; *Pyrrhocorax (alpinus? KOCH)*; *Corvus monedula* LINN.; *Caccabis rufa* LINN.

Hago observar que todas estas Aves viven todavía en la Península. Parece que las Aves han variado menos que los Mamíferos, debiendo haber contribuido á ello su facilidad para trasladarse de un punto á otro: para un Ave que vuela á una velocidad de 100 quilómetros por hora, por encima de todos los obstáculos, pasar de un país á otro no es más que una excursión.

APENDICE

ISLAS BALEARES

Como el Ensayo de Lista se refiere solamente á la Península, no comprende las Baleares. He creído que debía hacer para estas islas un Apéndice distinto, y esta solución me parece tanto más indicada cuanto que las islas, que dependen geográficamente de España, son enteramente distintas, desde el punto de vista de la fauna cuaternaria.

La señorita inglesa Dorothea Bate, conocida por sus investigaciones y por sus estudios acerca de la fauna cuaternaria de varias islas del Mediterráneo, ha recogido en tres hendeduras ó grutas de la isla de Mallorca restos de un animal completamente desconocido hasta ahora. Le ha dado el nombre de

Myotragus Balearicus. Es un Rumiente ó un animal próximo á los Rumiantes. Su tamaño era aproximadamente el de una Zorra, pero su forma era en extremo recogida y compacta. Tenía cuernos. Sus molares se parecen á los de las Cabras y sus incisivos recuerdan los de los Roedores. (DOROTHEA M. A. BATE. Preliminary Note on a new Artiodactyle from Majorca, *Myotragus Balearicus*, gen. et. sp. nov. *Geological Magazine*, September 1909, p. 385.)

Lo poco que sabemos de la fauna cuaternaria de las Baleares comprueba una vez más la regla general de que en las islas separadas desde hace mucho tiempo del continente, los animales evolucionan de una manera independiente, llegando á tipos que son muy especiales, y en los que las especies correspondientes á los animales de gran tamaño del continente tienen, por el contrario, una talla singularmente pequeña.

OBRAS CITADAS

- 1 ADÁN DE YARZA (RAMÓN).—Descripción física y geológica de la Provincia de Guipúzcoa. *Memorias de la Comisión del Mapa geológico de España*, 1884.
- 2 ——— Descripción física y geológica de la Provincia de Vizcaya. *Mem. Com. Mapa geol. Esp.*, 1892.
- 3 ALMERA (JAIME).—Nota sobre la presencia del Hippopotamus major y otros Mamíferos fósiles en Tarrasa. *Boletín de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, I, 1892-1893, p. 105.
- 4 ALMERA (JAIME) Y BOFILL (ARTURO).—Consideraciones sobre los Restos fósiles cuaternarios de la Caverna de Gracia (Barcelona). *Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona*, IV, 1903.
- 5 ALSIUS (PEDRO).—Discurso... en el... Certamen celebrado por la Asociación Literaria de Gerona. Gerona, 1883.
- 6 ANSTED.—On the geology of Malaga and the Southern Part of Andalusia. *Quart. Journal geol. Society London*, XV, 1859, p. 585.
- 7 BARRETT-HAMILTON.—Freshlooking skeletons of the Norway Lemming, obtained by Dr. H. Gadov in caves near Athouguia, in Portugal. *Proceedings Zoological Society London*, 1896, p. 304.
- 8 BOULE (MARCELLIN).—Les grottes de Grimaldi, T. I., Fasc. III, Géologie et Paléontologie. Monaco, 1910.

- 9 BUSK.—On the Ancient or Quaternary Fauna of Gibraltar. *Transactions Zool. Soc. London*, Vol. X, Part. II, 1877.
- 10 CALDERÓN (SALVADOR).—Nota sobre la Existencia del Elephas antiquus en Andalucía. *Actas Sociedad Española de Historia natural*, XVI, 1887, p. 45.
- 11 — Existencia del Elephas (meridionalis) Trogontherii POHL. en Sevilla. *Actas Soc. Esp. Hist. nat.*, XVII, 1888, p. 32.
- 12 — (Observaciones sin título). *Actas Soc. Esp. Hist. nat.*, XVIII, 1889, p. 71.
- 13 CALDERÓN (SALVADOR), CAZURRO (MANUEL) y FERNÁNDEZ-NAVARRO (LUCAS).—Formaciones volcánicas de la Provincia de Gerona. *Memorias Real Soc. Esp. Hist. nat.*, Madrid, IV, 1906.
- 14 CARTAILHAC et BREUIL.—La Caverne d'Altamira á Santillane, près Santander. Monaco, 1906.
- 15 CERRALBO (MARQUÉS DE).—El alto Jalón. Discurso leído en la Junta pública de la Academia de la Historia del 26 de Diciembre de 1909.
- 16 CHOFFAT.—Note sur les Tufs de Condeixa et la decouverte de l'Hipopotame en Portugal. *Comunicações da Direcção dos Trabalhos geologicos*. Lisboa, III, 1895.
- 17 CUVIER (GEORGES).—Recherches sur les ossements fossiles, 4.^e éd., 1834-1836.
- 18 DELGADO.—Noticia acêrca das Grutas da Cesareda. *Comissão geologica de Portugal*, Lisboa, 1867.
- 19 — La grotte de Furninha à Péniche. *Compte Rendu 9.^e Sess. Congrès int. Anthr. et Arch. préh.*, en 1880, à Lisbonne.
- 20 DERREMS.—Recherches géologiques dans le Sud de l'Aragon. *Thèses Faculté Sc. Paris*. 1898.
- 21 FALCONER.—Palæontological Memoirs. London, 1868.
- 22 FAURA y SANS (MARIAN).—Mamífers fossils descoberts á Catalunya. *Bulletí de la Institució Catalana d'Hist. nat.*, 1908, p. 19.
- 23 GAUDRY et BOULE.—Matériaux pour l'Histoire des Temps quaternaires, Fasc. IV, 1892.
- 24 GRAELLS (MARIANO DE LA PAZ).—Fauna Mastodológica Ibérica. *Memorias de la Real Acad. de ciencias exactas fts. y nat. de Madrid*, XVII, 1897.
- 25 HARLÉ (EDOUARD).—La grotte d'Altamira, près de Santander (Espagne). *Materiaux pour l'Hist. primitive et nat. de l'Homme*, Vol. XVI, 1881, p. 275.
- 26 — La grotte de Serinya, près de Gérone (Espagne). *Mat. Histoire primitive et nat. de l'Homme*, Vol. XVII, 1882, p. 293.
- 27 — Succession de diverses faunes, à la fin du Quaternaire, dans le Sud-Ouest de la France. *Bull. Soc. Hist. nat. de Toulouse*, 27.^e année, 1893, p. 24.
- 28 — Les grottes d'Aitzbitarte ou Landarbaso, à Renteria, près de Saint-Sébastien. *Boletín de la Real Acad. de la Historia*, Madrid, 1908, p. 339.

- 29 — Faune quaternaire de la province de Santander (Espagne). *Bull. Societé géol. Fr.*, 1908, p. 300.
- 30 — Faune quaternaire de la province de Santander (Espagne). *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1908, p. 300.
- 31 — Faune de la grotte Das Fontainhas (Portugal). *Bull. Soc. géologique Fr.*, 1908, p. 460.
- 32 — Ossements de Renne en Espagne. *Anthropologie*, XIX, 1908, p. 673.
- 33 — Faune de la grotte à Hyènes rayées de Furninha et d'autres grottes du Portugal. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1909, p. 85.
- 34 — L'Elephas antiquus á Les Corts de Sarriá (Barcelone). *Bulletí de la Institució Catalana d'Hist. nat.*, 1909, p. 47.
- 35 — L'ossuaire d'Eléphants du Marquis de Cerralbo, á Torralba (Espagne). *Compte Rendu sommaire Soc. géol. de France*, 6 Novembre 1911.
- 36 LARTET (EDOUARD).—Observations à propos de débris fossiles de divers Eléphants. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 2.^e série, XV, 1857-1858, p. 568.
- 37 LARTET (LOUIS).—Poteries primitives, instruments en os et silex taillés des Cavernes de la Vieille Castille. *Revue Archéologique*, Paris, XIII, 1866, p. 114.
- 38 LEITH ADAMS.—Observations on Remains of the Mammoth and other Mammals from Northeern Spain. *Quart. Journ. géol. Soc. London*, XXXIII, 1877, p. 537.
- 39 MALLADA (LUCAS).—Catálogo general de las Especies fósiles encontradas en España. *Boletín de la Comisión del Mapa geológico de España*, XVIII, 1891.
- 40 NEHRING.—Ueber Myodes lemmus crassidens var. nov. foss. aus Portugal. *Archiv. für Naturgeschichte*, 1899, p. 175.
- 41 PEREIRA DA COSTA.—Noticia sobre os esqueletos humanos descobertos no Cabeço da Arruda. *Comissão géol. de Portugal*, Lisboa; 1865.
- 42 POHLIG (HANS).—Dentition und Kranologie des Elephas antiquus Falc., I y II. *Nova Acta der Ksl. Leop. Carol. Deutschen Akad. der Naturforscher*, LIII, 1889, y LVII, 1892.
- 43 PRADO (CASIANO DE).—Descripción física y geológica de la Provincia de Madrid. *Junta general de Estadística*, Madrid, 1864.
- 44 PUIG y LARRAZ (GABRIEL).—Cavernas y simas de España. *Bol. Com. Mapa geol. Esp.*, XXI, 1894.
- 45 RODRÍGUEZ FERRER (MIGUEL).—Cavernas de Aizquirri. *Actas Sociedad Española Hist. nat.*, VII, 1878, p. 26.
- 46 SAUTUOLA (MARCELINO DE).—Breves apuntes sobre algunos objetos prehistóricos de la Provincia de Santander. Santander, 1880.
- 47 SIERRA (LORENZO).—Notas para el Mapa Paleontográfico de la Provincia de Santander. *Actas y Mem. del primer Congreso de Naturalistas Españoles*. Zaragoza. 1908, p. 103 (contiene un mapa de los yacimientos cuaternarios).

- 48 TUBINO.—Note sur l'époque préhistorique en Espagne. *Assoc. française avancement des Sc.*, 1^{re}. Session, Bordeaux, 1872, p. 715.
- 49 VERNEUIL (ED. DE) et LARTET (LOUIS).—Note sur un silex taillé trouvé dans le diluvium des environs de Madrid. *Bull. Soc. géologique Fr.* 2^e. Sér., T. xx, 1862-1863, p. 698.
- 50 VIDAL (LUIS MARIANO).—Reseña geológica y minera de la Provincia de Gerona. *Bol. Com. Mapa geol. Esp.*, XIII, 1886.
- 51 VILANOVA (JUAN).—Origen, naturaleza y antigüedad del Hombre. Madrid, 1872.



MOLAR Y MANDÍBULA DE RENO

INSTITUTO GEOLOGICO DE ESPAÑA

TOMO XII, SEGUNDA SERIE, LAM. 20.



Figura 1.ª.—Último molar superior izquierdo de Reno, de la gruta de Valle (Santander), descubierto por D. Lorenzo Sierra.



Figura 2.ª.—Mandíbula derecha de Reno, de la gruta de Ojébar (Santander), descubierto por D. Lorenzo Sierra.

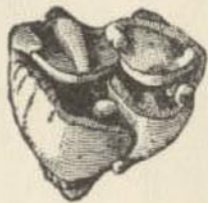


Figura 1.ª—Ultimo molar superior izquierdo de Reno, de la gruta de Valle (Santander), descubierto por D. Lorenzo Sierra.



Figura 2.ª—Mandíbula derecha de Reno, de la gruta de Ojébar (Santander), descubierto por D. Lorenzo Sierra.

ALGUNOS DATOS HIDROGEOLOGICOS

de la zona que comprende

GUADIX Y BAZA (Provincia de Granada)

POR EL INGENIERO JEFE DEL CUERPO DE MINAS

Don Mariano Alvarez Aravaca

Con objeto de otro estudio han podido reunirse los datos siguientes, relacionados con la formación diluvial de Guadix y la pliocena de Baza.

La parte de la formación diluvial de Guadix de que se trata, es la que desde Villanueva de las Torres se extiende al O. sobre las vertientes orientales de las sierras numulítica del Rayo y jurásicas de Piñar y de Harana; que al Sur está sobre el azóico de Sierra Nevada en su vertiente septentrional; que entra por el E. en la provincia de Almería, y saliendo de ella, rodea la Sierra de Baza, dejando descubiertos los manchones pliocenos en que están, por el O., Gorafe, Fonélas, y Huélago, y por el E., Freyla.

La formación diluvial, constituida por arcillas, arenas, guijos y conglomerados calizos con cemento arcilloso, está profundamente derrubida; sus materiales detríticos son arcillo-micíferos y guijarreños, si proceden del estrato cristalino; ó se componen de guijos calizos, entre arcillas rojas y amarillas hacia el O., y más redondeados y entre arcillas oscuras hacia el E., si son resultantes de la disgregación de los conglomerados, superiores á las arenas y arcillas ó interstratificados con ellas.

El río de Guadix tiene nacimiento en Sierra Nevada, y á él afluyen por su derecha el de Gor y por su izquierda el

Fardes y el Guadahortuna, pasando por los términos de Alcúdia, Esfiliana, Guadix, Benalúa, Fonélas, Gorafe, Villanueva de las Torres, etc.

Haciendo la exposición de algunos datos referentes á varios pueblos, ordenando éstos en lo posible por su localización, siguiendo el curso de las corrientes exteriores, de S. á N. y O. á E., se hará mención de los siguientes:

Ferreira, que está al pie de Sierra Nevada, é izquierda de su arroyo, del cual riega, no carece de fuentes de aguas finas, nacidas en el estrato cristalino en que se halla el pueblo.

Alquife, con 357 vecinos y restos de fortificación árabe, está en llano al pie de una colina de la falda de Sierra Nevada, con un arroyo que corre de S. á N. Sus aguas potables se conducen desde el pueblo Lanteira, situado al O., en cantidad de 10 litros por minuto, á tres fuentes de caño libre y varias de grifo, cuya agua sale á 9° centígrados (aire 10° centígrados) y da 7° hidrotimétricos, siendo la cañería más larga de quilómetro y medio, la de la fuente del barranco de la Virgen, llamada Fuente Santa. Hay criadero, constituido por masas de óxido de hierro, en explotación, situado entre el diluvio y las pizarras del estrato cristalino, en un cerro formado por la caliza triásica.

La Calahorra, con 455 vecinos, está también en el estrato cristalino de Sierra Nevada, al pie de un cerro con palacio del siglo XV, en el que hay aljibe. Hay en el pueblo abundancia de aguas finas procedentes de algo más de dos quilómetros, al S., y dos fuentes; la de la plaza es de dos caños, que dan 36 litros por minuto, de agua á 9° centígrados (aire 10° centígrados) y con 7° hidrotimétricos. En el paraje Benabre dicen que hay una fuente de agua mineral. Se riega eventualmente con aguas procedentes del pueblo Aldeira.

Dólar, con ruinas de un castillo árabe en un cerro, al cual rodea el pueblo, y al pie de Sierra Nevada, tiene una fuente y riego de aguas recogidas de la Sierra.

Jeres del Marquesado, al O. de un castillo moro arruinado, situado también en la vertiente N. de Sierra Nevada, cerca del picacho de Veleta y del alto llamado Mirador ó Alhorí (en el que nace el río de Guadix entre los barrancos Alhorí y Bernal, y al extremo SO. de los llanos del Mar-

quesado de Zenet); tiene aguas abundantísimas para riego de su vega y una fuente. En el Batán hay un estanque escavado en la roca; en la cuesta de la Pantoja, baños en dos naves de piedra; y en la Solana, criaderos de cobre y hierro argentífero, que se explotaron y beneficiaron en la localidad.

Albuñana, en la falda N. de Sierra Nevada y en llano, tiene muchas aguas finas, y las de riego suficientes, sobrantes de las de Jerez del Marquesado. El arroyo de Bernal, que es uno de los que dan nacimiento al río de Guadix, está á tres quilómetros al E.

Cogollos de Guadix, está en llano junto á una pequeña colina. Entre este pueblo y Guadix, el diluvio tiene un espesor de más de 200 metros.

Alcudia de Guadix, situado en un llano de la formación diluvial, tiene 451 vecinos. La fuente de la plaza es de dos caños, que dan 24 litros por minuto, de agua á 12° centígrados (aire 10° centígrados) con 40° hidrotimétricos, procedente de la Solanilla, distante unos 170 metros al E. La fuente de la entrada del pueblo, con abrevadero y tres caños, da 110 litros por minuto de agua, procedente de la Rambla de las Eras, que está más de 200 metros al E. La fuente Vieja, por bajo de la carretera, tiene agua, que dicen es la mejor, que viene de unos 100 metros al E. Los manantiales están todos en diluvio. Hay pozos de 6 á 20 metros de profundidad, con mucha y buen agua. Riega la vega por acéquias derivadas del río de Guadix, y por un riachuelo que baja de Sierra Nevada. Las aguas termales de Goza distan 11 quilómetros.

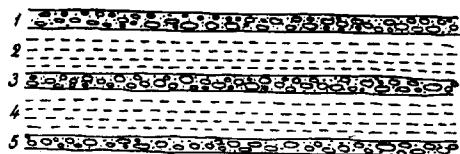
Esfiliana, con 150 vecinos, está en diluvial, que aquí forma una suave ladera á la derecha del río de Guadix, que riega y mueve varios molinos en el término. La fuente de dos caños, con abrevadero, da 66 litros por minuto de agua, á 11° centígrados (aire 10° centígrados) con 28° hidrotimétricos, procedente del S., á más de un quilómetro. Riégase también de manantiales, á pesar de lo cual dicen en el pueblo que hay necesidad de alumbrar aguas. Esto posiblemente se lograría con minados poco profundos.

Cortes y Graena, en terreno quebrado por derrubios pro-

ducidos en la formación diluvial, tienen abundantes aguas y baños cerca.

Guadix, ciudad con 12.000 habitantes, situada á la izquierda del río de su nombre, en terreno desigual y ladera de arcillas derrubiadas, como lo son las de la opuesta margen del río, tiene abundantes aguas en fuentes públicas y en las casas; aquéllas son: Fuente de Santa Ana, cuya agua nace en arenas de la Rambla del Piojo, á unos 500 metros; las fuentes de Santiago, la Serena, el Hospital y Palacio, se surten de la Cañada de los Perales, distante más de 700 metros; la fuente de San Miguel, tiene el manantial en la Huerta de Millar, á 100 metros; la fuente de María Pedro, no tiene conducción, pues está en el mismo sitio donde brota

Fig. 1



1, 3 y 5, conglomerados; 2 y 4, arcillas

el agua; la fuente de San Antón, tiene dos nacimientos á unos 50 metros de la toma. El agua de la fuente de una casa, dió 34° hidrotimétricos. Los pozos tienen de tres á ocho metros de profundidad y son abundantes de agua, potable en unos y selenitosa en otros. Se riega del río, de la Rambla Paulenca, á tres kilómetros al O., y poco de otras aguas nacidas en Sierra Nevada.

Diezma, con 270 vecinos; está al pie de la Sierra Harana, en cuyas calizas jurásicas, con buzamiento al SE., hay varios manantiales al NO. del pueblo, de los que se alimentan en él dos fuentes y un caz de molino; la fuente de Arriba es de dos caños que dan 65 litros por minuto, de agua á 8° centígrados (aire 11° centígrados) y con 42° hidrotimétricos. En la carretera á Granada, entre Purullena y Diezma, la formación diluvial tiene un espesor de más de 300 metros, y del kilómetro 235 al 236 está compuesta de capas potentes de arcillas y delgados estratos de conglomerados

poligénicos (figura adjunta), que se observan en las escarpas del barranco que hay al N.; la subida á la loma, que está en el kilómetro 237, tiene en un trayecto de dos kilómetros, unos 70 metros de desnivel; pero toda la cuesta, á cuya falda corre el río Fardes, es de unos cinco kilómetros de longitud.

Purullena, con 358 vecinos, está en derrubios del diluvio de Guadix, como los pueblos El Marchal, Bear y Graena, que se alcanzan á ver. La fuente del pueblo, en la carretera, da un hilo de agua, á 11° centígrados (aire 9° centígrados) y 22° hidrotimétricos, procedente de un pozo á unos 20 metros de distancia, situado en los altos próximos. La fuente de la Remachada es escasa. En la Granja, alto del SE., un particular de El Marchal está haciendo un alumbramiento de aguas y halla varios surtidores pobres. Los pozos son de cuatro á cinco metros de profundidad algunos; otros, de 20 metros, con un metro de agua potable á 11° centígrados. Tiene riego de los ríos Fardes y Alhama por acequias, como la acéquia Baja, que va encañada, la de la Mairena, etc.

Los Villares, sobre un cerro calizo poco elevado de la Sierra Harana, hasta la cual hay un largo valle, se surte de aguas del manantial y del arroyo nombrado Sillar la Baja, que nace en Huétor-Santillán y riega parte de su término.

Darro, situado en llano pedregoso diluvial, tiene dos fuentes.

Benalúa de Guadix, en llano, á la derecha del río Fardes, sólo tiene riegos intermitentes.

Gor, á la falda de alto cerro arcilloso y calizo de la Sierra de Gor, y junto á la margen izquierda de su río, tiene huertas de riego y fuente de cuatro caños de agua fina. A tres kilómetros al S. hay criaderos de hierro. Cerca de su estación del ferrocarril hay calizas de tonos blanco y negro.

Huétago, en formación pliocena situado en un barranco, tiene en el término una fuente de buen agua.

Fonélas, en el plioceno también, á cinco kilómetros de la unión de los ríos Fardes y Guadix, tiene aguas de mala calidad.

Gorafa, en el mismo manchón plioceno, está en un llano situado cerca de la margen derecha del río Guadix.

Fréyla, en el plioceno de Baza, con gran parte de sus vi-

viendas excavadas en arcillas, está en una ladera de la pequeña rambla que forma su vega. Tiene tres fuentes de agua buena, una más fina que las otras. Hay aquí una sierra pequeña inmediata al río Barbata; y está el cerro de Arcana en el camino de Zújar.

La formación pliocena de Baza, que entra en la provincia de Almería, se apoya hacia el S. en las laderas de la Sierra de Baza y llega á Zújar, donde está recubierta por diluvio. En su parte más occidental es marino este plioceno, hasta cerca de Córtes de Baza, con margas y yesos. El tramo lacustre con espesor de más de 200 metros, forma una larga faja circunscripta al manchón, y junto á Baza las capas calizas, arcillosas y margosas, son regulares y están derrubidas hasta la profundidad de 130 metros, siendo las superiores fosilíferas. En el valle del río de Baza, los aluviones dejan ver el plioceno.

El río de Baza ó Guadalquitón nace en la Sierra de Baza; corre de S. á N. á cinco kilómetros de la ciudad; en su vega, formada de capas alternantes de arcillas y margas arcillosas con guijos y arenas permeables, hay manantiales entre capas horizontales ó con leve inclinación, cuyas aguas siguen dirección SO. á NE. y se presentan en los frentes de S. y O. del escalonado del terreno.

La cuenca está rodeada de cerros, siendo los más altos los del Oeste y Sur de Baza, que componen la sierra de su nombre.

El cerro de Javalcón, situado al NE. de Baza, está constituido en su cima, en la que hay un aljibe, por calizas rojizas y azuladas, y alcanza la altitud de 1.496 metros; sus capas cuaternarias y terciarias suman un espesor de 225 metros, y aunque aislado el cerro, pertenece orográficamente al extremo de la Sierra de Baza.

En el cortijo del Pavero, ocho kilómetros al N. de Baza, uno escaso al E. del cerro de Javalcón, hay un pozo abierto en tierra gredosa, de 21 metros de profundidad total, con dos metros de agua á 15° centígrados (aire 10° centígrados) y 144° hidrotimétricos. Las capas arcillosas próximas, interstratificadas con delgados lechos de margas duras, son ho-

rizontales y están llenas de impresiones y moldes de fósiles del plioceno marino de cerca de Córtes de Baza.

Los pozos del valle están por el NE. en margas yesosas del Campo de Javalcón, en el que hay numerosos cortijos.

La fuente de la Perdiz, en el cerro de Javalcón, está en el interior de una galería abierta en capas de greda casi horizontales, aunque con buzamiento septentrional, su agua (á 12° centígrados), tiene 25° hidrotimétricos y su caudal es de dos litros escasos por minuto en invierno. Los altos más próximos á la fuente se forman de capas de conglomerados.

Caniles, con 5.745 habitantes, ocupa la vertiente N. y la cima de un cerro de conglomerados con escaso cemento y areniscas. En las escarpas del río, son las calizas sabulosas y están recubiertas por arenas y guijos que, derrubidas, dejan calizas, en las que se han excavado viviendas. En las cercanías hay margas y yesos. No hay pozos; se bebe agua del río, del cual y de cuatro arroyos riegan. La fuente del Parral, dos kilómetros al O., dicen que es intermitente. La fuente para abrevadero da unos 66 litros por minuto de agua á 8° centígrados (aire 6,5° centígrados) y 27° hidrotimétricos, procediendo su caudal de una acéquia surtida por el río. El nacimiento Linchar con agua potable, está á dos kilómetros y medio, al O., en lo bajo de la Rambla Lozana, y su agua descende de la Sierra de Baza, al S. de la ciudad, cerca del Calar de Santa Bárbara. Los manantiales de los arroyos del E. son salitrosos. Se hacen obras de conducción de aguas finas, captadas de un venero y de filtraciones, reunidas por minados, á un kilómetro del pueblo, en la margen izquierda del río, que ha de atravesar la cañería, teniendo que elevar 21 metros el agua al pueblo, por fuerza motriz.

Baza, ciudad con 12.770 habitantes, está en la falda oriental del collado de San Pedro Mártir. Tiene abundantes aguas potables, estando al S. los manantiales mayores: Fuente de San Juan, á dos kilómetros, con 72 litros por segundo de agua algo gorda; el de más caudal de «Las Siete Fuentes», á tres kilómetros; y el manantial de «La Cascada», cuya agua tiene 28° hidrotimétricos. El de los baños de Alcribite, es de agua que lleva sulfato de hierro; y hay

otros muchos pequeños, entre ellos, cerca de la ciudad, los de agua mineral Bastida y Mansilla. El riego de la vega se hace por acéquias derivadas del río y de sobrantes. Hay pocos pozos en el casco urbano, de 12 á 15 metros de profundidad con buen agua.

A cinco quilómetros de Baza, por la carretera á Granada, próximo á la Cueva de la Atalaya, en la estepa de Baza, más de 160 metros sobre la ciudad y al pie de los altos de la Sierra, está el Llano del Cuquillo, sobre conglomerados superiores á calizas arcillosas del mioceno lacustre.

La línea férrea de Baza á Guadix, va subiendo hasta unos 150 metros sobre el nivel de Baza, á la proximidad de la carretera entre las estaciones de Baúl y de Gorafe. En la estación de Zújar se ven potentes calizas inclinadas; el túnel está practicado en ellas; sigue un páramo con delgado manto de diluvio rojo, cuyo páramo después ensancha; en la estación de Baúl casi desaparece el diluvio, depositado sobre calizas blancas; más allá, en las escarpas de hondo arroyo que corre de S. á N., se ven calizas horizontales; y siguen potentes depósitos diluviales, en la estación de Gorafe.

Córtes de Baza, en terreno gredoso, sobre barrancos, á la izquierda del río, más arriba llamado de Castril, en cuyo cauce hay lignito, tiene un arroyo con caudal de más de seis litros por segundo, que nace de varias fuentes del cerro Tañesca, derivado de la Sierra de Castril; siendo abundantes y buenas las aguas potables y la de la fuente de Potros algo sulfhídrica.

Zújar, al SO. del Javalcón, y cuatro quilómetros de este cerro, atravesado por la Rambla de Zújar, está al E. del río Barbata, que corre de E. á O., al que afluye el Guadalentín, nacido en la Sierra de Pozo-Alcón y al E. también de cerros derivados de la Sierra de Gor. Hay cinco fuentes principales de agua potable y muchos pozos en el término. Se riega de los dos ríos; la Rambla de Zújar, que afluye al río Grande, mueve molinos y riega, como también las fuentes Grande, Alcanácia y Tresfuentes. La fuente de Brazalema surte los baños de Zújar, que están á 22 quilómetros al N., en la vertiente NO. del Javalcón, cerca del río Barbata; su agua, abundante y clara, es sulfhídrica, con cal-

bonatos y sulfatos sódico y cálcico é hidratos magnésico y sódico; es termal y sale á temperatura de 37° centígrados.

El arroyo de Baúl nace en la Sierra de Baza y término de Gor; corre de SE. á NO., afluyendo al río de Zújar, y con caudal escaso, riega varios cortijos.

CONCLUSIONES

Diluvial.—Aguas exteriores.—Los ríos y arroyos mencionados en el diluvial, son procedentes de otras formaciones, y la acción mecánica de sus corrientes sobre los materiales muebles cuaternarios, ha producido gran número de hondonadas y barrancos que hacen muy quebrada la comarca. Las fuentes son de aguas potables; unas muy finas, con 7° hidrotimétricos, nacen en el estrato cristalino de la Sierra Nevada; otras finas, de 22° á 28° hidrotimétricos, manan en arcillas arenosas; otras de igual origen son gruesas, con 34° hidrotimétricos; son de 42° hidrotimétricos las procedentes de calizas jurásicas de Sierra Harana, y puede mencionarse aquí la termal de Goza.

Aguas subterráneas.—Los pozos existentes en el diluvial formado con materiales del extracto cristalino, tienen muchas y buenas aguas á la profundidad de seis á veinte metros; son menos hondos los más distantes del contacto de dicho azóico con el diluvio, y el agua de algunos de ellos es impotable.

Las corrientes interiores han de ser profundas en muchos parajes en que hay capas arcillosas hondas. Las aguas artesianas pueden hallarse bajo todo el manto diluvial, porque contiene capas impermeables que impiden la salida natural de las aguas procedentes de las varias sierras que circundan la cuenca.

Plioceno.—Aguas exteriores.—Los cursos superficiales de aguas fertilizan grandes extensiones, y son en su mayor parte procedentes de fuera de la región de que aquí se trata. Las fuentes tienen aguas abundantes finas, de 25° á 28° hidrotimétricos, y sus nacimientos están en capas algo sabulosas.

Aguas subterráneas.—Unos pozos, de profundidad de 12

á 15 metros, tienen aguas buenas y están abiertos en arcillas arenosas; otros, que lo están en margas y yesos, son más profundos y tienen agua dura, que marca 144° hidrotimétricos. Existen cursos interiores de agua, con dirección SO. á NE., que se manifiestan al exterior en varios manantiales en la vega de Baza; pero, por el contrario, estas aguas son muy escasas en la vertiente oriental del cerro de Javalcón, en la cual no conviene por minados intentar alumbramientos de aguas poco profundas que destinar al riego, porque la escasez y nivel bajo no dan facilidades al objeto, aunque el último inconveniente no existe en el Campo de Javalcón. En las vertientes O. y NO. de dicho cerro, las aguas son abundantes y potables, existiendo también las termales de Zújar. Las aguas artesianas en el terreno plioceno de que se hace aquí mención, han de hallarse demasiado profundas; pero no tanto en la parte NO. de esta zona, en la que son indicios favorables la existencia de manantiales, los buzamientos de algunas capas en dicho sentido, y tal vez la presencia del agua termal, de cuya profundidad pueden surgir las aguas procedentes de más remoto origen, si se las abre salida con la sonda.

Algunos datos hidrogeológicos de la zona que c

PUEBLOS	FUENTES Y POZOS	Niveles freáticos.	Caudales.	Temperatura.
		Metros bajo del suelo.	Litros por minuto.	Grados centígr.
Alquife	Fuentes del pueblo.....	»	10	9
La Calahorra.....	Fuente de la plaza.....	»	36	9
Alcúdia de Guadix.	Idem id.....	»	24	12,5
Esfiliana.....	Fuente de dos caños.....	»	66	11,5
Guadix	Fuente casa particular (hay 8 públicas abundantes).....	»	»	»
Diezma.....	Fuente de Arriba.....	»	65	8
Purullena.....	Fuente en el pueblo.....	»	Muy escaso.	11
Caniles	Pozo en el pueblo.....	19	Variable....	11,5
	Fuente abrevadero, surtida por acequia del río.....	»	66	8
Baza.....	Pozo en el cortijo del Pavero	19	Abundante..	15,5
	Fuente de la Perdiz (cerro Javalcón).....	»	2	12
	Fuente en la ciudad (manantial de «La Cascada»).....	»	»	»

rende á Guadix y Baza (provincia de Granada).

Profundidades. Grados hidrotimétricos.	FORMACIONES GEOLOGICAS	OBSERVACIONES
7	Estrato-cristalina.....	Se explota óxido de hierro en cerro triásico, entre diluvio y azoico.
7	Idem id.....	En el paraje Benabre hay fuente que se dice es de agua mineral.
40	Diluvial.....	Hay pozos de 6 á 20 metros de profundidad con mucha y buen agua.
28	Idem.....	Es necesario y posible alumbrar más aguas poco profundas.
34	Idem.....	Los pozos de 3 á 8 metros de profundidad son abundantes de agua potable ó selenitosa.
42	Jurásica (calizas).....	Hay varios manantiales al NO. del pueblo.
22	Diluvial.....	La toma es en un pozo próximo.
otable.	Idem.....	Hay pozos de 4 á 5 metros de profundidad.
27	Pliocena.....	No hay pozos. Linchar da agua potable. Son salitrosas las aguas del E.
144	Terciaria (plioceno marino)	El pozo está abierto en tierra gredosa.
25	Pliocena.....	Brota el agua en greda bajo conglomerado.
28	Idem.....	La fuente de San Juan, á 2 kilómetros de la ciudad, da 72 litros por segundo de agua algo gorda, y el manantial de «Las Siete Fuentes» es de más caudal y dista 3 kilómetros de la población.

Todos los datos se han tomado en Diciembre de 1908.

Estudio relativo á los terremotos ocurridos

EN LA PROVINCIA DE MURCIA EN 1911

POR LOS INGENIEROS DEL CUERPO DE MINAS

D. Rafael Sánchez Lozano y D. Agustin Marin

Durante el período de tiempo comprendido desde el 21 de Marzo al 18 de Junio del pasado año de 1911, ha sido conmovida la región meridional de la provincia de Murcia por repetidas sacudidas sísmicas, hasta tal punto, que, alarmados los vecinos del pueblo de Lorquí, correspondiente á la zona donde con más frecuencia y con mayor intensidad se manifestaron los temblores, acudieron ante el gobernador de la provincia para que, puesto el hecho en conocimiento del Gobierno, y en atención á las circunstancias del caso, resolvería lo que estimara procedente, á fin de devolver la tranquilidad perdida á los habitantes de la comarca.

En consecuencia, la Dirección general de Agricultura, por orden del Excmo. Sr. Ministro de Fomento, pasó en 17 de Abril al Sr. Director del Instituto Geológico la comunicación siguiente:

«Ilmo. Sr.: Visto el telegrama del gobernador de Murcia, en el que manifiesta que los habitantes de Lorquí se encuentran alarmadísimos y desean se envíen técnicos conocedores de fenómenos sísmicos que los tranquilicen. De orden del Sr. Ministro lo pongo en conocimiento de V. I., á fin de que disponga lo necesario con la mayor urgencia, para que un Ingeniero de los que están á sus órdenes visite, reconozca la localidad y emita el informe correspondiente.»

En cumplimiento á lo dispuesto, el Director del Instituto Geológico comisionó á los autores de este trabajo para

que visitaran la comarca, estudiaran el fenómeno é informaran lo que estimaran oportuno, y como resultado de la inspección realizada se envió oportunamente al Ministerio el informe correspondiente, que reproducimos en el presente trabajo, completánlo con nuevos datos relativos á las observaciones realizadas hasta la terminación del período sísmico, y ampliándolo, además, con el examen de determinadas cuestiones de interés indudable para la ciencia sismológica.

RESEÑA HISTÓRICA

En repetidas ocasiones se han experimentado los movimientos sísmicos en el suelo murciano, pero afortunadamente no hay recuerdo de que ninguno de ellos haya ocasionado catástrofes de esas que por su magnitud dejan indeleble recuerdo en la memoria de los pueblos.

El territorio de Murcia corresponde á la región sísmica más notable de Europa, la cual comprende dentro de nuestra Península una faja de amplitud variable que se extiende desde Lisboa á la desembocadura del Turia, en la provincia de Valencia, siendo de notar por lo que concierne á la tierra murciana que hay motivo para suponer que los movimientos ocurridos en ella deben tener su origen en dos focos secundarios distintos: uno en la comarca de Archena, donde han sido muy frecuentes en ciertas épocas, y otro en Torrevieja, provincia de Alicante, que es el pueblo que más sacudidas terrestres ha experimentado entre todos los de la costa de Levante.

No es necesario reproducir aquí los catálogos íntegros de los terremotos ocurridos en la provincia de Murcia, cuyas fechas y principales circunstancias se consignan en el libro del escritor murciano D. Pedro Díaz Casou «Huerta de Murcia», y también en el capítulo de Meteorología endógena correspondiente á la descripción física de dicha provincia, publicada en el tomo XXIX del *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico*; de estos catálogos se entresacará lo más saliente para dar noticia de algunas circunstancias interesantes observadas durante los terremotos más notables ocurridos en

Murcia, así como de la duración de los períodos sísmicos correspondientes.

Háblase por algunos historiadores de terremotos ocurridos en los años 500, 399, 346, 237 y 218 antes de Jesucristo, y se supone que tuvieron gran extensión en la Península ibérica, conmoviendo también el valle en que se asienta la ciudad de Murcia.

De tiempos más próximos á los nuestros hay noticia de los temblores de tierra que se citan á continuación:

En la noche del 23 al 24 de Agosto de 1354 ó 1356 hubo terremotos en casi toda España, haciéndose sentir con mucha fuerza en Lisboa, Murcia y Lorca.

En 9 de Marzo de 1743, un terremoto arruinó varios edificios de la capital y se quebrantaron también algunos, tres años más tarde, en 1746, en otro que llenó de espanto á sus habitantes.

El memorable terremoto de Lisboa, ocurrido en 1.º de Noviembre de 1755, que se propagó por un lado hasta las regiones septentrionales de Europa, y por otro hasta las playas americanas, conmoviendo de paso las costas y casi todo el territorio de Marruecos, apenas se dejó sentir en la provincia de Murcia, donde sólo dos poblaciones, la capital y la ciudad de Lorca, experimentaron algunas concusiones, y esas de escasa intensidad.

De mediana fuerza en Murcia, y muy notable en Mula, donde se abrió una sima de 80 palmos de circunferencia, fué el temblor de tierra que acaeció el día 17 de Julio de 1787.

En 8 de Octubre de 1821 se inició una serie de temblores de tierra, cuyos efectos se observaron durante 26 días en Murcia y en varios pueblos de la provincia.

Desde el 14 de Septiembre de 1828 hasta el 7 de Junio de 1829, hubo una serie de movimientos sísmicos originados en el foco secundario de Torrevieja, siendo el más notable de todos ellos el del 21 de Marzo del último año nombrado, el cual causó desastres en el citado pueblo y en otros de la provincia de Alicante, haciéndose sentir al propio tiempo en Murcia y en varios pueblos de la huerta. Comenzó este terremoto por un temblor pequeño que se sintió á las doce del día; á este siguió otro, el más famoso, á las seis y cincuenta

minutos de la tarde; durante la noche se contaron unos cuatrocientos, y de treinta á cuarenta cada uno de los tres días siguientes.

En 31 de Octubre de 1837, día en que la atmósfera era sofocante, sintiéronse en Murcia algunas oscilaciones que duraron de ocho á diez segundos, dirigiéndose, al parecer, de N. á S. A este movimiento sísmico, que tuvo lugar cerca de la una de la madrugada, siguieron otros, hasta el número de cuarenta, en los días 1 y 2 de Noviembre.

Durante el año de 1844 se registraron en Murcia tres terremotos de escasa importancia, como también fué pequeña la de otro ocurrido, después de fuertes lluvias, en 21 de Abril de 1849.

Hubo, además, terremotos, casi todos ellos de muy escasa importancia, en las fechas que á continuación se citan: 11 y 23 de Noviembre de 1855, al que siguieron otros 10 menos notables, hasta el 5 de Enero de 1856; 9 de Octubre de 1856; 24 de Septiembre de 1861; en 10, 14 y 19 de Junio, 3 de Julio y 1.º de Septiembre de 1863; 12 de Enero de 1864, con movimiento que parecía propagarse de SO. á NE.; 23 y 24 de Mayo de 1874; 7 de Octubre de 1875; 26 de Septiembre de 1876; 17 de Febrero de 1877; 1.º de Enero de 1879; Junio de 1880; 8 de Noviembre de 1882; 8, 16 de Enero y 16 de Agosto de 1883; 13 de Marzo y 25 de Diciembre de 1884; 26 de Marzo de 1885; 28 de Enero y 12 de Julio de 1886, y 5 y 8 de Mayo de 1902.

Todos estos terremotos fueron sentidos en Murcia, y varios de ellos en Cartagena, Archena y otros lugares de la provincia.

Se ve por lo expuesto que en repetidas ocasiones ha sido conmovida la región murciana durante periodos sísmicos de larga duración. Es de notar, además que cuando el desastroso terremoto de Lisboa, ocurrido en 1.º de Noviembre de 1755, en el que perecieron 60.000 personas, y que abarcó un área extensísima, apenas fué advertido en Murcia, según dijimos antes, como tampoco tuvieron importancia en esta capital otros famosos acaecidos en las provincias de Málaga Granada y Almería, ni se sintieron en ella los ocurridos recientemente en Motril y Albuñol el día 8 de Marzo último,

y el 15 del mismo mes en Granada; de suerte que, en realidad, los terremotos murcianos más notables y más frecuentes han sido los de carácter local, habiendo podido apreciarse, según también va dicho, que tienen dos focos principales distintos é independientes, aunque muy próximos entre sí; uno en Torrevieja y el otro en Archena.

El de Torrevieja ha ocasionado terremotos de verdadera importancia, siendo entre todos el más desastroso el ocurrido en 21 de Marzo de 1828, á las seis y media de la tarde, con efectos tan extraordinarios, que en un momento quedaron enteramente en ruínas Torrevieja y otros muchos pueblos, de forma que durante el período sísmico quedaron en aquel territorio 2.965 casas asoladas, 2.396 quebrantadas, 57 iglesias y ermitas arruinadas y noventa y seis molinos y cuatro puentes destruidos; y estas calamidades no vinieron solas, pues hubo que lamentar la pérdida de 839 personas muertas y 375 heridas.

Los efectos de los terremotos, debidos al foco de Archena, fueron siempre de menor importancia, y no hay recuerdo de que en ningún tiempo hayan alcanzado la categoría de verdaderos desastres; á este foco deben atribuirse los temblores de tierra del período sísmico que comenzó en el mes de Marzo de 1911.

EL PERÍODO SÍSMICO ACTUAL

No es nuestro propósito el entrar aquí en la reseña de las diversas teorías sucesivamente formuladas por los sismólogos acerca de las causas que dan origen á los terremotos, y aplicar al caso que nos ocupa la que se juzgue más acertada; para cumplir lo ordenado por la superioridad, y atendiendo al interés de momento que ofrece el asunto, nos concretaremos principalmente á consignar los hechos observados y á poner de relieve la circunstancia de que en el caso presente, como en todos los que con la sismología se relacionan, las manifestaciones y efectos de los fenómenos sísmicos se hallan ligados estrechamente y de modo manifiesto á la disposición geológica y á la tectónica de la comarca donde se ha producido el temblor de tierra.

Las primeras sacudidas del período sísmico actual en Murcia se advirtieron el día 21 del pasado Marzo en la capital y en varios pueblos del SE. de la provincia; se sintieron manifestamente en Archena; adquirieron mayor intensidad en Campos, Alguazas y Molina; llegaron al máximo en Cotillas, Ceutí y Lorquí; notáronse también en Fortuna y su establecimiento balneario, así como en Orihuela, aunque con bastante menos fuerza que en Archena, y apenas fueron perceptibles en Cartagena; de suerte que, en definitiva, puede afirmarse que dentro de un radio de 25 kilómetros alrededor de Lorquí fué percibido manifestamente el terremoto del 21 de Marzo, como lo fueron también otros que se repitieron en los días 3 de Abril y 10, 14 y 16 de Mayo siguientes.

Pero lo más interesante del caso es que los macrosismos que, al parecer, se redujeron en los pueblos de la comarca á los ocurridos en los días antes consignados, se han repitido casi diariamente en Lorquí y sus alrededores, según consta en la relación siguiente formada por el secretario de aquel Ayuntamiento, D. Mariano Ibáñez, la cual comprende desde el 21 de Marzo hasta el 18 de Junio del año 1911.

Mes. Día.

- Marzo 21, á las 2,30 de la tarde, fuertes sacudidas que duraron seis segundos. Se notaron sacudidas en casi todos los días siguientes, hasta el 3 de Abril.
- Abril 3, á las 11,15, terremoto de tres segundos de duración, y el de mayor intensidad.
- » 4, 5, 6 y 7, fueron muy frecuentes las sacudidas, si bien no muy intensas.
 - » 7, temblores poco intensos á las 2,10 tarde y á las 5.
 - » 8 y 9, se notaron golpes subterráneos, sin sacudidas perceptibles.
 - » 10, 11 y 12, algunos estremecimientos poco frecuentes.
 - » 13, á las 4 de la mañana, temblor y ruidos subterráneos.

Mes. Día.

- » 14, ruidos sordos subterráneos durante el día; por la noche, á las 11, ruidos y temblor.
 - » 15, temblores á las 4,20 mañana y 4,50 tarde.
 - » 16, temblor á las 6 tarde.
 - » 17, temblores á las 3 de la mañana y 6,10 tarde.
 - » 18, temblores á las 4 y á las 9,25 mañana 1, 4, 4,28 y 7,55 tarde.
 - » 19, á las 6 y á las 8,30 mañana, movimientos casi imperceptibles frecuentes.
 - » 20, á las 2, á las 4,8 y á las 5,30 mañana.
 - » 21, á las 4 de la madrugada.
 - » 22, á las 4 de la madrugada.
 - » 23, ídem ídem y 6 de la tarde.
 - » 24, dos temblores á la madrugada.
 - » 25, 2 mañana.
 - » 26, tres ruidos de 11 á 12, perceptibles por gran parte del vecindario; terremoto de alguna intensidad á la 1,15, y otro á las 6,45 tarde.
 - » 27, 11 noche, temblor.
 - » 28, 12 ídem, ídem.
 - » 29, 1 madrugada, temblor.
- Mayo 1, 1,25 madrugada, ídem.
- » 2, 2,45 madrugada, temblor.
 - » 3, 2,40 ídem, ídem.
 - » 5, 11 mañana.
 - » 6, 2,20 y 5,15 ídem.
 - » 7, 1,6 mañana muy intenso, que despertó al vecindario, saliendo éste alarmado á la calle.
 - » 8, 2 mañana; se notó en Murcia y en Archena; en esta última con bastante intensidad.
 - » 9, 4 mañana.
 - » 10, 3,30, 4,45, 10, intenso de unos diez segundos de duración; desconchados y quebrantos en los edificios, 10,10, 15, 12,30, 12,40, 3 tarde y 6,10 tarde.
 - » 11, 9,35 y 6 tarde.
 - » 12, 2,40; de 8 á 9, frecuentes ruidos; 10,30, ligero temblor; 10,50, mucho ruido y temblor, notán-

Día. Mes.

- dose en los edificios y menos en la huerta ; 12,18 ; tiempo algo revuelto ; por las mañanas mucha calma con la atmósfera cargada con un nublado que avanza lentamente por Poniente y que se desvanece por la tarde con el viento del E. SE.
- » 14, 0,45 minutos ; 2,10, muy fuerte ; 4,15, menos intenso ; muchos ruidos toda la mañana ; 7, 7,10 y 7,20 tarde.
 - » 15, 3,40 ; 4,20 ; 10,15, frecuentes ruidos y temblor constante del suelo durante toda la mañana.
 - » 16, 2,10, 4,15, 4,25 y 8,10 mañana ; 10,20 noche, terremoto muy intenso de diez segundos de duración, parándose el reloj de la torre, y cayendo aleros, paredes, techumbres, etc. ; 10,25 noche, menos intenso. Todos los temblores vienen precedidos de un ruido intenso, que se oye á lo lejos y que se va acercando hasta que empieza el temblor ; luego queda después del ruido y temblor grande un movimiento en el suelo que duró bastantes segundos. Estos fenómenos se notan en los pueblos comarcanos, pero con menos intensidad.
 - » 17, 8,25 mañana, bastante intenso.
 - » 18, de 2 á 3 mañana, temblor algo constante, sin ruido.
 - » 19, 3,15 mañana.
 - » 20, 2, 11,40 mañana, 5,20 tarde, intenso.
 - » 21, 4,30.
 - » 22, 10,12, y ruidos.
 - » 23, ruidos.
 - » 24, ruidos todo el día, acentuándose desde las 5 de la tarde hasta las 6,3, en que ocurrió intenso terremoto, precedido de un ruido grande, que se notó venir de Poniente á Levante, y que produjo fuerte trepidación. Se sintió quizás más que en Lorquí, en Archena, Alguazas, Campos, y hasta Mula.
 - » 25, ruidos toda la mañana.
- Junio 17, 11 mañana.

Mes. Día.

- » 18, de madrugada, débil temblor, que se percibió por muchas personas que se encontraban en sitios silenciosos.

Debe observarse por otra parte que el pueblo de Lorquí se halla asentado precisamente en el contacto de las margas miocenas con los aluviones del Segura, y tal circunstancia ha de haber contribuido eficazmente á aumentar el efecto de las concusiones, ya que el movimiento sísmico, en su transmisión, ha tenido que salvar, no sólo la discordancia estratigráfica entre los dos terrenos, sino también diferencias de elasticidad en los medios de propagación, resultando en consecuencia que el ritmo de las ondulaciones moleculares de las rocas terciarias hubo de transformarse en desordenados movimientos, al encuentro de la masa aluvial.

Epícentro.—Dedúcese de lo expuesto que el foco superficial ó epicentro del terremoto debe encontrarse en una zona de reducida extensión junto al curso del Segura, entre los pueblos de Ceutí y Lorquí, y también parece resultar por la forma en que se han manifestado los efectos de las sacudidas, que las curvas de igual intensidad ó « Isosistas », constituyen una serie de zonas cerradas concéntricas de intensidad decreciente, cuyo eje mayor coincide con la dirección de la marcha del Segura, entre Cieza y Alcantarilla.

Hipocentro.—Por lo que concierne á la profundidad á que se han originado los terremotos, ó sea á la determinación de la zona hipocentral, puede afirmarse que si bien, en realidad, no hay procedimiento entre los conocidos que deba estimarse como seguro á tal propósito, en el caso actual de Murcia es lo probable, en vista de la reducida extensión de la comarca en que se han notado las sacudidas, que el referido hipocentro no deba hallarse á grande hondura.

Los sismólogos han intentado calcular la profundidad de los hipocentros sísmicos, mediante diferentes procedimientos, entre los cuales consignaremos, como de pasada, el empleado modernamente por Kovesligethy (1), quien, insis-

(1) *Scismonomía*. B. I. Soc. Sismol. I, tal. T. XI. 1906.

tiendo en la idea de ser sólo un punto el hipocentro, y admitiendo que las aceleraciones de las diversas partes de la región conmovida están en razón inversa de su distancia al hipocentro, y teniendo, además, en cuenta la absorción del movimiento en el medio donde se propagan las ondas sísmicas, deduce una fórmula que, al parecer, ha dado resultados satisfactorios. No podemos aplicar al caso de Murcia la fórmula de que se trata, por carecer de los datos necesarios; mas atendiendo á la extensión é intensidad del fenómeno, y por comparación con los resultados obtenidos en casos semejantes, puede admitirse que el hipocentro de los actuales terremotos murcianos debe encontrarse á unos cuatro kilómetros de profundidad por debajo de su zona epicentral.

El terremoto en relación con la geología y la tectónica de la comarca.—Los terremotos de Murcia son probablemente resultado de las últimas manifestaciones del volcanismo ocurrido en la región después de la época miocena; preséntase allí, en efecto, dentro de la zona conmovida por los actuales terremotos, varios asomos de rocas volcánicas, ó por mejor decir, hipogénicas, ya que es dudoso, ó por lo menos, no parece comprobado, que las tales rocas hayan surgido á la manera de las eruptivas volcánicas. Cerca de los baños de Archena, por el NO. asoman en varios sitios, á través de los materiales miocenos en que nacen aquellas aguas termales, las margas triásicas, y con ellas algunas pequeñas masas de rocas hipogénicas pertenecientes al grupo de las diabasas. El río Segura, que desde Cieza sigue en dirección al S. 40° E. hasta Alcantarilla, determina en su curso una importante línea de fractura que, pasando por los baños de Archena, y luego entre Ceutí y Lorquí, sigue hasta cerca de Murcia, depositando sus aluviones sobre los sedimentos miocenos.

En el extremo SO. de la sierra triásica de Carrascoy, como á ocho kilómetros al E. de las aguas salinas termales de Alhama, se encuentra también un asomo hipogénico, y otro, además, en esta misma sierra, al SE. de la capital, próximo á la prolongación de la quiebra del Segura antes mencionada.

Igualmente en la serrezuela triásica, que paralela á la de Carrascoy, corre por la vertiente izquierda del Segura,

desde Espinardo, en dirección á Grihuela, se presenta un afloramiento diabásico cerca de Santomera.

A unos cinco kilómetros, al SE. de los baños termales de Fortuna, sobresalen en la planicie, constituida por margas miocenas, varios montículos, designados por los naturales con el nombre de «Cerricos Negros», aludiendo á la roca volcánica de que, total ó parcialmente, están formados, y que constituye una especie nueva, estudiada por el reputado geólogo é ingeniero de Minas, D. Ramón Adán de Yarza á la que dió el nombre de «Fortunita». Esta roca viene asociada á una traquita gris, y examinada al microscopio resulta compuesta por un magma vítreo, en el que sobresalen cristales porfíricos ó de primera consolidación de olivino y de mica amarilla (1).

Finalmente, también en el terreno mioceno, en la vertiente derecha de río Mula, donde brota la muy caudalosa fuente termal de este nombre, se ofrecen otros tres asomos de rocas hipogénicas en los alrededores de Albudeite y Campos.

Vemos por lo expuesto, que la zona del epicentro de los terremotos actuales se halla rodeada de rocas eruptivas ó hipogénicas, en relación más ó menos inmediata con los mantos termales.

Se observará por otra parte, que si se traza sobre el mapa geológico de la provincia una recta que una los asomos eruptivos de Fortuna con los de Mula, resultará paralela á la dirección de la sierra de Carrascoy, y también á la de las principales cordilleras murcianas, y de ello se deduce que hay fundamento para suponer que la referida recta marca la situación de una línea de fractura ó de menor resistencia que corta á la del Segura, precisamente, entre los pueblos de Lorquí y Ceutí, es decir, en la región epicentral del terremoto.

Consignaremos también que el desprendimiento de ácido carbónico como manifestación del volcanismo es frecuente en la comarca murciana: en Mazarrón puede asegurarse que «el conjunto de rocas donde arman los criaderos, ó por lo menos las que sirven de caja á los filones, contienen ácido carbónico

(1) Bol. Com. M. Geol T. XX. P. 349.

en mayor ó menor cantidad, y que el desprendimiento de este gas es constante, pues no sólo lo prueban las observaciones actuales sino que lo demuestra irrefutablemente la circunstancia de hallarse siempre las antiguas labores inundadas con él» (1).

Las emanaciones de anhídrido carbónico se han comprobado también en la comarca de Lorquí y se confirman con un hecho ocurrido en el pasado año de 1910; perforábase por entonces un pozo á unos tres kilómetros de distancia del pueblo, y cuando llegaba á diez metros de profundidad, al descender dos obreros para emprender sus trabajos, quedaron muertos por asfixia.

El origen de los gases y del vapor de agua que acompañan á las erupciones volcánicas, y que probablemente dan ocasión á los terremotos con ellas relacionados, puede explicarse satisfactoriamente, basándose en las experiencias realizadas por Armand Gautier (1). Este químico eminente, después de haber secado previamente á 200° diversas rocas pulverizadas, las sometió á temperaturas próximas al rojo, y midió las cantidades de gases y vapor de agua que desprendieron; un kilogramo de granito al rojo, da 10 gramos de agua y un volumen de seis á siete veces el de la roca, calculado á 15°, cuyo volumen se triplicaría á la temperatura del rojo á que ha sido originado; y de este se deduce, como ejemplo que da idea de lo interesante de estos resultados, que un volumen de granito de un cuarto de kilómetro cúbico bastaría para producir el vapor de agua y gases de una erupción volcánica tal como la del Etna, en 1865, que en doscientos días arrojó 11.000 toneladas diarias, ó sea algo más de 2.000.000 de toneladas durante el período de mayor actividad.

Pero es indudable que cuando se trata de terremotos con hipocentros poco profundos, las aguas meteóricas al penetrar hasta grandes profundidades al través de las grietas terrestres pueden igualmente haber dado origen al vapor de agua productor del movimiento sísmico, sobre todo cuando á un

(1) D. de Cortazar. Estudio geológico de gases no inflamables. Bol. Com. M. Geol. Tomo XXIX.

(2) C. R. Ac. Sc., 1903 p.16-20.

largo período de sequía sigue otro extraordinario de lluvias abundantes; y algo de esto parece haber ocurrido en el caso que nos ocupa, según se deduce de los datos que se nos han facilitado en el Observatorio del Instituto de Murcia.

Esto no obstante, es lo cierto que la relación entre los fenómenos meteorológicos, como causa genética, y los terremotos, no se ha comprobado todavía; antes bien, se tiene por muy dudosa entre los sismólogos, ya que parece resultar del minucioso examen del asunto que no hay relación alguna entre la meteorología endógena y la exógena. Mas debe advertirse que para que el referido examen tuviera valor positivo, deberían, á nuestro entender, entrar en cuenta los terremotos, no en conjunto, sino en grupos separadamente, según la división que de ellos se hace en sismología.

Porque los estudios modernos han demostrado que un terremoto puede tener origen por diferentes causas telúricas, y que es un error al tratar de generalizar, é indicar una causa única, sólo porque el efecto sea siempre el mismo; y así actualmente se dividen los terremotos en tectónicos, volcánicos y criptogénicos, según deban atribuirse á movimientos orogénicos que continúan todavía en nuestros días, á la acción de los volcanes ó á causas no bien manifiestas, pero frecuentemente en relación con el volcanismo; de suerte que, atendida la naturaleza de los tres términos de esta división, es evidente que en los terremotos tectónicos no deberán influir las aguas meteóricas; podrán éstas, en determinados casos, actuar en los volcánicos; y es probable que influyan en los criptogénicos, y hasta que sean su causa eficiente cuando los hipocentros se encuentren á pequeñas profundidades.

EFFECTOS MATERIALES PRODUCIDOS POR LOS TERREMOTOS

Los efectos observados durante el período sísmico, que comenzó en el mes de Marzo pasado, fueron los siguientes:

Terremoto del día 21 de Marzo de 1911.—En Cotillas se sintieron muy intensamente las sacudidas sísmicas, produciendo gran alarma en el vecindario. Por amenazar peligro hubo que deshabitar la casa-palacio del Sr. Duque de Pastrana. Otras casas del pueblo sufrieron también grandes

perjuicios, ocasionándose algunos hundimientos, entre ellos el acaecido en una casa de los Sres. Estoup.

En Lorquí, según se ha dicho, ocasionó también muchos desperfectos en casi todas las viviendas. La torre de la iglesia se agrietó, sufriendo mucho igualmente el resto del edificio, en el que aparecieron grietas muy marcadas en la unión de la obra de cantería con la de ladrillo.

En el pueblo de Campos la mayor parte de los edificios sufrieron perjuicios, y alguno se hundió. Por amenazar ruína tuvo que abandonar su casa el señor cura párroco D. Juan Carrillo, y hubo que desalojar el local destinado á escuela. La iglesia del pueblo quedó en mal estado. La torre desnivelada y agrietada.

En Archena también se sintió con intensidad la sacudida sísmica, ocasionando desperfectos en algunos edificios, principalmente en la fábrica que próxima al pueblo poseen los Sres. Servet. En la casa del jefe en esta fábrica se descolgaron de las paredes algunos cuadros y un espejo, y cayeron al suelo los objetos que había colocados encima de las mesas. Los relojes situados en dos paredes, que forman ángulo recto en esta casa, siguieron en marcha, á pesar de la intensidad de los sacudimientos.

Molina y Alguazas fueron conmovidos intensamente. En el último de dichos pueblos el maestro tuvo que desalojar la escuela por amenazar ruína.

En la capital produjo gran alarma, abandonando muchos vecinos sus casas, temiendo que éstas se derrumbaran. En algunos edificios antiguos se abrieron grietas. Cayeron algunos objetos de las mesas y se descolgaron algunos cuadros de las paredes.

También se observaron trepidaciones, aunque de muy débil intensidad, en Cartagena y Albanilla, llegando la conmoción sísmica hasta Alicante.

Los ruidos que acompañaron al terremoto semejaban, según el auxiliar de minas del distrito de Murcia D. Manuel Pato, al choque de escombros contra el suelo, y entre todos hubo uno que parecía un fuerte golpe dado sobre madera.

Terremoto del 25 de Marzo.—En este día se sintió una sacudida sísmica en toda la comarca conmovida por el ante-

rior terremoto, pero de mucha menos intensidad; no produjo destrozos materiales.

Otros terremotos.—Desde el día 25 de Marzo se sintieron en la zona epicentral, principalmente en Lorquí, algunos temblores de poca importancia.

Terremoto del día 3 de Abril de 1911.—Este terremoto, según opinión general, fué de menor duración, pero tal vez de mayor intensidad que el ocurrido en 21 de Marzo.

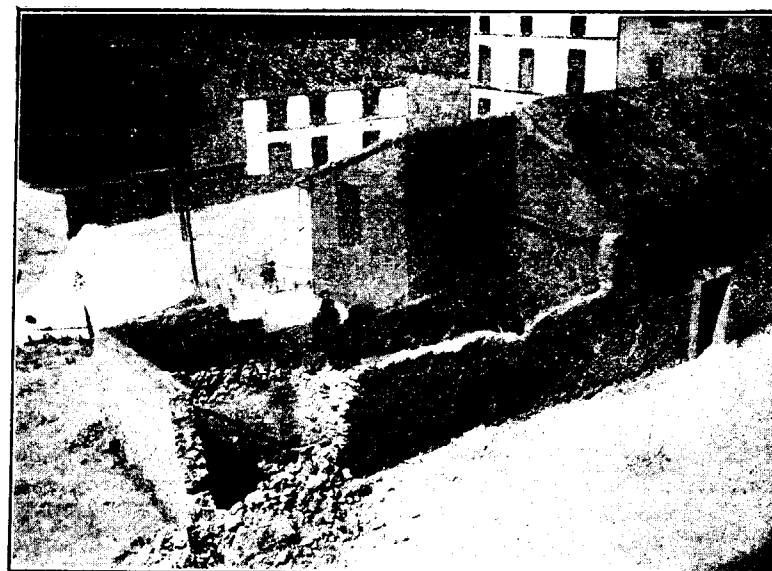


Fig. 1.ª.—La plaza de Lorquí con casas destruídas.

En Lorquí fué, sin duda alguna, donde con más violencia se sintió este terremoto; no quedó casa en el pueblo sin señales de las sacudidas; edificios ya deteriorados por las anteriores concusiones, quedaron después del terremoto del día 3 en estado ruinoso, y en algunas viviendas se ocasionaron hundimientos. (Figs. 1.ª y 2.ª).

Las grietas formadas en la iglesia anteriormente se hicieron mayores; quedó la torre desnivelada, cuarteada y amenazando ruína. Se produjeron hundimientos en la casa número 7 de la calle del Barranco, propiedad de José Villa, en la tapia del Parador propiedad de Víctor García, en la

rior terremoto, pero de mucha menos intensidad; no produjo destrozos materiales.

Otros terremotos.—Desde el día 25 de Marzo se sintieron en la zona epicentral, principalmente en Lorquí, algunos temblores de poca importancia.

Terremoto del día 3 de Abril de 1911.—Este terremoto, según opinión general, fué de menor duración, pero tal vez de mayor intensidad que el ocurrido en 21 de Marzo.



Fig. 1.ª—La plaza de Lorquí con casas destruidas.

En Lorquí fué, sin duda alguna, donde con más violencia se sintió este terremoto; no quedó casa en el pueblo sin señales de las sacudidas; edificios ya deteriorados por las anteriores concusiones, quedaron después del terremoto del día 3 en estado ruinoso, y en algunas viviendas se ocasionaron hundimientos. (Figs. 1.ª y 2.ª).

Las grietas formadas en la iglesia anteriormente se hicieron mayores; quedó la torre desnivelada, cuarteada y amenazando ruína. Se produjeron hundimientos en la casa número 7 de la calle del Barranco, propiedad de José Villa, en la tapia del Parador propiedad de Víctor García, en la

casa que habita Antonio Asenjo y en algunas otras. Amenazan inminentes ruínas algunas casas ha poco construídas ó recientemente restauradas, como la del Secretario del Ayuntamiento D. Mariano Ibáñez, la casa donde están instalados el café y la botica, el Ayuntamiento, la casa que habita el



Fig. 2.^a—Casa número 28 de la calle del Reloj, en Lorquí, destruida por los terremotos.

Juez Municipal, la de Toribio Marco, la casilla de los peones camineros, etc.

Claro es que habiendo el terremoto causado en las casas mejor edificadas desperfectos de importancia, sus efectos tuvieron que hacerse mucho más manifiestos en las viviendas pobremente construídas, que constituyen casi la totalidad de las del pueblo, las cuales, efectivamente, quedaron en gran

casa que habita Antonio Asenjo y en algunas otras. Amenazan inminentes ruínas algunas casas ha poco construídas ó recientemente restauradas, como la del Secretario del Ayuntamiento D. Mariano Ibáñez, la casa donde están instalados el café y la botica, el Ayuntamiento, la casa que habita el



Fig. 2.ª—Casa número 28 de la calle del Reloj, en Lorquí, destruída por los terremotos.

Juez Municipal, la de Toribio Marco, la casilla de los peones camineros, etc.

Claro es que habiendo el terremoto causado en las casas mejor edificadas desperfectos de importancia, sus efectos tuvieron que hacerse mucho más manifiestos en las viviendas pobremente construídas, que constituyen casi la totalidad de las del pueblo, las cuales, efectivamente, quedaron en gran

parte inhabitadas, viéndose precisados los vecinos á acomodarse, primero al aire libre, y después en tiendas de campaña que fueron proporcionadas por las autoridades. (Figura 3.ª).

El examen de los edificios de este pueblo, tan castigado por el terremoto, enseña, en primer término, que las casas construídas con adobes han resistido mejor que las fabricadas con cantos rodados, y también parece resultar que las

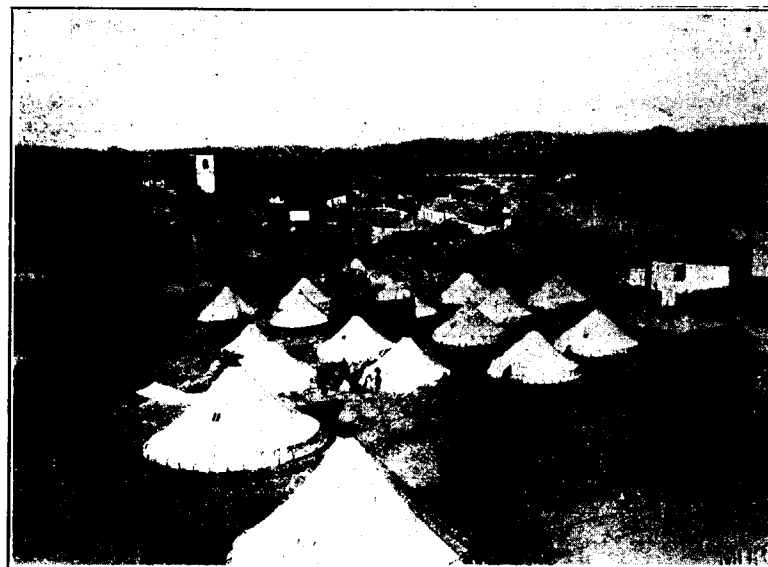


Fig. 3.ª—Vista del pueblo de Lorquí por la parte de Levante, con los albergues de tiendas de campaña.

paredes orientadas, según la dirección E. á O., han sufrido más que las que tienen orientación del N. al S.

En Ceutí también se sintió violentamente, aunque con menos intensidad que en Lorquí. Se agrietaron también los edificios y se produjeron algunos hundimientos y desprendimientos, que ocasionaron heridas leves á tres mujeres.

En Molina, á pesar de su proximidad á Lorquí, se sintió la conmoción sísmica mucho menos. Produjo, sin embargo, gran alarma y bastantes perjuicios. Algunas chimeneas se desprendieron, y se hundió una casilla de la huerta.

parte inhabitadas, viéndose precisados los vecinos á acomodarse, primero al aire libre, y después en tiendas de campaña que fueron proporcionadas por las autoridades. (Figura 3.^a).

El examen de los edificios de este pueblo, tan castigado por el terremoto, enseña, en primer término, que las casas construídas con adobes han resistido mejor que las fabricadas con cantos rodados, y también parece resultar que las

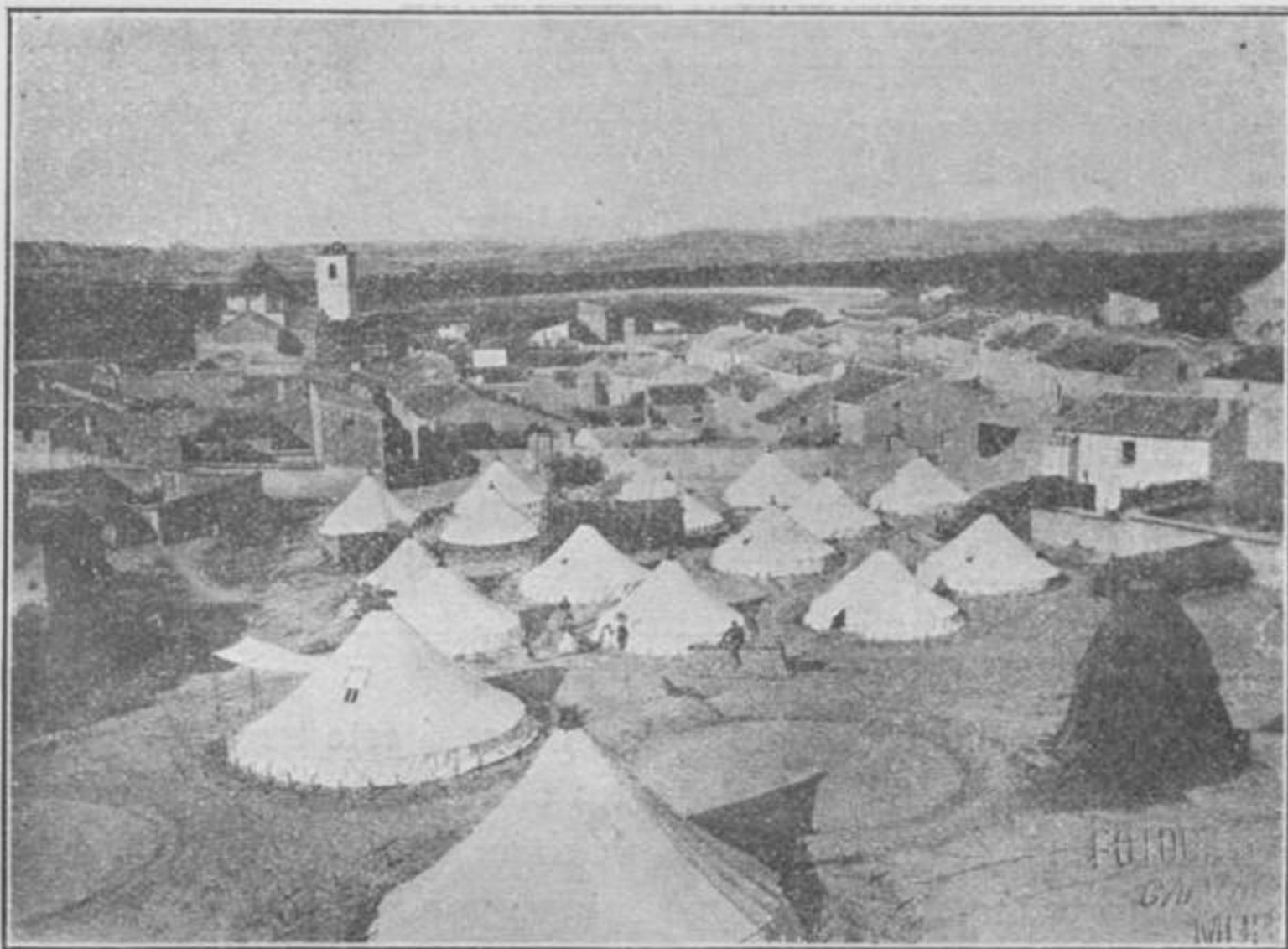


Fig. 3.^a—Vista del pueblo de Lorquí por la parte de Levante, con los albergues de tiendas de campaña.

paredes orientadas, según la dirección E. á O., han sufrido más que las que tienen orientación del N. al S.

En Ceutí también se sintió violentamente, aunque con menos intensidad que en Lorquí. Se agrietaron también los edificios y se produjeron algunos hundimientos y desprendimientos, que ocasionaron heridas leves á tres mujeres.

En Molina, á pesar de su proximidad á Lorquí, se sintió la conmoción sísmica mucho menos. Produjo, sin embargo, gran alarma y bastantes perjuicios. Algunas chimeneas se desprendieron, y se hundió una casilla de la huerta.

Un puente de mampostería de unos 300 metros de longitud, situado próximo al pueblo, en la carretera de Madrid, se desvió de la alineación recta, quedando en forma de senoide, por haberse desplazado á un lado en 10 centímetros unos treinta metros de su parte central; se desprendió, además, el revoque de los pretilos, quedando éstos corridos hacia el centro del puente.

En Cotillas, Campos, Alguazas y Archena también las sacudidas sísmicas tuvieron mucha violencia, y contribuyó á que se advirtieran más los efectos del terremoto el que los edificios estuvieran resquebrajados y agrietados por sacudidas anteriores.

En la capital produjo extraordinaria alarma. Los fieles que llenaban la iglesia de San Bartolomé la abandonaron, poseídos de gran pánico, sufriendo accidentes algunas señoras. En la calle de la Gabacha se cuartearon las tapias de un patio del Banco de España. Se agrietaron también algunas casas del barrio de San Antolín, y se formó una gran fisura que iba del suelo al techo en la casa de D. Juan Ubeda, en la calle de la Estrella. Se desconcharon los enlucidos de algunos edificios.

También acompañó un ruido intenso á este terremoto, que semejaba, según el Sr. Pato antes citado, al de un cañonazo disparado en lugar cerrado y próximo.

Este terremoto, á pesar de su mayor intensidad, se propagó, al parecer, dentro de una zona más reducida que el del 21 de Marzo.

Terremotos posteriores al del día 3 de Abril.—Posteriormente al terremoto del día 3 de Abril se notaron en casi todos los días siguientes repetidos temblores con ruidos subterráneos, aunque de menor intensidad, oyéndose también muchas veces los ruidos sin temblor alguno perceptible.

Después de este período de relativa calma, volvieron de nuevo las sacudidas con mayor violencia. Así, en el día 26 de Abril, ocurrieron dos terremotos de alguna intensidad á la una y quince y seis y cuarenta y cinco de la tarde; pasaron después los días, hasta el 7 de Mayo, sintiéndose algunas trepidaciones; pero en este último día se sintió en Lorquí un temblor intenso que despertó al vecindario, saliendo

alarmado á la calle. Los perros ladraron unos segundos antes de que los vecinos notaran el fenómeno.

El día 10 se produjo otro muy violento, que duró unos cuatro segundos, y que ocasionó grandes quebrantos en los edificios de Lorquí.

Se percibió también este terremoto en Murcia y Archena; con bastante intensidad en este último pueblo.

Durante los días siguientes se sintieron frecuentes ruidos y temblores, casi continuos, y en los días 16 y 17 de Mayo ocurrieron dos fuertes sacudidas, siendo la del 16 de diez segundos de duración, y tan intensa, que ocasionó el desprendimiento de aleros, paredes y techumbres, y paró el reloj de la torre. Todos estos temblores vinieron precedidos de ruido bien manifiesto, que comenzaba oyéndose á lo lejos, y luego se iba acercando hasta que comenzaba el temblor, y luego que pasaba el temblor grande persistía el movimiento del suelo durante bastantes segundos.

Continuaron los temblores en la zona del epicentro desde el 18 de Mayo hasta el 22, con poca intensidad todos, á excepción de uno que se produjo el día 20 á las cinco y veinte de la tarde, que fué bastante fuerte.

El 23 transcurrió con ruidos solamente, que se acentuaron el 24 desde las cinco de la tarde hasta las seis y tres minutos, en que ocurrió intenso terremoto, precedido de gran ruido, que se notó venir de Poniente á Levante, y que produjo fuerte trepidación en toda la región del epicentro, sintiéndose más que en Lorquí en Archena, Alguazas, Campos, y también en Mula.

Continuaron los ruidos subterráneos durante toda la mañana del 25, quedando después tranquila la comarca hasta el día 18 de Junio siguiente por la madrugada, en que algunas personas de Lorquí dijeron haber notado un ligero temblor de tierra sin ruido, y, por fin, el día 20 del mismo mes á las once de la mañana se repitió otro temblor, débil, que fué percibido por muchas personas del mismo pueblo que se encontraban en sitios silenciosos, terminándose con esto el período sísmico comenzado en 21 de Marzo, y que alcanzó, por lo tanto, noventa y dos días de duración.

Consignaremos para terminar que los manantiales ter-

males de Archena, Fortuna, Mula y Alhama, de la zona del epicentro ó inmediatos á ella, no han sufrido alteración en sus caudales durante el período sísmico, mientras que las aguas que dan riego á la vega de Ricote, distante unas cuatro leguas de Lorquí, parece ser que aumentaron considerablemente.

INTENSIDAD DEL TERREMOTO

La intensidad de las sacudidas sísmicas, ó lo que es lo mismo, la energía con que transmiten al suelo los sacudimientos, se determinan de una manera práctica, mediante diferentes clasificaciones formuladas por los sismólogos; entre ellas las más empleadas son la escala de intensidades propuesta en 1883 por Rossi y Forel, y la formada por Mercalli en 1888 como modificación de la de Rossi.

Hé aquí la escala de Mercalli: (1)

1.º Sacudida «instrumental», ó sea la señalada solamente por los aparatos sísmicos.

2.º «Muy ligera», advertida únicamente por algunas personas en estado de reposo, especialmente en los pisos altos de las casas, ó bien por personas muy sensibles ó nerviosas.

3.º «Ligera», advertida por personas muy sensibles, pero pocas, con relación al número de habitantes del país; no se dan cuenta, por lo general, de que se trata de un terremoto, hasta que se sabe que otras han notado también el fenómeno.

4.º «Sensible» ó de «mediana fuerza», advertida por muchas personas en el interior de las casas, aunque no por todas, y por pocas en los pisos bajos; no ocasiona espanto; tiemblan los cristales; ligeras oscilaciones de los objetos colgados.

5.º «Fuerte», advertida generalmente en las casas, pero por pocos en la calle; despiértanse las personas dormidas, con espanto de algunas; batir de puertas y ventanas; sueñan las campanillas; oscilaciones amplias de los objetos colgados; parada de los relojes.

(1) T. Taramelli y G. Mercalli, «Il terremoto ligure del 23 febbraio 1887. Ann. de 11» Uff. Cent. di Meteor. é Geodin. 1888 VIII, parte IV p. 60.

6.º «Muy fuerte», sentida en todas las casas, y en muchas con espanto, saliendo huídos á la calle los vecinos; caída de objetos en las habitaciones; desconchados en los enlucidos; ligeros desperfectos en los edificios menos sólidos.

7.º «Fuertísima», advertida con espanto general, y huída de las casas; sensible hasta en la calle; sueñan las campanas de las torres; caída de chimeneas y de tejas; muchos desperfectos en los edificios, aun cuando, por lo general, ligeros.

8.º «Ruinosa», advertida con gran espanto; ruína parcial de algunas casas y desperfectos generales y considerables en las demás; sin víctimas, ó solamente con alguna desgracia personal aislada.

9.º «Desastrosa», con ruína total ó casi completa de algunas casas; graves desperfectos en otras muchas, hasta hacerlas inhabitables; víctimas humanas, aunque no en gran número, diseminadas en diversos puntos de la población.

10. «Desastrosa»; ruína de muchos edificios, y muchas víctimas humanas; grietas del suelo; desprendimiento de materiales en las montañas.

11. «Catastrófica». Grandes catástrofes y multitud de víctimas humanas.

Atendiendo, pues, á esta escala, y considerando los diversos efectos producidos en la comarca afectada por la acción de los terremotos, podremos clasificar á los diversos pueblos, según la intensidad en que sintieron el fenómeno, del modo siguiente:

Terremoto del 21 de Mayo.

Alicante, Albanilla, Cartagena.....	Grado 3.º ó sacudida ligera.
Orihuela.....	» 4.º ó sensible.
Murcia.....	» 5.º ó fuerte.
Molina, Archena, Campos, Alguazas.....	» 6.º ó muy fuerte.
Cotillas, Ceutí, Lorquí.....	» 7.º ó fuertísima.

Terremoto del 3 de Abril.

Molina, Murcia, Archena.....	Grado 6.º muy fuerte.
Ceuti, Alguazas, Campos, Co- tillas.....	» 7.º fuertísima.
Lorquí.....	» 8.º ruinoso.

Al grado 8.º también debieron corresponder las sacudidas sísmicas sentidas en Lorquí los días 10 y 16 de Mayo último.

ESTUDIO DE LOS SISMOGRAMAS

Los terremotos correspondientes á los días 21 de Mayo y 3 de Abril de 1911 se acusan manifestamente en los aparatos de la estación sismológica de Cartuja, en Granada, y en los del Observatorio del Ebro, cerca de Tortosa, quedando representadas gráficamente en los sismogramas correspondientes que se reproducen en las figuras 4.ª á 7.ª Los de Cartuja nos fueron facilitados por el Secretario del Ayuntamiento de Lorquí, y los de Tortosa por el Director del Observatorio el P. Cirera, quien á solicitud nuestra se prestó amablemente á suministrarnos los datos recogidos por el encargado de aquella estación sismológica el P. Múnera.

Antes de entrar en el examen de estos gráficos, creemos conveniente consignar algunas ideas generales acerca de lo que es y lo que puede deducirse del examen de un sismograma.

Un sismograma completo consta de diferentes partes, que corresponden á distintas fases del fenómeno sísmico, cuyas fases, de un modo general, pueden separarse en tres, que se denominan fases inicial, principal y final.

En la fase inicial se distinguen dos subfases distintas. En la primera principia á registrarse el fenómeno, las vibraciones tienen un período muy rápido y muy poca amplitud, y su duración crece con la distancia al epicentro. La trepidación en los aparatos se produce por la onda longitudinal, y el que se registre más ó menos pronto depende de

la naturaleza de los terrenos sobre que se asientan los instrumentos y de la sensibilidad de los mismos.

En la segunda subfase el período de las vibraciones es menos rápido, su amplitud va en crecimiento, la duración aumenta con la distancia al epicentro, y es casi igual, más bien un poco menor, que la de la primera subfase. La génesis de esta parte de la fase inicial ha dado lugar á muchas dudas é interpretaciones. Algunos la han atribuído á la onda transversal. Alfani la consideró producida por las vibraciones de la onda longitudinal modificadas por superposición de la onda secundaria superficial.

La fase principal se divide á su vez en tres subfases que se denominan larguísima, máxima y en grupos. La primera es de un período muy largo, con amplitud extraordinariamente reducida. Su duración en los aparatos registradores varía, según los casos. La onda máxima tiene un período menos largo, y alcanza en esta subfase la amplitud máxima, creciendo ésa con la sensibilidad de los aparatos y con la intensidad de las sacudidas. Se admite que debe ser resultado de la onda superficial.

En la subfase en grupos el período es muy constante y la amplitud decreciente aparece dividida en grupos, todos ellos casi de igual duración. Se debe á una onda secundaria superficial producida por otra sacudida en el epicentro, ó á la onda refleja de la fase máxima.

La fase final está constituida por las últimas ondulaciones de la corteza terrestre, y su duración depende de la sensibilidad de los aparatos.

Por el examen de las diferentes formas de los sismogramas pueden deducirse algunas consecuencias relativas á la distancia á que se encuentra el epicentro, y sirven también cuando se conoce la distancia á que ocurrió la sacudida para establecer algunos supuestos que inducen á determinar la profundidad á que debe encontrarse el hipocentro.

Los sismogramas que reproducimos en las figuras 4.ª y 5.ª correspondientes á los terremotos de 21 de Mayo y 3 de Abril de 1911, fueron registrados en los aparatos de la estación sismológica de Cartuja (Granada); representan los componentes vertical de las sacudidas, y comparados con

otros que se consideran como típicos, resultan que corresponden á los producidos cuando el epicentro se encuentra á menos de 500 kilómetros de distancia del Observatorio. En dichos sismogramas las subfases 1.^a y 2.^a de la fase inicial

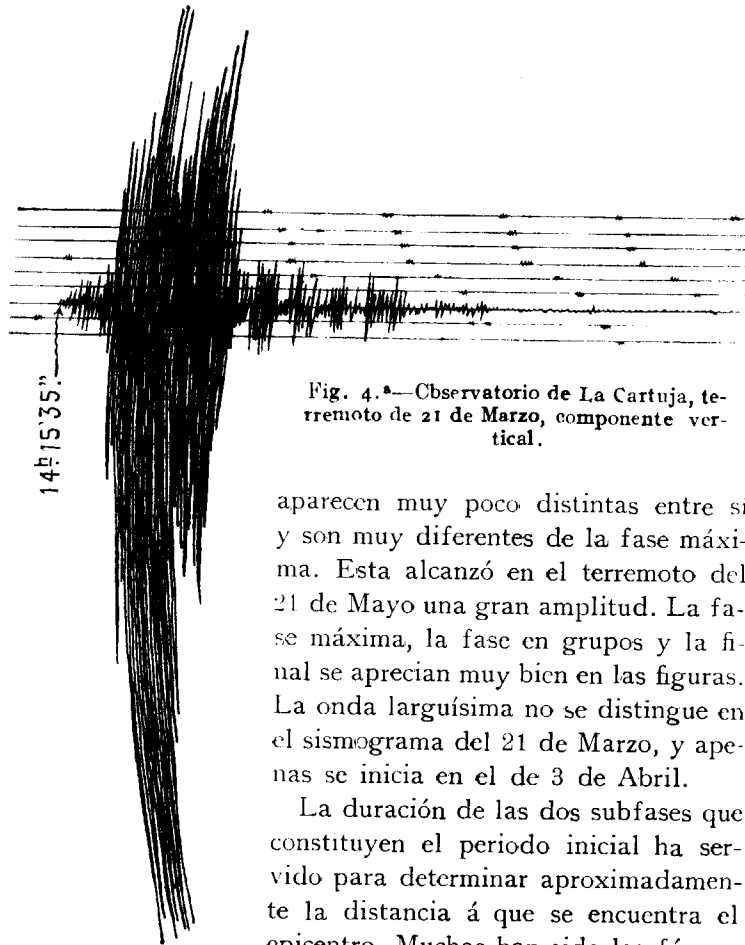


Fig. 4.^a—Observatorio de La Cartuja, terremoto de 21 de Marzo, componente vertical.

aparecen muy poco distintas entre sí y son muy diferentes de la fase máxima. Esta alcanzó en el terremoto del 21 de Mayo una gran amplitud. La fase máxima, la fase en grupos y la final se aprecian muy bien en las figuras. La onda larguísima no se distingue en el sismograma del 21 de Marzo, y apenas se inicia en el de 3 de Abril.

La duración de las dos subfases que constituyen el periodo inicial ha servido para determinar aproximadamente la distancia á que se encuentra el epicentro. Muchas han sido las fórmulas

que á este propósito se han aplicado, y aun cuando en este terremoto la situación del epicentro resulta perfectamente determinada por los efectos producidos, trataremos de aplicar al caso de Lorquí algunas de las referidas fórmulas con el propósito de comprobar, mediante un nuevo ejemplo, el grado de exactitud que aquellas alcanzan. La comparación de

los sismogramas de los terremotos de 21 de Marzo y 3 de Abril es realmente interesante, puesto que teniendo dichos terremotos común el epiceno, la duración de la fase inicial

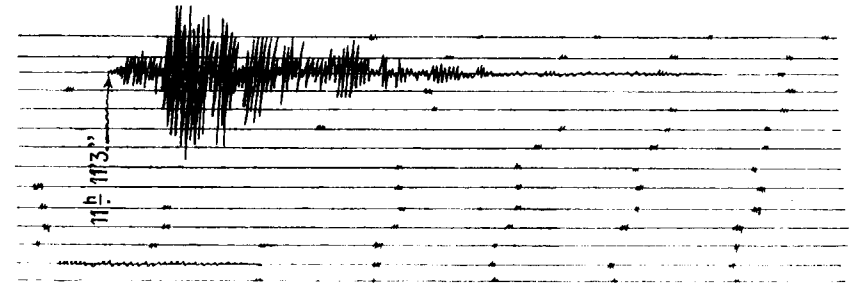


Fig. 5.^a—Observatorio de La Cartuja, terremoto de 3 de Abril, componente vertical.

debía ser la misma, y así resulta del examen de dichos sismogramas, en los que la duración de las distintas fases se expresa á continuación:

Terremoto del 21 de Marzo.

Duración del período inicial en que se aprecian mal:

Las dos primeras subfases.....	28"
Duración de la fase máxima.....	61"
Idem de la fase en grupos.....	92"
Idem de la fase final.....	160"
	341"

Terremoto del 3 de Abril de 1911.

Período inicial.....	28"
Fase larguísima (apenas se nota).	
Fase máxima.....	60"
Fase en grupos.....	124"
Fase final.....	116"
	328"

La fórmula Etzold, aplicando la constante de 5,6 correspondiente á terremotos próximos, nos da el resultado siguiente: $8 \times 5,6 = 157$ kilómetros; aplicando la constante 7,6 daría $28 \times 7,6 = 213$ kilómetros, y la distancia al epicentro sería de 231 kilómetros.

La fórmula propuesta por Omori para distancias al epicentro menores de 2.000 kilómetros, es:

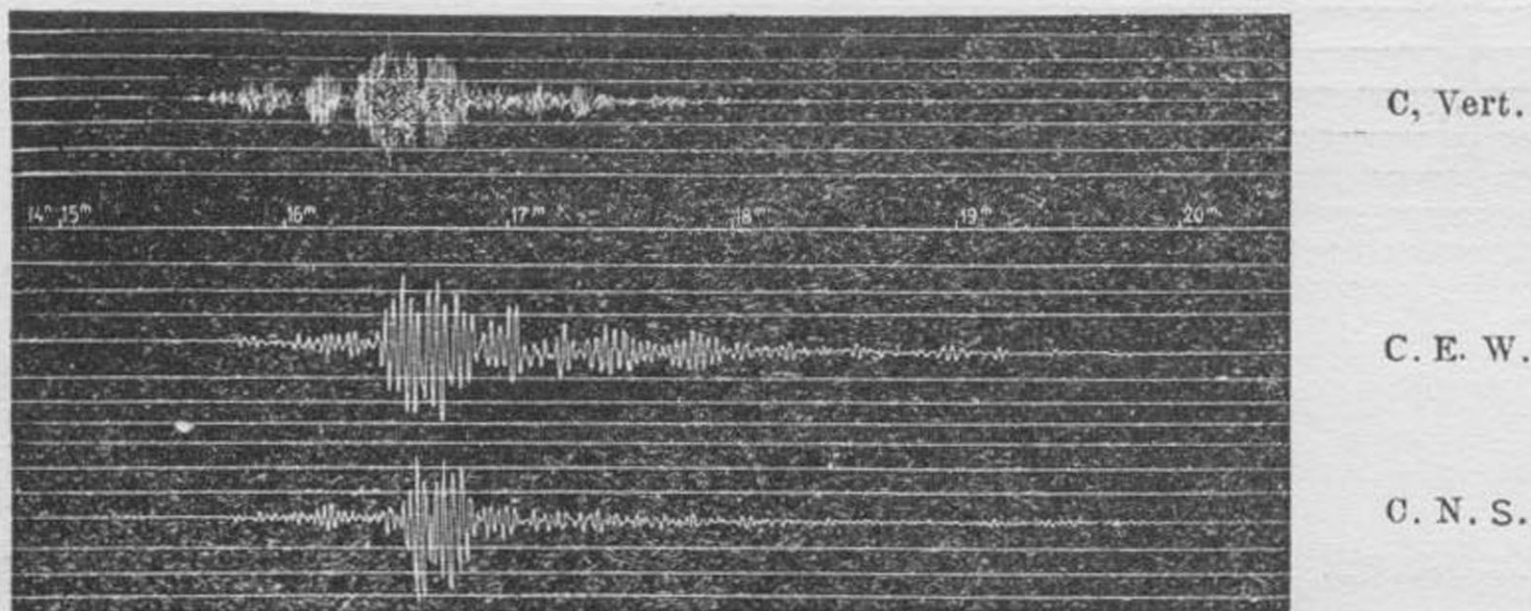


Fig. 6.^a—Observatorio del Ebro, terremoto de 21 de Marzo.

A (kilómetros) = $7,27 Y \div 2$ (segundos) $\div 38$ kilómetros, ó sea en nuestro caso para los terremotos del 21 de Mayo y 3 de Abril, $A = 7,27 \times 28 \div 38 = 241$ kilómetros, cuyo resultado es muy aproximado á la verdad.

La fórmula de Stiattesi es

$$A \text{ (kilómetros)} = 5,34 \times Y_1 \div 2 \text{ (segundos)} \div 38 \text{ kilómetros,} \\ \text{ó sea } A_1 = 188 \text{ kilómetros.}$$

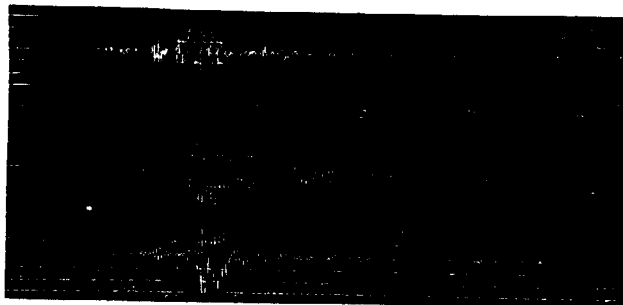
Esta cifra resulta, pues, menos aproximada que la obtenida por la fórmula de Omori.

Los sismogramas proporcionados por el Observatorio del Ebro (figuras 6.^a y 7.^a) se asemejan más á las de un terremoto lejano que los del Observatorio de La Cartuja. Esta diferencia no sólo debe atribuirse á que el primero está situado á mayor distancia del epicentro que el segundo, sino también á que la onda sísmica tuvo que atravesar terrenos muy diversos, cortando, además, oblicuamente, importantes fallas.

En el sismograma de Tortosa se aprecian mejor que en

La fórmula Etzold, aplicando la constante de 5,6 correspondiente á terremotos próximos, nos da el resultado siguiente: $8 \times 5,6 = 157$ kilómetros; aplicando la constante 7,6 daría $28 \times 7,6 = 213$ kilómetros, y la distancia al epicentro sería de 231 kilómetros.

La fórmula propuesta por Omori para distancias al epicentro menores de 2.000 kilómetros, es:



C. Vert.

C. E. W.

C. N. S.

Fig. 6.ª—Observatorio del Ebro, terremoto de 21 de Marzo.

A (kilómetros) $= 7,27 Y \frac{1}{2}$ (segundos) $\div 38$ kilómetros, ó sea en nuestro caso para los terremotos del 21 de Mayo y 3 de Abril, $A = 7,27 \times 28 \div 38 = 241$ kilómetros, cuyo resultado es muy aproximado á la verdad.

La fórmula de Stiattesi es

A (kilómetros) $= 5,34 \times Y_1 \div 2$ (segundos) $\div 38$ kilómetros, ó sea $A_1 = 188$ kilómetros.

Esta cifra resulta, pues, menos aproximada que la obtenida por la fórmula de Omori.

Los sismogramas proporcionados por el Observatorio del Ebro (figuras 6.ª y 7.ª) se asemejan más á las de un terremoto lejano que los del Observatorio de La Cartuja. Esta diferencia no sólo debe atribuirse á que el primero está situado á mayor distancia del epicentro que el segundo, sino también á que la onda sísmica tuvo que atravesar terrenos muy diversos, cortando, además, oblicuamente, importantes fallas.

En el sismograma de Tortosa se aprecian mejor que en

el de la Cartuja las dos subfases de la fase preliminar, pues en los aparatos de este último Observatorio, por la proximidad del epicentro, debieron superponerse las ondas unas sobre otras.



Comp. Ver,

C. E. W.

C. N. S.

Fig. 7.ª—Observatorio del Ebro, terremoto de 3 de Abril.

Del examen de estos sismogramas se deduce también la duración de las distintas fases, que fué la siguiente para los dos terremotos, y para las distintas componentes.

21 de Marzo de 1911.

Componente E. W. :

Subfase 1.ª = 12 $\frac{1}{2}$	} Fase inicial.....	45"
» 2.ª = 33 $\frac{1}{2}$		
Fase larguísima.....		4"
Fase máxima.....		38"
Idem en grupos.....		73"
Idem final.....		142"

Componente N. S. :

Subfase 1.ª = 23 $\frac{1}{2}$	} Fase inicial.....	49"
» 2.ª = 26 $\frac{1}{2}$		
Fase larguísima.....		7"
Idem máxima.....		36"
Idem en grupos.....		73"
Idem final.....		154"

el de la Cartuja las dos subfases de la fase preliminar, pues en los aparatos de este último Observatorio, por la proximidad del epicentro, debieron superponerse las ondas unas sobre otras.

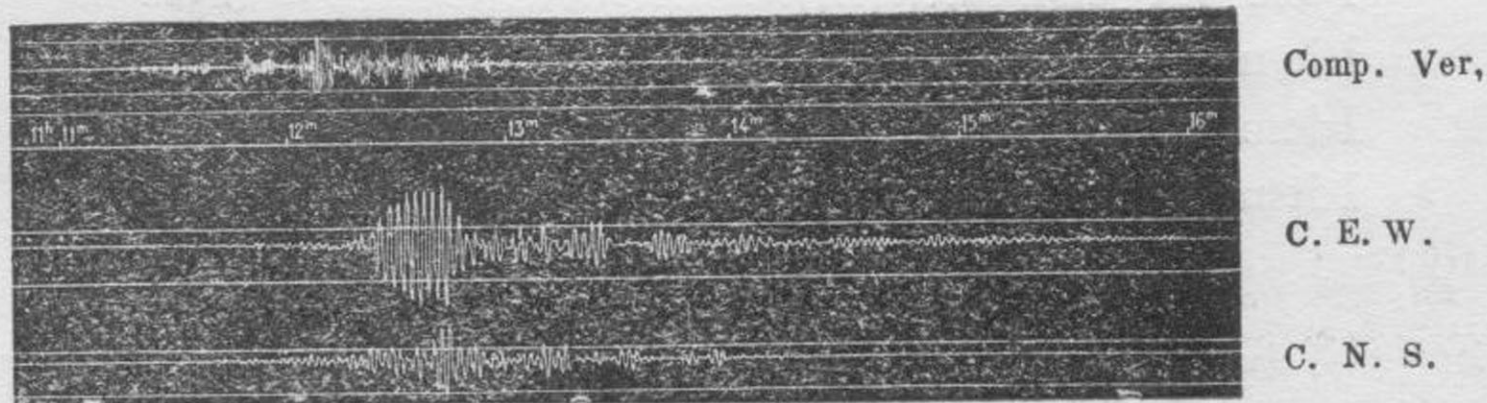


Fig. 7.^a—Observatorio del Ebro, terremoto de 3 de Abril.

Del examen de estos sismogramas se deduce también la duración de las distintas fases, que fué la siguiente para los dos terremotos, y para las distintas componentes.

21 de Marzo de 1911.

Componente E. W.:

Subfase 1. ^a = 12	} Fase inicial.....	45"
» 2. ^a = 33		
Fase larguísima.....		4"
Fase máxima.....		38"
Idem en grupos.....		73"
Idem final.....		142"

Componente N. S.:

Subfase 1. ^a = 23	} Fase inicial.....	49"
» 2. ^a = 26		
Fase larguísima.....		7"
Idem máxima.....		36"
Idem en grupos.....		73"
Idem final.....		154"

Componente vertical :

Subfase 1. ^a = 15	} Fase inicial.....	43"
» 2. ^a = 28		
Fase larguísima.....		3"
Idem máxima.....		31"
Idem en grupos.....		58"
Idem final.....		154"

3 de Abril de 1911.

Componente E. W. :

Subfase 1. ^a = 31	} Fase inicial.....	42"
» 2. ^a = 11		
Fase larguísima.....		6"
Idem máxima.....		51"
Idem en grupos.....		147"
Idem final (se sale fuera de la figura).		

Componente N. S. :

Subfase A. = 32	} Fase inicial.....	46"
» B. = 14		
Fase larguísima.....		5"
Idem máxima.....		42"
Idem en grupos.....		56"
Idem final.....		118"

Componente vertical :

Subfase A. = 38	} Fase inicial.....	46"
» B. = 8		
Fase larguísima.....		5"
Idem máxima.....		34"
Idem en grupos.....		28"
Idem final.....		115"

Se deduce, además, del examen de los sismogramas que

nos ocupan, que el terremoto del 21 de Marzo fué más violento que el del 3 de Abril y que en los dos las vibraciones en el sentido de los componentes E. W. fueron más intensos que en el sentido N. S.

Como en las sacudidas sísmicas de los referidos dos días, el epicentro fué común, la duración de la preliminar en ambas debía ser igual, como, efectivamente, resulta del análisis de los sismogramas.

El promedio de las duraciones de la fase preliminar en los dos terremotos, en todos sus componentes, resulta ser de 45 segundos; con este dato podemos comprobar para los terremotos de Lorquí las fórmulas que sirven para la determinación del epicentro, análogamente á lo hecho al tratar de los sismogramas de la Cartuja.

La fórmula de Etzold con la constante 5,6 da 45 por 56 = 252 y con la constante 7,6 = 342, este último resultado es muy aproximado á la verdad, puesto que la distancia efectiva es de 339 kilómetros.

La aplicación de la fórmula de Omorí da
 $= 7.27 \times 45 + 38 = 365$ kilómetros: y el resultado es, según se ve, bastante aproximado; la de Stiattesi da:
 $A = 5'34 \times 45 \div 38 = 278$ kilómetros.

Las fórmulas aplicadas, teniendo en cuenta la fase primera del período preliminar, dan por resultado distancias para el epicentro muy por bajo de la realidad; la de Omorí nos dá:

$A = 14,7 \times 7 = 14,7 \times 15 = 220$ kilómetros.

VELOCIDAD DE LA ONDA SUPERFICIAL

Para el cálculo de la velocidad de la onda superficial emplearemos la fórmula siguiente:

$$V = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

En la que: x es la distancia de un punto A al epicentro
 x la de otro punto B, más distante que A¹ al epicentro.

t_1 instante de la llegada de la onda á A.

t_2 instante de la llegada de la onda á B.

Para aplicar esta fórmula emplearemos las horas que figuran en los sismogramas de Granada y Lorquí.

Tendremos: Distancia de Granada á Lorquí.. 231 kilómetros.
Idem de Tortosa á Lorquí..... 339 —

	TERREMOTO DE	
	21 de Marzo.	3 de Abril.
Llegada de la onda sísmica (comp. vert.) á Granada.....	14-15'-35"	11-11'-3"
Idem id. id. á Tortosa.....	14-15'-3"	11-11'-12"
= $\frac{339 - 231}{37'' - 35''}$ = 54 kms. por 1'' para el terremoto de 21 de Marzo de 1911.		
V = $\frac{339 - 231}{12'' - 3''}$ = 12 kms. por 1'' para el terremoto de 3 de Abril de 1911.		

El último de estos dos resultados está de acuerdo con la velocidad *media* que los sismólogos admiten para las ondas longitudinales, que es precisamente de 12.000 metros por segundo; el primero difiere bastante de esta cifra, y esta diferencia pudiera atribuírse á que entre los relojes de los observatorios no hubiera perfecto acuerdo.

HORA EN QUE SE SINTIERON LOS DOS PRINCIPALES TERREMOTOS

Será fácil calcular la hora en que se debió sentir el terremoto en la zona epicentral, conocida, como es, por los datos proporcionados por los observatorios, la hora en que la sacudida se sintió en éstos, y pudiéndose calcular fácilmente el tiempo que tardó la onda sísmica en trasladarse desde Lorquí al Observatorio.

Para determinar este tiempo nos valdremos de la siguiente fórmula:

$$X = \frac{D}{V}$$

En la que: X es el tiempo que tardó la onda en trasladarse desde el epicentro al Observatorio.

D distancia del epicentro al Observatorio.

V velocidad de la onda superficial.

Aplicándola para el terremoto del 21 de Marzo y substituyendo en ella los datos correspondientes al Observatorio de Cartuja, tendremos:

$$X = \frac{231}{54} = 4'3$$

y por tanto, en Lorquí se debió sentir el terremoto á las 14 horas 15' 35" — 4" = 14 h. 15' 31".

Aplicando ahora la fórmula al terremoto del 3 de Abril y valiéndonos también de los datos del Observatorio de Cartuja, tendremos:

$$X = \frac{291}{12} = 19'2$$

ó sea que la hora en que se debió sentir este terremoto en la zona epicentral fué en las 11 h. 11' 3" — 19" = 11 h. 10' 44".

Claro es, que estos mismos resultados se obtienen substituyendo en la citada fórmula, las cifras correspondientes al Observatorio de Tortosa.

DEFECTOS DE LA EDIFICACIÓN.—REMEDIOS

Es frecuente en los pueblos de la huerta murciana el que se fabriquen los muros de las casas con cantos rodados mal trabados con barro, que se deshacen por cualquier sacudida, apoyados en el suelo, ó con escasos cimientos. Otras veces se hacen las paredes de tapial ó de adobes, con malas maderas mal clavadas y sin trabazón alguna, se montan los tabiques al aire, sin más sujeción que el yeso que cubre las juntas; los pares de las armaduras de los tejados suelen descansar en las paredes, sin apoyarse en soleras ni hileras, los maderos de piso sin carreras para su sostén, resultando en definitiva que las construcciones son, por lo general, de malísimas condiciones, y no ofrecen el aguante necesario para los casos, por fortuna poco frecuentes en la comarca, en que tengan que resistir á los sacudimientos de la corteza terrestre.

Se hace, pues, preciso, en lo sucesivo, el tomar ciertas precauciones para evitar en lo posible, la repetición de lo ocurrido durante los terremotos actuales, sobre todo cuando se

trate de edificaciones nuevas, y aun también de la reparación de los desperfectos que han ocasionado.

A este propósito, consideramos de interés el consignar aquí las reglas generales que, como consecuencia de múltiples observaciones, aconsejan los sismólogos para la seguridad de las edificaciones (1).

1.º En las regiones donde con frecuencia ocurren terremotos es necesario evitar las zonas sísmicamente peligrosas.

2.º Deben evitarse las construcciones sobre terrenos sedimentarios muy recientes ó poco compactos, así como igualmente sobre las pendientes ó sobre los límites geológicos. Conviene, por consiguiente, escoger los terrenos más á propósito por su continuidad y capacidad, como son las zonas cristalinas y las calizas compactas, evitando los suelos de rocas desmoronadizas, los sedimentos de aluviones muy pequeños y las arcillas arenosas. Es preciso, en suma, hacerse cargo de que los terrenos en que ha de apoyarse la edificación han de ser el fundamento de los cimientos de sus muros.

3.º Conocida la dirección habitual ó predominante de las sacudidas en un lugar determinado, es necesario cuando las casas tengan forma rectangular, disponerlas de modo que reciban el choque sísmico en dirección de una de sus diagonales.

4.º Las casas deben tener cimientos profundos y de excelente construcción.

Los cimientos deben estar bien unidos entre sí y deben llegar hasta la roca ó terreno muy compacto, y en su defecto apoyarse sobre un asiento de hormigón artificial. Opinan algunos que es preferible construir las casas sobre una plataforma separada del suelo en absoluto, de modo que el edificio pueda oscilar independientemente del suelo.

5.º Los muros no deben tener la base menor de $\frac{1}{8}$ de su altura y es indispensable que se construyan con los mejores materiales.

Pueden emplearse ladrillos bien cocidos, piedras bien labradas á escuadra, y buenos morteros de cal ó cemento. Re-

(1) M. Bavalta: II terremoto calabro-sículo del 28 de Diciembre de 1908. *Boll. Soc. Geog. Italiana*, 1909.

cientemente se ha propuesto también el construir con ladrillos enlazados entre sí, ó atravesados con alambres.

Los muros con entramados de madera dispuestos de suerte que resulte indeformable el edificio, son, sin duda alguna, preferibles, con la precaución de que los palos montantes, por lo menos los de los ángulos, se introduzcan en la roca. También los muros reforzados con montantes de hierro en los ángulos y enlazados entre sí se han estimado convenientes.

El cemento armado ha dado también buenos resultados, según pudo comprobarse cuando el terremoto de San Francisco de 18 de Abril de 1906, y en el de Kingston, en Jamaica, de 14 de Enero de 1907.

En definitiva, los edificios deben presentar las condiciones necesarias para que todas sus partes oscilen sincrónicamente. En tal concepto, prefieren los japoneses las construcciones ligeras, mientras que los americanos optan por las pesadas, dispuestas de modo que formen como masa única oscilante.

6.º Es necesario evitar los suelos con bóveda, especialmente en los pisos altos y en las iglesias. Pueden tolerarse al nivel del terreno, ó en los edificios de forma alargada, con tal de que su eje sea paralelo á la dirección de la prolongación máxima de las sacudidas en la región, y que su «ságita» no sea menor del tercio de la «luz».

7.º Las construcciones redondas de eje vertical resisten mejor las sacudidas, y, en tal concepto, debe aconsejarse que se emprenda la edificación de casas antisísmicas, formadas por diferentes porciones de forma cilíndrica, enlazadas entre sí.

8.º Es necesario evitar las escaleras con un solo muro de apoyo; deben emplearse escalones de una pieza, profundamente encajados en los muros laterales y á otro intermedio que sirva de apoyo común á los escalones de los tramos bilaterales.

9.º No deben emplearse adornos ni aditamentos pesados, tales como balcones, cornisas, terrazas volantes, etc.

10. Es preferible cubrir las casas con azoteas mejor que con tejados. En el caso de ser indispensables estos últimos, deben hacerse ligeros, con materiales cuyo peso no exceda

de 45 kilogramos, por m.² y sin que las vigas graviten directamente sobre los muros, sino con cadenas horizontales que no permitan que éstos se destrocen. Las tejas deben estar cogidas á la armazón y no simplemente apoyadas á ella: es preferible el empleo de la chapa de cinc.

11. Las ventanas deben ser limitadas en número y amplitud. Deben tener arquitraves con arcos descargados y estar distantes de los ángulos del edificio 1'50 metros, por lo menos.

12. Es indispensable construir las casas bajas, que no excedan de 10 metros de altura, y á lo largo de una misma calle deben ser todas de la misma altura. Se fabricarán con materiales cuya densidad vaya gradualmente decreciendo de abajo arriba, con el propósito de igualar en lo posible los diversos momentos de inercia de las diferentes porciones ascendentes del edificio, y tener, además, el centro de gravedad todo lo más bajo que se pueda.

13. Las calles y las plazas deben ser anchas; en el centro de la población no deben tener menos de 10 metros de amplitud, y en los puntos menos habitados 8 metros como *mínimum*.

14. A fin de que las edificaciones se presten mutuo apoyo, es necesario que estén la unas contiguas á la otras.

A estas reglas de índole práctica pudieran agregarse otras de carácter teórico, que resultan de los interesantes estudios y experimentos del notable sismólogo japonés F. Omori, profesor de la Universidad imperial de Tokio, pero su exposición nos llevaría demasiado lejos, y no parece necesaria al objeto del presente trabajo.

Claro es que de las anteriores reglas no deberá aplicarse en la región murciana más que lo que se considere pertinente, según las circunstancias de cada caso; pero es indiscutible que, mediante una discreta interpretación de las mismas, habrán de conseguirse los resultados apetecidos, sirviendo, en definitiva, los consejos de los sismólogos de provechosa enseñanza para los encargados de las obras que en adelante hayan de re realizarse en aquel país privilegiado.

RESUMEN

Los temblores de tierra de la provincia de Murcia que comenzaron en el mes de Marzo de 1911, terminando en Junio del mismo año, son la repetición de otros semejantes, que figuran en la historia de la sismología murciana y que se han reproducido en períodos muy desiguales de tiempo y duración.

Corresponden á uno de los focos principales, comprobados en la comarca, al llamado de Archena, ó más exactamente, de Lorquí, y no hay recuerdo de que las sacudidas producidas por este foco hayan ocasionado catástrofes de esas que dejan indeleble recuerdo en la memoria de los pueblos.

Tienen el epicentro en una zona de reducida extensión, situada junto al curso del Segura, entre los pueblos de Ceutí y Lorquí, y en la intersección de dos grandes líneas de fractura ó de menor resistencia que se relacionan con las rocas eruptivas y los manantiales termales de la comarca.

Las sacudidas sísmicas se han percibido manifiestamente dentro de un radio de 25 kilómetros alrededor del epicentro.

En el pueblo de Lorquí se han manifestado con mayor frecuencia é intensidad los sacudimientos, no solamente por su situación dentro de la zona epicentral, sino también por que se halla edificado en el contacto de dos terrenos de formación geológica diferente.

El epicentro parece estar situado á unos 4 kilómetros de profundidad.

Los terremotos de que se trata deben clasificarse entre los que los sismólogos modernos denominan criptogénicos.

Hay fundamento para suponer, si bien no resulta en absoluto comprobado, que el exceso de lluvias caídas en la comarca durante el invierno de 1910 y la primavera siguiente, haya podido contribuir á la génesis de los temblores de tierra ocurridos en el período sísmico que nos ocupa.

Los efectos de los terremotos en cuestión han sido: en la zona epicentral; agrietamiento de la mayor parte de las

casas, hundimiento de algunas paredes, caída de varias chimeneas. Aumento del caudal de algunas fuentes.

Ruidos subterráneos que han precedido ó acompañado á las sacudidas.

Los manantiales termales no han sufrido alteración en sus caudales ni en sus temperaturas.

No han ocurrido desgracias personales.

Desde el día 21 de Marzo hasta el 20 de Junio, se han registrado 95 sacudidas sísmicas, siendo las más notables las ocurridas en los días 21 de Marzo, 3 de Abril y 7, 10 y 16 de Mayo, las cuales, tres por lo menos, por su intensidad, deben clasificarse como «ruinosas» ó del grado 8.º de la escala de Mercalli.

Las edificaciones de la huerta murciana son, por lo general, muy defectuosas y no ofrecen las condiciones necesarias para resistir, sin menoscabo, los sacudimientos de alguna importancia de la corteza terrestre.

Es muy conveniente que, para lo sucesivo, tengan presente los encargados de las obras, las reglas generales aconsejadas por los sismólogos para la seguridad de las edificaciones; cuyas reglas se consignan en el cuerpo del presente trabajo.

ESTADO ACTUAL DE LA MINERÍA EN MURCIA

EXTRACTO DE UN INFORME

DEL INSPECTOR DEL CUERPO DE MINAS

Don Ramón Adán de Yarza.

A consecuencia de las instancias elevadas al Excmo. señor Ministro de Fomento por el Sindicato Minero de la provincia de Muroia, solicitando el nombramiento de una Comisión técnica para informar acerca del estado actual de la minería en aquel distrito, llegué á la ciudad de Cartagena el día 6 del mes corriente, acompañado del Ingeniero Jefe don Gonzalo Aguirre, y celebré en el local de la expresada entidad una reunión con los señores Presidente, Secretario y varios Vocales de la misma, á quienes ante todo manifesté la conveniencia de que expusieran sus quejas y aspiraciones de una manera más concreta que como lo habían hecho en las instancias referidas, y, en efecto, á los pocos días me presentaron los escritos y documentos que van unidos á este informe para mayor ilustración del asunto.

En aquella reunión acordamos también verificar en los días subsiguientes excursiones á la sierra inmediata, que ha sido el centro minero más importante de la provincia, y á instancia nuestra dispuso el Sindicato que en estas visitas nos acompañaran los acreditados Ingenieros D. Ginés Moncada y D. Ricardo Guardiola, como muy conocedores de aquella zona minera, y cuyo auxilio debía ser muy eficaz para el mejor desempeño de nuestro cometido.

La impresión que nos ha producido la visita á la Sierra de Cartagena es en verdad penosa. A la actividad de los años pasados ha sucedido la paralización de la mayor parte de

las minas, una vida lánguida en otras y solamente en muy pocas un estado relativamente próspero. De 14 fábricas de beneficio ó fundiciones de plomo que funcionaban hace algunos años sólo quedan cinco en actividad y, por lo general, con una producción decadente. El pueblo de La Unión, enclavado en el centro de la zona minera, que llegó á contar 35.000 habitantes, ha perdido unos 15.000 según declaración de su Alcalde á consecuencia de la emigración de muchas familias de obreros.

Para que se comprenda la actual situación de esta comarca minera será indispensable una breve reseña de la constitución especial de sus criaderos metalíferos.

La Sierra de Cartagena está constituida por pizarras estrato-cristalinas, á las que se sobrepone una formación caliza, estando frecuentemente atravesadas unas y otras rocas por erupciones modernas de traquita. En las calizas y en su contacto con las pizarras se presentan los minerales de hierro, formando masas irregulares originadas por substitución. Entre estos minerales se distinguen los llamados *secos* y los manganesíferos. En la formación caliza aparecían también las masas de calamina, de las que apenas subsisten más que algunas de baja ley, así como los carbonatos de plomo, que constituyeron una gran riqueza y están casi totalmente agotados. Las masas de mineral de hierro, que en los años prósperos dieron lugar á una producción aproximada á medio millón de toneladas, se hallan también en su mayoría agotadas, escaseando sobre todo las menas manganesíferas, que son las que alcanzan precios más elevados, de suerte que la extracción se ha reducido á mucho menos de la mitad de aquella cifra y se sostiene principalmente con labores de rebusca en las antiguas excavaciones en condiciones anormales y con peligro inminente de los obreros, que mediante un tanto por ciento á los concesionarios verifican á su cuenta y riesgo el arranque de los minerales.

Por bajo de la formación caliza se encuentra la que se conoce con el nombre de *manto de los azules*, consistente en un silicato ferroso hidratado con impregnaciones de galena y blanda. De este *manto*, que en determinados parajes mide hasta 100 m. de espesor con metalización muy abundante,

se han extraído grandes cantidades de dichos minerales y siguen extrayéndose en algunas minas, en que por haberse agrupado varias concesiones y disponer las empresas de capital suficiente se ha podido establecer un laboreo ordenado, pues los trabajos aislados en concesiones excesivamente pequeñas y subdivididas todavía por el sistema de arriendos ó partidos, han tenido que suspenderse al tropezar con zonas estériles ó que no costeaban las labores (1).

El Sr. Guardiola ha tenido la bondad de comunicarme la siguiente nota, tomada de una Memoria escrita por un Ingeniero, cuyo nombre siento no recordar.

«Análisis de la ganga del manto de los azules.

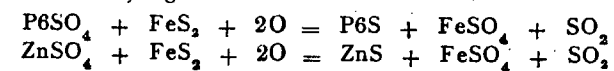
Alúmina.....	3,15	} Como se ve, se acerca á la composición de los silicatos de hierro bien definido.
Agua.....	6,25	
Cal.....	2,25	
Oxido ferrosò.....	45,15	
Sílice.....	43,20	

«Sometida á la calcinación al rojo pierde el agua, el hierro se peroxida, y el polvo, de verde oliva que era, se convierte en moreno negruzco; á una temperatura más elevada, al blanco naciente, se reblandece, y tarda en fundirse si esa temperatura se eleva un poco más.»

«Si en una disolución convenientemente concentrada de sulfato ferroso ácido dejamos reposar por un período bastante largo un fragmento de pizarra suficientemente poroso, se produce un cambio lento de elementos: se precipita silicato ferroso, y el líquido ferroso contendrá cierta proporción de sulfato de alúmina.»

«La capa silicatada se deberá á la acción corrosiva de manantiales ferrosos sobre los esquistos en que está enclavado el criadero actual.»

En nuestro concepto el manto de los azules es debido á una concentración secundaria. Los sulfuros primitivos (pirita, blenda y galena) se transformaron en sulfatos en la zona de oxidación, superior al nivel hidrostático. Las aguas meteóricas disolvieron y arrastraron los sulfatos, atacaron á las pizarras, produciendo el silicato ferroso hidratado y reaccionando los sulfatos de plomo y cinc sobre la pirita uo alterada, dieron lugar á una regeneración de la galena y la blenda, en la zona inmediatamente inferior al nivel hidrostático, según las fórmulas bien conocidas:



Donde la caliza se extiende hasta más abajo del nivel hidrostático no pudo formarse el manto de los azules, lo que explica su falta de determinados parajes.

Debajo del *manto de los azules* se encuentran las pizarras estrato-cristalinas, atravesadas por vetas filonianas que pocas veces han sido productivas. En los parajes conocidos con los nombres de Barranco del Francés y Barranco de Mendoza no existe el manto de los azules, y por bajo de las calizas se encuentran las pizarras cristalinas, cortadas por filones que dieron lugar á una producción importante de galena y blenda. Hoy la mayor parte de aquellas minas están paradas, limitándose la extracción á la zona influída por el desagüe establecido en el llano del Beal.

La riqueza de la zona superficial de los criaderos y su fácil laboreo dió origen á una minería especial y característica de esta Sierra, en que con capitales insignificantes, máquinas rudimentarias, casi sin labores preparatorias, comenzaba en seguida el reparto de utilidades. Los concesionarios de las minas las arrendaban á partidarios mediante un tanto por ciento, generalmente muy elevado, del mineral obtenido, y en muchos casos los partidarios subarrendaban sus partidos, subdividiéndose así la propiedad minera más de lo que ya estaba por la excesiva pequeñez de las concesiones otorgadas con arreglo á la ley de 1825. De este modo se multiplicaron extraordinariamente los pozos, sirviendo cada uno para un área reducidísima y sin poder disponer de los elementos necesarios para un buen laboreo.

Puede asegurarse que aquel período de explotaciones sin capital ha terminado, y que si la industria minera ha de tener alguna vida en la Sierra de Cartagena necesita sufrir una transformación radical. Se impone al efecto la agrupación de las concesiones pequeñas, á fin de constituir empresas que lleguen á ser propietarias de cotos bastante extensos y estén provistas de capital suficiente para establecer un laboreo ordenado, con dirección técnica y material moderno, previas las investigaciones adecuadas en cada caso.

No puede negarse la razón que asiste al Sindicato cuando afirma que la industria minera de la provincia de Murcia se halla en decaimiento. Pero esta situación obedece, más que á las exigencias de la ley, al agotamiento de una parte de los criaderos y á su empobrecimiento en profundidad. No sólo en la Sierra de Cartagena, que ha sido en centro más impor-

tante de producción, se nota esta decadencia, sino también en otros distritos, como el de Mazarrón, que, aunque de área muy limitada, daba una importante cantidad de galena argentífera, gracias á la riqueza de los filones que arman en la traquita, pues como ya se preveía hace tiempo, estos filones acortan su corrida en profundidad, disminuyendo al mismo tiempo su metalización. Se nota además, así en Mazarrón como en la Sierra de Cartagena, que á medida que aumenta la profundidad va predominando la blenda sobre la galena, y siendo muy inferior el precio de aquélla al de ésta, el resultado es una fuerte disminución del valor de los criaderos.

La merma en la producción de minerales de hierro en la Sierra de Cartagena es probable que se compense parcialmente con la explotación de nuevas zonas, como la de Cehegin, y el desarrollo que empieza á notarse en la de Morata y otras. En cuanto á minerales de plomo y cinc, las investigaciones que se han efectuado en otros yacimientos no han dado hasta ahora resultados lisonjeros, sin que esto quiera decir que haya que desconfiar en absoluto de su valor. Las esperanzas de una reanimación en el distrito de Mazarrón, que hizo concebir la empresa constituida para desaguar, investigar y en su caso explotar el Coto Fortuna, han quedado defraudadas al ver que aquella Sociedad consumió su cuantioso capital sin haber llegado á resolver la duda de si existe allí la riqueza que parecen indicar los vestigios de importantes trabajos romanos.

En la zona del Cabo de Palos, donde existen filones con ganga de siderosa del mismo tipo que los de Sierra Almagrera, una Compañía francesa ha invertido en investigaciones infructuosas un capital de bastante importancia. La Compañía de Aguilas ha gastado también sumas considerables en las exploraciones, al parecer sin resultados satisfactorios, de los filones del grupo llamado del Gorguel, que corta la formación caliza.

El Sindicato enumera los múltiples gravámenes á que está sometida la industria minera, insistiendo en lo oneroso que resultan algunos de ellos, y encareciendo particularmente la dificultad de proveerse de guías para los minerales de hierro á causa de las condiciones especiales en que se verifica su

arranque y transporte. A este propósito llamaré la atención acerca del escrito en que aquella Corporación hace un pintoresco relato del modo cómo en la Sierra de Cartagena se explotan dichos minerales, probando, á no dudarlo, la dificultad de llenar el requisito de las guías, pero demostrando al mismo tiempo lo defectuoso y arriesgado de semejante laboreo, en que la frecuencia de los accidentes desgraciados clama por el cumplimiento más estricto de la ley de Policía minera.

Una de las aspiraciones del Sindicato es el establecer un concierto con la Hacienda, en virtud de la autorización que al efecto concede al Ministro la ley vigente, para el pago del impuesto del 3 por 100 del producto bruto.

En la instancia que elevó al Excmo. Sr. Ministro de Hacienda con fecha 7 de Junio último ofreció el Sindicato tributar por la cantidad promedia de lo recaudado por el Tesoro en los años de 1909 y 1910 aumentada en un 10 por 100 y por término de cinco años.

Carecemos de datos suficientes para juzgar si la proposición es ó no ventajosa para el Estado, y el adquirirlos exigiría mucho más tiempo y estudios más minuciosos que los que hemos podido hacer en nuestra rápida visita, estudios que en realidad competen á la Comisión técnica creada por el Ministerio de Hacienda para la investigación del impuesto del 3 por 100; pero debemos manifestar que, en nuestro concepto, procede que si, atendiendo á la instancia del Sindicato, llega á establecerse el concierto, se tenga en cuenta que la producción ha decaído y probablemente seguirá decayendo, por las razones que dejamos expuestas.

Se lamenta también el Sindicato del subido precio y calidad deficiente de los explosivos, que tanto encarecen la explotación, y en esto va de acuerdo con todos los mineros.

Justo es, por tanto, que lleguen á la Superioridad las quejas, por si se digna atenderlas en ocasión oportuna.

Para coadyuvar á la ardua pero necesaria transformación que, según antes indicábamos, ha de sufrir la industria minera murciana, creemos que el Estado debe favorecer y estimular por todos los medios que estén á su alcance la formación de empresas que, reuniendo concesiones excesivamente

pequeñas y disponiendo de capital suficiente, puedan, no sólo desarrollar un laboreo ordenado, sino dedicar parte de sus fondos á la investigación de zonas aun intactas de los criaderos, sobre todo en profundidad.

No nos incumbe determinar y menos detallar los medios á que la Superioridad podría recurrir para el fin expresado. Indicaremos, no obstante, que, á nuestro juicio, podrían ser eficaces las exenciones de derechos reales en la constitución de las nuevas Compañías, la supresión ó rebaja de los impuestos mineros por determinado tiempo y la concesión de subvenciones á las que presentaran proyectos de laboreo é investigaciones, sometidos á la aprobación de la Jefatura de Minas.

Marzo de 1912.

LAS MINAS DE CALAFATITA DE BENAHDUX (Almería)

ESTUDIO DEL INGENIERO DE MINAS

Don Agustín Marín.

CONSIDERACIONES GENERALES

D. Juan Calafat, del Musco de Historia Natural de Madrid, buscando minerales de aluminio, encontró una sustancia que el sabio naturalista D. Salvador Calderón, por creer que correspondía á una nueva especie mineralógica, la dedicó á su descubridor, designándola con el nombre de *calafatita*.

Este mineral fué encontrado en los términos de Benahadux y Gádor, de la provincia de Almería. Tiene mucha semejanza con la alunita, y de él se puede extraer sulfato potásico, alúmina y ácido sulfúrico.

La obtención industrial de estas substancias se consigue hoy tratando minerales completamente distintos y dando lugar á fábricas é instalaciones que no tienen ni relación ni semejanza entre sí.

Sabido es que el sulfato potásico que se consume en el mundo proviene en casi su totalidad de un solo productor: el Sindicato de Stassfurt. Explota éste unos famosos criaderos constituidos por grandes depósitos de sales procedentes, al parecer, de la evaporación de una cuenca triásica separada del mar por una desnivelación geológica. Los minerales que se extraen son la kieserita, carnalita, polialita, kainita, silvina, etc., sales de distinta composición de magnesio, sodio, potasio y calcio. Los abonos con base de po-

tasa es uno de los productos de más importancia allí obtenidos. El sulfato potásico se obtiene principalmente de la kainita, que contiene un 24 por 100. Es la explotación de Stassfurt importantísima, existiendo en aquella zona más de treinta fábricas de productos químicos.

Las restantes sales de potasa, no obtenidas en Stassfurt, provienen de las cenizas de la combustión de maderas efectuada en Rusia y América, y de la evaporación de marismas salados.

En España los abonos á base de potasa son importados, y su empleo es mayor cada año, según se puede ver por el presente cuadro (1), que expresa en quintales métricos el consumo de potasa pura :

1901	24.977 qq. ms.
1903	28.417 »
1905	31.854 »
1907	45.337 »
1909	52.844 »

Es decir, que en ocho años ha duplicado el consumo.

La estadística mundial aumentó, en los mismos años, desde 2.791.715 quintales métricos á 5.878.211, es decir, el consumo mundial de potasa pura más que duplicó.

El aluminio se obtiene hoy de sólo dos minerales: la bauxita y la cryolita. La primera es casi la única mena de aluminio. Está constituida por alúmina hidratada, que forma de un 40 á un 80 por 100 de su composición, óxidos de hierro, sílice y ácido titánico principalmente. Existen varios criaderos en el mundo, citándose como yacimiento clásico el de Bouches de Rhônes, en Baux de Provence (Francia).

El óxido sulfúrico se obtiene principalmente de las piritas de hierro. En España las masas piritosas de Huelva tienen tanta importancia, por su contenido en cobre, como por producir grandes cantidades de aquel ácido.

Si la alunita teóricamente tiene pocas diferencias con la calafatita, no sucede lo mismo en sus aplicaciones, que son

(1) Del periódico *L'Engrais*, número del 4 de Noviembre de 1910.

esencialmente diferentes. De la segunda ya hemos indicado qué substancias se pueden extraer, mientras que de la primera, por las impurezas que contiene, sólo se obtiene, después de las debidas manipulaciones, alumbre, empleado en la tintorería, curtido de pieles, fabricación de papel, etcétera. Hay muchos criaderos de alunita en el mundo, presentándose casi siempre en el contacto de las traquitas. El criadero más notable es el de Tolfa (Italia). En España se explota en Mazarrón una piedra de alumbre muy impura.

De la calafatita se obtienen, en consecuencia, productos muy diferentes, y el procedimiento para obtener de ellas sulfato potásico y ácido sulfúrico es, como veremos más adelante, esencialmente distinto de como se extraen hoy en la industria estas substancias. Ya hemos dicho que el otro producto del beneficio de la calafatita es un mineral que por su riqueza y condiciones constituye una buena bauxita.

NOTICIAS GEOGRÁFICAS Y GEOLÓGICAS DE LA COMARCA

Los criaderos de calafatita abarcan una extensión de 10 kilómetros en las últimas estribaciones de la sierra de Gádor, bordeando ya el gran llano comprendido entre la referida sierra y la de Alhamilla. La sierra de Gádor se extiende de E. á O. desde el río de Almería al de Adra en unos 20 kilómetros. En las proximidades de la costa tiene un ancho de 12 kilómetros. Se apoya por el N. en Sierra Nevada, y por el S. viene á morir en el mar. Su mayor altitud es el Pico de Pelados de Dalías, con 2.316 metros sobre el nivel del mar.

Están enclavadas todas las minas de calafatita en los términos municipales de Gádor y Benahadux. El punto más próximo del criadero dista 1.200 metros de la estación de Benahadux en la línea férrea de Linares á Almería. La estación de Benahadux está situada á 112 metros sobre el nivel del mar, á 12 kilómetros de la capital de la provincia.

Uno á este trabajo un croquis geológico, por el que se puede ver que existe en la comarca que estudiamos los terrenos siguientes: cambriano, triásico, plioceno y aluvial. Los dos primeros, principalmente el triásico, constituyen la

sierra de Gádor, y los otros dos forman, en unión de los otros depósitos terciarios, el llano existente entre la referida sierra y la de Alhamilla.

La existencia del terreno cambriano es dudosa, y presumo que pertenecen á él unas pizarras que asoman en la parte O. de la zona que estamos considerando, pero no las he podido determinar fijamente por la ausencia de restos fósiles. Estas pizarras en muchos sitios son talcosas y en otros cloritosas. Sus colores varían mucho, habiéndolas amoratadas, azuladas, grises y verdosas.

En un cerro próximo á la Cueva de Palomo y rodeado de las citadas pizarras, se observa que su terreno está constituido casi exclusivamente de guijarros de cuarzo, que demuestra la existencia de una gran capa ó filón de esta substancia.

Sobre la constitución geológica de la sierra de Gádor hubo antiguamente muchas opiniones, siendo tendencia muy general el atribuirle al permiano. Mr. Verneuil fué el primero que la atribuyó al triásico, aunque con muchas reservas y valiéndose de la expresión de *trias dudoso*. El ingeniero D. Joaquín Gonzalo Tarín, que prestó inolvidables servicios en este Centro, fué el primero que encontró restos fósiles en la referida sierra (1), y la pudo clasificar de un modo positivo de triásica en su mayor parte.

En dos tramos divide el Sr. Gonzalo Tarín el triás de la sierra de Gádor: el inferior, constituido principalmente por una serie de filadios de compleja constitución, y que cuando son muy arcillosos forman lo que en el país denominan láguenas ó launas. El superior está constituido en su mayor parte por calizas, que fué donde se encontraron los restos fósiles que hizo referir este tramo al muschelkalk y que pertenecen á los mismos géneros que los encontrados en la provincia de Jaén en idéntico nivel geológico. Estas calizas, en la pequeña zona que abarcamos con nuestro trabajo, presentan colores amarillo ó blanco, y abundan mucho entre ellas las dolomias, muy relacionadas con los diversos y numerosos criaderos metalíferos que en la sierra se encuen-

(1) Edad geológica de la caliza metalífera de la sierra de Gádor. Tomo IX del Boletín de la Comisión del Mapa Geológico.

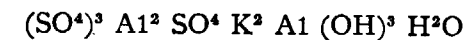
tran. Estos criaderos de la sierra de Gádor tuvieron un interés excepcional en otro tiempo, pero hoy la minería está en decadencia en esta zona. Los minerales explotados fueron muchos y correspondientes á muy varias especies mineralógicas; había minerales de plomo, cinc, cobre, hierro, azufre, etc.

Los depósitos terciarios, como ya hemos dicho, forman el llano, que partiendo del mar, está enclavado entre las sierras de Gádor y Alhamilla, hasta descansar en las estribaciones de la sierra de Filabres, extendiéndose, además, por la costa y por el llano de Tabernas. El plioceno, que es el único entre ellos que está representado en la zona en este trabajo estudiada, está constituido por arenas, margas, areniscas, calizas groseras y conglomerados. Estos últimos coronan todos los cerros terciarios que han resistido á la denudación y que van á descansar sobre las estribaciones de la sierra de Gádor.

El terreno aluvial aparece en todos aquellos sitios donde la denudación ha sidó intensa, como en las ramblas, habiendo sido esta denudación causa de que asome la base de las calizas triásicas, que es donde aparece el yacimiento que nos interesa, pues en otros sitios los depósitos del mar plioceno, que no han sido denudados, están superpuestos sobre las calizas triásicas, tapando la base de éstas, y, por consiguiente, cubriendo el criadero.

EL MINERAL

El Sr. Calderón en su libro «Los Minerales de España», tomo 11, página 207, describe el mineral calafatita. La fórmula del mineral es la siguiente:



Su composición es, según análisis del Sr. Giral Pereira:

SO ³	34,77
A1 ² O ³	37,98
K ² O	9,64
H ² O	17,61

TOTAL..... 100,00

Se trata, pues, de un sulfato aluminico potásico con 38 por 100 de alúmina y agua, que parece corresponder á una nueva especie, porque la cantidad de agua que contiene la distingue de los demás sulfatos aluminico-potásicos. El laboratorio de la Escuela de Ingenieros de Minas de España analizó este mineral, dando por resultado que contiene 13,40 de sulfato potásico y 37,40 de alúmina. Equivale esa cantidad de sulfato potásico á una proporción de potasa de 7,25 por 100.

Su peso específico es de 2,75. Su dureza es en los trozos frescos de 3 á 3,5; pero por alteración se vuelve terroso y deleznable. Es de fractura concoide y de color blanco, si no contiene impurezas, como ocurre con frecuencia.

El color del mineral varía, sin embargo, mucho, según los óxidos que les tiñen. Lo hay rosáceo, rojo, gris, violáceo y amarillo. Es hecho curioso, y que conocen perfectamente los obreros, lo que le sucede al mineral con el agua y el sol. Con el primero de estos agentes toma un color gris feo, y con el segundo vuelve á aparecer el color blanco característico de este mineral cuando está puro.

Otra diferencia con la alunita se observa en la práctica que tiene mucha importancia para su tratamiento industrial, y es que la alunita generalmente viene acompañada de impurezas, y entre ellas la sílice, y cuando se calcina más allá de la hidratación se desprende ácido sulfúrico y se forma con la sílice un producto todo él insoluble en el agua. No pasa lo mismo con la calafatita, porque las impurezas que contiene son generalmente yesos, ocre, arcillas y kaolín, pero no cuarzo, y cuando se calcina pierde ácido sulfúrico, pero sólo la parte correspondiente al sulfato de alúmina, quedando sulfato potásico, que es sal más fija, alúmina y las impurezas que contenga el mineral.

El mineral al calcinarse pierde teóricamente un 40 por 100 de su peso.

El producto calcinado contiene cantidades variables de sulfato de potasa, según los sitios de donde ha sido extraído, y aun en el mismo sitio, según las vetas de donde procede y de la profundidad á que fué arrancado. Estas deducciones se han sacado de los siguientes datos, en los que

conviene advertir que las proporciones de sulfato potásico que expresamos se refieren al mineral calcinado.

En análisis efectuados con mineral extraído en afloramientos y trabajos hechos al S. y E. de la mina Carretero y García, han dado resultados diferentes, oscilando la proporción de sulfato potásico entre 7,15 y 31,60.

En la mina Carretero y García hay sitios, como en la base del cerro del Mortero, de mineral excelente; en otros sitios, como en el barranco llamado de la Viña, ya en la linde de la mina San Ildefonso, el mineral es de peor calidad. Las muestras del primero de esos sitios dieron de sulfato potásico resultados variables entre 20 y 30 por 100, y para el segundo entre 6 y 12.

En la mina San Ildefonso varió también la riqueza del mineral, según los sitios, oscilando entre 6 y 31,30 por 100.

En la galería situada en la Rambla de Alquivira, el mineral tenía en la boca un contenido en sulfato potásico que oscilaba entre 20 y 30 por 100 para la veta blanca, y de algo menos para la veta violácea. A medida que se iba perforando la galería el mineral perdía ley, bajando á 8 por 100, pero después volvió á aumentar su proporción de sulfato potásico, llegando á 25 por 100.

En las minas Apacible y en la caducada «Bilbao en Benahadux», también se observan vetas de buen mineral.

En la mina Cuatro Amigos la proporción de sulfato potásico oscila entre 15 y 25 por 100, pero, en general, es en el sitio donde más impuro se presenta. En la mina Papa también existen vetas y nódulos de buen mineral.

En la mina Eloya existe calafatita, aunque el mineral es de peor calidad.

En la mina Este y Otros Gallos Cantarán, se observa, entre otros, un afloramiento con una importante veta de mineral blanco, que dió en los ensayos 31,20 por 100 de sulfato potásico, y otra veta de mineral rosáceo que tuvo el 13,50 por 100, y una, de aspecto fibroso, que dió el 19,90 por 100.

La proporción de alúmina que da el mineral se deduce del ensayo de Giral, puesto que todo el sulfato aluminico es descompuesto. Conviene observar que la alúmina absorberá un 15 por 100 de agua.

El ácido sulfúrico que se desprende del mineral en la calcinación se forma á expensas del anhídrido sulfúrico que existe en el sulfato aluminico.

Para poder apreciar á cuánto asciende esta cantidad volatilizada de ácido sulfúrico, nos atendremos al análisis de Giral, descontando de 34,77, que es la proporción total del anhídrido sulfúrico, el 7,17 por 100 correspondiente al sulfato potásico, ó sea que se desprenderá un 26,60 por 100. Esta proporción de anhídrido sulfúrico equivale á 31,38 por 100 de ácido sulfúrico puro, que se volatilizará en la calcinación.

EL CRIADERO

Ya queda dicho que el yacimiento de calafatita se encuentra en la base de las calizas del muschelkalk, cubierto generalmente por los depósitos terciarios, y que sólo en aquellos puntos donde la denudación fué intensa aparece el criadero. Este está constituido por un manto, al parecer interestratificado, y contiene diversas substancias, además del referido mineral, como yeso, ocre, kaolín, gredas, arcillas, azufre, etc. El color blanco y amarillo que en conjunto tiene esta capa, hace que se destaque claramente en los sitios donde aflora.

Este manto tiene un espesor variable, aunque siempre grande. En las minas de las Balsas de Gádor, situadas como á cinco kilómetros al N. de la titulada Santa Bárbara que Truena, pasa de 80 metros. Lleva al muro pizarras arcillosas y al techo, unas veces directamente la caliza triásica, otras veces está denudado y tiene superpuestos los depósitos terciarios, y en otros no nos ha sido posible determinar lo que constituía su pendiente. Hemos podido observar en algunos sitios, principalmente en la mina San Ildefonso, un conglomerado muy característico en íntima relación con el manto formado por pedazos de cuarzo y feldespatos, cuyos tamaños son muy variables.

Es característica de las vetas de calafatita los numerosos pliegues y saltos que forman dentro del manto. Hemos visto algún trabajo en que se seguía la veta de calafatita, se-

gún su dirección, y de repente se presentó aquella normal á la labor. En otros trabajos hemos visto que la veta iba horizontal, y súbitamente tomó posición vertical. Estos pliegues, saltos y cambios se presentan continuamente, perdiéndose la mineralización en algunos puntos, sin duda, porque acompañó á los pliegues rotura de la veta, y siendo ésta tan irregular en su marcha, es difícil buscar su continuación.

Aparte de los pliegues debidos exclusivamente á la veta de calafatita, hay otros con mucha más amplitud, debidos á las ondulaciones del manto.

El sitio en donde mejor se ha estudiado éste ha sido en las minas de las Balsas de Gádor, en donde fué y es objeto de explotación el azufre. El manto allí sigue las ondulaciones de las pizarras antiguas que se encuentran en el yacente, siendo curioso que el azufre se presente generalmente en el fondo de barco de los sinclinales, que, en general, tienen sus ejes orientados de E. á O. En el trayecto comprendido entre las minas de las Balsas de Gádor y las denominadas Este y Otros Gallos Cantarán y Santa Bárbara que Truena, situadas en la falda del que, á pesar de su altura, se denomina modestamente Cerro de la Mesa, y que constituye la zona atribuída al cambriano en el plano, se observan las mismas ondulaciones de las pizarras, pero aflorando á la superficie, es decir, sin llevar superpuestos ni los depósitos triásicos ni los modernos.

Ya en las referidas dos minas las pizarras buzan hacia la montaña, ó sea al S., formando la rama N. de un otro sinclinal.

El manto, en general, en los sitios donde aflora la calafatita presenta una dirección E. O. y un buzamiento al Sur; pero estas direcciones y buzamiento presentan muchas excepciones de carácter local.

La aparición de la calafatita, hasta ahora, por lo menos, no parece subordinada á la existencia de alguna otra substancia. En la zona E. de la comarca que estudiamos se presenta como ganga, además de la arcilla que la acompaña siempre, mucho yeso. En la zona O. aparece algo menos esta substancia y más ocre y gredas. En una pequeña boldada de azufre muy puro, encontrada en la mina Este y

Otros Gallos Cantarán, se encontró á éste casi en contacto con la calafatita. En muchos sitios, y sobre todo en la mina Apacible, se observa mucho kaolín en el manto.

En las minas de las Balsas de Gádor el azufre se presenta acompañado de gredas y arcillas, y suele aparecer en su contacto caliza negra en pequeños guijarros, y á veces en polvo, que los mineros llaman requemados.

Es característico también de la calafatita el modo que tiene de presentarse dentro del manto. Siempre lo hace en forma de nódulos, que varían mucho de tamaño, desde el que puede pesar una tonelada, hasta el que pesa sólo gramos. Estos nódulos están separados por arcilla, yeso, etc.; unas veces están tan juntos, que parece forman una veta compacta, porque el espacio ocupado por las separaciones de los nódulos es insignificante, comparado con el ocupado por éstos; otras, por el contrario, están sumamente diseminados, teniendo que perforar varios metros de labor para encontrar alguno. Esta forma de nódulos en que aparece la calafatita es común á todas las labores y afloramientos hoy conocidos.

Recorriendo las minas de Levante á Poniente se observan los primeros afloramientos del manto en unos asomos calizos situados junto á la Rambla de la Hoya de Juan de Reyes. Entre esta Rambla y la nombrada del Mamón se han ejecutado dos labores que han descubierto una veta de calafatita de 0,50 metros de potencia, observándose, además, las grandes variaciones que experimentó la veta en su dirección é inclinación. Los nódulos de mineral aparecen allí separados por yesos y láguenas.

El manto vuelve á asomar en la Rambla del Mamón en el límite S. de la mina Carretero y García, donde presenta un frente de bastante espesor con pocas señales de mineral, por estar aquél construído casi exclusivamente por arcillas y yesos.

No sucede lo mismo con los trabajos realizados en la margen izquierda de dicha Rambla, en las proximidades del cerro del Mortero, donde se ha descubierto el manto en varios sitios debajo de los depósitos terciarios y modernos, presentado en todos ellos la veta de mineral buena poten-

cia y llegando en alguno á 1,20 metros. Aparecen, como siempre, algunos pliegues, aunque la tendencia del manto sea la de tener posición horizontal. En la mayoría de las labores la calafatita presenta color blanco, pero hay algunas vetas de color amarillo. Un pocillo abierto al O. de la referida Rambla del Mamón cortó el manto, pero la veta de calafatita sólo tenía unos centímetros de espesor.

En unos barrancos situados en las proximidades de la divisoria de las minas Carretero y García y San Ildefonso, en el paraje denominado La Viña, existen afloramientos en los que se han ejecutado varias labores que han seguido una veta de calafatita con potencia, dirección é inclinación sumamente irregulares, no siendo el mineral, como ya hemos dicho, de muy buena calidad.

Ya en la mina San Ildefonso, y siguiendo una línea paralela al límite de las calizas, se han ejecutado una serie de calicatas y trabajos, en la que se observa el manto, presentando venas potentes de calafatita de una gran pureza. En dos trabajos existentes próximos al punto de partida de la referida mina, la veta de calafatita se presenta en uno de ellos compacta y con 1,20 metros de potencia, y en el otro se ha profundizado en trancada hasta 46 metros, encontrándose á esta hondura la veta con 0,40 de espesor.

En la parte Oeste de esta mina se hicieron antiguamente varios pocillos, con objeto de encontrar azufre, cortando el manto y extrayendo varios de los minerales que integran su composición. En esta zona la capa aumenta sus dislocaciones, siendo éstas tan frecuentes, que en todos los puntos donde aquélla se presenta son distintas su dirección, inclinación, buzamiento y potencia.

Ya hemos indicado más arriba las diferencias de potencia y calidad del mineral de la galería situada en la Rambla de Alquivira, que tiene una longitud de 54 metros. En la entrada de dicha galería se presenta el manto en la parte reconocida del siguiente modo: forman el muro ó yacente unas láguenas rojizas; lleva encima unas láguenas violáceas con yesos y calafatita. Se encuentra superpuesta una capa de mineral muy puro de dos metros de espesor. Encima se presentan unas láguenas amarillentas de un metro de espe-

sor, y luego el pendiente constituido por el conglomerado de que ya hemos hecho referencia anteriormente. El espesor de la veta de calafatita es aquí excepcional.

Se observa el manto al otro lado de la Rambla de Alquivira, y siguiendo á ésta aguas arriba, en las minas San Ildefonso y Emilia se ven una serie de trabajos y afloramientos á un lado y otro de la Rambla, que demuestran la continuidad del manto y de la veta de calafatita, aunque ésta presente espesores muy variables. Los pliegues son muy frecuentes, pero la tendencia de la capa en estos sitios es la de presentarse horizontal. En la labor situada en la mina Emilia se ve el mineral en contacto con las calizas triásicas. En el barranco del Caldero, sito también en la mina San Ildefonso, se han hecho labores. En una de éstas se siguió la capa de mineral horizontal, y de pronto tomó la posición vertical. El espesor de esa capa es en estos trabajos variable entre 0,10 y 1,10 metros. En el sitio donde alcanza este último espesor se observan tres vetas de colores blanco, amarillo y rojizo. En la parte alta y margen derecha de este barranco se presenta un mineral blanco formando bastante espesor dentro del manto, y que se aprovechó como material refractario.

Caminando desde el citado trabajo de la mina Emilia hacia el O., existe una zona sin reconocer, y en la que por estar el terreno completamente cubierto de depósitos modernos no se observan afloramientos.

En la mina Apacible y en la caducada Bilbao en Benahadux vuelve á aparecer el manto, aunque presentando otros caracteres; pues así como en las minas descritas la ganga principal es el yeso y arcillas, en la zona comprendida entre las minas Apacible y 2.º Gallito son los minerales de hierro, arcillas y kaolín. Estas dos minas fueron explotadas para la obtención de mineral de hierro y hoy se ven todavía algunas de sus labores. En una de ellas se presenta una capa de 2 á 3 metros de espesor de mineral blanco, que está constituido en su mayor parte por kaolín, aunque lleva algunas vetas y nódulos de buena calafatita. Encima se ven los minerales de hierro constituidos por hematites roja y parda, por bajo de la caliza que aquí es muy dolomítica y buza hacia el O. Pre-

senta las capas varias inflexiones y se la vuelve á ver en la rambla del Barrancón, constituida principalmente por mineral de hierro, aunque lleva vetas y nódulos de calafatita. En este sitio tiene la capa buzamiento al E.

En la mina El Trovador hay varias labores efectuadas con objeto de explotar azufre y existen algunas instalaciones para su beneficio. Se presentaba el referido mineral en un conglomerado idéntico al que hemos citado al hablar de la mina San Ildefonso. En uno de los pozos, de bastante profundidad, debieron atravesar el conglomerado y llegar á la veta de calafatita, porque en la escombrera he podido recoger pedazos que tienen mucha ley en sulfato potásico. Como cuando se hicieron los trabajos sólo explotaban el azufre, al perder el conglomerado suspendieron la perforación del pozo.

Vuelve á asomar la capa en la mina Cuatro Amigos á bastante distancia de las calizas triásicas, debiendo su aparición á las grandes honduras de los barrancos señalados en el plano.

El manto se presenta en esos barrancos casi horizontal y la veta de calafatita tiene un espesor variable y se halla muy mezclada con arcillas amarillentas y rojizas. El mineral, como siempre, forma nódulos. Se han efectuado trabajos en esta mina que demuestran la continuidad del manto. En una roza abierta donde no existía afloramiento se ha descubierto el manto horizontal con vetas y nódulos de calafatita.

En la mina Montero, junto á la carretera de las Balsas, se ven las manchas blancas y amarillentas que indican el paso del manto. En esta misma mina y debajo de las calizas se han hecho excavaciones buscando hierro que han descubierto la existencia de la calafatita blanca mezclada con arcilla y hematites.

En la mina Otro Gallito se han arrancado excelentes muestras de calafatita.

En la mina La Papa se han hecho bastantes labores mineras para arrancar ocres, tanto amarillos como rojos, que han servido para poner el manto de manifiesto. Su buzamiento varía mucho, como si obedecieran sus cambios á inflexiones que en conjunto parecen determinar un buzamiento hacia el

Norte porque vuelve á asomar en la carretera de las Balsas que se encuentra bastante mas baja que los trabajos mineros. La importancia de estos pliegues han dejado al descubierto las pizarras que señalamos en el plano y que consideramos cambrianas. Aquí la capa yace debajo de las calizas y en algunos sitios en contacto inmediato. Presenta una gran diversidad de aspecto y se encuentra ya formando el mineral una veta de 30 centímetros entre arcilla y buzando al E. ya formando nódulos y vetillas entre arcillas y kaolín. En la vuelta que hace el monte por delante de la rambla de las Balsas se ven indicios del paso de la capa.

En toda la zona que ocupan las pizarras satinadas que hemos atribuído con desconfianza al cambriano no se ven indicios de mineral y no vuelve á aparecer hasta la mina Este y Otros Gallos Cantarán. Casi en la unión de los dos barrancos que integran la rambla de Morales se ve la capa en una extensión de 60 metros. Forman el muro láguenas y pizarras satinadas y encima se ven pizarras violáceas. Se encuentran superpuestas arcillas con mineral blanco y amarillo. Aparece encima una capa de mineral blanco de cerca de un metro de espesor y superpuesto un mineral rosado, que ha dado en los análisis una fuerte proporción de sulfato potásico. Forma el techo de la capa la caliza que se encuentra en contacto inmediato.

En la falda del cerro denominado del Pozo, en las minas Este y Otros Gallos cantarán y Eloyña, se han efectuado sobre el manto algunos trabajos constituidos principalmente por trancadas y algunas galerías. En alguno de ellos se llegó á profundidades de 54 metros. Se encontró algo de calafatita, pero en pequeñas vetas y de poca ley. Lo que se halló fué una bolsada de azufre de gran pureza mezclado con lo que hemos dicho que constituían los requemados y con una piedra que parece toba. Siguiendo la línea de afloramientos por la mina Santa Bárbara, hacia el O. se realizan algunos trabajos sobre el manto, que por no estar más que iniciados en mi visita, no puedo dar cuenta del resultado.

Ya hemos dicho que en las minas de las Balsas de Gádor se explota azufre. Esta explotación, que comenzó el año 1875, tuvo épocas muy florecientes. Hoy se sigue explotando,

aunque no con tanta intensidad. Se perforaron numerosos pozos y galerías y se hicieron costosas instalaciones de desagüe, extracción y beneficio. La cantidad de calafatita que se pudo extraer de estas minas es imposible hoy de determinar, por no poder averiguar lo que contienen las escombreras. Desde luego se arrancó algo de calafatita, pero las condiciones en que se presenta allí el manto no son análogas á como se le ha descubierto en aquellos sitios donde con mas potencia y continuidad se presentó el referido mineral.

El azufre allí extraído tiene, en general, aspecto negruzco, que puede ser debido á los hidrocarburos.

GEOGENIA DE CRIADERO

La dolomitización muy profunda de las calizas de la sierra de Gádor, la formación de grandes lentejones de yeso, la presencia de minerales de azufre, plomo, cinc, etc., que abundan tanto en la referida sierra, son fenómenos todos que acompañan á la formación de este criadero y que parece tener con él una estrecha relación.

No pueden atribuirse estos metamorfismos á la presencia de rocas eruptivas, que no se encuentran en la sierra más que en asomos de poca importancia y que sólo producen alteraciones locales y á corta distancia. Hay que relacionar, á mi juicio, estos metamorfismos con la presencia en la sierra Penibética de numerosos manantiales termo-minerales muy cargados de sales de magnesia y de bastante temperatura (38° á 46°) y que alguna de ellas (1) todavía presenta ácido sulfúrico libre. La actividad hidrotermal aun existente en esta zona nos hará comprender las acciones enérgicas que realizarían al esparcirse en otros tiempos y la influencia que debieron ejercer en la constitución de las capas que atravesaban.

Unida la acción hidrotermal á las mil causas propias de aquella época, como mayor la temperatura del globo, el calor producido por la presión de las capas superiores, etc., originaron todos estos fenómenos de que hemos hablado y entre ellos

(1) La fuente de la Familia en término de Gádor.—Sr. Botella: reseña físico-geológica de la provincia de Almería. Tomo IX del *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*.

la formación del criadero de calafatita. Fenómenos todos que debieron realizarse mucho antes de que se formaran los depósitos terciarios que recubren la base de la sierra y creemos que poco después de efectuarse el depósito de las calizas triásicas.

Pudo haber después manifestaciones de acciones hidrotermales, pero cuando ya estaban agotados los elementos metalíferos; resultando que para la industria la acción principal la debieron realizar por aquella época.

¿Cómo se formó el criadero? Si en donde hoy aparece la calafatita existía una roca feldespática, la aparición de manantiales sulfurados por las grietas de las rocas permeables y encima de las pizarras que no lo son ocasionó la transformación del gas sulfuroso en ácido sulfúrico y éste la descomposición de los feldespatos, produciendo kaolín y calafatita. Si aquella roca tenía mica, también pudo ser atacada produciendo óxidos de hierro; si había excesos de gases sulfurosos, pudo traer consigo depósito de azufre. Las calizas fueron descompuestas, produciendo yeso. El cuarzo, que en algunos sitios se encuentra en la roca en contacto con el criadero, en otros, en forma de sílice gelatinosa, pudo ser disuelta por aguas aciduladas.

Considerando la geogenia de este criadero, nos lleva a la idea de que no debe ser muy profundo, aunque sí muy extenso; pero de todos modos es imposible dar idea de la cantidad de mineral allí existente, hasta que no se hagan muchas labores de investigación y los análisis correspondientes, pues siendo un criadero que presenta el mineral en forma de nódulos y vetas dentro de la capa sin obedecer a ley alguna, sólo en el reconocimiento de muchos puntos de ésta se puede fundamentar una cubicación.

BENEFICIO DEL MINERAL

Procedimiento Calafat.—Al Sr. Calafat se debe el procedimiento para beneficiar el mineral, y a él debemos también muchos de los datos que a continuación expresamos. Tres son las principales operaciones que hay que efectuar: calcinación, lixiviación y evaporación.

La calcinación tiene por objeto: 1.º Deshidratar el mineral. 2.º Hacer desprender el ácido sulfúrico correspondiente al sulfato de alúmina, permaneciendo fija la sal potásica. La temperatura a que hay que someter el mineral es la del rojo sombra fuerte.

Esta operación no puede llevarse a una temperatura inferior al rojo sombra, porque quedaría mucho sulfato potásico sin descomponer, ni tampoco puede pasarse de ella, porque se formaría aluminato potásico.

El producto calcinado contiene, pues, sulfato potásico, alúmina y las impurezas que contuviese el mineral. Este producto pasa después a la lixiviación, ó sea la operación que tiene por objeto disolver el sulfato potásico, dejando insoluble la alúmina.

La cantidad de agua necesaria químicamente es de cinco metros cúbicos por tonelada de sulfato potásico próximamente; pero en la práctica resultará más. Si la disolución estuviese ácida, se puede remediar prácticamente agregándole un pico de cal ó caliza, que sólo tiene un pequeño inconveniente, el de aumentar las impurezas de la alúmina; pero como lo que hay que agregar de cal (si es preciso agregar) es muy pequeña cantidad, es insignificante la ley que pierde dicho mineral.

Las aguas con el sulfato en disolución son llevadas a las balsas de evaporación. Como el clima de los alrededores de Almería es sumamente cálido, no hay necesidad de que exista otro agente evaporador que el calor solar. La evaporación media en Almería la suponemos de seis milímetros en veinticuatro horas. Después de evaporada el agua se seca la sal obtenida, y ya está dispuesta para la venta.

El sulfato potásico que se vende en el comercio, cuando cumple con las condiciones impuestas, contiene de esta sustancia 90 por 100, siendo lo restante impurezas. Dada la ganga que acompaña a este mineral, y teniendo en cuenta que la sal potásica es la única sal soluble que se puede formar, creemos que no contendrá más impurezas que las sales que lleve en disolución el agua en que se disuelva, y que, por tanto, siempre contendrá de sulfato potásico mayor cantidad del 90 por 100.

Lo que no se ha disuelto en el lixiviador estará formado por la alúmina y por las impurezas que contenga el mineral. La alúmina al tratarla por el lixiviador absorbe un 15 por 100 de agua, perdiendo ley, aunque aumenta la cantidad del mineral. De modo que de 100 kilogramos de mineral ya lixiviado y muy puro que sólo tuviera el 2 por 100 de impurezas, se obtendrían 115 kilogramos de mineral de 83 por 100 de alúmina.

Si tuviese el 50 por 100 de impurezas, la ley sería de 43 por 100, y ya hemos dicho que las bauxitas oscilan entre el 40 y 60 por 100, y rara vez llegan á 80 por 100.

Teóricamente en la calcinación se desprende anhídrido sulfúrico, que se combina inmediatamente con el agua, formando ácido sulfúrico. El beneficio de esta substancia se reducirá principalmente á su condensación por los procedimientos utilizados en la industria, y después á su concentración, porque saldría del horno muy diluido. Según ya hemos dicho, refiriéndonos al análisis del Sr. Giral, con un mineral puro, de una tonelada de mineral bruto, se obtendrían 313,80 kilogramos de ácido sulfúrico; pero en la práctica no se obtendría tanto: 1.º, porque el mineral no sería tan puro, y 2.º, porque no se podrían evitar las pérdidas que acompañan á las operaciones industriales, de modo que descontando un 30 por 100 por esos conceptos, se obtendrían de la tonelada de mineral aproximadamente 220 kilogramos de ácido puro, ó sean 420 kilogramos de ácido de 50°52.

Resulta que como elementos necesarios para la obtención del sulfato potásico, sólo se necesita carbón y agua. Nosotros calculamos que se necesita del primero un 20 ó 25 por 100 del mineral en bruto, y del segundo unos seis ó siete metros cúbicos por tonelada calcinada.

Las instalaciones para la obtención del sulfato potásico están constituidas por hornos, lixiviadores y balsas. La forma de los primeros debe ser objeto de estudios muy detenidos, y de la que dependerá en gran parte el éxito de la operación.

Respecto á los lixiviadores, habrá que instalar juegos

completos de seis ú ocho, con objeto de ir saturando las aguas que por ellos circulen.

Las balsas de evaporación tendrán que ser de poco fondo y mucha superficie, y existirán también varios juegos de ellas, con objeto de que cuando en unas se esté el líquido evaporando, en otras se estén llenando y en otras extrayendo la sal.

Seerá conveniente situar estas instalaciones á distintos niveles, con objeto de que las aguas circulen sin necesidad de elevadoras y sólo por su propia densidad.

El mineral de alúmina resultante del beneficio de la calafatita, que constituye una bauxita, puede venderse como tal, ó extraer el aluminio, para lo que serían precisos todas las instalaciones que tan costosa industria trae consigo.

Respecto á la fabricación de ácido sulfúrico, habrá que emplear aquellos aparatos que se utilizan en la industria á que dan origen para la captación de gases y para la ulterior concentración.

RESUMEN GEOGRAFICO
DE LAS
PUBLICACIONES DE LA COMISION DEL MAPA GEOLOGICO
DE ESPAÑA
(1893-1909)

En el tomo XXII del Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, correspondiente al año de 1895, se publicaron, reunidas y clasificadas geográficamente, por el Ingeniero de Minas D. Gabriel Puig y Larraz, las Notas Bibliográficas correspondientes á todas las Memorias y trabajos insertados en el BOLETÍN, desde sus comienzos, en el año 1873, hasta el de 1892, en que vió la luz el tomo XX, último de la primera Serie.

La verdadera utilidad que reportan estas Notas á todos aquellos que quieren conocer y consultar los estudios realizados por la Comisión en cada zona, provincia ó comarca, nos ha animado á reunir en la misma forma las bibliografías de los trabajos contenidos en los tomos XXI al XXX del BOLETÍN, no esperando á la publicación de otros veinte tomos, para dar, en primer término, mayor facilidad á la consulta de las publicaciones de la COMISIÓN y por haber cambiado el BOLETÍN de título, como consecuencia de la creación del INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA por el Real decreto de 28 de Junio de 1910.

Se ha conservado en este RESUMEN la misma forma de inserción de las Notas Bibliográficas que en el del Sr. Puig y Larraz, haciendo su clasificación con arreglo al mismo cri-

terio que presidió la publicación del inserto en el tomo XXII del BOLETÍN.

Alicante.

NICKLES (M. RENÉ).—Nota acerca de los terrenos secundarios de las provincias de Murcia, Almería, Granada y Alicante; traducción de D. R. Sánchez Lozano.—BOLETÍN XXIII, 1896, págs. 145 á 150.

NICKLES (M. R.).—Los terrenos secundarios de las provincias de Murcia, Almería, Granada y Alicante.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 35 á 40.

VIDAL (D. LUIS MARIANO) Y SÁNCHEZ LOZANO (D. RAFAEL).—Estudio de hidrología subterránea en Villena, provincia de Alicante.—BOLETÍN XXX, 1909, págs. 67 á 91.

Almería.

NICKLES (M. RENÉ).—Nota acerca de los terrenos secundarios de las provincias de Murcia, Almería, Granada y Alicante; traducción de D. R. Sánchez Lozano.—BOLETÍN XXIII, 1896, págs. 145 á 150.

NICKLES (M. R.).—Los terrenos secundarios de las provincias de Murcia, Almería, Granada y Alicante.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 35 á 40.

Baleares.

NOLAN (M. H.).—Rasgos generales de la estructura geológica del Archipiélago balear, traducido por D. Rafael Sánchez Lozano.—BOLETÍN XXII, 1895, págs. 100 á 120.

NOLAN (D. H.).—Noticia preliminar acerca de la Isla Cabrera (Baleares).—BOLETÍN XXIV, 1897, págs. 225 á 228.

MARTEL (E. A.).—Exploraciones subterráneas en Baleares y Cataluña: Traducción y notas de D. Gabriel Puig y Larraz.—BOLETÍN XXIV, 1897, págs. 229 á 258.

SÁNCHEZ LOZANO (D. RAFAEL).—Criaderos sedimentarios de cobre en Menorca y en Granada.—BOLETÍN XXVI, 1899, págs. 233 á 244.

Barcelona.

ALMERA (DOCTOR DON JAIME).—Catálogo de la flora pliocena de los alrededores de Barcelona.—BOLETÍN XXII, 1895, págs. 145 á 172.

Excursiones verificadas durante la reunión de la Sociedad geológica de Francia en Barcelona, en Septiembre y Octubre de 1898.—BOLETÍN XXVII, 1900, págs. 89 á 359.

SANTA MARÍA Y CAMINERO (D. LUIS) Y MARÍN Y BERTRÁN DE LIS (D. AGUSTÍN).—Estudios hidrológicos en la cuenca del río Llobregat, provincia de Barcelona.—BOLETÍN XXX, 1909, págs. 31 á 52.

RUBIO (D. CÉSAR) Y KINDELÁN (D. ALFREDO).—Apuntes para el estudio de la hidrología subterránea del Llano de Barcelona.—BOLETÍN XXX, 1909, págs. 93 á 102.

Burgos.

LARRAZET (M.).—Notas estratigráficas y paleontológicas acerca de la provincia de Burgos. Extremidad occidental del macizo siluriano de la cordillera celtibérica.—BOLETÍN XXII, 1895, págs. 121 á 144.

SÁNCHEZ LOZANO (D. RAFAEL).—Alumbramiento de aguas practicado en el término de Nebreda para el abastecimiento de la villa de Lerma, en la provincia de Burgos.—BOLETÍN XXX, 1909, págs. 209 á 224.

Cáceres.

SÁNCHEZ LOZANO (D. RAFAEL).—Datos geológico-mineros de la provincia de Cáceres.—BOLETÍN XXVI, 1899, páginas 205 á 220.

Cádiz.

MALLADA (D. LUCAS).—Nota sobre los yacimientos de petróleo y de azufre en la provincia de Cádiz.—BOLETÍN XXX, 1909, págs. 53 á 66.

Canarias.

ROTHPLETZ (A.) Y SIMONELLI (V.).—Formaciones de origen marino de la Gran Canaria: traducción del alemán por D. Pedro Palacios.—BOLETÍN XXIII, 1896, págs. 1 á 84.

Ciudad Real.

COELLO (D. CASIMIRO).—Sondeo de Valverde (Ciudad Real).—BOLETÍN XXVI, 1899, págs. 253 á 256.

Córdoba.

MALLADA (D. LUCAS).—Memoria descriptiva de la cuenca carbonífera de Bélmez.—BOLETÍN XXVI, 1899, páginas 1 á 80.

MALLADA (D. LUCAS).—Nota acerca de las minas de tungstato de hierro en el término de Casayo (provincia de Orense) y en el de Montoro (provincia de Córdoba).—BOLETÍN XXIX, 1908, págs. 315 á 326.

Granada.

SÁNCHEZ LOZANO (D. RAFAEL).—Criaderos sedimentarios

de cobre en Menorca y en Granada.—BOLETÍN XXVI, 1899, págs. 233 á 244.

NICKLES (M. RENÉ).—Nota acerca de los terrenos secundarios de las provincias de Murcia, Almería, Granada y Alicante; traducción de D. R. Sánchez Lozano.—BOLETÍN XXIII, 1896, págs. 145 á 150.

SÁNCHEZ LOZANO (D. RAFAEL).—Nota referente á varios yacimientos de minerales de plomo de la vertiente septentrional de Sierra Nevada.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 25 á 34.

NICKLES (M. RENÉ).—Los terrenos secundarios de las provincias de Murcia, Almería, Granada y Alicante.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 35 á 40.

Gerona.

SÁNCHEZ LOZANO (D. RAFAEL).—Algunos datos de aguas artesianas en la comarca de Figueras.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 167 á 170.

BENTABOL (D. HORACIO).—Hidrología superficial y subterránea de la provincia de Gerona. Estudio sobre los lagos y manantiales de Bañolas, Espolla y San Miguel de Campmajor.—BOLETÍN XXX, 1909, págs. 129 á 208.

Guadalajara.

ALVAREZ ARAVACA (D. MARIANO).—Estudios hidrogeológicos, Cuenca del Tajo. Provincia de Guadalajara. Zona sudoccidental, que influye las formaciones geológicas diluvial, aluvial y terciaria.—BOLETÍN XXIX, 1908, páginas 227 á 280.

NARANJO (D. ENRIQUE).—Estudios geológico-mineros del

Distrito de Guadalajara.—BOLETÍN XXIX, 1908, páginas 281 á 296.

Jaén.

ENCLIS (D. GUILLERMO).—Un sondeo en Linares (Jaén). BOLETÍN XXVI, 1899, págs. 245 á 252.

León.

OEHLERT (D. P.).—Fósiles devonianos de Santa Lucía, traducción por D. Rafael Sánchez Lozano.—BOLETÍN XXVI, 1899 págs. 81 á 152.

MALLADA (D. L.).—Descripción de la cuenca carbonífera de Sabero, provincia de León.—BOLETÍN XXVII, 1900, páginas 1 á 66.

OEHLERT (D. P.).—Fósiles devonianos de Santa Lucía, traducción de D. R. Sánchez Lozano.—BOLETÍN XXVII, 1900, páginas 67 á 88.

Madrid.

SÁNCHEZ LOZANO (D. RAFAEL).—Nota sobre algunos criaderos argentíferos de los términos de La Acebeda y Robregordo en la provincia de Madrid.—BOLETÍN XXIII, 1896, págs. 151 á 166.

MONTENEGRO (D. ANTONIO).—Alumbramientos de aguas en Madrid.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 171 á 176.

BENTABOL (D. HORACIO).—Estudios hidrogeológicos.—Provincia de Madrid.—Zona entre Torreldones, Navas del Rey y Madrid.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 209 á 240.

GARCÍA DEL CASTILLO (D. JUAN) Y RUBIO (D. CÉSAR).—Estudios hidrogeológicos.—Provincia de Madrid. Zona en-

tre el ferrocarril del Norte y el de Madrid á Zaragoza.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 241 á 264.

SÁNCHEZ LOZANO (D. RAFAEL) Y ALVAREZ ARAVACA (DON MARIANO).—Estudios hidrogeológicos. Provincia de Madrid. Zona entre los ferrocarriles de Madrid á Zaragoza y de Madrid á Cáceres y Portugal.—BOLETÍN XXVIII, 1906, páginas 265 á 296.

ADÁN DE YARZA (D. RAMÓN).—Estudios hidrogeológicos. Provincia de Madrid. Zona entre la capital, San Martín de Valdeiglesias y el ferrocarril de Madrid á Alicante.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 297 á 320.

MALLADA (D. LUCAS).—Aguas y pozos de los barrios bajos de Madrid.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 321 á 328.

RUBIO (D. CÉSAR) Y KINDELÁN (D. ALFREDO).—Continuación del estudio hidrológico de la cuenca del Tajo, entre los ferrocarriles del Norte de España y de Madrid á Zaragoza.—BOLETÍN XXX, 1909, págs. 9 á 30.

Murcia.

NICKLES (M. RENÉ).—Nota acerca de los terrenos secundarios de las provincias de Murcia, Almería, Granada y Alicante; traducción de D. R. Sánchez Lozano.—BOLETÍN XXIII, 1896, págs. 145 á 150.

NICKLES (M. RENÉ).—Los terrenos secundarios de las provincias de Murcia, Almería, Granada y Alicante.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 35 á 40.

PATO Y QUINTANA (D. MANUEL).—Descripción física de la provincia de Murcia.—BOLETÍN XXIX, 1908, páginas 1 á 158.

CORTÁZAR (D. D. DE).—Estudio geológico de una explo-

sión de gases no inflamables dentro de una mina.—BOLETÍN XXIX, 1908, págs. 303 á 314.

Navarra.

PALACIOS (D. PEDRO).—Ofitas de la provincia de Navarra.—BOLETÍN XXII, 1895, págs. 173 á 248.

PALACIOS (D. PEDRO).—Observaciones acerca del terreno estrato cristalino de la provincia de Navarra.—BOLETÍN XXIII, 1896, págs. 139 á 143.

Orense.

MALLADA (D. LUCAS).—Nota acerca de las minas de tungstato de hierro en el término de Casayo (provincia de Orense) y en el de Montoro (provincia de Córdoba).—BOLETÍN XXIX, 1908, págs. 315 á 326.

Palencia.

OLAVARRÍA (D. MARCIAL DE).—Huevos fósiles encontrados en Cevico de la Torre (provincia de Palencia).—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 133 á 138.

ADÁN DE YARZA (D. RAMÓN).—Nota acerca de los yacimientos cupríferos del Norte de la provincia de Palencia.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 1 á 9.

SÁNCHEZ LOZANO (D. RAFAEL).—Datos geológico-mineros relativos á la cuenca carbonífera de Guardo (Palencia).—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 105 á 134.

Pontevedra.

SÁNCHEZ LOZANO (D. RAFAEL).—Nota referente á varios yacimientos de estaño de la provincia de Pontevedra.—BOLETÍN XXVIII, 1906, págs. 12 á 24.

Segovia.

LLORENTE (D. TOMÁS).—Datos referentes á diversas cavernas de la provincia de Segovia, y particularmente de la conocida con el nombre de Cuenca la Solana de la Angostura, en el término de Encinas.—BOLETÍN XXV, 1898, páginas 349 á 376.

Soria.

NARANJO (D. ENRIQUE).—Relación de un fenómeno sísmico ocurrido en la provincia de Soria.—BOLETÍN XXIX, 1908, págs. 297 á 302.

Toledo.

RUBIO (D. CÉSAR), VILLATE (D. ENRIQUE) Y KINDELÁN (D. ALFREDO).—Estudios hidro-geológicos.—Provincia de Toledo. Zona del Alberche y Guadarrama, en la cuenca del Tajo.—BOLETÍN XXIX, 1908, págs. 159 á 226.

ALVAREZ ARAVACA (D. MARIANO).—Estudios hidrogeológicos. Cuenca del Tajo. Zona de este río, del Alberche y del Tietar, en la provincia de Toledo.—BOLETÍN XXX, 1909, págs. 103 á 128.

REGIONES

España en general.

PUIG Y LARRAZ (D. GABRIEL).—Cavernas y Simas de España.—BOLETÍN XXI, 1894, págs. 1 á 392.

PUIG Y LARRAZ (D. GABRIEL).—Notas bibliográficas (1893-1894).—BOLETÍN XXI, 1894, págs. 392 á 440.

PUIG Y LARRAZ (D. GABRIEL).—Notas bibliográficas.—BOLETÍN, XXII, 1895, págs. 249 á 272.

PUIG Y LARRAZ (D. GABRIEL).—Reseña geográfica de las

publicaciones de la Comisión del Mapa geológico de España (1873-1892).—BOLETIN XXII, 1895, págs. 273 á 352.

PUIG Y LARRAZ (D. GABRIEL).—Notas bibliográficas, 1897.—BOLETIN XXIV, 1897, págs. 259 á 284.

PALACIOS (D. PEDRO).—Descripción de algunos cefalópodos triásicos encontrados en España.—BOLETIN XXIII, 1896, págs. 199 á 210.

PUIG Y LARRAZ (D. GABRIEL).—Notas bibliográficas, 1896. BOLETIN XXIII, 1896, págs. 279 á 304.

BENTABOL Y URETA (D. HORACIO).—Las aguas de España y Portugal, BOLETIN XXV, 1898, págs. XI á XVI y 1 á 348.

PUIG Y LARRAZ (D. GABRIEL).—Notas bibliográficas, 1898.—BOLETIN XXV, 1898, págs. 377 á 404.

MALLADA (D. LUCAS).—Datos geológicos mineros de varios criaderos de hierro de España.—BOLETIN XXVI, 1899, págs. 153 á 204.

CORTÁZAR (D. DANIEL DE).—Las hachas de piedra pulimentada en España.—BOLETIN XXVI, 1899, págs. 221 á 232.

PUIG Y LARRAZ (D. GABRIEL).—Notas bibliográficas, 1899.—BOLETIN XXVI, 1899, págs. 257 á 281.

CORTÁZAR (D. DANIEL DE).—Noticia referente á estudios hidrogeológicos en España.—BOLETIN XXVIII, 1906, págs. 177 á 208.

Cataluña.

ALMERA (DOCTOR D. JAIME) Y BOFILL Y POCH (D. AR-

TURO).—Moluscos fósiles recogidos en los terrenos pliocenos de Cataluña. Descripciones y figuras de las formas nuevas y enumeración de todas las encontradas en dichos yacimientos.—BOLETIN XXIV, 1897, págs. 1 á 224.

MARTEL (E. A.).—Exploraciones subterráneas en Baleares y Cataluña: Traducción y notas de D. Gabriel Puig y Larraz.—BOLETIN XXIV, 1897, págs. 229 á 258.

COSSMANN (M.).—Estudio de algunos moluscos eocenos del Pirineo catalán.—BOLETIN XXIII, 1896, págs. 167 á 198.

PUIG Y LARRAZ (D. GABRIEL).—Los hipuritos de Cataluña Compendio de los trabajos de H. Douville referentes á los rodistos.—BOLETIN, XXIII, 1896, págs. 211 á 278.

COSSMANN (M.).—Estudio de algunos moluscos eocénicos del Pirineo catalán.—BOLETIN, XXVIII, 1906, págs. 135 á 152.

FLICHE (M. P.).—Profesor de la Escuela forestal de Nancy.—Nota sobre algunos vegetales terciarios de Cataluña.—BOLETIN XXVIII, 1906, págs. 153 á 166.

Provincias Vascongadas y Navarra.

ADAN DE YARZA (D. RAMON).—El país vasco en las edades geológicas.—BOLETIN XXVIII, 1906, págs. 45 á 64.

Sur de España.

SCHRODT (J.).—Datos para el estudio de la fauna pliocena del Sur de España, traducción del alemán por D. Pedro Palacios.—BOLETIN XXIII, 1896, págs. 85 á 132.

NICKLES (M. RENÉ).—Sobre la existencia de fenómenos de cobijadura en la zona subbética.—BOLETIN, XXVIII, 1906, págs. 41 á 44.

NICKLES (M. R.).—Sobre la existencia de fenómenos de cobijadura en la zona subbética.—BOLETÍN XXVIII, 1906, páginas 77 á 104.

ADAN DE YARZA (D. RAMON).—Dos palabras referentes á la teoría de las zonas de cobijadura, como prólogo á la traducción de un trabajo del Sr. Nicklés.—BOLETIN XXVIII, 1906, págs. 65 á 76.

Cuba.

COTTEAU (M. G.).—Descripción de los equinoides de la Isla de Cuba, adicionada por D. Justo Egozcue y Cía.—BOLETIN XXII, 1895, págs. 1 á 100.

NOTAS SUELTAS
DE
HIDROLOGIA SUBTERRANEA

NOTAS SUELTAS DE HIDROLOGIA SUBTERRANEA

tomadas de los informes emitidos por los Ingenieros del Instituto Geológico con motivo de las investigaciones efectuadas con el auxilio del Estado y de otros estudios análogos.

PREAMBULO DE LA DIRECCION DEL INSTITUTO

Con motivo del auxilio informativo y de las subvenciones ofrecidas por el Estado á los particulares y Corporaciones que emprendan investigaciones para la iluminación de aguas subterráneas, con arreglo al Real decreto de 28 de Junio de 1910, los Ingenieros del Cuerpo de Minas al servicio del Instituto Geológico vienen haciendo reconocimientos de diversas localidades de España y emitiendo luminosos informes que, hasta ahora, sólo han sido comunicados á la Superioridad y á los solicitantes.

Entre estos informes, algunos tienen carácter tan limitado y restringido—por la índole del objeto que los motivó ó lo reducido del lugar á que se refieren—que difícilmente pueden interesar más que á los investigadores á quienes afecta el caso examinado. En cambio, otros, por el carácter de generalidad con que tratan las cuestiones hidro geológicas; por la extensión de las comarcas que abarcan; por la doctrina en ellos contenida ó por la aplicación de ésta á otras investigaciones análogas; por lo que pueden contribuir á desterrar preocupaciones, errores ó supuestos insuficientemente fundamentados, ó por otras razones no menos atendibles que se desprenden de la lectura de los referidos informes, tienen tal interés que merecen ser publicados. Porque su publicación no sólo ha de satisfacer la curiosidad y los propósitos de otras corporaciones y de otros particulares distintos de los que los motivaron, sino que acaso pueden servir de norma á los numerosos Ingenieros de diversas especialidades

que, á partir de la publicación del tomo V de la 2.^a serie del Boletín de la Comisión del Mapa Geológico (casi exclusivamente dedicado al estudio de *Las aguas de España y Portugal*) se ocupan, cada día con mayor ahinco, en esta clase de trabajos é investigaciones tan esenciales al fomento de la riqueza pública y particular del país.

Y, como si estas consideraciones no constituyesen suficiente motivo para dar á conocer en «Notas Sueltas» esos estudios, tan modestos en la forma como útiles en el fondo, acaba de afinar á este Instituto en su propósito la confianza que abriga en que la recopilación de tan valiosos materiales contribuirá eficazmente á que sea posible, en no lejana oportunidad, conocer y describir concienzudamente la hidrología subterránea de la península ibérica, apenas hoy bosquejada.

INFORME EMITIDO

por el Ingeniero Jefe D. Horacio Bentabol

Sobre las probabilidades de encontrar nuevas aguas subterráneas en el término de Adahuesca, provincia de Huesca.

El siguiente informe oficial fué emitido por el Ingeniero Jefe Sr. Bentabol, con motivo de la instancia elevada por el Ayuntamiento de la villa de Adahuesca (Huesca) al Ilustrísimo Sr. Director General de Agricultura, Industria y Comercio, en 14 de Noviembre de 1910, en solicitud del auxilio informativo que se ofrece en el Real decreto de 28 de Junio del mismo año, y en caso oportuno, de la mitad del importe de las obras del alumbramiento necesarias á que el mismo se refiere, siguiendo la tramitación establecida.

La Dirección general pasó la instancia al *Instituto Geológico*, y el Ilmo. Sr. Director de éste comisionó al Ingeniero arriba nombrado para informar, después de hecho el reconocimiento hidrogeológico del terreno; siendo producto del referido reconocimiento el dictamen que á continuación se copia:

El pueblo de Adahuesca, perteneciente á la provincia de Huesca, está situado entre la capital de la misma, la ciudad de Barbastro y el Pirineo, sobre el extremo oriental de una alta meseta que forma el terreno en la prolongación meridional de la *Sierra de Sevil*, comprendidas (ésta y la meseta de Adahuesca) entre las cuencas de los ríos *Vero*, que corre por el E., y el *Isola*, afluente del *Alcandre*, que se halla al O.; los tres con vertiente hacia el S. y formados por aguas procedentes del Pirineo que van á engrosar el caudal del *Cinca*.

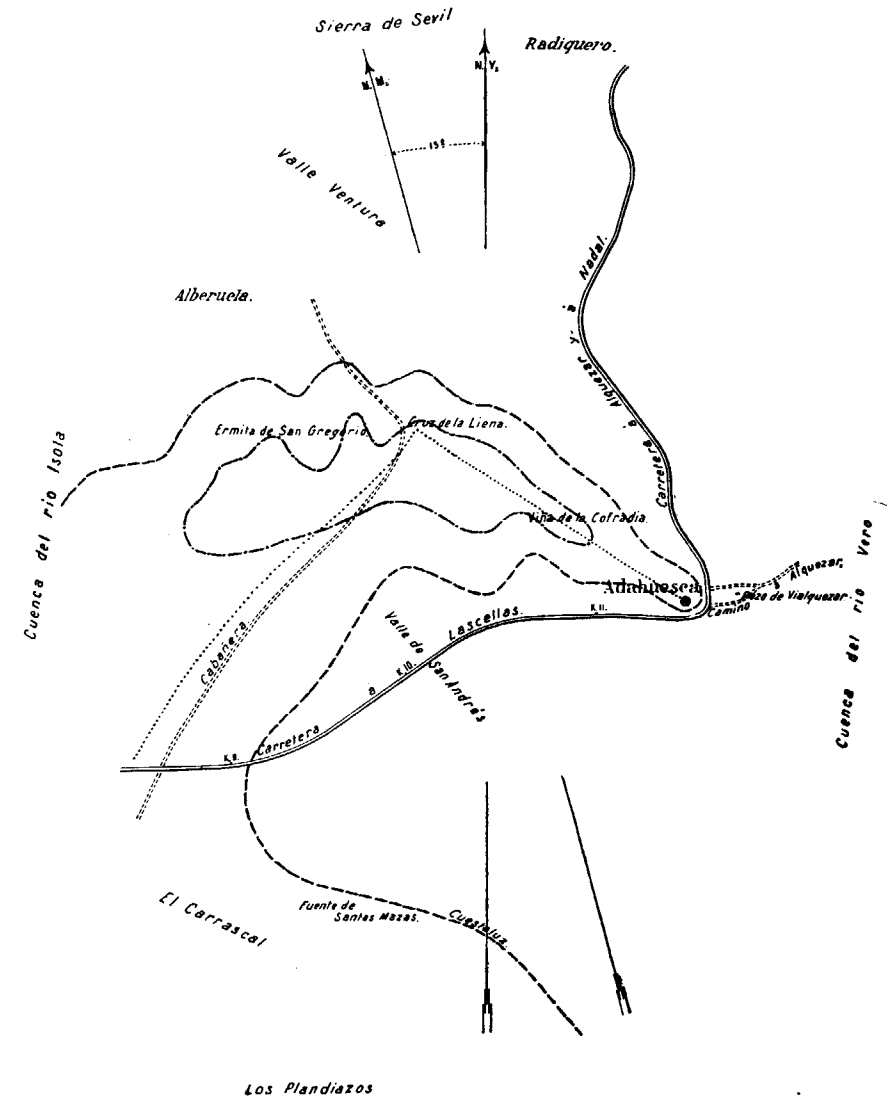
Esta situación del pueblo corresponde, sin duda, á la de alguna antigua atalaya que debió servir en remotos tiempos

de intermediaria entre la fortaleza que existía en lo alto del Peñón tajado que hay en Alquezar, en la orilla derecha del río *Vero*, donde ahora radica la iglesia parroquial de este pueblo, y los puntos avanzados en dirección de Huesca y de Barbastro; cerca de cuya última ciudad se ve un alto cerro coronado por un antiguo castillo.

Coincide con esta hipótesis la etimología del nombre del pueblo que, según las personas de la localidad más enteradas en estas materias, deriva de las palabras *ad-Oscam* (es decir, hacia Huesca), por hallarse este paraje situado entre los pasos practicables de los Pirineos centrales y Huesca, en latín *Osc*. Circunstancia que no consigno por vano alarde de erudición, sino con objeto de hacer notar que la situación de Adahuesca es poco favorable para el éxito de los alumbramientos de aguas que se intenten en el mismo pueblo ó en sus más próximos alrededores, puesto que es muy escasa la superficie de los terrenos inmediatos á Adahuesca cuya altitud supera á la del pueblo, y aun éstos con pocos metros de desnivel sobre el mismo.

Esta superficie puede limitarse dentro de la curva de nivel (indicada con trazos en el plano adjunto) que, partiendo del borde inferior y oriental del pueblo sobre la carretera que conduce á Alquezar, vuelve hacia el NO. por el N. del pueblo, corre por la ladera meridional del valle *Ventura*, situado al N. de Adahuesca, á distancia variable de 200 á 400 metros del camino que se dirige á Alberuela, pasa por el N. y cerca de la *Cruz de la Liena* y de la ermita de San Gregorio y vuelve alrededor de ésta hacia el SO. para continuar paralelamente al curso del río *Isola*, y á la vereda de ganados allí llamada la *Cabañera*; atravesando la carretera de *Lascellas* cerca de *Ábiego*, y dando vuelta por detrás del cerro de la *Carrasca de la Corona*, pasa por el N. del alumbramiento artificial de la *Fondota*, vuelve por último hacia el N. por el valle del río *Vero* y después al NO. por *Cuestaluz* y el N. de la carretera, hasta cerrar la curva en el borde oriental del pueblo; que fué tomado como punto de partida de la misma.

Pero de esta superficie irregular sólo en una pequeña parte—que mide unos 1.700 metros desde la torre de la iglesia



Los Plandiazos
PLANO DE LOS ALREDEDORES DE ADAHUESCA

de Adahuesca hasta la *Cruz de la Liena*, y unos 3.000 metros desde la torre de Adahuesca hasta el cruce de la Cañabera con la carretera á Lascellas—y forma la vertiente SE. (es decir, aquella porción de la meseta de Adahuesca, cuyas aguas vierten al río Vero) se pueden intentar alumbramientos con alguna probabilidad de surtir al pueblo en condiciones aceptables.

Esta limitada porción, separada de la cuenca del río Alcanadre por la divisoria (señalada con línea de puntos en el plano) que siguiendo el camino á Alberuela, corre desde Adahuesca hasta la *Cruz de la Liena* y continúa desde ésta, por la *Cabañera* ó cordel de ganados para volver por detrás y al S. del cerro de la *Carrasca de la Corona* hasta el llano conocido con el nombre de Los Plandiazos, tiene una extensión superficial poco mayor de un kilómetro cuadrado en la parte comprendida entre el camino de Alberuela y el cruce de la Cabañera con la carretera á Lascellas, con muy escaso relieve sobre la curva de nivel de Adahuesca; pues los puntos más altos de tan reducida superficie se encuentran sobre la divisoria en la *Viña de la Cofradía*, á 19 metros sobre el portal de la posada de la plaza de Adahuesca; en la *Cruz de la Liena* á 20 metros sobre dicho nivel, y en el cruce de la Cabañera con la carretera, que sólo está unos 5 metros sobre el mismo.

Es el macizo montañoso antes descripto un desprendimiento de la Sierra de Sevil situada al N. de Adahuesca (que á su vez es una de las estribaciones del Pirineo), de cuya sierra se halla separado por el valle transversal llamado Ventura, cuyas aguas vierten al río Vero y está producido por el hundimiento del terreno entre dos fallas paralelas dirigidas al NO. que pasan respectivamente, una por el N. de Alberuela (pueblo situado al SO. del valle), y la otra por Radiquero Alto (que lo está al NE. del mismo); siendo la profundidad del valle bajo el puente de la carretera á Alquezar, de unos 45 metros, respecto de Adahuesca.

Por el S. va descendiendo suavemente la meseta de Adahuesca, desde la divisoria antes descripta hasta el empalme de la carretera de Huesca á Barbastro (cerca de Lascellas), con la que parte para Adahuesca, cuyo punto tiene la cota

aproximada de 475 metros, siendo 595 la de Adahuesca, también aproximadamente.

Dicho macizo, cuya estratificación compuesta de capas alternantes de arenisca y arcilla, terciarias, es sensiblemente horizontal y está cubierta por terrenos más modernos, de acarreo, en la porción que se extiende por el S. hasta cerca de Ábiego.

Tres fallas verticales y paralelas (dos de ellas ya mencionadas) corren en dirección NO. á SE. por el N. de Adahuesca, de las cuales coincide la primera sobre el terreno, hasta la Cruz de la Liena, con el camino que conduce á Alberuela por el NO., y con el camino á Barbastro por el SE. y las otras dos, pasan, respectivamente, una por las últimas casas del N. y el borde del cementerio de Adahuesca y por el N. de Alberuela, y otra por el barrio alto de Radiquero, del modo que se indica en el corte NE. á SO. del terreno, aquí croquizado.



Dicho esto, paso á describir rápidamente las fuentes, alumbramientos y otros *acuarios* (1) de los alrededores de Adahuesca, siguiendo el orden de situación de N. á S.

MANANTIALES.—Los pocos que existen cerca de Adahuesca, nacientes todos en las laderas que vierten hacia el río Vero y en parajes inferiores á la carretera, son:

La *Fuente de la Tosca* que brota en el barranco del mismo nombre. Es permanente, da un litro de agua por segundo que procede de la ladera S. del barranco, dista unos 600 metros del pueblo en dirección NE. á la profundidad de 70 metros, y, aunque su agua está considerada como potable, marca, sin embargo, 76.º hidrotimétricos.

La *Fuente de Isaca* que brota en otro barranco situado al S. del anterior, está al SE. del pueblo, cerca de una casa de labor y fábrica de alcohol. Se encuentra á menor distancia de

(1) Lugares y objetos abundantes en agua.

Adahuesca que la *Fuente de la Tosca*, á profundidad de 35 metros respecto á la plaza, y su agua marca 70° hidrométricos.

Los *Fallos* es un manantial situado á 2.500 metros del pueblo, camino á Barbastro, á 90 metros por bajo de la posada de la plaza, en el barranco del mismo nombre.

El manantial de *Santas Mazas*, situado á unos dos kilómetros y medio al SO. del pueblo y al mismo nivel de la posada de la plaza, poco más abajo del borde formado por la ladera llamado Cuestaluz con el llano del Carrascal, en la línea recta determinada por Adahuesca y el Cerro de la Carrasca de la Corona.

La Teja de los Cañizos. Está situada en la vertiente meridional de *Los Plandiazos*, y es de caudal escaso, que suele faltar.

Los Cañizos, distante un medio kilómetro al S. de la anterior en un barranco que corre al E., da un caudal permanente poco variable de un litro por segundo, que brota á nivel 28 metros más bajo que Adahuesca.

Por la vertiente opuesta de la meseta de Adahuesca (es decir, por las laderas del O. que vierten al río Isola, afluente del Alcanadre) no brotan, según mi reconocimiento y las noticias que pude adquirir, más que dos manantiales. Uno es el escasísimo (apenas indicado) en el camino de Alberuela, á 60 metros de la Cruz de la Liena en la ladera S. del valle Ventura, llamado de *Puchano*; y otro es el denominado de las *Esputiellas*, escaso, permanente y único por esta parte, situado en las vertientes de la izquierda del Isola, al NE. de la carretera de Abiego á Bierge, sin que por este lado se haya hecho ningún alumbramiento de aguas.

FUENTES ARTIFICIALES.—Siguiendo el mismo orden de enumeración de N. á S., se encuentran las siguientes, todas sobre las vertientes al río Vero:

Pozo de Valquezar. Empezado por mí en el olivar de D. Agustín Loscertales, sobre un escaso manantial que solía secarse en verano, situado 160 metros al NE. de la carretera y á igual distancia de los dos caminos que desde Adahuesca se dirigen á Alquezar y se reúnen 120 metros más abajo de dicho pozo. Está á nivel 10 metros inferior á la carretera

y dió á la profundidad de 1'60 metros, 30 litros por hora, en el estiaje.

La Fuente.— Es el alumbramiento potable de donde se surte el pueblo y marca 64° hidrotimétricos. Mana en un pozo cubierto situado unos 800 metros al S. de la carretera y á la profundidad de 3 metros y medio (á cuyo nivel puede descenderse por una escalera de piedra), y desde éste es conducida el agua por tubería á una fuente con caño de hierro y lavadero, situada en el paraje llamado las Bembas, 18 metros más bajo que la posada de la plaza. De caudal variable, dió en el aforo 1/3 de litro por segundo.

Fuente de la Cantariella.—Situada más lejos en el mismo camino y dirección al pueblo que la anterior, á la distancia de unos dos kilómetros y nivel 45 metros más abajo que la posada de la plaza, con caño y lavadero. Su agua, más permanente que en *La Fuente*, marca 67° y acusa un caudal de medio litro por segundo, próximamente.

La Fuente de Zamora.—Intermedia y próxima á las precedentes, da un agua que marca 50° hidrotimétricos. Es decir, que es la menos cargada de sales calizas y magnesianas de las que abastecen al pueblo y, por cierto, la más próxima á un antiguo convento.

Al S. de *Los Plandiazos*, en nivel muy inferior al pueblo y en la vertiente meridional de la meseta de Adahuesca, es decir, del otro lado de la divisoria de aguas al principio indicada y en condiciones de muy difícil aplicación para el abasto del pueblo, se encuentra situado el gran alumbramiento conocido en la localidad con el nombre de

La Fondota.—Es un alumbramiento artificial en zanja de tres metros de profundidad abierta en el terreno de acarreo, unos tres kilómetros al S. del cruce de la carretera con la Cañanera ó vereda de ganados.

Consta de dos nacederos distintos, cuyas zanjas paralelas en su origen y distantes entre sí unos 30 metros, se orientan al SO.

La más septentrional, propiamente llamada *La Fondota*, empieza en una atarjea cubierta, sobre cuya desembocadura está atravesada una piedra en cuyo frente se encuentra grabada la fecha 1798 (fecha, sin duda, de la ejecución del

alumbramiento ó de la reforma del mismo), de cuya atarjea sale un litro y medio de agua por segundo; caudal que se refuerza con nuevos veneros procedentes del N., hasta formar corriente de unos cuatro litros por segundo, que se dirigen á Abiego y vierten en la cuenca del Alcanadre.

La más meridional de estas zanjás, llamada *Fuente de Azlor*, no da más de tres litros por segundo y, regando el término de este pueblo, vierte en el río Vero. El agua de estos alumbramientos marca 25° hidrotimétricos; demostrando esta pureza y la situación de los manantiales, que ambos recogeen la mayor parte de las aguas superficiales más altas de la meseta de Adahuesca, desde el cruce de la carretera con la Cabañera hasta las vertientes orientales del cerro de la *Carrasca de la Corona*.

La abundancia y multiplicidad de los manantiales y alumbramientos por el lado SE. de dicha divisoria, en contraste con la escasez en número y caudal de la vertiente opuesta, demuestra que, aunque con débil pendiente, la estratificación del terreno buza en conjunto hacia el río Vero, en la meseta de Adahuesca, y que en las vertientes de este lado deben buscarse las aguas que se necesitan para el abasto del pueblo.

POZOS Y EMBALSES.—Existen muchos pozos en Adahuesca, unos manantiales y otros que reciben el agua de los tajados, y también algunas charcas ó balsas (generalmente usadas para el riego) entre las cuales debe citarse la grande de paredes mamposteadas, con longitud, anchura y profundidad de 50, 20 y 2 metros respectivamente y capacidad de unos 2.000 metros cúbicos, que está situada entre la *Cruz del Hospital* y la carretera; á cuya charca afluyen las aguas torrenciales que corren por el camino de Alberuela y sirven para abreviar el ganado. Esta charca, que no es de las más sucias del país, carece de desagüe y no se limpia más que cuando llega á secarse.

Necesidades del pueblo respecto al abasto de las aguas y medio de satisfacerlas.

Los habitantes de Adahuesca están atendidos al caudal de

La Fuente, para la bebida y usos domésticos más delicados; pero como ésta es escasa y en los veranos disminuye de un modo considerable ó llega á faltar algunas veces, tienen que recurrir aquéllos al agua de la *Cantariella*, distante dos kilómetros del pueblo.

Estas y otras consideraciones que omito para evitar el ser difuso, demuestran de un modo evidente la necesidad en que está el vecindario de aumentar su caudal de agua potable, estableciendo alguna fuente y lavadero en el mismo pueblo ó lo más cerca de él que sea posible.

Con este objeto, y por iniciativa del ilustrado vecino y ex alcalde de Adahuesca D Agustín Loscertales, que también fué presidente de la Diputación provincial de Huesca, se hicieron unos pocillos ó calicatas 300 metros al O. del pueblo, entre la carretera y el camino á Alberuela, en el sitio llamado Valle-Viello, á pocos metros sobre el nivel de la plaza, encontrándose en ellos agua potable, pero en muy corta cantidad y á la profundidad de tres metros; es decir, en condiciones que no permiten esperar resultado favorable por esta parte para el problema que se trata de resolver.

Soluciones del problema.

Hasta aquí llegan los datos y antecedentes adquiridos en la localidad, que van á servir al Ingeniero que suscribe para razonar las soluciones del problema hidráulico que se persigue. Y como se indicaba en el informe previo que el ilustrado Sr. Director del Instituto Geológico elevó á la Dirección de Agricultura con fecha 24 de Noviembre de 1910, la conveniencia de examinar la probabilidad de encontrar aguas artesianas procedentes de la *Sierra de Sevil*, que se halla al N. de Adahuesca, esta es la primera cuestión que voy á discutir en la presente sección de este informe.

Expresamente hice notar desde el principio la gran altura á que se halla la meseta de Adahuesca, puesto que la cota del pueblo es de 595 metros sobre el nivel del mar, 150 sobre el río Vero y 45 sobre el paso de la carretera por el valle Ventura que separa la citada meseta de la sierra de Sevil; cuyos números y niveles de referencia ya constituyen un fuer-

te indicio de la dificultad que hay para encontrar aguas artesianas en la meseta de Adahuesca.

Pero como aunque hubiese algún nivel artesiano en la referida sierra, éste quedaría cortado tres veces entre la misma y Adahuesca por las fallas paralelas que han producido el valle Ventura, de que al principio hice referencia, y como además la meseta de Adahuesca, cuya estratificación es sensiblemente horizontal, está profundamente desaguada por E. y O. por las hondas cuencas de los ríos Vero é Isola, resulta evidente que no es por medio de perforaciones artesianas como hay que buscar las aguas de que carece Adahuesca.

No hay que pensar, pues, en más aguas subterráneas para la meseta de Adahuesca que las procedentes de las aguas de lluvia que caen sobre la misma, de las cuales proceden las que brotan en *La Fondota* y en las demás fuentes y manantiales antes enumerados y descritos; y éstas, en las vertientes que bajan hacia el río Vero, por las razones expuestas al final de la descripción de los manantiales y fuentes.

Tampoco debe pensarse en la traída de aguas desde algún gran manantial existente en la sierra de Sevil, porque esta conducción (que tendría muchos kilómetros de longitud y debería cruzar el profundo valle Ventura), resultaría excesivamente costosa para el pequeño pueblo de Adahuesca.

No obstante estas dificultades, considero posible la solución del problema por medio de alumbramientos ó del aprovechamiento de las abundantes aguas meteóricas de la localidad, siguiendo los procedimientos que á continuación indico:

1.º El hecho de brotar los manantiales naturales llamados de *La Tosca*, *Isaca*, *Los Fallos*, *La Teja de los Cañizos* y *Los Cañizos*, en las vertientes al río Vero á niveles de 30 á 100 metros por debajo del pueblo, demuestra la existencia de capas ó fallas acuíferas aprovechables, que pueden buscarse; y en persecución de algunas de ellas, mandé empezar por cuenta del Ayuntamiento el pocillo de Vialquezar, de que más arriba hice mención; el cual dió, á muy escasa profundidad y en tiempo seco, un caudal de agua nada despreciable. Caudal que seguramente aumentará con la profundidad del pozo y en tiempos menos secos; pero aunque así no fuese,

puede buscarse el encuentro de las fallas más próximas, que pasan por el pueblo en dirección NO. á SE., por medio de una galería que parta del fondo del pozo.

Sólo es problemática en este pozo la calidad del agua, que puede mejorar ó empeorar respecto á la ya encontrada, según la dulzura ó salobridad de las capas permeables ó de las diaclasas por donde surjan y se corten hasta la profundidad de ocho metros que hay que dar al pozo; con objeto de conducir el agua alumbrada, por medio de una cañería, á la confluencia de los caminos que, partiendo del pueblo, se dirigen á Alquezar.

Si este agua fuese potable, podría utilizarse en la bebida. Si fuese gorda, podría darse al ganado, para el cual se haría un abrevadero en situación muy favorable en la confluencia de los citados caminos, que dista menos de 300 metros de la carretera y del pueblo, es decir, la tercera parte que la fuente hoy utilizada. Y por último, si la salobridad del agua fuese excesiva, siempre quedaría el recurso de utilizarla para riego.

Hay que tener presente que este pozo está situado entre los manantiales de *La Tosca é Isaca* y en paraje más alto y próximo al pueblo que éstos.

2.º También debe buscarse el agua subterránea en las vertientes de *Cuestalus* excavando una galería de investigación que, partiendo de la fuente de *Santas Mazas*, se dirija hacia *Los Plandiazos*, lugar llano y arcilloso, cubierto de juncos en muchas partes, situado por encima de *Los Cañizos* y de *La Teja de los Cañizos*, cuyas aguas deben proceder de las acumuladas en este llano.

El agua que se alumbrase en *Santas Mazas* (que no pude ensayar por haber encontrado seco el manantial en el día de mi visita) debe ser de calidad comparable al de *La Fondota* (la mejor de los contornos), porque procederá del acarreo superficial y de escaso espesor que se extiende por los llanos de *Los Plandiazos* y del *Carrascal*. Si su caudal fuese escaso, habría modo de aumentarlo con relativa facilidad por medio de zanjas convergentes hacia el lugar del alumbramiento, y de otros modos. La situación de esta fuente, á escasa altura sobre el nivel de la plaza y del pueblo y á moderada

distancia, permitirá conducir el agua á la parte baja del mismo, junto á la carretera, por medio de una tubería de tres ó cuatro kilómetros de longitud, que debería plegarse al trazado de la curva de nivel y á la entrada.

3.º Otra obra que debe ejecutarse sin demora es la construcción de un depósito cubierto é impermeable, entre el pozo manantial y el caño de *La Fuente*, capaz de contener 25 metros cúbicos por lo menos, que es el caudal del agua que brota en el pozo manantial en el transcurso de 16 horas; pues de este modo el agua que se pierde actualmente cada día durante este tiempo se podría aprovechar en las 8 horas restantes, si se tiene cuidado de que no se gaste el agua del depósito sino por medio de dos ó tres gruesos caños de hierro dotados de llave ó válvula, que sólo se abrirían para llenar los cántaros en tiempo mucho más corto y sin tener que esperar, como sucede ahora, en que el chorro de la fuente es tan reducido. Lo cual equivaldría para los efectos del abastecimiento á triplicar el caudal actual, cuya escasa fluencia se pierde hoy en su mayor parte, por correr á caño libre durante las horas de la noche y algunas más, en que no hay comodidad para ir por agua á la fuente.

Debo advertir que aunque es posible que se pudiese aumentar el manantial de *La Fuente* con algunas excavaciones hechas en su pozo manantial, no considero prudente hacer tal cosa mientras no esté asegurado el abasto del pueblo por otro medio; ante el temor de que tal intento pudiera alterar la calidad del agua y aun disminuir el caudal, si no se hiciese el trabajo con la habilidad y acierto necesarios.

4.º Pueden aprovecharse las aguas de lluvia reuniéndolas, no en los caminos como ahora se hace (de donde vienen cargadas con el estiércol de las caballerías y con las suciedades que dejan en ellos los caminantes), sino por medio de las zanjias de saneamiento excavadas en los terrenos demasiado arcillosos que hay al O. del pueblo, para conducir las ya á la charca existente ó á otra que debe abrirse algo más alta, al O. de la Cruz del Hospital.

Esta podría servir para surtir alguna fuente pública si se tuviese cuidado de hacer el captado y embalse en condiciones de suficiente limpieza y asepsia; pero en todo caso,

podría servir para el lavado de ropas, con muy poco gasto de jabón. No en la charca misma, sino en un lavadero que tomase de ésta el agua por medio de tubería y llave de paso.

Y 5.º Todavía queda á los vecinos de Adahuesca, además de los proyectos anteriores, el recurso de aprovechar las aguas de sus propios tejados en condiciones de limpieza hoy desconocidos en la localidad, ya para la bebida y cocina ó ya para el lavado de ropa y demás usos domésticos.

Pero estas últimas disposiciones, y casi diría todas las propuestas, difícilmente pueden dar resultado sin vencer inveteradas costumbres de apatía y descuido público y privado, así como cierta falta de iniciativa respecto á los servicios comunales y particulares en lo que afecta á la higiene y limpieza de calles, plazas y corrales.

Por último: como las soluciones propuestas al problema hidráulico de Adahuesca exigen gastos cuya cuantía es imposible fijar hasta conocer el resultado que dé el alumbramiento empezado por mí en el pocillo de Vialquezar y el aquí propuesto para la fuente de *Santas Mazas*, y no es posible hacer que quede en la localidad hasta obtener los datos que hoy faltan para formar los proyectos y presupuestos definitivos, á cuyo abono debe contribuir el pueblo de Adahuesca con la mitad de su importe, persona competente, considero necesario al objeto de fijar bien las ideas, procurando que el presente informe tenga algún resultado práctico, hacerlo terminar con el siguiente

Resumen

1.º Conviene remitir al Ayuntamiento de Adahuesca copia autorizada del presente informe y croquis, invitándole á que continúe por su cuenta la profundización del pocillo empezado á perforar en el olivar de Vialquezar pertenecientes á don Agustín Loscertales, entre los caminos que conducen á Alquezar, con las anchuras que fué empezado, hasta la profundidad de 8 metros; llevando nota de la clase y espesor y conservando muestras de las capas de terreno que se atraviesan y de las venas de agua que se corten.

2.º Igualmente debe el Ayuntamiento de Adahuesca abrir una galería de alumbramiento de aguas en la fuente

de Santas Mazas, que penetre por debajo del llano del Carrascal, siguiendo la procedencia del agua, hasta una longitud de 25 metros por lo menos.

Y 3.º Cuando estas dos obras estén hechas en la forma dicha, deberá notificarlo el Ayuntamiento para que pasando nuevamente un Ingeniero á la localidad y examinadas la calidad y cantidad de las aguas encontradas así como las demás circunstancias que descubran dichos alumbramientos, pueda formularse el proyecto y presupuesto definitivos, en el último de los cuales serán de abono los gastos que el Ayuntamiento haya realizado en las obras preliminares indicadas.

Conformándose el Sr. Director del Instituto y el General de Agricultura con el anterior informe, se remitió al Ayuntamiento de Adahuesca copia del mismo y del plano que lo acompaña.

Estudio relativo á las aguas subterráneas del término de Riudoms

EN LA PROVINCIA DE TARRAGONA

POR EL INGENIERO JEFE DEL CUERPO DE MINAS

D. Horacio Bentabol.

El Ayuntamiento de Riudoms (Tarragona) solicitó del Excmo. Señor Ministro de Fomento, en una razonada instancia que tiene fecha 2 de Agosto de 1910, el reconocimiento técnico por cuenta del Estado de la hidrología subterránea de aquel término municipal, y en caso indicado, la perforación de algunos sondeos en busca de aguas artesianas; con la esperanza de que si éstos obtuviesen éxito favorable, servirían de ejemplo y estímulo para que los emprendedores terratenientes de la localidad se decidiesen á perforar otros pozos artesianos por su cuenta.

Estando encomendado el servicio que el Ayuntamiento de Riudoms reclamaba al *Instituto Geológico de España*, pasó la referida instancia á éste por conducto de la Dirección general de Agricultura Industria y Comercio de quien depende; siendo á su vez el Ingeniero Jefe Sr. Bentabol el encargado por el Ilmo. Sr. Director del Instituto, de hacer el reconocimiento local y evacuar el informe que se interesaba.

El resultado del referido reconocimiento fué el siguiente dictamen:

El término municipal de Riudoms, enclavado en un extenso manchón aluvial procedente de los derrubios de las sierras hipogénicas, silúricas y triásicas que se extienden en anfiteatro por el NO. de Reus (1), situado entre el mar y la vía férrea de Zaragoza á Caspe y Barcelona, constituye parte del (por el suelo y por el clima) fértil campo de Tarragona y tiene una forma que difiere poco de la de un rectángulo de unos 4 kilómetros de E. á O. por 9 de N. á S., limitado al O. por la riera de Alforja, al S. y SE. por el mar Mediterráneo, y cruzado próximamente por su centro, por la riera de Maspujol, que corre de N. á S., y por la carretera á Reus, que se dirige al E.

En su centro se encuentra situada la villa de Riudoms, dotada de buenos servicios públicos y de canalización de agua, procedente de la mina de San Antonio, que marca 58° hidrotimétricos.

Las variadas producciones de este campo y la laboriosidad de sus habitantes, siempre atentos al adelanto y mejoramiento de sus cultivos—dignos de encomio y de atención por parte del Estado, así como de ser imitados por los terratenientes de muchas comarcas peninsulares—han hecho de los alrededores de la villa de Riudoms un verdadero vergel, en el cual el olivo, el algarrobo, el almendro, el maíz, la viña y sobre todo el avellano, que allí alcanza las proporciones de árbol y es abundantísimo, consumen enormes cantidades de agua de riego procedente de unas 84 minas ó galerías de alumbramiento cuya orientación difiere poco del meridiano y cuyas bocas están distribuídas y escalonadas con cierta regularidad á todos los niveles del terreno que desciende en pendiente uniforme desde las faldas de las sierras, próximamente indicadas por la vía férrea que corre á 145 metros sobre el nivel del mar, hasta las playas de éste.

Distribuídos entre tan considerable número de minados, existen también unas 200 norias y pozos, algunos con artefactos modernos, en los cuales se ha visto descender el nivel

(1) Y quizá y principalmente de otros orígenes inapercibidos de que en trabajo más extenso y general me ocuparé. (Nota del informante.)

del agua á medida que se ha aumentado el número de los pozos y de las minas.

Este gran número de pozos y de minas existentes, las limitaciones de la Ley (que por cierto recibe allí interpretaciones algo originales y de carácter local) y la multitud de intereses creados, hacen difícil ya el abrir nuevos pozos ni minas, ni la prolongación hacia arriba de las existentes: labor por otra parte que de día en día da menos resultado útil, porque se ha observado que cada alumbramiento nuevo ó la profundización de los pozos y la prolongación de las minas, se hace á expensas del caudal de los existentes. Resultado previsto y expresamente anunciado de un modo general en la página 233 del estudio que, con el título *Las aguas de España y Portugal*, tuve el honor de publicar en el tomo V, serie 2.ª, del *Boletín* de la Comisión (hoy Instituto) del Mapa Geológico de España; porque la cantidad de agua manantial que puede dar un terreno depende de la que penetra en él, y es limitada en cada caso.

En este estado las cosas, el Ayuntamiento de Riudoms solicitó del Excmo. Sr. Ministro de Fomento un reconocimiento y subvención aplicados al aumento del agua de riego que se desea, por medio de pozos artesianos; en la esperanza de que á mayor profundidad de la que se encuentran hoy las minas, puedan descubrirse capas acuíferas con carga hidrostática suficiente para dar surtidores ascendentes. Y este es el problema que voy á examinar á continuación, dividiéndolo en los dos siguientes:

1.º ¿Pueden obtenerse en el término de Riudoms aguas artesianas procedentes del terreno aluvial y diluvial donde toman sus aguas los actuales pozos y minados?

Y 2.º ¿Pueden obtenerse aguas artesianas en dicho término, procedentes de terrenos inferiores al diluvial?

Primera cuestión.—Para intentar resolver esta primera cuestión es necesario darse cuenta de las condiciones en que se encuentran las aguas subterráneas en el depósito cuaternario que forma el subsuelo del término de Riudoms.

El terreno aluvial que cubre la mayor parte del término de Riudoms está formado por capas de arena, cantos y grava, que constituyen lechos, tan porosos, que á veces presentan grandes oquedades, por arrastre (sin duda) del mate-

rial menudo que allí existió, separados por otros arcillosos impermeables. Pero es el caso, que los lechos permeables é impermeables del terreno, en el término de Riudoms, en vez de tener continuidad, son allí tan irregulares (sobre todo en sentido transversal de E. á O.) que los más prácticos poceros y minadores de la localidad, bastante hábiles por cierto, no pueden prever nunca el resultado que obtendrán en los minados que emprenden; pues con frecuencia dejan de encontrar agua á 20 ó 30 metros de profundidad en pozos abiertos entre minados próximos que están fluyendo abundantemente á mucha menos hondura. Y viceversa; alguna vez obtienen agua en lugares comprendidos entre otros que se encontraron secos hasta la base del terreno cuaternario.

Estas y otras indicaciones me demostraron la conveniencia de examinar el terreno, no sólo en todo el término municipal, sino en sus alrededores—especialmente en sus contornos altos, al N. de la vía férrea, por donde recibe el agua de las sierras impermeables que se levantan al N. y NO.—, resultando que las partes permeables del mismo, lejos de extenderse en capas ó lechos continuos, están constituidas por verdaderas *arroyadas de escasa anchura* formadas por arenas y á veces cantos y gravas que, encajonadas entre las arcillas, rellenan los cauces de las diversas y numerosas corrientes de agua, que, en forma de ramblas, fueron cambiando de curso en los diversos tiempos y á distintas alturas, con recorridos y sinuosidades muy diversas. Ramblas y arroyadas que han constituido verdaderos sistemas hidrográficos (superpuestos unas veces y entrelazados otras) sucesivamente enterrados por nuevos sedimentos, correspondientes á cada una de los diferentes relieves superficiales por que pasó el terreno y la distribución de las corrientes fluviales que en los diferentes períodos del derrubio produjeron el depósito diluvial.

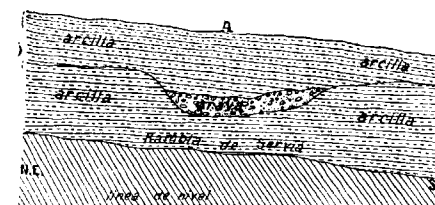
Constitución es ésta muy diferente de la que se atribuye con demasiada frecuencia en los tratados de Geología y en los libros especiales que tratan de alumbramientos de aguas á los terrenos sedimentarios; puesto que en dichos libros se admite sistemáticamente—tal vez sin suficiente fundamento—que las capas sedimentarias tienen una uniformidad

y regularidad de que con frecuencia carecen: sobre todo las permeables, que son las constituidas por materiales gruesos ó no emulsionables en el agua.

Obedientes á estos supuestos, copian unos autores de otros cierto corte ideal de terreno al tratar de los pozos artesianos. Corte realmente hipotético que, si se examinasen bien todos los casos de aguas surgentes, no se encontraría justificado, tal vez, sino en muy pocos.

En la imposibilidad de detenerme extensamente en este género de consideraciones, que me propongo desarrollar en un trabajo especial, haré constar que la forma en que en el campo de Tarragona se encuentran las capas permeables del terreno (forma que puede comprobarse en diversos parajes) se descubre de un modo muy característico en la ladera alta y cortada de la margen izquierda de la riera ó rambla de *Serviá*, que corre por el E. de Maspujol, antes de su confluencia con la riera de este nombre.

En esta ladera se ve que las capas permeables é impermeables, cortadas por el último cauce de la riera, afectan la forma y distribución indicada en el presente grabado,



en el cual se observa que la grava relleno en A el antiguo cauce abierto en arcilla. De donde se deduce, de acuerdo con la práctica de los poceros y minadores, que si en este paraje (hoy descubierto y en otro tiempo enterrado) se hubiese perforado algún pozo ó galería en A, antes de la formación de la actual rambla, se habría encontrado agua; mientras que á pocos metros á derecha ó izquierda del antiguo cauce A, las investigaciones para alumbramiento de aguas hubiesen sido infructuosas.

Igualmente demostraría aquí, como me propongo demostrar en lugar oportuno, que las capas permeables del terreno no tiene tampoco en longitud (es decir, hacia arriba

y hacia abajo de la línea de máxima pendiente) la continuidad que se les atribuye; y con relación al caso de Riudoms, diré—basándome en datos de observaciones y en consideraciones teóricas que, por no dar excesivas proporciones á este informe, omito—que ni todas las capas permeables tienen su origen en la parte alta del terreno diluvial (junto á las sierras), ni todas terminan y desagan bajo el mar.

Si en los pozos y galerías abiertas se hubiera tenido el cuidado de observar, anotar y dibujar en planos, las capas permeables é impermeables cortadas, con todos los accidentes advertidos, se tendría mucho adelantado para conocer la constitución geológica profunda, tan necesaria para resolver con la mayor seguridad posible la presente cuestión. Pero aquí, como en tantas otras partes, los poceros y propietarios sólo se han cuidado de utilizar las aguas cuando las han encontrado; y nada más.

A pesar, pues, de tan gran número de minados, como son los existentes, no hay datos suficientes para trazar cortes geológicos verdaderos en el término de Riudoms y, por otra parte, el levantamiento general del plano de las minas y pozos actualmente abiertos, sería un trabajo largo, costosísimo y en muchos parajes impracticable.

En tales condiciones, el encontrar alguno de los veneros acuíferos por medio de sondeos cuyo emplazamiento no hay modo de determinar con garantías de acierto, es una eventualidad que tiene más probabilidad en contra que en favor; porque los cauces con relleno permeables, son más estrechos que los espacios impermeables que los separan.

Pero aunque en determinado paraje se cortasen con un sondeo, no una, sino varias capas permeables, como éstas están profundamente sangradas por la multitud de minas y pozos existentes que constituyen desagües libremente abiertos, éstos impedirán que el agua contenida en las capas tengan la suficiente presión para salir á la superficie.

No quiere esto decir que no pueda existir en el término de Riudoms algún cauce subterráneo lleno de agua en presión que haya escapado á los alumbramientos existentes ó que esté cortado á suficiente altura para que, en parajes inferiores, pueda dar aguas artesianas; pero el cortar este

supuesto cauce (de cuya problemática existencia y situación no hay el menor indicio) lo considero más difícil que el acertar á sacar á tuestas un número determinado entre 50.000 que hubiese en un cesto.

Es decir, que así como si no existiesen las numerosas y largas minas del término de Riudoms, sería muy probable y hacedero el obtener aguas artesianas en diversos parajes de él, la multitud de minas existentes hoy á diversos niveles hace tan improbable el obtenerlas, que esta improbabilidad raya casi en imposibilidad absoluta.

Segunda cuestión.— Ya que no es posible contar con aguas artesianas en el término de Riudoms dentro del espesor del terreno cuaternario, veamos si hay probabilidad de hallarlas más abajo, en terrenos más antiguos.

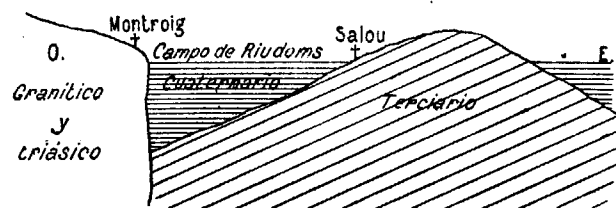
Los bordes altos del cuaternario entre Maspujol y Castellvell, al N. de Riudoms, en contacto con el terreno siluriano, tienen la cota de 190 á 290 metros; siendo la de Riudoms 90 metros, y la de la estación de Reus (punto más alto por el E. de Riudoms, dentro del manchón diluvial) 110 metros; descendiendo en declive uniforme hacia el mar todo el campo comprendido entre el promontorio de Salou, Reus y las sierras del Norte y Norceste.

La formación anterior á la cuaternaria, que penetra por debajo de ésta en el término de Riudoms, es la terciaria miocena, que aparece en la peña de Castellvell, donde está construída la ermita de Santa Ana; en la partida de Blancafort, al E. de Riudoms, entre esta villa y Reus; y cerca de Salou, entre el mismo y Vilaseca.

Pero las capas calizas de estos afloramientos del terreno terciario, así como las calizas del triásico, que aparecen entre Castellvell y Maspujol, tienen un fuerte buzamiento hacia el O. que varía, según los puntos, desde 20° á 40°.

Y como, además, queda limitado por el O. el terreno cuaternario por el triásico del macizo montañoso de Llavería (sin indicio de terciario por esta parte), y en algunos pozos abiertos en la sierra de Alforja al O. de Riudoms, se ha encontrado directamente debajo del cuaternario—á profundidad de 20 metros—el granito descompuesto que puede verse entre Borjas del Campo y Riudecañas, parece dedu-

cirse que existe una gran falla ó rotura del terreno de fecha posterior á la formación terciaria, que corre con dirección próxima al N. por el O. de Riudoms, con hundimiento del terreno terciario; como demuestra el presente corte, supuesto de E. á O. por la orilla del mar.



Esta manifiesta falla está confirmada más al N. del término de Riudoms, siguiendo el pie de las sierras silurianas y triásicas, con la dirección NE. á SO., tomada en conjunto y siguiendo la línea de contacto de dichas sierras con el gran manchón cuaternario que se extiende por el NO. de Tarragona, cerca de Plá de Cabra, Picamoixons, Alcober, La Selva, Castellvell, Montbrió, Montroig y Hospitalet. Y la misma inclinación hacia el O. que en Salou y en Castellvell acusa la roca en que está asentada Tarragona, confirmando el hundimiento que se observa al O. de Reus.

Tenida en cuenta esta circunstancia, resulta también improbable la existencia de aguas artesianas en el término de Riudoms, procedentes de niveles inferiores al manchón diluvial, por las razones siguientes:

a) Los terrenos siluriano y extrato-cristalino que pueda haber bajo el término de Riudoms, no son susceptibles de dar aguas artesianas.

b) Es improbable en el terreno terciario inferior á dicho término la existencia de las capas permeables é impermeables necesarias para que exista algún nivel artesianos, porque en Castellvell, único punto en que se descubre la base de dicho terreno, la caliza terciaria descansa directamente sobre la pizarra siluriana, sin ninguna capa impermeable superior ni inferior.

c) Aun en el caso improbable de que existieran las capas impermeables necesarias para formar el embalse artesianos en dichos terrenos terciarios, el agua no sería surgente en el

término de Riudoms porque los bordes altos de dichas capas, que estarían ocultos debajo del cuaternario entre Castellvell y Salou no pueden tener altura suficiente para ello; pues en Reus, cuya altura sobre Riudoms no es más que de 15 metros, el terreno cuaternario que cubre dichos afloramientos tiene mucho mayor espesor que estos 15 metros, según han demostrado los minados hechos para alumbramientos de aguas; y

d) Por último; porque aunque existiesen las deseadas capas artesianas debajo de Riudoms, y aunque prescindieramos del inconveniente dicho en el párrafo anterior, estas capas encontrarían fácil desagüe hacia el próximo mar, á lo largo de la falla occidental de que antes hice mención.

Aquí terminaría este informe si hubiese de quedar limitado al examen de si puede ó no haber aguas artesianas en el término de Riudoms, con una negación rotunda. Debiendo advertir que el único intento de perforación artesianos hecho hace veinticinco ó treinta años, á la derecha del camino entre el pueblo y la capilla de San Antonio, en condiciones imposibles de averiguar—pues sólo por incompletas referencias que suponen llegó el sondeo á unos 60 metros y por un trozo del tubo de hierro que sirvió para revestirlo, cortado del piso por el labrador de la finca en que se hizo, puede asegurarse la certeza del taladro—fué de resultados negativos. Circunstancia que podrá no ser concluyente respecto á la falta de agua artesianos, pero que yo la considero confirmativa de las consideraciones que dejo expuestas, contrarias á la existencia de dichas aguas en Riudoms.

Solución del problema.

Ya que no sea probable la existencia de aguas artesianas en Riudoms ni conveniente el perder el tiempo y dinero en su investigación, veamos si hay modo de aumentar la cantidad de agua disponible en dicho término; para resolver cuya cuestión, conviene recordar la procedencia de las aguas que

se alumbran en él, á fin de ver si se puede mejorar su caudal de alguna manera y el modo de utilizarlas.

Las aguas subterráneas del término de Riudoms proceden:

- 1.º De las escurrantías de las sierras impermeables que en arco de círculo rodean por el N., NO. y O. al mismo, penetrando en el terreno por los bordes altos de los aluviones, así como en los anchos cauces de las diversas rieras ó ramblas que desde las aludidas sierras se dirigen hacia el mar.
- 2.º De las aguas llovedizas sobre la misma localidad que en gran proporción penetran en el terreno, á causa de lo bien labrada que está su superficie, para salir poco á poco y después de algún tiempo por los niveles inferiores; y
- 3.º De las filtraciones que los mismos riegos de las partidas altas producen en las galerías que desembocan en las bajas.

Este último origen del agua alumbrada en minas y pozos, sobre el cual conviene fijar la atención, es de tal naturaleza, que, si fuese posible seguir el curso de algunas gotas de agua á través de la tierra, se las vería surgir de una mina, servir al riego, filtrarse á mayor profundidad y resurgir de nuevo, tres ó cuatro veces, antes de perderse en el mar, ó por evaporación.

Siendo así, es probable que el agua alumbrada en las minas esté tanto más cargada de sales cuanto menor sea el nivel de las mismas, como lo confirman los únicos datos de observación que tomé respecto á este particular; pues mientras la mina de San Antorio que desemboca en el paseo del mismo nombre y abastece al pueblo da un agua que marca 58º hidrotimétricos, la mina de Santa Cruz, situada unos 1.200 metros al NO. de Riudoms y á nivel 35 metros más alto, sólo marcó 48º hidrotimétricos. Indicación que podrá ser de gran utilidad al pueblo, si sabe sacar partido de ella.

Los alumbramientos hechos por medio de pozos presentan el inconveniente para el que ha de utilizar el agua de tener que ser ésta elevada artificialmente; pero poseen la ventaja para el común de los regantes de no hacer perder agua al terreno durante las horas, días y aun meses en que no se saca el agua.

En cambio, los alumbramientos de aguas hechos por me-

dio de galerías, si bien dan al regante que las utiliza el agua sin gasto de extracción, *constituyen verdaderas sangrías permanentes que hacen perder agua al terreno en todo tiempo.* ¡Agua perdida, que tanta falta hace en los meses más secos del año!

Teniendo en cuenta todo lo dicho en el presente informe y como resumen de él, considero de gran utilidad dejar consignadas las siguientes

CONCLUSIONES

1.º No hay probabilidad de encontrar aguas artesianas en el término de Riudoms.

2.º El problema de los riegos en Riudoms no consiste tanto en la apertura de nuevos alumbramientos, sean ó no artesianos, como en procurar el aumento de caudal de los existentes y en evitar el inútil y perjudicial desagüe permanente del terreno que hoy producen durante la mayor parte del año las 84 minas abiertas.

3.º Para aumentar el caudal de aguas que puede penetrar en el terreno deben ejecutarse las sencillas obras especiales propuestas en las páginas 156 y siguientes del libro *Las aguas de España y Portugal*, más arriba citado, tanto al pie de las sierras que limitan por N. y NO. el campo de Riudoms como en las mismas rieras ó ramblas, por medio de presas enterradas; según un plan que debe estudiarse expresamente.

4.º Para disminuir la desecación del terreno, evitando en gran parte la inútil pérdida de agua derrochada por las minas, deben construirse de trecho en trecho, en éstas, pequeños muros transversales que, sin interceptar completamente el tránsito á los minadores, detengan y embalsen el agua en ellas y en el terreno, á fin de tener en los meses de riego la mayor parte del agua que hoy se escapa en los restantes.

Teniendo en cuenta que á las minas de Riudoms suele dárseles de pendiente 1 por 300, estos muretes deben distribuirse de 100 en 100 metros á partir de su desembocadura, dándoles medio metro de altura á cada uno y dotándoles con pequeñas compuertas inferiores, que se tendrá cuidado

de cerrar los meses en que no se riega, abriéndolas lo preciso en las temporadas de riego.

Y 5.º Para utilizar el agua que, á pesar de la anterior prescripción, salga todavía por las minas en invierno, en vez de dejarla correr libremente, se la hará penetrar en pozos perdidos ó absorbentes que se perforarán cerca de las desembocaduras de las minas, donde no los hubiese; como ya lo practica allí algún experto terrateniente, digno oficial del Cuerpo de Ingenieros militares.

Todas estas indicaciones que interesan al común de regantes, pero que no son directamente lucrativas para ninguno y, antes al contrario, constituyen para cada cual cierta carga que ha de tratar egoístamente de evitar, deben ser impuestas, ejecutadas y reglamentadas por el Municipio, por la Provincia ó por el Estado; sin lo cual considero letra muerta lo consignado aquí.

Pero también considero tan importantes las proposiciones anteriores, que no dudo en afirmar que, siguiéndolas exactamente, se duplicará ó triplicará el caudal de aguas subterráneas disponibles en el término de Riudoms, durante los meses en que se necesita el riego artificial.

De acuerdo con este informe, comunicado al Ayuntamiento de Riudoms, devolvió el Instituto Geológico de España la solicitud presentada á la Dirección general de Agricultura, Industria y Comercio, en 22 de Noviembre de 1911.

Nota sobre la importante intervención de las grandes fallas geológicas en el régimen hidráulico superficial y subterráneo

POR EL INGENIERO JEFE DE MINAS

Don Horacio Bentabol.

En el «*Estudio sobre los lagos y manantiales de Bañolas, Espolla y San Miguel de Campmayor*», publicado en el 2.º cuaderno del tomo XXX del *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico* (hoy Instituto) expliqué, de un modo algún tanto inesperado, el régimen hidráulico de aquella comarca, sobre el supuesto de la existencia, por mí reconocida, de grandes y numerosas fallas que la cruzan en varias direcciones; cuyas fallas sirven de conductos receptores y de distribución, por donde discurren en profundidad las aguas subterráneas de la misma.

En aquel *estudio* hice notar que entre las principales fallas allí descritas hay dos que, atravesando el lago de Bañolas casi en ángulo recto, produjeron, por ensanche y hundimiento, el embalse actual; explicando también cómo depende de ellas el régimen hidráulico del lago y de los próximos estanques y manantiales, y cómo dichas fallas, con las demás de la comarca, influyeron en otros tiempos en los fenómenos volcánicos de la región, cuyos centros principales son Olot y Bañolas.

También insistiré de nuevo, extensamente, en el estudio próximo á publicarse en este nuestro BOLETÍN, sobre el régimen hidráulico superficial y subterráneo del tercio superior de la cuenca del Guadiana, en el importante papel (con frecuencia desconocido ó poco estudiado) que las fallas y diaclasas del terreno juegan en el régimen superficial y subterráneo

de las aguas; en el cual las roturas tienen con frecuencia mucha más importancia, é influyen de un modo mucho más preponderante, que las capas permeables del terreno, á las que suele concretarse casi por completo la atención de los hidrólogos.

Muchas veces las fallas han determinado el primitivo cauce de alguna corriente superficial que, contribuyendo al continuado derrumbamiento de las márgenes y al arrastre de los materiales caídos, han ido ensanchando sucesivamente la estrecha abertura, hasta producir un amplio valle bajo cuya vaguada se oculta la falla; difícil hoy de reconocer muchas veces por estar cubierta con los sedimentos arrastrados por el agua.

Pero cuando la roca en que se abrió paso una corriente superficial es dura y consistente, ésta continúa discurriendo por lo hondo de los profundos *cañones y desfiladeros*, entre los cuales los hay notables en la costa de la provincia de Granada, cerca de Albuñol, y al Sur de Sierra Nevada, con trayectos sinuosos y costados verticales ó poco menos.

En otros casos suelen producirse lagunas ó lagos alargados que á veces se presentan en series prolongadas, en forma de rosarios; de cuyo tipo son un ejemplo característico las llamadas *Lagunas de Ruidera*, en el río de este nombre, también conocido por el *Alto Guadiana*, de las que haré descripción especial en el próximo trabajo antes aludido.

Otras veces las fallas han servido de iniciación á débiles corrientes subterráneas que, ensanchando sus conductos lenta y continuamente por erosión y disolución del material de las paredes, han llegado á formar verdaderos ríos subterráneos, á los cuales son debidos la mayor parte de los manantiales de cuantioso caudal.

Pero con frecuencia, aunque hay fallas que tienen considerable influencia en el régimen de las aguas subterráneas, no son, sin embargo, aparentes porque están extensamente cubiertas por depósitos impermeables que las ocultan á la vista y las constituyen en verdaderas *conducciones de agua en presión*; de las cuales son buenos ejemplos la que existe

en el valle de San Miguel de Campmayor (Gerona), descrita en el *estudio* citado al principio de esta nota, y algunas enormes (y hasta hoy ignoradas) que describiré en el estudio del Guadiana, antes aludido.

Muchos de los lagos existentes en países montañosos, deben su formación á las grandes fallas producidas por los mismos cataclismos geológicos que dieron lugar al levantamiento de las cordilleras; y entre ellos, debe citarse en España algunos de los existentes en Sierra Nevada, Guadarrama y Sierra de Gredos, y el mencionado de Bañolas.

Confirmando lo que sobre esto digo en el *estudio* varias veces nombrado y en corroboración de cuanto en esta nota dejo expuesto, merece citarse el caso del gran lago de *Constanza*, situado al NE. de Suiza (á la cual sirve de frontera con Baviera), que mide 64 kilómetros de largo por 12 de ancho, con una profundidad que llega á alcanzar hasta 252 metros, el cual se halla cruzado, según dice Regelman, en su obra *Südeutsche Erbeben* por ocho grandes quiebras que lo atraviesan en diferentes direcciones orientadas bajo la influencia del levantamiento de los Alpes; una de las cuales se extiende por toda la longitud del lago, desde Ludwigshafen á Dornbirn.

La importancia que este lago tiene en la hidrología de la Europa central se hace palpable desde el momento en que se sabe que forma un espléndido y profundo ensanche del caudaloso Rhin, que lo atraviesa en toda su longitud, contorneando por el Norte la Suiza y el macizo alpino, hasta Basilea; en donde vuelve su corriente hacia el N. para servir de frontera entre Francia y Alemania.

Varias de las fallas á que alude Regelman coincidirán probablemente (conforme á mi observación general) con los cauces de los distintos ríos que por ambas orillas concurren al lago de Constanza. Y en todo caso, es digno de notar el hecho de la coincidencia de las observaciones del sabio aludido con las mías en las provincias de Gerona, Granada, Ciudad Real y en otros parajes; *insistiendo, por tanto, en la gran importancia que hay que conceder al estudio de las fallas*, en los trabajos hidrológicos.



INDICE

DE LOS

TRABAJOS CONTENIDOS EN EL TOMO XXXII DEL BOLETÍN

	<u>Páginas.</u>
Necrología. Jesús Solana, por D. Luis de Adaro.....	9
Datos para el Estudio Geológico Minero de la Guelaya (Marruecos), por D. César Rubio y Muñoz.....	33
Historia Natural relativa al sitio en que brotan las aguas minero-medicinales de Vallfogona de Riucorp, por el Dr. D. Jaime Almera.....	95
✕ Estudio acerca de la intensidad de la gravedad, por D. Manuel de Barandica y Ampuero.....	101
✕ Ensayo de una lista de mamíferos y aves del cuater- nario conocidos hasta ahora en la Península Ibérica, por Mr. Edouard Harlé.....	135
✕ Algunos datos hidro-geológicos de la zona que com- prende Guadix y Baza (provincia de Granada), por D. Mariano Alvarez Aravaca.....	165
✕ Estudio relativo á los terremotos ocurridos en la pro- vincia de Murcia en 1911, por D. Rafael Sánchez Lozano y D. Agustín Marín.....	179
✕ Estado actual de la Minería en Murcia. Extracto de un informe del Inspector del Cuerpo de Minas, D. Ra- món Adán de Yarza.....	215
✕ Las minas de calafatita de Benahadux (Almería), por D. Agustín Marín.....	223
Resumen geográfico de las publicaciones de la Comi- sión del Mapa Geológico de España (1893-1909).	243

Notas sueltas de Hidrología subterránea.....	255
Preámbulo de la Dirección del Instituto.....	257
Informe emitido por el Ingeniero Jefe D. Horacio Bentabol, sobre las probabilidades de encontrar nuevas aguas subterráneas en el término de Adahuesca, provincia de Huesca.....	259
Estudio relativo á las aguas subterráneas del término de Riudoms, en la provincia de Tarragona, por D. Horacio Bentabol.....	273

INDICE

DE LAS

LÁMINAS DEL TOMO XXXII DEL BOLETIN

- Lámina 1.^a—Bosquejo geológico de Guelaya.
- 2.^a—Plano topográfico de la Guelaya meridional.
- 3.^a—Plano geológico minero del distrito de Uixan-Afra.
- 4.^a—Plano geológico de la región de Afra.
- 5.^a—Bosquejo geológico minero de la región de Bocoya-Iberkanen.
- 6.^a—Plano de los yacimientos de hierro de Beni-Bu-Ifrur.
- 7.^a—Minas plumíferas de Afra. Detalles de labores.
- 8.^a—Idem íd. íd. Cortes transversales.
- 9.^a—Criadero de hierro de Afra (Gemis). Croquis.
- 10.—Minas de hierro de Bocoya-Iberkanen. Detalles de labores.
- 11.—Bosquejo geológico minero de las minas de Uixan.
- 12.—Valles del Uixan y del Masing desde Atlaten.
- 13.—Faro de Tres Forcas.
- 14.—Vista general del criadero de Uixan.
- 15.—Vista del Tidimüt, desde el monte Uixan.
- 16.—Crestón de hierro de Uixan.
- 17.—Crestón de hierro en Uixan.
- 18.—Gran crestón de hierro en Uixan.
- 19.—Mapa de España con las estaciones de péndulo observadas por el procedimiento de relativas

y anomalías encontradas en el valor de la intensidad de la gravedad.

- 20.—Molar y mandíbula de Reno.
- 21.—Bosquejo geológico de la zona donde radican los principales afloramientos de calafatita en los términos municipales de Benahadux y Gador.
- 22.—Plano de los alrededores de Adahuesca.