

1805081
1805025

BOLETÍN
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

BOLETÍN
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO
DE
ESPAÑA



TOMO XLII
—
TOMO II
TERCERA SERIE
(1921)

MADRID
GRÁFICAS REUNIDAS, S. A.
BARQUILLO, NÚM. 8.

1921

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

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

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

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

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

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

(Decreto de 28 de Junio de 1910.)

PERSONAL
DE LA
COMISIÓN PERMANENTE DEL INSTITUTO GEOLÓGICO
DE ESPAÑA

Excmo. Sr. D. Rafael Sánchez Lozano (*Director*).
Ilmo. Sr. D. César Rubio y Muñoz (*Subdirector*).
Sr. D. Domingo de Orueta.
Sr. D. Vicente Kindelan.
Sr. D. Luis Santa María y Caminero (*Secretario*).
Sr. D. Alfonso Fernández y M. Valdés.
Sr. D. Manuel Ruiz Falcó.
Sr. D. Agustín Marín.
Sr. D. Alfonso del Vaile.
Sr. D. Guillermo O'Shea.
Sr. D. Primitivo Hernández Sampelayo.
Sr. D. José de Gorostizaga.
Sr. D. Enrique Dupuy de Lôme.
Sr. D. Juan Gavala.
Sr. D. Pedro Novo y Chicarro.
Sr. D. Alfonso de Alvarado.
Sr. D. Pablo Fernández Iruegas.

BOLETÍN
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

PRÓLOGO

Muy adelantada la impresión del presente tomo de nuestro BOLETÍN, triste suceso vino a conturbar el ánimo de cuantos en España están dedicados a los estudios geológicos: era que el día 6 de Febrero último había dejado de existir D. Lucas Mallada y Pueyo, sabio naturalista e Ingeniero de Minas, que habiendo pertenecido largo tiempo a la Comisión del Mapa Geológico, aun después de haber cesado, por jubilación, en su cargo oficial, acudía asiduamente a nuestros laboratorios, y movido por sus inveteradas aficiones, hallábase siempre dispuesto a facilitar, con su autorizada competencia, la resolución de dudas y cuestiones relacionadas con la Geología española, pues había recorrido nuestro país por todas partes y en todas direcciones durante los muchos años que dedicara a semejantes trabajos.

Deber ineludible para los que, desde ya lejana fecha, trabajamos al lado de Mallada, para determinar la Geografía física de la Península Ibérica, es el procurar que en nuestras publicaciones queden consignados los datos

más imprescindibles reveladores del mérito excepcional de aquel hombre de Ciencia, que se distinguió no sólo con sus estudios como naturalista, sino también, y muy notablemente, en otro orden de especulaciones de índole bien distinta, que hubieron de aportarle merecida fama en lo referente a cuestiones de carácter social.

Para llevar a término el propósito, nos pareció indicado solicitar del antiguo Director de la Comisión del Mapa Geológico, D. Daniel de Cortázar, compañero y amigo entrañable de Mallada, desde que juntos comenzaron sus estudios en la Escuela de Minas, que se encargara de adunar los principales datos biográficos que sirvieran a modo de Necrología del inolvidable geólogo, y habiendo sido acogida amablemente la pretensión, abrimos el presente tomo con el trabajo del señor Cortázar, al cual acompañamos la reproducción de una fotografía del Sr. Mallada que, aun no siendo buena, es sí la mejor que se ha podido hallar y que recuerda bien a nuestro ilustre compañero en sus últimos tiempos.

Figura en primer lugar como materia de geología, en este volumen, el segundo tomo de los *Estudios relativos a la Geología de Marruecos*, resultado de las investigaciones que en la Zona del Protectorado español realiza la Comisión encargada de semejantes estudios. Se trata de un trabajo extenso, donde después de una introducción, resumen de la geología de toda la zona, se describe detenidamente la de la Península del Norte-Marroquí, comprendida entre el Estrecho de Gibraltar y el paralelo de Tetuán, y se acompaña el estudio con un mapa geológico bastantemente detallado.

A ésto siguen unas *Notas para el estudio hidroló-*

gico del Rif Oriental, tarea emprendida por la Comisión, con preferencia a otras relativas a la geología de aquel territorio, atendiendo a la urgente necesidad de surtir de aguas la zona de Melilla. Se inserta luego una *Nota geológica acerca de las Islas Chafarinas*, en la cual se describen las rocas eruptivas que constituyen aquellos peñones, acompañando algunas fotografías de preparaciones micrográficas de las mismas rocas; y figuran después, en apéndice, otros datos relativos a alumbramientos de aguas subterráneas, terminando el trabajo con una nota referente a la comarca de Xexauen, para consignar por vez primera noticias geológicas de aquellos terrenos, que visitó uno de los Ingenieros de la Comisión a raíz de ser ocupada la ciudad por nuestras tropas.

Después de los estudios de Marruecos, se publica un informe de D. Juan Gavala, referente a los *Yacimientos de pizarras bituminosas de Rubielos de Mora, en la provincia de Teruel*, en que, aparte de los datos industriales, figuran otros de manifiesto interés geológico.

A continuación va un curioso escrito acerca del *Cuaternario de las canteras de Vallecas*, compuesto por varios excursionistas entendidos en prehistoria, entre los que figura el profesor Dr. D. Hugo Obermaier, bien conocido entre los geólogos por sus interesantes trabajos en España.

Alumbramientos de aguas subterráneas en la bahía de Cádiz, es una reseña, debida al Sr. Gavala, de las condiciones que reúnen los terrenos de aquella comarca, donde parece que se podrán alumbrar, con relativa economía, abundantes caudales de aguas subterráneas potables.

Para terminar el tomo, se consignan los datos relativos a las doce Meridianas últimas trazadas por la Comisión de estos trabajos, y cuyo servicio ha cesado en el Instituto a consecuencia de las reformas administrativas últimamente decretadas.

Algo antes de mediar el corriente año de 1921, se termina la impresión de este tomo de BOLETÍN, que es el segundo de la tercera serie, cumpliéndose así lo ofrecido tiempo ha a nuestros suscriptores de publicar un tomo anualmente, con lo cual queda satisfecho el compromiso por parte del que suscribe durante el tiempo en que ha estado desempeñando la Dirección del Instituto Geológico, cargo en el que habrá de cesar tan pronto como transcurra el mes de Mayo, fecha que señalará la edad reglamentaria, inexorable, para la jubilación de los Ingenieros de Minas.

Por lo que se refiere a los tomos de *Memorias*, también consignaremos que se halla en prensa y se reparará muy pronto, la *Descripción de los criaderos de hierro de Galicia*, trabajo del Ingeniero de este Instituto D. Primitivo Hernández Sampelayo. Además está terminada y dispuesta para imprimirse la *Descripción física y geológica de la provincia de Cádiz*, por don Juan Gavala, que constituirá otro tomo de las *Memorias*, y nos proponíamos igualmente incluir entre éstas un *Atlas de los terrenos carboníferos de Asturias*, formado por varios mapas y planos muy detallados, que dejó inédito nuestro anterior Director y sabio Ingeniero D. Luis de Adaro. Las estampaciones litográficas de la mayor parte de las láminas que han de componer este interesante atlas, se hallan terminadas y se dará a la luz pública tan luego como los Ingenieros D. Manuel Ruiz Falcó y D. Gumersindo Junquera, encargados de

reunir los datos que dejó el autor y completarlos en lo posible con sus propias observaciones, tengan terminada una Nota explicativa, necesaria para la interpretación de las láminas de referencia.

Tales son los trabajos que tenemos en prensa o en preparación muy adelantada para publicarse, y que confiamos habrán de ser del agrado de nuestros lectores cuando los conozcan.

RAFAEL SÁNCHEZ LOZANO

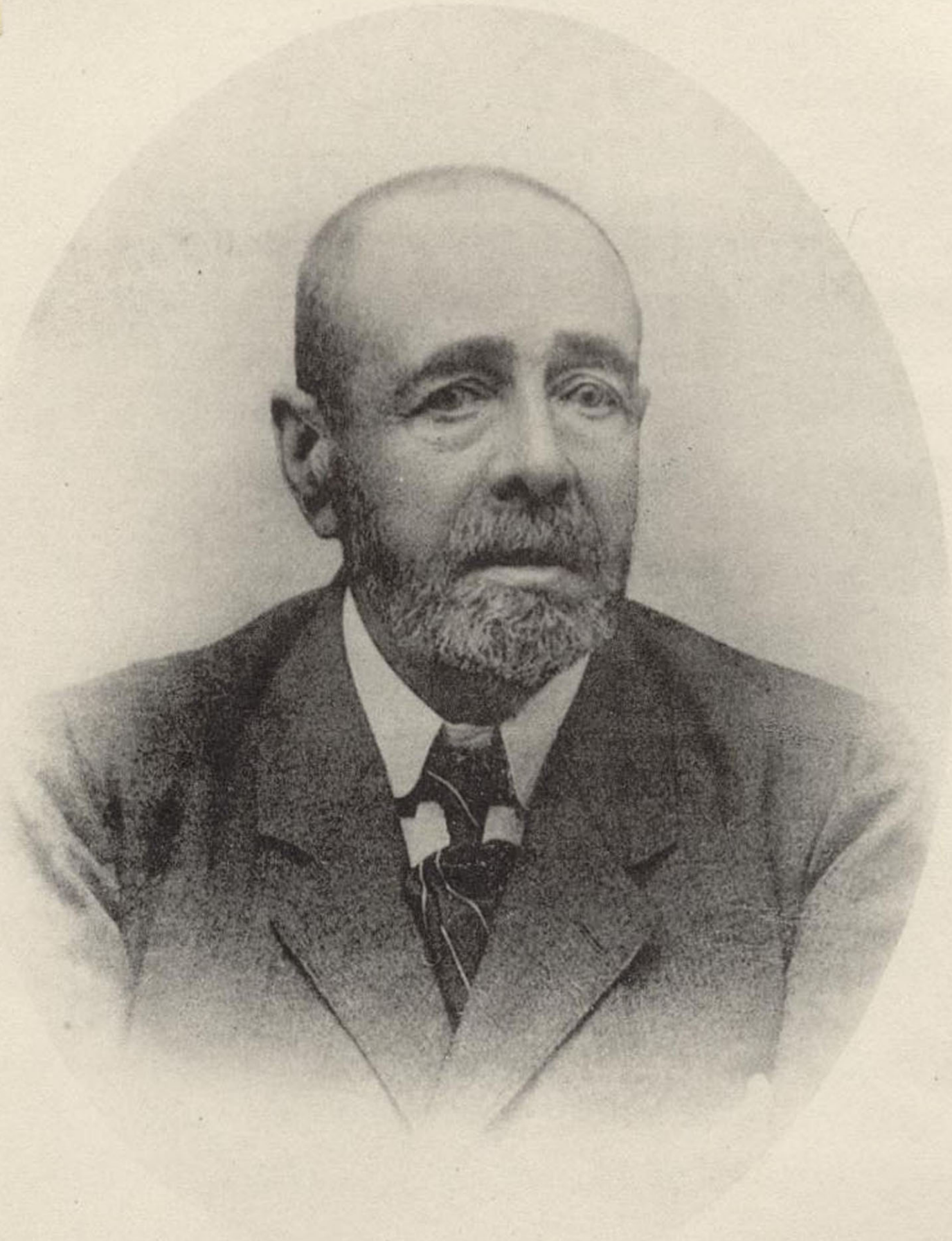
Madrid, Abril de 1921.

Causas muy diversas han retrasado unos meses la publicación del presente tomo del BOLETÍN, y se ha creído conveniente aprovechar el aplazamiento forzoso para agregar un *Bosquejo geológico de la cábila de Beni-Said, del Rif Oriental*, y una *Nota sobre la petrografía del Monte Mauro (Beni-Said)*, que creemos de especial interés. Estos trabajos, debidos al personal de la Comisión especial que para el estudio geológico de la zona marroquí del Protectorado Español mantiene el Instituto Geológico, no deben considerarse sino como un avance de los trabajos geológicos e hidrológicos de detalle que la Comisión citada estaba ultimando en aquella zona y que fué necesario suspender en Julio último por los disturbios políticos y efervescencia militar en las cábilas.

Creemos, sin embargo, que ese avance geológico ha de ser de interés para los lectores del BOLETÍN.

CÉSAR RUBIO

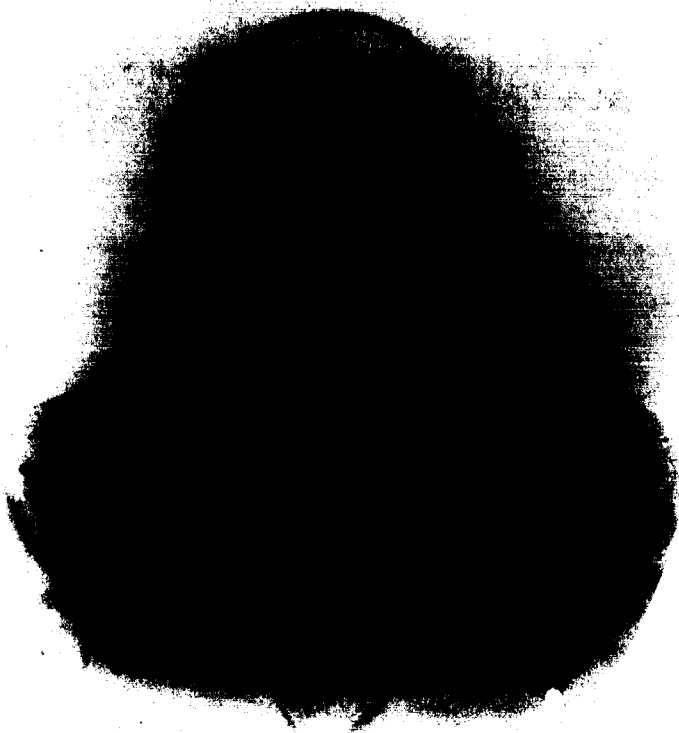
Octubre, 1921.



Fototipia de Hauser y Menet-Madrid

EXCMO. SR. D. LUCAS MALLADA Y PUEYO.





Fototipia de Hauser y Menet-Madrid

EXCMO. SR. D. LUCAS MALLADA Y PUEYO.

NECROLOGÍA

MALLADA

Al cariñoso requerimiento del sabio Director del Instituto Geológico, el Excmo. Sr. D. Rafael Sánchez Lozano, responden los siguientes párrafos.

Fácil será a los asiduos lectores de este BOLETÍN comprender la pena con que después de una amistad de sesenta años, nunca interrumpida, me veo obligado a dedicar, cual tributo último de recuerdo y cariño, unos renglones que manifiesten, al propio tiempo que el dolor del alma, la admiración por el talento y la laboriosidad de uno de los mejores naturalistas españoles, que descolló tanto en la ciencia del Ingeniero, como en el saber del hombre de espíritu práctico y en el amor altruista del sociólogo.

Me refiero al Excmo. Sr. D. Lucas Mallada, del que ni siquiera trato de bosquejar un artículo biográfico que fuera ampliación o glosa de cuanto, galanamente, ya ha sido publicado en la *Revista Minera*, y dado a conocer, en sesión necrológica, por el Presidente de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, y que ha de constar en las actas de la misma Corporación. Antes por el contrario, lo que pretendo es sintetizar la labor de aquel gran maestro, considerada en los variados rumbos en que la desarrollara su autor, y principalmente manifiesta en las MEMORIAS y en el



BOLETÍN DEL MAPA GEOLÓGICO y del INSTITUTO de igual nombre.

Cual prócer aragonés debe figurar en la Ciencia española contemporánea, aquel que nacido en Huesca en 1841, llegó, aun cuando no exento de achaques, a entregar su alma al Creador el día 6 de Febrero último, sin que en tan larga vida le abandonara su esforzado espíritu, ni le abatiera el continuo trabajo de su carrera de Ingeniero de Minas, la mayor parte de ella ocupada en la Comisión del Mapa Geológico de España, donde, sin ostentación alguna, antes bien con modestia desusada, prestó a España primero y después a la Ciencia universal, servicios extraordinarios, patentes en múltiples trabajos insertos en las publicaciones de la misma Comisión.

Pero no fué la obra de Mallada exclusiva para el adelanto de la Geología y Paleontología, sino que, como habilísimo Ingeniero, dirigió diversas e importantes explotaciones mineras, hizo el proyecto y realizó los trabajos de conducción de aguas a la ciudad de Montoro, fué el propulsor de la obra del ferrocarril de La Robla a Valmaseda, efectuó los estudios industriales de las Cuencas carboníferas de Bélmez y de Sabero, y apartándose de estos caminos propios de su carrera, abordó decididamente los campos de la Sociología para señalarse como competentísimo Estadista.

Había nacido Mallada, como queda dicho, en Huesca, donde cursó el bachillerato, viniendo luego a Madrid, y preparándose, rápidamente, ingresó en la Escuela de Minas, y allí, con notas excepcionales en diversas asignaturas, terminó los estudios y alcanzó el título de Ingeniero en 1866, para desde esta fecha pertenecer al servicio del Estado. Apenas terminadas las prácticas reglamentarias, que verificó en Almadén, fué destinado

al Distrito minero de Asturias, encargándose juntamente de una cátedra en la Escuela de Capataces de Langreo; mas, tal vez movido por el deseo de acercarse a su tierra natal, pidió el pase al Distrito de Teruel; pero, dominado por sus aficiones, al fundarse en 1870 la Comisión del Mapa Geológico consiguió ser uno de los Ingenieros con que la dicha Comisión se constituyera, quedando desde entonces fijo el rumbo de Mallada, consiguiendo a una inclinación manifestada claramente desde que saliera de la Escuela de Minas, con el acopio de fósiles y rocas que realizaba en todas partes por donde iba.

Cincuenta años permaneció D. Lucas Mallada fiel a su vocación de naturalista, adquiriendo tal competencia, que su autoridad en Paleontología era indiscutible, lealmente acatada por todos los geólogos españoles, y reconocida por los extranjeros.

Hacer un análisis de los trabajos referentes a Geología y Paleontología de nuestro autor, sería larga tarea, pero que nada más diría a los inteligentes y a los profanos sino lo que cualquiera puede deducir de seguida leyendo la lista de las obras que acompañamos al final de este artículo, y que copiamos de la inserta en el Índice de las publicaciones del Instituto Geológico, desde 1873 a 1919, dado a luz este último año, donde están reunidas las obras de cada autor por orden-alfabético de sus apellidos. Basta ahora decir que se acercan a veinte los trabajos insertos en el BOLETÍN, constituyen además ocho tomos de las MEMORIAS y que en total suman 5.654 páginas impresas.

Respecto a estas labores, el día 22 de Junio de 1897, en ocasión en que D. Lucas Mallada ingresaba en la Real Academia de Ciencias, decíamos nosotros:

•Nadie puede disputar al nuevo académico su rele-

vante mérito acreditado como profesor de Mineralogía, Geología y Paleontología en las Escuelas de Sama y de Madrid, y como autor de tantas y tan importantes publicaciones como ha dado a luz referentes a la minería y geología de las provincias de Cáceres, Huesca, Córdoba, Jaén, Navarra, Tarragona, León y Teruel, que forman diferentes tomos de las MEMORIAS del Mapa Geológico Español, y en las que lo elegante y atractivo de la forma y del lenguaje, se hermanan con el interés científico.»

Esto ahora podemos completarlo diciendo que Mallada cuenta, entre los trabajos señalados, con dos capitales: uno de ellos es la *Explicación del Mapa Geológico de España*, obra formada por siete grandes tomos con la descripción de todos los terrenos hipogénicos y las formaciones sedimentarias de la Península Ibérica, sintetizando todos los estudios que se han publicado para formar el gran Mapa Geológico de nuestra nación.

El otro gran trabajo es el titulado *Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España*, de que se publicaron tres tomos con descripciones y figuras de los restos de animales y vegetales recogidos en tierra española entre las capas de los terrenos primarios y secundarios, trabajo tan valioso que apenas tiene rival entre los similares de países extranjeros y es singular en el nuestro, y que a pesar de estar dominado en su mayor parte, Mallada desistió de continuarlo, describiendo y figurando las especies, por el coste inmenso de la publicación, que fué sustituida en su esencia por el *Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España*, en el cual se comprenden 4.058 números correspondientes a otras tantas especies, para todas las

que se señalan el nombre científico y el sitio o sitios donde han sido encontradas.

Pasemos ahora a considerar las grandes dotes de Estadista del Sr. Mallada, que comienzan a revelarse públicamente en 1875, con una serie de artículos publicados en el periódico *El Progreso*, relativos a la riqueza mineral de España, pues en ellos no sólo se dió cuenta de la naturaleza de los yacimientos aprovechables en las distintas regiones de nuestra Patria, sino que se establecieron relaciones entre el valor industrial de unos y otros y lo variable de las circunstancias sociales de las diversas comarcas donde aquellos abundan, como dependiente, en alto grado, de la riqueza y de la cantidad de las substancias inorgánicas, de los medios de la explotación de las mismas, y de los sistemas de contratos usuales entre propietarios, arrendadores y obreros, según los casos.

A esta labor siguieron otras político-sociales, que vieron la luz en 1881 con el título de *Proyecto de una nueva división territorial de España*, fundándose ésta en el conocimiento cierto de las condiciones en que se encuentran los diversos territorios de nuestro país, en lo que se refiere a las sendas circunstancias de su viabilidad, dados los medios de comunicación existentes y probables, el clima, la posición litoral o interna, la población, cultura e industria, tendiendo a establecer una división administrativa más equitativa y armónica que la actual.

Era de tanto valer la obra, que el entonces Jefe del Gobierno, D. Segismundo Moret, la ponderó justamente ante el Congreso y tributó al autor aplauso entusiasta, al que se adhirieron todos los Diputados.

Añadamos a estos trabajos de Estadista, los que Ma-

llada dió a conocer en el citado periódico *El Progreso* con el título de *Causas físicas y naturales de la pobreza de nuestro suelo*, cuya notable originalidad, unida a lo duro y amargo de su fondo, dió lugar a acerbas críticas, que obligaron al autor a ampliar y confirmar sus apreciaciones publicando, con el título de *Los males de la Patria*, un libro donde se reunieron los escritos que, como ampliación de los anteriores, fueron apareciendo en la *Revista Contemporánea*.

Este libro que, como dice un crítico, es de estilo tan vibrante como de sentido patriótico, siquiera parezca de apasionado excepticismo, dió a Mallada singular notoriedad pública, bien superior a la que le habían proporcionado, a pesar de su singular importancia, los trabajos geológicos y paleontológicos. La obra presentaba y combatía con toda rudeza los vicios de la Administración, en el régimen de la Industria y del Comercio del país, y vituperando nuestro atraso e incultura general e individual, consecuencia de una pereza heredada, y en parte justificada, como secuela étnica de las razas que poblaron nuestra Península y que llegaron a fundirse en una sociedad más dispuesta para las aventuras que para el trabajo, dando como resultado una pobreza social, paralela con la de la gran parte de nuestro territorio.

Es este un libro que merece señalarse como el verdadero precursor de los famosos escritos de Costa y de los de otros autores que siguieron al *León de Graus* y que, publicados pocos años después del de Mallada, conmovieron el espíritu nacional, escritos que sin duda sacaron de la obra *Los males de la Patria* datos y noticias tan abundantes como originales y transcendentales para el ansiado progreso de la Patria.

Insistamos en que el libro de Mallada es trabajo

maestro, resumen de los datos recogidos por el autor peregrinando por toda España, y en el cual se ponen de relieve las condiciones características de nuestro suelo, mucho menos brillantes de lo que se supone por la generalidad de las gentes, ya que con cuanto se dice y explica en la obra se llega a la triste conclusión de nuestra pobreza natural, casi irremediable por los esfuerzos propios, y sin embargo, y como resultado de muy atento y maduro examen, se indican los medios que deberán intentarse para conseguir el mejor aprovechamiento de las condiciones propias del territorio y con ello elevar el estado social y político de la nación, por cuyo bien, con plausible interés, se afanaba y desvivía el autor.

Este, algunos años después, en 1905, dió a la estampa un folleto titulado *Cartas aragonesas dedicadas a S. M. el Rey D. Alfonso XIII*, y en ellas, según se dice en la primera: «Se trata de exponer con toda lealtad y franqueza, ésta incompatible por regla general con la situación de los altos funcionarios y consejeros que rodean al monarca, el estado del país, para analizar después la situación social y económica de España, en su conjunto y aisladamente, comparándola con la de otras naciones.»

«Después—se añade—se harán algunas consideraciones demasiado amargas relativas a la torpeza española al través de los siglos, insistiendo, aunque con miedo de ser pesado, en varios puntos concernientes a los elementos sociales de España, y añadiendo por fin algunas ideas acerca de las tendencias sociológicas de la época, para indicar la marcha política y administrativa más conveniente de seguir para bien de la nación y mayor satisfacción y alegría de su Rey.»

Aun pueden señalarse como estudios aplicados de ciencia social, los dados a conocer por Mallada referentes a reformas urbanas de Madrid, principalmente los que con el título *Una Gran Vía barata* publicó en los *Anales de la Construcción y de la Industria*, tendiendo a reemplazar con moderado coste y en mejores condiciones de rasantes y pendientes, el proyecto por entonces presentado y poco después aceptado por el Ayuntamiento de Madrid, y que es el mismo que en la actualidad y al cabo de los años sólo se ha ejecutado en parte pequeña, y que largo tiempo ha de transcurrir para que se concluya, estableciendo la unión a través de la Corte de las estaciones de los ferrocarriles del Norte y Mediodía.

Curioso es observar que el plan de Mallada, a pesar de sus ventajas incuestionables para el Municipio, no se tomó en cuenta por éste, aunque su autor nada demandaba por un trabajo que con completo desinterés se ofrecía al público.

Comenzaba esta Gran Vía en los jardines del Ministerio de la Guerra, y siguiendo por la plaza del Rey y calle de las Infantas, cruzaba las de Hortaleza y Fuenarral, y por las de la Puebla y del Pez, continuaba a la de los Reyes para llegar al paseo de San Vicente. A pesar de la anchura de 25 metros que se le asignaba en toda su longitud, podía, en gran parte de ella, conservarse casi por completo las edificaciones existentes en una de sus aceras, con lo que se reducían enormemente los gastos de expropiación y la más pronta realización de la obra.

Sin necesidad de insistir en más, concluyamos diciendo que Mallada ha de estimarse cual honra verdadera de España, tanto por sus trabajos de naturalista e Inge-

niero, como por los que él publicara acreditándose de Estadista; y este hombre de tan excesiva modestia, que en vida trató de pasar inadvertido y a la hora de la muerte no quiso que la noticia se comunicara a nadie, para que sólo acompañase a su cadáver el Clero de su Parroquia, no pudo evitar que oficialmente se reconociese su valer, pues se le otorgaron con toda justicia, además de otros honores, las Grandes Cruces de Isabel la Católica y de Alfonso XII, que le llevaran, quienes de cerca le conocían, a la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y que en el Cuerpo de Ingenieros de Minas y en el Instituto Geológico, se deplora la muerte de tan insigne varón, mientras el que esto escribe, lamentando profundamente la desaparición del amigo, eleva una plegaria al Supremo Hacedor pidiendo para el muerto la paz eterna concedida a los hombres buenos.

DANIEL DE CORTÁZAR

Madrid, Abril de 1921.

**Lista de las publicaciones de D. Lucas Mallada
en el Instituto Geológico de España.**

Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España. Introducción.—BOLETÍN II, 1875, 12 páginas.—Sistema siluriano, 27 páginas.—Sistema devoniano, 51 páginas.—Sistema carbonífero, 69 páginas.—Índice alfabético de los géneros y especies de los sistemas siluriano, devoniano y carbonífero. BOLETÍN XII, 1885, 8 páginas.—Sistema triásico. BOLETÍN VII, 1880, 16 páginas.—Sistema jurásico. BOLETÍN XI, 1884, 151 páginas.—Índice alfabético de los géneros y especies de los sistemas triásico y jurásico. BOLETÍN XII, 1885, 9 páginas.—Sistema cretáceo inferior. BOLETÍN XIV, 1887, 171 páginas.—Índice alfabético de los géneros y especies del cretáceo inferior. BOLETÍN XIV, 1887, 13 páginas.—Sistema cretáceo superior (no se ha publicado texto), 7 láminas.—Sistema numulítico (no se ha publicado texto), 6 láminas. BOLETÍN X,

Nota sobre la geología de la cuenca de Bémez. (Traducción de la), por M. Parran.—BOLETÍN III, 1876, 7 páginas.

Reconocimiento geológico de la provincia de Córdoba.—BOLETÍN VII, 1880, 55 páginas y un mapa geológico.

Reconocimiento geológico de la provincia de Navarra.—BOLETÍN IX, 1882, 64 páginas y un mapa geológico.

Reconocimiento geológico de la provincia de Jaén.—BOLETÍN XI, 1884, 55 páginas y un bosquejo geológico a escala 1 : 80.000.

Datos para el estudio geológico de la cuenca hullera de Cifera y Matallana.—BOLETÍN XIV, 1887, 34 páginas y tres cortes geológicos.

Reconocimiento geográfico y geológico de la provincia de Tarragona.—BOLETÍN XVI, 1887, 175 páginas y un bosquejo geológico, y siete cortes geológicos.

Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España.—BOLETÍN XVIII, 1891, 253 páginas.

Notas para el estudio de la cuenca hullera de Valderrueda (León) y Guardo (Palencia).—BOLETÍN XVIII, 1891, 29 páginas y un plano geológico de la cuenca hullera de Valderrueda-Guardo.

- Memoria descriptiva de la cuenca carbonífera de Bémez.**
BOLETÍN XXVI, 1899, 80 páginas con cuatro grabados y dos láminas, con mapa y cortes geológicos.
- Datos geológico-mineros de varios criaderos de hierro de España.**—BOLETÍN XXVI, 1899, 3 páginas.
- Descripción de la cuenca carbonífera de Sabero (León).**—BOLETÍN XXVII, 1900, 65 páginas, con ocho grabados y un plano de la cuenca hullera de Sabero a escala 1 : 200.000.
- Aguas y pozos de los barrios bajos de Madrid.**—BOLETÍN XXVIII, 1906, 7 páginas.
- 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, 11 páginas.
- Nota sobre los yacimientos de petróleo y de azufre en la provincia de Cádiz.**—BOLETÍN XXX, 1909, 12 páginas.
- Memoria geológico-minera de la provincia de Cáceres.**—MEMORIAS, 1876, 368 páginas y cinco láminas.
- Descripción física y geológica de la provincia de Huesca.**
MEMORIAS, 1876, 439 páginas y dos láminas.
- Explicación del Mapa Geológico de España.** Tomo I. Rocas hipogénicas y sistema estrato-cristalino.—MEMORIAS, 1895, 558 páginas y 37 grabados.
- Explicación del Mapa Geológico de España.**—Tomo II. Sistemas cambriano y siluriano.—MEMORIAS, 1896, 515 páginas, con 36 grabados.
- Explicación del Mapa Geológico de España.**—Tomo III. Sistemas devoniano y carbonífero.—MEMORIAS, 1898, 415 páginas y 37 grabados.
- Explicación del Mapa Geológico de España.**—Tomo IV. Sistemas permiano, triásico, liásico y jurásico.—MEMORIAS, 1902, 514 páginas, con 33 grabados.
- Explicación del Mapa Geológico de España.**—Tomo V. Sistemas infracretáceo y cretáceo.—MEMORIAS, 1904, 519 páginas, con 103 grabados.
- Explicación del Mapa Geológico de España.**—Tomo VI. Sistemas eoceno, oligoceno y mioceno.—MEMORIAS, 1907, 866 páginas y 99 grabados.
- Explicación del Mapa Geológico de España.**—Tomo VII y último. Sistemas plioceno, diluvial y aluvial.—MEMORIAS, 1911, 543 páginas con 25 grabados.

EN COLABORACIÓN

(Con D. Jesús Buitrago.)

La fauna primordial a uno y otro lado de la Cordillera Cantábrica.—BOLETÍN V, 1878, 17 páginas y seis grabados.

(Con D. A. Carbonell.)

Reseña geológica de la cuenca hullera del Guadalbarbo.—BOLETÍN XXXIV, 1913, 25 páginas y cuatro grabados.

(Con D. Enrique Dupuy de Lôme.)

Reseña geológica de la provincia de Toledo.—BOLETÍN XXXIII, 1911, 101 páginas y un mapa geológico de la provincia de Toledo a escala 1 : 400.000.

ESTUDIOS RELATIVOS
A LA
GEOLOGÍA DE MARRUECOS
(SEGUNDA PARTE)

INTRODUCCIÓN

I. — Organización y propósitos de la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos.

La Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos publicó, en el año 1917, su primera obra titulada: *Estudios relativos a la Geología de Marruecos*. La formaban tres trabajos diferentes, uno a cargo de los Sres. Dupuy de Lôme y Miláns del Bosch, en el que se daba cuenta del estudio geológico, realizado casi por completo, de la parte entonces pacificada de la región occidental de nuestro Protectorado, o sea de las fajas de Larache a Tánger y de Ceuta a Tetuán, en aquel tiempo sin comunicar entre sí. En el segundo trabajo, a cargo de los Ingenieros D. Alfonso del Valle y D. Pablo Fernández Iruegas, se hacía el estudio de la intrincada geología de la zona de Guelaya en la sección de Melilla, y en el tercero se hacía el estudio de las rocas hipogénicas de nuestra zona, realizado por el Ingeniero que escribe estas líneas.

Los éxitos militares obtenidos en estos últimos años han ensanchado la zona pacificada que había en el año 1917 en más del doble y han establecido, con la conquista del Fondak de Ain Yedida, realizada en 1919, comunicación entre Tánger, Tetuán y Larache, no existiendo en la pacificación soluciones de continuidad en la llamada Península Norte-Marroquí.

Al S. del paralelo que pasa por Tetuán se ha ensanchado también mucho nuestra zona pacificada, y lo será aún

más, a fin de este año, cuando se hayan terminado las operaciones ahora emprendidas, que tienen como finalidad la ocupación de la sagrada ciudad de Xexauen, de la que dice Foucauld que, «por su viejo castillejo de aspecto feudal, por sus casas, por sus mil arroyuelos, más bien parece una población de los bordes del Rin que una de las poblaciones más fanáticas del Rif» (1). También en Melilla se ha ensanchado mucho la zona con la ocupación de la región montañosa de Metalsa y del llano hacia Tafersit.

La organización de la Comisión en los años 1918 y 1919 ha sido la misma que en años anteriores, y los Ingenieros Sres. Dupuy de Lôme y Miláns del Bosch siguen trabajando en la parte occidental, los Sres. Valle y Fernández Iruegas en la oriental y el Sr. Marín en ambas haciendo labor de conjunto. Por consiguiente, en el presente trabajo, segundo tomo de *Estudios relativos a la Geología de Marruecos*, los trabajos correspondientes a la parte de Tetuán-Tánger-Larache han sido realizados por los dos primeros Ingenieros, los de la zona de Melilla por los segundos y por el Sr. Marín esta introducción, compendio de los estudios, y el trabajo referente a las Islas Chafarinas.

Era nuestro propósito en este segundo tomo seguir el mismo criterio que habíamos establecido en el primero, o sea publicar en él los estudios geológicos de carácter general que hemos hecho en nuestras zonas, pero habiéndose presentado problemas hidrológicos de gran importancia para la prosperidad de la zona de nuestro Protectorado y para la misión civilizadora que ha llevado España a Marruecos, problemas que han merecido la especial atención de las altas autoridades de África, hemos considerado oportuno en el actual trabajo publicar, conjuntamente con un estudio geológico general de la zona occidental y con el de las Islas Cha-

(1) Vicente Ch. Foucauld, *Reconnaissance de Maroc*, pág. 8.

farinas, un estudio hidrológico de la zona oriental, que es donde se siente con mayor premura la necesidad del agua.

La falta de planos entorpece mucho nuestros trabajos. Es de esperar que la labor topográfica emprendida por los cuerpos militares tenga gran impulso y pueda servirnos en nuestros futuros trabajos. Hoy en toda la zona al S. del paralelo de Tetuán no existe plano alguno, y lo mismo ocurre en la región de Melilla, si se excluye la zona de Quebdana y del bajo Muluya, cuyos trabajos geológicos tenemos ya muy adelantados.

En los planos seguiremos adoptando las mismas escalas y los mismos signos que en nuestro primer trabajo.

II.—Algunas ideas sobre la tectónica del Rif.

Se da en este tomo el mapa geológico completo de la Península Norte-Marroquí, con los cortes correspondientes y su explicación. Ahora trataremos de analizar de qué modo las ideas referentes a la tectónica del país que pueden deducirse del examen del plano y del reconocimiento que hemos hecho del terreno, están de acuerdo con las opiniones e hipótesis que sobre el asunto han manifestado los diversos autores que de la constitución geológica del Rif se han ocupado, teniendo en cuenta, al hacerlo, el trabajo de los señores Dupuy de Lôme y Miláns del Bosch, titulado: *Los terrenos secundarios del Estrecho de Gibraltar*, publicado en el tomo XXXIX del *Boletín del Instituto Geológico de España*.

La textura uniclinal de la Península se observa bien clara, así como las huellas que han dejado los distintos movimientos que han afectado al suelo de aquella región.

El pliegue herciniano que conmovió a los terrenos antiguos y que principió ya a destacar el relieve de la cadena del Rif, parece demostrar clara su edad a consecuencia de

tener llenos sus senos sinclinales con depósitos discordantes permo-triásicos.

La presencia en los estratos más bajos del siluriano, como en el monte Cudia Federico, de unos conglomerados cuarzosos en grandes bancos, parece demostrar la existencia de un gran movimiento anterior al herciniano que hubiera afectado a los terrenos cristalinos y cambrianos, pero claro es que hacen falta pruebas más contundentes que confirmen la existencia de estos movimientos.

El eje del pliegue herciniano tiene una dirección N.-S. aproximada. Su parte central está ocupada por los terrenos arcaicos. Sobre éstos se apoyan, muy dislocados y rotos, los terrenos paleozoicos, apreciándose muy bien en el cortado por Ceuta los sinclinales silurianos llenos de materiales permianos y triásicos, y más al S. los mismos pliegues silurianos, a veces sin rellenos secundarios a causa de la fuerte erosión.

En Cabo Negro vuelve a aparecer el gneis que corresponde al del monte Acho de Ceuta, y más al S., en la cabila de los Beni-Hhozmar, vuelven a aparecer los terrenos cambrianos al S. de Río Martín. Parece esto indicar que los asomos de los terrenos antiguos se presentan en dirección N.-S. en la Península Norte-Marroquí y que marcan sobre el terreno el paso del eje del pliegue herciniano. Como en todo pliegue la línea que pasa por el centro de la inflexión es una línea de débil resistencia, en ella hicieron su aparición en las edades geológicas primitivas las peridotitas que, a causa de los fenómenos de metamorfismo, se han transformado en su mayor parte en serpentinas, y que en otro lugar y por razones de analogía con las de la Serranía de Ronda suponíamos de edad herciniana.

Consideramos, ateniéndonos a lo que acabamos de manifestar, que todos los afloramientos paleozoicos que en forma

de fajas orientadas de N. a S. se presentan en la Península Norte-Marroquí, próximas a la costa mediterránea, corresponden a la rama occidental del gran pliegue herciniano, cuya otra rama debe hallarse hundida en el Mediterráneo.

Un pequeño cambio en la dirección de esta cordillera del Rif al S. de Tetuán, pasando de la dirección señalada N.-S. a N. NO.-S. SE., se observa bien en los afloramientos antiguos, lo que indica que la cordillera herciniana ya marcaba en el Rif la vuelta con la concavidad mirando al mar, tal como está representada en todos los planos. Es decir, que señalada la línea de menor resistencia, en los tiempos primitivos, luego todos los movimientos que se sucedieron a través de los siglos la han afectado y han ido variando su forma y relieve, pero siempre dibujándose con claridad la dirección de la primitiva arruga.

Las grandes dislocaciones de los terrenos paleozoicos han traído consigo el asomo, a veces en pequeñísima extensión, de los terrenos subyacentes, y así en los poblados del Kuf hemos visto aparecer entre los terrenos paleozoicos algún asomo gnéisico, imposible de señalar en el plano.

Paralelamente a esta faja de terrenos antiguos se presenta otra jurásica, sin solución de continuidad, desde el Estrecho de Gibraltar hasta Tetuán. En el río Martín, situado en la proximidad de esta población, sufre una interrupción esta faja y vuelve a aparecer próxima en la sierra de los Beni-Hhozmar.

Esta faja jurásica, casi constituida exclusivamente por caliza, forma la cadena con las mayores alturas de la Península Norte-Marroquí y se destaca siempre con arrogancia en todos los paisajes en donde interviene. Tiene marcadamente un buzamiento casi constante al O. en toda su longitud y en toda su potencia. Le fué dado su relieve actual principalmente por los movimientos alpinos. Pero in-

dudablemente la discordancia clara y constante que se observa siempre entre ella y los depósitos eocenos parece demostrar que, después de la formación de los depósitos jurásicos, hubo movimientos con pliegues secundarios de bastante violencia, a más del movimiento de báscula positivo o de elevación de todo el terreno marroquí que tuvo lugar entre el jurásico y el cretáceo medio o superior. Estos movimientos secundarios también están claramente reconocidos en la zona oriental, y en nuestro primer trabajo sobre Marruecos ya lo hicimos presente, relacionando con ellos las erupciones de las rocas ofíticas y diabásicas descubiertas en la zona atlántica. A ellas también debemos referir algunas rocas hipogénicas que hemos hallado en la zona de Melilla, de las que después nos ocuparemos.

El buzamiento al O. de todos los bancos jurásicos, es un accidente digno de observarse con interés y muy digno de tenerse en cuenta al discutir las distintas opiniones referentes a la formación del mar Mediterráneo y del Estrecho de Gibraltar.

La sierra secundaria, de relieve tan pronunciado, tiene, como ya hemos dicho, su prolongación al S. en la cabila de los Beni-Hhozmar, pero parece que entre una y otra existe una falla con salto por donde corre actualmente el río Martín y que en su día fué un boquete por donde entraron los mares terciarios más modernos, como luego veremos. Esta falla, que debe tener dirección E.-O. aproximada, coincide con la pequeña inflexión que presenta la sierra, a consecuencia de la cual la cadena formada por los bancos secundarios cambian su dirección de N.-S. en otra de N. NO.-S. SE.

Aparte del pliegue general de la cadena, y que en lo que se refiere al terreno jurásico no parece conservarse más que la rama occidental, existen otros pliegues de dirección nor-

mal al principal y que se pueden representar con anticlinales y sinclinales del eje del pliegue primitivo, constituyendo en el terreno, las coincidencias de ambos anticlinales, cúpulas o bóvedas. Así se debieron formar algunos grandes picos de esta sierra, como el Yebel Musa, y a las depresiones inmediatas a esas cúpulas debe corresponder el Estrecho de Gibraltar.

Es posible que influyan también en la formación de esos grandes mogotes, los sistemas de fallas que cortan la sierra, unos en la misma dirección del pliegue, o sea casi N.-S., y que una de ellas se observa muy bien en Benzú, y otros en dirección casi E.-O., y de las cuales es tipo la que hemos citado de Río Martín. Por la división del terreno en dovelas que resultan de estos dos sistemas de fallas, puede ocurrir que se produzca el hundimiento de una de ellas quedando las contiguas emergidas, y así puede resultar que el trozo correspondiente al Estrecho de Gibraltar haya quedado hundido y en su primitiva posición el Yebel Musa.

El Yebel Musa constituye el pico situado más al N. de la cadena del Rif, y todos los autores han considerado siempre que su prolongación era el Peñón de Gibraltar.

En el trabajo de los Sres. Dupuy de Lôme y Miláns del Bosch acerca de los terrenos secundarios del Estrecho de Gibraltar, se señala la aparición de otra mancha jurásica a 2 kilómetros de Algeciras y próxima a la carretera de esta población a Cádiz. Está situada casi enfrente del Yebel Musa y parece su prolongación al N. Estos bancos jurásicos tienen poca altura sobre el mar y parecen dar la razón a Gentil cuando habla de la *sumersión* de los estratos liásicos por bajo del Estrecho de Gibraltar. Es difícil relacionar esta mancha de Algeciras con la del Peñón, pero deben tenerse en cuenta, para hallar la relación de unas y otros asomos jurásicos, los fenómenos, puestos de manifiesto por el sabio

profesor Fernández Navarro (1), de transporte en masa (*charriage*), de los cuales nos parece haber visto algunos de ellos en el recorrido de la cordillera, aunque sean difíciles de representar en el plano.

Es posible, además, que coincidiese el Estrecho de Gibraltar desde Tarifa a Tánger con una falla de los terrenos secundarios y eocenos. Podía ser una paralela a la que hemos señalado en Río Martín. Pero conviene advertir que la dirección del Estrecho no coincide con la dirección de las fallas principales de Andalucía, ya sea la de aquellas de que es tipo la del Guadalquivir, ya las señaladas de NO. a SE. por los geólogos franceses en su estudio sobre los terremotos de la referida comarca, y que las pone también de manifiesto el Sr. Orueta en su estudio sobre la Serranía de Ronda.

Nosotros consideramos que admitida la hipótesis de Suess para la formación del Mediterráneo occidental, no creemos que movimientos tan importantes como los terciarios y que han producido hundimientos en óvalo como el que dibujan las costas africana, la española, Baleares, etcétera, según lo definimos en nuestro trabajo anterior sobre Marruecos, no ha producido el desprendimiento de una manera matemática de una de las ramas del pliegue dejando emergida la otra, sino que en unos sitios pudo arrastrar, en el hundimiento, combinado con fallas, dovelas de la parte occidental de la sierra, como debió suceder en la parte oriental del Estrecho de Gibraltar, y en otras partes dejar fuera del agua el pliegue completo, como ocurre en Sierra Nevada.

Casi todos los autores que se han ocupado recientemente de la parte N. de Marruecos han considerado que los bancos secundarios que forman la parte más alta de la cadena rifeña pertenecían al liásico. En el trabajo de los seño-

(1) *Yebala y el Bajo Lucus*, pág. 124.

res Dupuy de Lôme y Miláns del Bosch, por consideraciones paleontológicas y geológicas, se refieren al titónico.

Es muy interesante la aparición de las costras neocenienses encima de los depósitos titónicos, por ser fenómenos que se repiten con mucha frecuencia en Andalucía, en situación estatigráfica parecida a como se presenta en la región que nos ocupa.

Conforme con las teorías de Gentil, en la Península Norte-Marroquí, a partir del jurásico, se inició un movimiento de elevación o positivo que debió llegar hasta casi el senonense, permaneciendo emergidos todos los depósitos antiguos y jurásicos. Además debió haber un movimiento con producción de pliegues, según ya hemos manifestado. Antes del senonense se debió producir un movimiento de inmersión o negativo que debió durar durante todo lo demás del período cretáceo y el eoceno, y a consecuencia del cual se formaron encima de los estratos antiguos y jurásicos grandes depósitos senonenses y eocenos que cubren la mayor parte del terreno abarcado por el plano que unimos a este trabajo. El cretáceo está más plegado y dislocado que el eoceno, y en general se presentan discordantes, por lo que se debe considerar que los movimientos alpinos debieron comenzar al principio del eoceno, aunque tuvieran su gran intensidad después de haberse formado los bancos numulíticos.

Es indudable que el substratum del eoceno en toda la parte situada entre el Atlántico y la cadena secundaria, debe ser el senonense, y solamente en aquellos sitios en que los pliegues fueron más violentos aparecieron los bancos de este último terreno cortando la uniformidad de los depósitos terciarios, como ha ocurrido cerca de Tánger y al S. de Soket-Tzelatza de Uadrás, que es donde están reconocidos los únicos manchones cretáceos de la Península.

Los movimientos alpinos dislocaron y levantaron mucho

los bancos eocenos formando sierras de importancia, como la que constituye la divisoria de aguas de la Península Norte-Marroquí. Nosotros hemos visto en la posición militar del Gorgues, situada en Beni-Hhozmar, un poco al S. del límite S. de nuestro plano, los bancos del eoceno con muchos numulites a alturas de 800 metros sobre el nivel del mar, análogamente a lo que ocurre en otros lugares de África, pues Foucauld señala en Zalan, en el país de los Zaer, alturas del cretáceo de 1.290 metros.

En la parte oriental de la cadena principal de la Península también hay una mancha importante eocena apoyada sobre los terrenos antiguos, de formación sincrónica de las de la parte occidental.

Los Sres. Dupuy de Lôme y Miláns del Bosch denominan oligocenas unas areniscas que, en general, coronan las sierras y crestas de las regiones en donde se presenta el eoceno. Aunque dicha denominación es muy racional y de acuerdo con los principios generales de la geología, no puede tener más que un carácter provisional hasta que con datos paleontológicos pueda hacerse definitiva. Su aspecto es lacustre, y en general es de grano grueso y presentando impregnaciones ferruginosas. Su discordancia con el eoceno está clara en algunos sitios, siendo esta la principal razón que se ha tenido en cuenta para su clasificación. Se halla el oligoceno a grandes alturas y ha sido movido también con el eoceno, pero sus buzamientos no pasan de 45°, no así los del numulítico, que los presenta mayores.

Por estos fenómenos y por las numerosas fallas que presenta este terreno, como se aprecian muy bien en la sierra de Behma, se ve bien claro que desde la aureola de los tiempos terciarios ha sido objeto el terreno marroquí de movimientos que se prolongan después en todo el eoceno y en los terciarios más modernos.

Los depósitos miocenos y pliocenos tienen poca importancia en la Península Norte-Marroquí. Entre los primeros se hallan sólo las dos manchitas de Lauzien, situadas a más de 100 metros de altura sobre el nivel del mar y que debieron su depósito a una entrada del mar por el valle del Martín, lo que parece demostrar que la falla por donde se coló este río fué anterior a esa época. La discordancia de los bancos helvéticos con los numulíticos confirma la existencia de grandes conmociones entre uno y otro período. Los bancos miocenos tienen una inclinación uniforme de unos 10°, lo que indica que también fueron movidos después de su formación.

Si se considera hasta dónde entró el mar mioceno por el valle del Martín, se comprenderá que con poco que hubiese variado la topografía de la región del Fondak de Ain Yedida (que fué donde terminó aquel mar), pudiera haber habido otra unión de las aguas mediterráneas y atlánticas aprovechando los cursos de los ríos Martín y Tzelatza de Uadrás.

El depósito plioceno astiense del Jemis es interesante por su altura sobre el nivel del mar, pero por ser azoico no nos atrevemos a darle una definición precisa, lo que nos obliga a ser parcos en las deducciones. De todas maneras, la altura de los depósitos miocenos y pliocenos sobre el mar confirman la existencia de un movimiento positivo o de emersión que sigue en nuestros días, del mismo modo que en otros muchos lugares de Marruecos; entre los cuales es el ejemplo más notable el surco de Taza, en donde se hallan los bancos miocenos a 600 metros de altura sobre el nivel del mar.

Considerando aisladamente las enseñanzas que se desprenden del estudio de la cadena del Rif en la Península Norte-Marroquí, se observa que es debido su relieve a movimientos hercinianos, secundarios y alpinos, mejor definidos el primero y el tercero, predominante el herciniano en

marcar la dirección a la cadena. Ya en los pliegues de los bancos secundarios se ve la influencia de los movimientos alpinos, pues parecen tener dirección N. NO.-S. SE., o sea separándose de la N.-S. que es la considerada propia del herciniano.

El ilustre geólogo Gentil, coincidiendo con las teorías de Suess, considera a las cordilleras Bética y del Rif como una sola, suponiendo que hay una *sumersión* de esta cadena en el Estrecho de Gibraltar.

Nosotros nos inclinamos también a esta opinión, y debemos hacer resaltar lo que manifestamos en nuestro trabajo sobre las rocas hipogénicas de Marruecos (1) respecto a la existencia de tres arcos concéntricos y paralelos a la costa del Mediterráneo en los continentes europeo y africano, formado el interior por las rocas andesíticas y basálticas, el medio por las peridóticas y el exterior por las rocas ofíticas, y que la semejanza de las rocas rifeñas y españolas era muy grande. Esta analogía, que parecen referir rocas, situadas con el mar por medio, a la misma provincia petrográfica, nos hace suponer que los terrenos europeos y africanos han sido objeto de las mismas conmociones geológicas, puesto que a la salida de la superficie de las rocas hipogénicas representa la formación de líneas de débil resistencia, y éstas sólo se producen con los grandes movimientos, que son los que dan la configuración irregular a la corteza terrestre.

Los mismos movimientos herciniano, secundario y alpino de Marruecos se han observado en la Península. Ya Suess hizo ver la semejanza en la disposición de los terrenos en uno y otro continente, y el Sr. Orueta lo ha puesto aún más de manifiesto en su precioso trabajo sobre la Serranía de Ronda (2).

(1) Páginas 361 y siguientes.

(2) Páginas 511 y siguientes.

Resulta, por tanto, que en el Rif y en la cordillera Bética se presentan los mismos terrenos en análoga disposición y habiendo sido objeto de las mismas conmociones geológicas, es decir, que han sido *construidos* a la vez, o sea que forman una misma cadena. Se deduce también que fijados los accidentes en una línea de débil resistencia, produjeron una arruga, una cordillera formada de pliegues, y conservada una de las ramas, es de suponer que la otra exista hundida en el mar, pareciendo confirmar los hechos la opinión de Suess respecto al Atlas Mediterráneo.

Al examinar la tectónica de la parte oriental de nuestra zona, se observa que la formación de los pliegues y de las cordilleras no tienen la sencillez que en la Península Norte-Marroquí, ni tampoco en general están tan de acuerdo como en la parte occidental con las opiniones de los geólogos que se han ocupado de la cadena del Rif.

Si, como es de suponer, se ocupa pronto la región de Alhucemas y la población de Xexauen, se podrá ya alcanzar una impresión tectónica más real de la misteriosa sierra, y sin tener que recurrir a conjeturas y suposiciones.

Como se verá en el trabajo referente a los estudios hidrologicos de la zona oriental, el suelo de esta comarca, en la parte que nosotros hemos podido recorrer, lo creemos constituido por tres anticlinales que forman los macizos montañosos, separados por sinclinales que forman las planicies y llanuras. El anticlinal situado más al N. es el que forma en el Cabo de Tres Forcas la cordillera de Ayelman, con su prolongación probable en la costa africana sin pacificar. Le sigue al S. el que forma el macizo de Beni-bu-Ifrur, y más al S. se encuentra el que dió lugar a la sierra de Quebdana y a su prolongación de Ziata. Tienen los ejes de estos accidentes una dirección aproximada de E.-NE. a O.-SO. Entre el primero y segundo anticlinal se halla la

llanura de Rostrogordo, próximo a la población de Melilla, y el valle medio e inferior del Kert. Entre el segundo y tercer anticlinal se hallan las llanuras de Garet, Arkeman, etcétera, y al S. del tercer anticlinal, y comprendido entre éste y otro situado en Beni-Suasen en Orán, se halla la de Sebra y Haraig en nuestra zona.

Estos pliegues están rotos y trastornados por varias causas. Primero, por las erupciones volcánicas que tanto abundan en la costa, y segundo, por un sistema de fallas orientadas en dirección NO.-SE. y otro en el sentido de los pliegues. Además la presencia de los filones de las minas de Afra indican que, además de estas fallas que son las que más hacen variar el relieve actual, debe haber otras grietas en dirección N.-S. y NE.-SO.

Observada la relación entre los bancos de unas y otras montañas de la sierra, puesta de manifiesto con bastante claridad en algunos parajes, sobre todo en los pliegues situados más al S. y de un modo no tan claro en los del N., a consecuencia de las erupciones volcánicas que aparte de haber tapado con sus coladas los depósitos terciarios han producido trastornos y metamorfismo en las rocas contiguas, se puede deducir que se han formado unas arrugas o sierras con dirección E. NE.-O. SO. ¿Pero a qué empujes es debida esta dirección? Nosotros creemos que al herciniano y al alpino principalmente; pero no debe tampoco olvidarse la intervención que en la formación del actual relieve hayan podido tener los movimientos secundarios, cuya importancia parece deducirse de la discordancia clara entre los depósitos jurásicos y cretáceos y entre éstos y los eocenos que se observa en el Rif oriental, en los montes Ziata, cordillera del Hamsa, Quebdana, etc. También implica movimientos secundarios de importancia, o por lo menos de la aurora del eoceno, el conglomerado de la base de este terreno obser-

vado en el Garet y otros sitios con cantos que llegan a medio metro de espesor.

Desde luego del examen del terreno se deduce la continuidad de los estratos correspondientes a unos y otros pliegues, y sobre todo la unión de los terrenos que forman las montañas de la zona oriental hasta ahora pacificada con las que forman los macizos montañosos de Orán. La parte meridional de la sierra de Quebdana y Ziata de la región española, es la rama N. de un pliegue cuya otra rama la forman los montes de Beni-Suasen y Mergut en la región francesa, y éstos a su vez, después del anticlinal que constituye sus cumbres, forman al S. otro pliegue importante en los montes de Hemecen, Beni-Yala al S. de Uxda; es decir, que los terrenos geológicos que constituyen la orografía de nuestra zona oriental son los mismos que los que forman la cordillera Teliense, sin que exista entre ellos solución alguna de continuidad, o sea que forman geológicamente la misma cadena montañosa.

Es también muy importante para el estudio tectónico de la región, las consideraciones que se hacen referentes a las fallas que cortan a los bancos de los terrenos secundarios y terciarios de la región. Las fallas, cuya dirección es la de los pliegues, tienen mucha importancia, y en algún sitio, como en los montes de Ich-Usuga, han traído como consecuencia la emersión a la superficie entre los terrenos secundarios de una roca hipogénica de caracteres muy particulares, y que nosotros hemos clasificado de lamprofiro por su textura especial y por estar constituida casi exclusivamente de feldespatos y biotita, con predominio de esta última. Esta roca, como otras que se presentan con textura ofítica en Zok-el-Tzelatza de Mtalza y Bucherif, debe estar relacionada con los movimientos secundarios a que antes hemos hecho referencia.

Estas fallas, que tienen por dirección la misma de los pliegues, presentan también otra particularidad muy interesante, y es, que el salto de la falla produce siempre el descenso de la parte situada más al N., o sea más cerca de la costa, lo que parece demostrar que, pudiéndose presentar aún más exagerado el fenómeno en las fallas que pudiera haber al N. de la costa, ha traído como consecuencia el descenso de la parte N. del gran pliegue y del escudo mediterráneo.

Otras fallas, también importantes, se presentan cortando casi normalmente a las anteriores, y que nos parece que han podido ser causa mancomunadamente, como ya hemos indicado anteriormente, con la formación de cúpulas y hoyas de los ejes anticlinales, a la constitución de esos grandes macizos montañosos que en forma de gigantescos mogotes se presentan con frecuencia en Marruecos.

Además de estas fallas se presentan otras más recientes, probablemente de los últimos tiempos del plioceno, y que han dado lugar, por el relleno debido a la acción hidrotermal, a los filones minerales del Uixan y Afra.

Ya hemos dicho que en la parte occidental hay dos sistemas de fallas ortogonales, pero aunque las direcciones de las fallas en una y otra zona no sean las mismas, sí lo son en relación a la dirección respectiva de las cadenas montañosas principales que atraviesan.

La sucesión de los terrenos en una y otra zona son muy semejantes. En ambas aparecen los terrenos antiguos estrato-cristalino, cambriano y siluriano. En ambas los pliegues sinclinales aparecen rellenos por depósitos permo-triásicos. En ambas tienen gran predominio los bancos jurásicos, y por los fósiles obtenidos parecen corresponder a los mismos tramos. La presencia del titónico en ambas zonas la creemos comprobada. El cretáceo predominante en la parte occiden-

tal es el senonense, y en la oriental el inferior, pero no hay que olvidar que en la costa española, junto al Estrecho y pegado al titónico, se ha encontrado el neocomiense.

En los terrenos terciarios de una y otra zona hay analogía casi completa.

Pero a pesar de esa semejanza estratigráfica, se aprecian diferencias notables en la constitución de las cadenas montañosas de ambas zonas: una, la dirección, y otra, su diferente orografía. La dirección en la Península Norte-Marroquí es de N. a S. aproximadamente, o sea la atribuida generalmente a los pliegues hercinianos. En cambio la dirección de los pliegues en la zona de Melilla es E. NE.-O. SO., o sea la atribuida a los movimientos alpinos. Hacemos resaltar la apreciación de los Sres. Valle y Fernández Iruegas de que las direcciones de los pliegues en los bancos jurásicos son de NE.-SO. a E.-O., y en las cretáceas de E.-O. a E. SE.-O. NO., y parece indicar que las primeras se aproximan más a la dirección herciniana que las segundas, como más influido el substratum jurásico por los movimientos de esa época que el cretáceo. Algo análogo hemos indicado ocurría en la zona occidental.

Parece deducirse que la orografía de toda la zona española hasta hoy ocupada, es la resultante de los empujes hercinianos y alpinos, y tal vez de los que han producido los movimientos secundarios, y que según predomine uno u otro de esos empujes, así ha predominado una u otra dirección.

Así, en la región de Melilla predominaron los esfuerzos alpinos y en la Península Norte-Marroquí los hercinianos. Es de observar que, según Orueta, los movimientos hercinianos son los predominantes en la Serranía de Ronda, es decir, en la probable prolongación de la zona occidental de Marruecos.

La orografía presenta también diferencias grandes. En la Península Norte-Marroquí la estructura de la cadena es uniclinal y formada por terrenos antiguos y jurásicos, y solamente en la parte occidental de la sierra, ya en una región de mucha menos altura, se encuentran los terrenos cretáceo y eoceno presentando pliegues más suaves. En cambio en la región de Melilla el terreno está constituido por varias sierras, todas de importancia, presentándose en varias de ellas los terrenos antiguos.

Atendiendo sólo a nuestra zona, el asomo de los terrenos antiguos va desapareciendo atravesando los pliegues de N. a S., y por tanto en Tres Forcas es donde los hemos visto de un modo más claro y presentándose hasta el arcaico, es decir, que este pliegue es el que puede corresponder, si existe la vuelta de la cadena del Rif, con el de la Península Norte-Marroquí, en donde asoma el gneis y las micacitas; con el detalle a favor de esta analogía de que en ambos manchones arcaicos asoman las serpentinas.

Conviene también recordar que en los terrenos secundarios en una y otra parte de la zona del Rif, y como ocurre en España en las provincias de Cádiz y Sevilla, hacen su aparición las rocas ofíticas.

Por último, debemos señalar la coincidencia en ambas zonas de existir depósitos oligocenos encima del eoceno. Sin embargo, es preciso advertir que la clasificación que hemos hecho de este terreno, tanto en una como en otra zona, es atendiendo exclusivamente a caracteres estratigráficos y litológicos, pues no ha sido posible encontrar fósil alguno. Las facies de este terreno en una y otra son muy diferentes. En la zona occidental se presentan unas areniscas gruesas ferruginosas, y en la oriental, en la base se encuentra un conglomerado y encima margas y areniscas, todas con un color rojizo. Por sus caracteres estratigráficos y litológicos,

tiene este terreno de la región de Melilla, en África, gran semejanza con el mismo de los Pirineos. Tanto aquí como allí se han formado después de la gran conmoción tectónica y luego han sido movidos por otros empujes posteriores.

También resulta que teniendo los pliegues que arrugan a nuestra zona oriental en la parte hoy ocupada una dirección E. NE.-O. SO., no forman las cadenas montañosas una línea paralela a la costa, lo que parece restar algo de fuerza a los argumentos que formaron la concepción que del hundimiento del escudo mediterráneo tenía el gran Suess, y también a la teoría de Termier, de que los distintos terrenos formaban a modo de aureolas concéntricas alrededor de un macizo arcaico que se consideraba situado en el centro del Mediterráneo; pero aun es pronto para hacer objeciones, es preciso esperar a que la bandera española tremole en las cumbres de la cadena del Rif para desentrañar los misterios que encierra la tan discutida cordillera.

III.—Estudios hidrológicos.

El carácter de utilidad práctica que queremos imprimir a los trabajos de nuestra Comisión, nos ha inducido a dar una preferencia marcada a los estudios hidrológicos de la zona del Protectorado, porque no creemos que exista en ésta problema a resolver que tenga la importancia del de la investigación de aguas.

Sobre todo en la zona de Melilla se siente de un modo apremiante su necesidad. Hasta para los avances militares ha sido un obstáculo la penuria de este elemento, por no contar con medios suficientes para abastecer de agua a las tropas y para abreviar el ganado.

El Comandante General de Melilla, con el celo que hemos visto siempre poner en todo para conseguir beneficios

para la zona, requirió nuestro informe, que le fué dado en el año 1918, y el Excmo. Sr. Alto Comisario, al plantearle el problema de la conveniencia de efectuar investigaciones de aguas en la zona que resolviera, o por lo menos aliviara, la penuria que se deja sentir, acogió nuestra idea con gran cariño y nos propuso hiciéramos un proyecto de reglamento con objeto de encauzar el asunto de modo de obtener España los mayores beneficios. Cumplimos su encargo y en la primavera de este año tuvimos el honor de entregárselo, y el gran interés que tomó en el asunto y la benévola acogida que nos dispensó, nos han hecho seguir con más entusiasmo aún que antes nuestros trabajos hidrológicos en Marruecos.

El reglamento entregado al Excmo. Sr. General Berenguer lo publicamos como apéndice al final de nuestro trabajo, y en él hemos tenido presente dos ideas fundamentales: una de ellas es la importancia del problema, conocida de todos y sobre la cual no es por tanto necesario insistir; y la otra es que es preciso unir a una obra común la labor de varios organismos que trabajan en la zona, que hoy están diseminados y que, sin embargo, laboran para conseguir los mismos fines. Ocurre mucho en España—y la misma política se va estableciendo en Marruecos—que, a causa de la independencia de unos servicios con relación a los otros, no se prestan mutuamente la debida ayuda; y hasta ocurre el caso de hacerse el mismo trabajo repetidas veces, sin tener conocimiento un Centro de la labor del otro. Nosotros creemos que esto no debe ser así, y que el Cuerpo de Ingenieros Militares, el Servicio de Minas de la zona y la Comisión de estudios geológicos de Marruecos deben trabajar mancomunadamente, uniendo todos sus esfuerzos en un mismo sentido, con objeto de procurar soluciones en los problemas de alumbramientos de aguas en la zona de nuestro Protectorado.

Al elaborar el referido proyecto de reglamento, hemos tenido en cuenta la organización francesa en Argelia. Los franceses dividen su zona en dos territorios: Norte y Sur. El primero lo consideran completamente pacificado, y su régimen es civil. En el segundo consideran aún necesaria la ocupación militar, y su régimen es militar.

También hemos tenido presente, al confeccionar nuestro proyecto, lo legislado en España sobre el auxilio a entidades y particulares que quieran alumbrar aguas subterráneas, y hemos tratado de hacer cosa análoga tendiendo a fomentar esta clase de trabajos, que de tanta utilidad para la zona pueden ser. En España, el Instituto Geológico es el Centro encargado de informar sobre los auxilios informativos y pecuniarios que solicitan los particulares.

En Argelia, sobre todo en la provincia de Constantina, en la parte S., ya en la región del Sahara, los sondeos artesianos tuvieron un gran éxito.

El primer sondeo con éxito se realizó en el año 1856 en Tamerna, a 164 kilómetros al S. de Biskra. Se cortó a unos 60 metros una capa de agua con un gasto de 4.000 litros por minuto. Después se realizaron otros entre profundidades de 40 a 80 metros con éxito distinto, aunque siempre bueno. Con estos sondeos poco profundos, los franceses no hicieron más que ejecutar de un modo científico y con medios a propósito, lo que hacían los indígenas antes. Los obreros especialistas, entre éstos que ejecutan los pozos, se llamaban *r'tassin*. El oficio de *r'tass* era sumamente peligroso, pues estaban largo tiempo sumergidos por completo en agua.

Después los franceses hicieron sondeos más profundos y realizaron muchos en toda Argelia. Ha habido alguno, como el de Tolga, con un gasto de 4.800 litros por minuto.

Son muy grandes los beneficios materiales obtenidos

por los sondeos, sobre todo en las regiones de Touggourt y Hodna. Con los sondeos realizados en el oasis del Oued Rhir se consiguió que una comarca en donde sólo se contaban en 1856, 339.000 palmeras, lleguen ahora al millón. La población en este oasis se ha cuadruplicado. De 1900 a 1906, los trabajos de sondeo hicieron aumentar el gasto de aguas artesianas en 26.660 litros por minuto.

No son tan sólo los beneficios materiales los que hay que tener en cuenta al emprender los trabajos de sondeos en busca de aguas, sino también lo que levanta el prestigio de quien los hace entre los indígenas. Los éxitos de Constantina aproximaron más los indígenas a los franceses que muchos éxitos militares. A las primeras fuentes se las pusieron los nombres de la Paz, de la Amistad, etc., en representación de lo que habían influido los sondeos en estrechar las relaciones de franceses e indígenas.

Sin embargo, no conviene que nosotros, los españoles, nos ilusionemos demasiado con los éxitos obtenidos por los franceses, porque los sondeos hechos en nuestra limítrofe provincia de Orán no han tenido, ni con mucho, tan buen resultado como los citados de Constantina. En esta región existen verdaderos ríos subterráneos en comunicación con otros abiertos, y que han traído como consecuencia el que hayan salido a la superficie por pozos artesianos, peces y cangrejos vivos, con gran asombro de indígenas y más aún de europeos; pero en Orán y en nuestra zona no existen tales ríos, y es preciso buscar el agua en cuencas artesianas algo profundas. Los sondeos realizados por los franceses no se puede decir que sean definitivos, porque no han llegado a cortar los terrenos secundarios que, por lo menos en nuestra zona, parecen ser los más indicados para contener en sus bancos aguas que puedan ser artesianas.

En la zona occidental de nuestra zona, por lo menos en

la Península Norte-Marroquí, el problema del agua está limitado más bien a su encauzamiento y buen aprovechamiento que a investigaciones nuevas. La cadena jurásica, que constituye el relieve más pronunciado de su orografía, es un gran depósito de agua y en todos los sitios hay fuentes abundantes. Lo que hace falta es captarlas bien y luego encauzarlas debidamente para que su aprovechamiento sea completo. La gran altura con que a veces alumbra, como en Dzar Aonzar Zadina, en el Kuf, etc., nos parece motivo para que en esos sitios pueda ser el agua objeto de aprovechamiento industrial para la producción de energía eléctrica.

El abastecimiento de aguas potables a Tetuán, hoy muy deficiente, puede resolverse fácilmente con la traída a la población de cualquier grupo de fuentes de las innumerables que hay en la sierra del Haus.

Ya manifestamos en nuestro primer trabajo que la falta de agua en la región de Arcila-Larache-Alcazarquivir era grande, y considerábamos interesante la realización de sondeos en busca de las aguas artesianas que presumíamos existen en las cuencas de Sok-etz-Tzenin y Zok-etz-Tzelaza al N. del Lucus en la zona atlántica.

Los Sres. Dupuy de Lôme y Miláns del Bosch, hacen una relación por terrenos de todos los manantiales, que juzgamos es de interés.

Llamamos la atención del lector sobre las consideraciones que hacen los señores del Valle y Fernández Iruegas acerca de la cuenca del Kert y sobre la formación de la llanura del Guerruao. Los fenómenos eolíticos a que se hace referencia, se han repetido en otros lugares de la tierra y en otros períodos geológicos antiguos. En el permiano de Alemania, la desecación de los lagos que produjeron los grandes depósitos de sales, trajeron consigo un cambio de clima notable y posteriormente depósitos de loess. Se

saca como consecuencia de esas consideraciones, que la llanura del Guerruao forma parte de la cuenca del Gan y, por tanto, de la del Kert.

Por último, creemos cristalizado nuestro modo de pensar en los problemas hidrológicos de la zona oriental en las conclusiones que se hacen al final del trabajo, y creemos que es un deber de nuestro Protectorado realizar cuanto antes los sondeos a que hacemos referencia, creyendo que los que se ejecuten en la llanura del Guerruao en busca de los bancos cretáceos, es muy probable obtengan éxito satisfactorio.

AGUSTÍN MARÍN

ESTUDIO GEOLÓGICO

DE LA

PENÍNSULA NORTE-MARROQUÍ

Consideraciones generales.

Conformes con los deseos de la Superioridad y guiados por el propósito de dar a la publicación el estudio de una comarca que constituyese un conjunto sin soluciones de continuidad, nuestros trabajos desde 1916 se condensaron, siempre que las circunstancias así lo permitieron, al terreno que constituye el saliente africano que, con la costa de España, forma el Estrecho de Gibraltar, pudiendo, como resultado de nuestro estudio, deducir consecuencias muy interesantes no sólo en lo concerniente a la formación del Estrecho, ya bastante vulgarizada, sino también a la identidad y clasificación geológica de los terrenos de ambas costas.

Hecho también el estudio geológico de la Zona Internacional de Tánger, el trabajo que publicamos abarca, por consiguiente, toda la comarca situada al N. de una línea que partiendo del Mediterráneo en la desembocadura del río Martín, siga el curso de este río hasta su confluencia con el Hayra, pase luego por el Fondak de Ain Yedida de Uadrás, siga después el curso del Uad el Tzelatza, que más tarde se llama Quebir, hasta su encuentro con el río Mharhar, y coincida con este río-frontera hasta el Atlántico.

Haremos primeramente una descripción geográfica y física del territorio, estudiando sucesivamente su orografía, hidrografía e hidrología antes de entrar en el estudio geológico.

Al hacer estas descripciones de conjunto, por fuerza tendremos que volver sobre algunos puntos ya tratados en nuestra primera publicación, para rectificar o ratificar conceptos que un estudio comparativo en mayor extensión de terreno, nos ha permitido aclarar.

Acompañan a esta Memoria, el plano general geológico de la Península Norte-Marroquí en escala 1 : 100.000 y tres cortes explicativos, trazados por el extremo septentrional de la Península, por el S. de Tánger y por el paralelo de Tetuán, que facilitan la comprensión de la intrincada tectónica de esta zona.

Descripción geográfica y física.

Esta zona corresponde, geográficamente, a la parte NO. del antiguo imperio xerifiano, y forma la totalidad de lo que algo impropiamente se ha llamado la Península Norte-Marroquí, región poblada por los Yebalas, divididos en varias cabilas, según describiremos más adelante.

La comarca que vamos a reseñar tiene una extensión aproximada de 1.970 kilómetros cuadrados, de los cuales corresponden 373 kilómetros cuadrados a la zona de Tánger. La limita al E. el mar Mediterráneo, al O. el Océano Atlántico y al S. termina en la línea fijada anteriormente. La longitud total de sus costas es de 140 kilómetros, correspondiendo: 65 kilómetros al Estrecho de Gibraltar, 50 kilómetros al mar Mediterráneo y 25 kilómetros al Océano Atlántico. La costa marroquí del Estrecho es la más accidentada y abrupta, pues alternan las playas suaves de los

valles y las desembocaduras de los ríos, con los acantilados rocosos casi verticales que llegan a tener alturas considerables, como sucede con el macizo calcáreo del Yebel Musa, y las areniscas que, formando los Yebel Quebir y Yebel es Slokia, terminan en el Cabo Espartel.

La bahía más importante de la costa es la de Tánger, que con una longitud de 8 kilómetros, forma una dársena de 6 kilómetros cuadrados aproximadamente. Merecen también mención las bahías del Marsa y Benzú, si bien son de mucha menor superficie y aun más desabrigadas que la de Tánger, con serlo ésta mucho.

Además del Cabo Espartel y de Punta Almina en el monte Acho, son notables la Punta Malabata, Punta de Alcázar y Punta Leona.

Presenta la costa algunos islotes sin importancia, y únicamente una isla, la del Perejil, situada entre Punta Leona y Punta el Marsa, a 11 kilómetros de Ceuta.

Las otras dos costas son mucho más suaves y regulares, con extensas playas en casi toda su extensión, y no presentan más accidente que el Cabo Negro en la mediterránea, constituido por la pequeña sierra gnéisica de Cudia Taifor.

Hay en la costa tres embarcaderos: en Alcázar Seguir, Rincón de Medik y Río Martín. El puerto de Tánger, bastante desabrigado y falto de muelles, y el de Ceuta, actualmente muy adelantado en su construcción que proporciona abrigo seguro a los buques de mayor calado.

La constitución geográfica interior de la zona, está descrita con detalle al estudiar más adelante su orografía e hidrografía.

La comarca de que nos ocupamos está poblada por cuatro cabilas: Anyera, Hhauz de Tetuán, Uadrás y Fahhz de Tánger, y parte de la de Beni Mezauuar.

Los límites de los territorios ocupados por las cabilas resultan difíciles de precisar por no estar en relación con los accidentes topográficos, y en varias ocasiones hemos podido comprobar que ni aun los mismos indígenas están de acuerdo respecto a este punto.

Los que figuran como tales en el plano-croquis del Estado Mayor del Ejército, están equivocados en algunos sitios, pero por ahora nos referiremos a ellos hasta que la Policía Indígena, encargada de esta labor, los determine con exactitud. También este importante organismo está llevando a cabo, con gran actividad, la formación del censo, que aun no está terminado, pero no hay que olvidar lo reciente de la ocupación de estos territorios y lo penoso y largo que ha de ser este trabajo dadas la psicología y la falta de civilización de sus habitantes.

Cabila de Anyera.—Es la de mayor importancia del territorio por su riqueza agrícola y extensión; la limita al N. la costa del Estrecho, desde el campo exterior de Ceuta hasta la bahía de Tánger, y por el E. la costa mediterránea, hasta unos 4 kilómetros antes de la desembocadura del río Negro; desde este punto la línea-límite se dirige hacia el O., sigue la cumbre del Yebel Hariex hasta su encuentro con el Yebel Garra, y entonces, con dirección S., pasa a 500 metros del zoco del Tzelatza y por la cresta de la sierra del Hhauz llega hasta los poblados del Kuf, donde tuerce hacia el SO. hasta el río Jemis, a unos 4 kilómetros del zoco del Jemis. Desde aquí sigue el río unos 2 kilómetros, y después se dirige al O., para pasar entre los poblados de Mingrel-la y Margilua y llegar a la cumbre del Yebel Zemzem. Luego continúa en dirección N. por esta cumbre unos 3 kilómetros, y vuelve al O. siguiendo por los ríos Dardar y Taifin. Un kilómetro al N. del poblado de este nombre,

toma la dirección NO. y va a encontrar la línea-frontera de la zona internacional, que sigue hacia el N. hasta llegar al mar, 2 kilómetros al S. de la Punta Malabata.

Su extensión es de 550 kilómetros cuadrados próximamente.

Cabila del Hhauz.—Limita al N. y al O. con la cabila de Anyera, pero a partir del zoco del Jemis, hacia el S., el linde sigue el curso del río Jemis hasta 1 kilómetro aguas abajo de su confluencia con el Agrás, desde donde se dirige al N. casi hasta Beni Amran, y tuerce al S. para seguir el río Martín hasta llegar al mar. Por el E. llega su territorio hasta la costa mediterránea.

La superficie es de 350 kilómetros cuadrados aproximadamente.

Cabila de Uadrás.—Limita al N. con la cabila de Anyera y al E. con la del Hhauz. A partir de la confluencia del Jemis y el Agrás, la línea-límite se dirige al S. hasta el Xecor; sigue por este cauce y toma luego la dirección O.; pasa por la cumbre del Yebel Sidi Dauetz y después vuelve hacia el NO. y coincide con el camino que va al zoco del Arbaa de Beni Mezauuar, llega hasta Cudia Dahari y vuelve hacia el O. a unirse con el río Daadatz hasta su confluencia con el Tzelatza. En este punto pasa al N. del último río y con dirección N. aproximada, cruza los montes de Zinatz y el río Taifin y llega a la frontera de la zona internacional, cuya línea sigue hasta cerrar su perímetro.

Su extensión aproximada es de 250 kilómetros cuadrados.

Cabila del Fahhz.—El terreno que comprende esta cabila limita al N. y O. con las costas del Estrecho y del Atlántico, al E. con las cabilas de Anyera primero y luego la

de Uadrás, y al S. el límite parte del río Daadatz, aguas arriba de su confluencia con el Quebir, y se dirige al O. por el río Burin, hasta aguas abajo de su confluencia con el Quebir; se dirige entonces al O., cruza Cuesta Colorada y va a encontrarse con el río Mharhar, para seguir unida a su curso hasta su desembocadura. La superficie de esta cabila es de 350 kilómetros cuadrados.

No describimos los límites de la cabila de Beni Mezauuar por coincidir los conocidos con los meridionales de las cabilas del Fahhz y Uadrás e ignorar aun los otros linderos situados más al S.

En lo que a la agricultura se refiere, presenta esta zona, por la calidad de sus tierras y condiciones climatológicas, un porvenir de gran riqueza.

Las tierras de cultivo son casi en su totalidad rojizas, llamadas por los del país «hamri», no tan fértiles como las negras «tirs», de que nos hemos ocupado en nuestra obra *Estudios relativos a la Geología de Marruecos* (pág. 113), pero de todas maneras muy productivas, estando compuestas de margas cretáceas o eocenas entremezcladas con arenas, cantos y guijos de caliza y arenisca. En la zona internacional hay algunas manchas de «tirs», y cerca de Tetuán, en el valle del río Jemis, unos manchones de unos 20 kilómetros cuadrados de las tierras sabulosas llamadas «Sahhel».

Las tierras rojizas, con ser menos fértiles que las negras; tienen sobre éstas la ventaja de que en los años de sequía no se pierden completamente las cosechas; en cambio en los años de lluvia, la cosecha en estas últimas es muy superior en calidad y cantidad a la que se obtiene en las primeras.

El principal enemigo de la agricultura en la zona del



Protectorado español es la sequía, pero, según se ve en los datos meteorológicos que publicamos en esta Memoria, este inconveniente no es importante en su parte occidental, pues el agua precipitada por las lluvias es bastante considerable y mayor que en la región andaluza.

Los vientos calientes y secos reinan poco, y no tienen nunca suficiente fuerza para quemar los trigos.

Aparte de las lluvias, durante la época seca las plantas se humedecen por abundantes rocíos y nieblas.

Las tierras no están todas lo bien cultivadas que debían estar, prescindiendo desde luego de parcelas muy rocosas, como sucede frecuentemente en el eoceno, y de otras destinadas a pastos. Hasta el presente su producción se reduce a cereales, ciertas especies de leguminosas y en menor escala algunos árboles. En los alrededores de Ceuta y Tetuán se ha empezado a cultivar, con buen éxito, la viña.

Los grandes bosques de acebuches nos muestran lo apropiado que sería este suelo para el cultivo del olivo, árbol completamente desconocido en esta parte de la zona del Protectorado.

En algunos valles de la costa atlántica y del Estrecho se desarrollan hermosos algarrobos, que injertados convenientemente y aplicándoles el cultivo que requieren, darían también cosechas de gran importancia.

En cuanto a los cultivos de huerta, puede decirse que se producen las mismas especies que en España, pero inferiores, por lo general, en cantidad y en calidad. Son frecuentes los bosques de alcornoques, pero no solamente no se lleva a cabo su explotación, sino que se empobrecen y disminuyen cada año, pues los indígenas los cortan para fabricar carbón y desmontan los bosques para dedicar el terreno al laboreo o a pastos.

En resumen, la agricultura en esta parte de Marruecos

es susceptible de alcanzar una gran prosperidad perfeccionando los métodos de laboreo, y empleando los ciclos de cultivo apropiados y los abonos, con preferencia los fosfatados.

Otra fuente de riqueza, y quizá la más importante del país, es la ganadería, mas es increíble el abandono en que los indígenas tienen a sus ganados; no se preocupan nunca de crearles reservas alimenticias para las épocas malas, ni disponen de albergues convenientes para la estación de las lluvias, con el resultado de que todas las especies están degeneradas y sus ejemplares son por lo general raquíticos; sería necesario, para reconstituir la ganadería, empezar por importar en el país ejemplares seleccionados que sirvieran de reproductores.

Son contadísimas las industrias indígenas, pues se reducen a la fabricación de babuchas, tejidos y mosaicos en Tetuán, todo ello en pequeña escala.

La implantación de industrias nuevas va tomando serio incremento, contribuyendo a ello principalmente la Compañía Española de Colonización. Sin embargo, los pequeños capitalistas necesitan de mayor protección y estímulo para que no desmayen en sus beneficiosos proyectos.

Orografía.

Las montañas del N. del Imperio marroquí, que han recibido el nombre de Atlas Mediterráneo, pertenecen al sistema alpino, según las admirables deducciones del eminente geólogo Ed. Suess, expuestas en su conocidísima obra *Das Antlitz der Erde*. La cadena alpina que estudiamos tiene su borde interno, el septentrional en Africa, hundido, y está ella misma constituida por tres fajas o zonas, la interior con asomos eruptivos recientes que jalonan la línea de

hundimientos, otra central formada por terrenos arcaicos y paleozoicos y la exterior integrada por repetidos pliegues de los terrenos secundarios y terciarios. Esta cadena alpina, siempre con análogos caracteres, se une con los Apeninos en Sicilia, pasa por Túnez, Argelia, Orán y el Rif, para arquearse en la Península Norte-Marroquí y atravesando el Estrecho de Gibraltar enlazarse con la cordillera Bética. En todo su trayecto, no hay una región en que las tres fajas señaladas por Suess se destaquen con tanta claridad como en la Península objeto de nuestro estudio.

Los apuntamientos eruptivos de la línea de fractura interior están en el Mediterráneo; la zona central está representada por las fajas de terrenos antiguos, arcaico, cambriano y siluriano, y la zona exterior comprende los plegamientos jurásicos del eje de la Península y las ondulaciones terciarias y secundarias de la región situada entre el Atlántico y la sierra jurásica.

El accidente orográfico de más importancia de la comarca es la sierra que, con dirección N. a S. y procedente de la región de Xexauen, penetra en la Península por Tetuán y corre paralelamente a la costa mediterránea hasta desembocar en el Estrecho de Gibraltar al O. de la bahía de Benzú.

Esta sierra está constituida por una serie de cumbres, separadas entre sí por puertos y desfiladeros escarpados; las alturas importantes hacia el N. de Tetuán son el Yebel Dersa y los picos de la sierra del Hhauz, entre los cuales están los puertos de Bab el Aonzar (Puerta de las Fuentes) y del Kuf, el Yebel Garra y la Sierra Bullones, con sus múltiples picos de Yebel Musa, Dhar Yuahel, Yebel Xinder, Yebel Beliunes, Yebel Hafa del Uest, etc.

Tiene menor importancia la cordillera que empieza en el zoco del Jemis y con orientación al NO. termina en la

Punta de la Cabra, al O. de Punta Alcázar; sus cumbres, en general de areniscas terciarias, son: el Yebel Ben Ayib, Yebel Fahhamin, Yebel Zalabh y Yebel Tzajzuja.

Más a Poniente y paralela a esta última, hay otra línea montañosa de mucha importancia, por ser divisoria de aguas; sus cumbres reciben los nombres de Yebel Sidi Dauetz, Yebel Behma, Cudia Behruri, Yebel Zemzem, y en la zona internacional los de Yebel Beni Meyimel, Yebel Zuati, Yebel Sfisier y Dhar Zarzor, que termina en la Punta Altares.

Los montes de Behma y Behruri pertenecen a la cabila de Uadrás, y están separados por el paso de Yenak Behma; la primera cresta del Zemzem sirve de frontera a las cabilas de Uadrás y Anyera, y el resto de la cordillera hasta el mar corresponde por completo a la de Anyera.

Además de los tres sistemas montañosos que tienen la misma dirección N.-S., hay otra serie de sierras de menor importancia que, orientadas normalmente, dividen las cuencas principales en otras secundarias, dando origen a multitud de arroyos y riachuelos.

En la costa mediterránea se elevan la sierra del Cabo Negro con las Cudias bu Zeguelet y Taifor, las estribaciones orientales del Yebel Sidi Dauetz y los montes de Cudia el Buad. En el centro de la Península están el Dahar el Amri, situado entre el Fahamin y la sierra del Hhauz; los Yebel Ain Xuca y contrafuertes occidentales del Yebel Garra; y ya en la zona internacional, la sierra que termina en el Cabo Espartel con los Yebel Quebir y es-Slokia.

Independientemente del sistema orográfico descrito, hay algunos montes que, sin llegar a constituir líneas de cordilleras, son divisorias de valles de cierta importancia, como sucede en la zona de Ceuta con el Yebel Zemzem y Yebel Negro, divisoria entre los ríos Smir y Negro; más al N. el

Yebel Hariex, divisoria entre este último río y el Fenidak; en la zona internacional el Yebel Dar Shiro, etc., etc.

Hidrografía.

La cordillera jurásica que tiene las mayores cotas de la Península y constituye su rasgo orográfico más saliente, no es la divisoria de aguas, sino que por la escotadura de Tetuán desembocan en el Mediterráneo el río Martín con su cuenca de recepción al O. de la citada sierra.

La divisoria de aguas la forma la serie de crestas que desde el Fondak de Ain Yedida se dirigen al N.-NO. y dividen la Península en dos vertientes de superficie casi igual, la mediterránea y la atlántica.

Al N. una faja con una anchura media de unos 10 kilómetros vierte sus aguas por una serie de arroyos de escasa importancia, en el Estrecho de Gibraltar.

Empezaremos la descripción hidrográfica por la vertiente mediterránea, donde se encuentra el único río que merezca el nombre de tal, el Martín, para seguir por la costa del Estrecho y terminar por la atlántica.

Vertiente del Mediterráneo. — Los ríos principales que desaguan en este mar son: el Martín, el Uad el Lila, el Uad Smir, el Negro y el Uad Fenidak.

Una gran parte de la Península corresponde a la cuenca del río Martín y sus tres afluentes, el Jemis, el Xecor y el Hayra, que se unen al primero en los llanos situados junto a Lauzien.

El Jemis nace en las montañas de Anyera y recorre después el valle de su nombre, recogiendo el agua de las caudalosas fuentes de las estribaciones occidentales de la sierra del Hhauz; además del Uad el Xecor, tiene como

afluentes el arroyo llamado Uad Agrás, que procede del desfiladero del Fondak de Ain Yedida.

Tanto el Uad el Xecor como el Uad el Hayra, nacen en las sierras de Beni Ider en regiones aun inexploradas por nosotros.

El Martín, aunque bastante caudaloso aun en estiaje, tiene en su desembocadura una barra que impide sea navegable hasta para barcos de escaso calado.

Al S. de Cabo Negro desemboca un arroyo, el Lila, de escaso caudal, que después de serpentear por el llano que se extiende al S. de la meseta del Taifor, muere en las marismas que rodean las salinas de Beni Zalem.

Los ríos Negro y Smir, situados al N. del Cabo Negro, no pasan de ser arroyos por su caudal y longitud de recorrido; nacen ambos en las estribaciones orientales de los macizos calcáreos del Hhauz, de fuentes muy abundantes de la región del Kuf, y después de recorrer valles de tierras arcillosas, forman extensas lagunas pantanosas en su desembocadura.

Cerca de Ceuta desagua en el Mediterráneo otro arroyo, el Uad el Fenidak o río de Castillejos, de régimen torrencial, con grandes crecidas en los meses lluviosos y casi seco en verano.

Vertiente del Estrecho.—El Uad er Rmel, que desemboca en la bahía de este nombre, es de muy escasa importancia y recoge las aguas de la cuenca limitada por los montes de Ain Xuca y estribaciones orientales del Yebel Garra. Le afluyen, unos 4 kilómetros antes de la desembocadura, los Uad Anazar y Uad el Lil, que corren a ambos lados de Dhar el Fetzan; son de escaso caudal, mas no llegan nunca, ni en pleno estiaje, a quedar completamente secos.

El Uad el Kazar, que en un principio se llama Uad Tza-

garantz, tiene su origen en el poblado de este nombre, al lado del zoco del Tzelatza de Anyera; recoge las aguas de la cuenca situada entre la divisoria de Ain Xuca y la de los montes de Buad, Hamri y Hamma. Es más importante que el anterior, sufriendo grandes crecidas en las temporadas de lluvias.

Al O. de la Punta de la Cabra desemboca el Uad Liaan, llamado también Uad el Hhadad, arroyo de escaso caudal que nace cerca de Melusa.

En la bahía de Tánger desaguan el Suani, el Uad el Moga y el Uad el Melalehh, bastante caudalosos en invierno; nacen en las montañas que bordean los llanos arcillosos del Fahhz, y en la última parte de su curso, a pesar de su caudal reducido, tienen un cauce profundo por donde penetran las mareas.

Vertiente atlántica.—En la zona de Tánger no hay más que un arroyo, el Uad el Bugadú, que vierte sus aguas al Atlántico, pues el Uad el Mharhar, mucho más importante, pertenece ya a la zona del Protectorado español con la cual sirve de frontera. Este río, formado por la unión del Uad el Quebir, el Uad el Zeguir y el Uad el Burin, recibe por su orilla izquierda, un poco antes de desembocar en el Atlántico, las aguas del Uad el Haxef o río de las Tembladeras y abarca en su cuenca de recepción la mayor parte de las cabilas de Uadrás, Beni Mezauar y Yebel Hhebib.

Hidrología.

Manantiales en el estrato-cristalino.—Las manchas arcaicas de Ceuta y Cabo Negro, integradas casi en su totalidad por micacitas y gneis micáceo y arcilloso, son muy pobres en aguas, y las contadas fuentes que en ellas brotan

son muy escasas en invierno y por lo general se secan en verano.

Esta es la principal razón por la cual, a pesar de tener el estrato-cristalino, sobre todo en el Cabo Negro, bastante extensión, no exista un solo poblado importante edificado en este horizonte geológico (el de Beni Mzala está ya en el límite de este terreno y el paleozoico).

El único nivel hidrológico que merezca citarse, está formado por unos cordones de cuarcitas que de N. a S. se dirigen desde la Punta Blanca hasta el valle del Jolot, en que nacen fuentes de aguas purísimas, entre ellas alguna, como la que surte a la posición *A*, bastante abundante.

Mayor importancia tiene el arcaico en el régimen hidrológico de la región, por constituir el nivel impermeable inferior que da lugar a la existencia de algunos manantiales muy caudalosos situados al pie de niveles permeables formados por terrenos más modernos y que detallaremos al reseñar las condiciones hidrológicas de estos sistemas.

Manantiales en el cambriano.—También es muy pobre en aguas este terreno, constituido casi todo por pizarras arcillosas impermeables.

El nivel de calizas marmóreas tiene en la región demasiada poca extensión y una cuenca de recepción harto reducida para dar lugar a fuentes caudalosas; sin embargo, las escasas fuentecillas que se encuentran en el cambriano nacen en las calizas citadas o en algunos lechos de pizarras calcáreas intercalados entre las pizarras, como sucede junto al muelle de Poniente del puerto de Ceuta y en varias trincheras de los ferrocarriles de Benzú y de Tetuán.

En la mancha cambriana del Biutz nacen varias fuentes de caudal muy constante, pero sus aguas proceden de los niveles permeables del siluriano, pues atraviesan primero

las cuarcitas y conglomerados silurianos para resbalar después sobre las capas cambrianas hasta encontrar alguna grieta o filón que las cruce, para después, siguiendo por estas fisuras, brotar en el punto donde afloren éstas. A esta clase corresponden las fuentes de Ain Aulah, Ain Sidi Raxdi, Ain Xaxa, etc., etc.

Manantiales en el siluriano.—El siluriano queda limitado a estrechas fajas de terreno situadas en la región de Ceuta o integradas en su mayor parte por pizarrillas arcillosas impermeables.

Contiene, sin embargo, dos niveles permeables que dan lugar a manantiales, que si bien no son muy abundantes, en cambio tienen aguas de excelentes condiciones de potabilidad. Los niveles acuíferos están formados por conglomerados de elementos silíceos y cuarcitas que se presentan en grandes bancos y dejan pasar a través de ellos las aguas procedentes de la lluvia, sin que se disuelva parte de la roca como sucede con otros niveles, por ejemplo las calizas, y las filtran dando lugar a fuentes cristalinas de aguas excelentes.

Los manantiales más importantes son los de Ain el Haluf y Ain el Tax, en las vertientes de Cudia Federico, y seis o siete fuentes que van marcando el límite de la zona de cuarcitas que corona el cerro de Ain Yir.

En la faja siluriana que bordea por el E. el macizo calcáreo del Yebel Musa, nacen también varias fuentes, alguna, como la del Aonzar de Yuama, de bastante caudal.

Lo mismo en el arcaico que en los terrenos paleozoicos se presentan los estratos muy levantados y plegados, las cuencas de recepción son reducidas y los niveles permeables poco importantes y discontinuos, razones por las cuales sería inútil hacer ningún trabajo de alumbramiento de

aguas, y lo único que puede hacerse es mejorar el captado de los manantiales ya existentes.

Manantiales en el permiano.—Si bien hay en la costa mediterránea varias manchitas permianas, son éstas de escásísima extensión y están formadas exclusivamente por un conglomerado de elementos pizarreños, y por lo tanto impermeables. Los estratos, doblados en multitud de pliegues y torceduras, no permiten que entre ellos se establezcan niveles acuíferos, y podemos afirmar que, en cuanto a la hidrología, la importancia de este sistema es nulo.

Manantiales en el triásico.—Tanto las manchas triásicas de Ceuta como las próximas a Tetuán, tienen una extensión reducida, y sus estratos, muy plegados, quedan interrumpidos por los bancos de conglomerados permianos, sistema que se encuentra en esta región enlazado con el triásico.

Por esta causa las fuentecillas que nacen en el importante nivel acuífero del tramo de las areniscas rojas, tienen una cuenca de recepción muy pequeña y un caudal reducido. Alguna de estas fuentes, siempre muy pobre, en la mancha que se extiende desde el Tarajal al llano de los Castillejos, se aprovecha para regar las escasas huertecillas que se encuentran en el fondo de los barrancos que surcan el triásico.

En la mancha triásica de Tetuán abundan las pizarras y margas, ambas rocas muy impermeables, que sirven de dique a las calizas permeables del Yebel Dersa, y que al impedir desagüen éstas por su ladera oriental, dan indirectamente lugar a las fuentes que nacen en el casco de la población.

El agua de las fuentes y pozos que se encuentran dentro

de la mancha triásica entre Dxar Murcia y Cudia Tuila, tiene probablemente su origen en las calizas jurásicas infra-yacentes.

Es seguro que atacando las calizas jurásicas por medio de socavones excavados en el triásico con una cota suficientemente baja, una vez atravesado el nivel impermeable triásico, se penetraría en las calizas, y al llegar a las grandes grietas que atraviesan esta clase de rocas, se alumbraría un caudal muy importante que podría emplearse, o en el abastecimiento de la parte baja de la población o en el riego de las huertas de la vega.

El único inconveniente de este trabajo sería que quizás disminuyese, o aun quedase cortado, alguno de los manantiales que brotan en Tetuán al pie de las calizas del Yebel Dersa.

Manantiales en el jurásico.—Las calizas jurásicas, de enorme espesor, con gran extensión superficial, forman excelente cuenca de recepción, no solamente de las lluvias, sino de las nieblas que casi continuamente las envuelven y constituyen con mucho el nivel acuífero más importante de la Península, pues en ellas, o sobre el nivel impermeable que las sustenta, nacen las fuentes más caudalosas del país. Uniendo sobre un plano topográfico todas las fuentes importantes de la región del Hhauz, quedaría deslindada casi exactamente la cordillera jurásica.

A causa de la importancia que tienen estos manantiales, de un caudal mayor y más constante que los de los otros sistemas geológicos, nos detendremos más en su descripción.

En la costa del Estrecho son notables los manantiales de Beliunes, que nacen en las fisuras de las calizas de las estribaciones del Yebel Musa; una de estas fuentes ha sido captada y abastece la población de Ceuta. Las otras, que no

son aprovechadas más que en parte por los pobladores de Dzar Beliunes para regar sus tierras, podrían captarse fácilmente y conducirse a Ceuta si las necesidades de la población o de su puerto lo requiriesen.

El agua, como es natural suceda, después de recorrer por largo trecho las grietas de las calizas, es muy calcárea, aproximándose a 50 sus grados hidrotimétricos.

Gran parte del macizo calcáreo del Yebel Musa desagua directamente en el mar, pero otras fuentes muy importantes, situadas a Poniente de las calizas, nacen en el contacto de éstas con las margas eocenas del valle del Marsa.

Los manantiales situados en las cercanías de Dzar el Jatta, riegan gran parte del valle inferior del Uad el Marsa, uno de los pocos sitios donde las acequias, bien distribuídas y conservadas, recuerdan el enorme trabajo que esta raza desarrolló hace siglos en nuestras provincias levantinas.

De caudal mucho más reducido son las fuentecillas que nacen en las laderas del Yebel Xinder y Dahar Yuahel, y que no sirven más que para abastecer algunos pobladillos y abreviar sus ganados.

En ambas laderas del Yebel Garra nacen varios manantiales en el contacto de las calizas jurásicas con los terrenos paleozoicos o con las margas numulíticas; estas fuentes, después de regar varias huertecitas, dan nacimiento a los afluentes principales del río Negro.

El gran macizo calcáreo que se extiende entre el zoco del Tzelatza de Anyera y Tetuán, da lugar a los manantiales más abundantes de toda la Península, y omitiendo las pequeñas fuentes de importancia escasa podemos señalar a Poniente del macizo y contando de N. a S., los siguientes alumbramientos:

Las fuentes de Dzar Tzagarantz, que en su nacimiento al pie de una meseta de tobas calcáreas cuaternarias mue-

ven varios molinos harineros, y después de regar las huertas del poblado, forman el Uad Tzagarantz, principal afluente del Uad el Ksar.

Más al S., el Dzar Aonzar (1) debe su nombre a los manantiales que allí nacen; tanto éstos como los de Dzar el Dejil riegan extensas huertas pobladas de frondosos frutales.

En Dzar Eskiri, Dzar Tzerrantz, Dzar Ayibx, etc., situados todos en la línea que separa el eoceno del jurásico, abundan las fuentes que riegan las huertas que rodean a estos poblados, de los más pintorescos y ricos de la región.

A ambos lados del Bab el Aonzar, nacen también algunos manantiales muy caudalosos, alguno de los cuales, como el de Dzar Rehkana, se utiliza para mover los molinos harineros.

Sin embargo, ninguno de estos nacimientos puede compararse con el Dzar Aonzar Zadina, donde un arroyo nace de las grietas de los bancos calcáreos y se despeña por las vertientes de la sierra hasta llegar al río del Jemis; este nacimiento, dado su caudal y la cota elevada en que tiene su origen, podía aprovecharse tanto para el abastecimiento de aguas potables de Tetuán, hoy muy deficiente, como para la producción de energía eléctrica.

Al S. del Yebel Dersa, en el anfiteatro rocoso en cuyo fondo se asienta Dzar Samsa, nacen algunos manantiales muy importantes utilizados en el riego de las huertas de este lindo poblado.

En las laderas orientales del macizo jurásico también nacen algunas fuentes importantes, entre las cuales merecen citarse las que se hallan al N. de Dzar Zaryon y en la región del Kuf. Estas fuentes brotan, o en el contacto del jurásico con los terrenos antiguos infrayacentes, o encima de un nivel de margas impermeables jurásicas que aflora

(1) *Ain* = fuente. *Aonzar* o *Ayun* = fuentes.

en esta región y que recibe encima las calizas del mismo sistema.

Entre el Bab el Aonzar y Dzar Beni Zalem, hay varias fuentes muy abundantes que riegan las extensas y frondosísimas huertas de este poblado, verdadero oasis entre las pedradas crestas calcáreas de la sierra.

Se ha pensado en utilizar alguno de estos manantiales para el abastecimiento de Tetuán, situado únicamente a unos 5 kilómetros del punto de emergencia de las aguas.

Lo mismo estas aguas que las de Dzar Samsa o Dzar Zadina, todas utilizables para el abastecimiento de Tetuán, aunque desde luego potables, tienen el inconveniente de ser excesivamente calcáreas.

Tanto dentro de la población de Tetuán como en sus alrededores, surgen muchas fuentes de las grietas de la caliza concrecionada cuaternaria, sobre la cual está edificada la población; estas fuentes, algunas muy caudalosas, han dado nombre a uno de los barrios de la ciudad—el Ayun—, y después de utilizarse dentro de la población riegan las huertas de la afamada vega tetuaníe.

Un detallado estudio estratigráfico de la sierra del Hhauz fijaría los puntos en que los terrenos impermeables han formado un dique que no permite la emergencia de las aguas que empapan las calizas secundarias y rellenan sus grietas, y se encontrarían algunos parajes en que por medio de socavones que atravesasen estos diques, se conseguirían alumbramientos de grandísima importancia.

Al S. de Tetuán, el macizo de Beni Hhozmar se desagua casi completamente por su ladera occidental, pues en el valle del Quitzan los manantiales son más pobres y menos frecuentes que en el valle del Uad el Hayra, donde un grandísimo número de fuentes entre Dzar Dar Eskiek y Dzar Ben Carrix, jalonan la línea que separa el jurásico y el eoceno.

Manantiales en el cretáceo.—Este terreno, tan abundante en niveles acuíferos en otros países, no tiene en esta región uno solo, pues está constituido exclusivamente por margas con algún lecho intermedio de calizas muy arcillosas, estratos todos impermeables.

Tanto la mancha tangerina como las que describiremos al tratar del valle del Uadrás, son pobrísimas en aguas, pues éstas únicamente brotan en algunos pozos, por lo general excavados más bien en los terrenos diluviales que cubren las rocas de la formación secundaria, que en los estratos cretáceos, y que, además de tener un caudal muy escaso y ser sus aguas impuras, suelen agotarse en verano.

El cretáceo ocupa principalmente el fondo de los valles, y pudiera creerse que fuera posible alumbrar en él aguas por medio de sondeos; a nuestro parecer, estos trabajos no darían probablemente resultado, en primer lugar, por encontrarse los estratos cretáceos muy verticales y tener la sonda que atravesar un espesor enorme de margas impermeables, y en segundo término, por no tener la seguridad de encontrar un nivel permeable inferior, pues es muy probable que debajo del cretáceo hallemos, en vez de las calizas jurásicas, excelente nivel acuífero, las margas irisadas triásicas, horizonte en el cual tampoco habrían de encontrarse las aguas.

Manantiales en el eoceno.—El eoceno, con ser uno de los terrenos que más extensión tiene en la Península, es de los más pobres en manantiales, y éstos, cuando existen, suelen ser de escasísimo caudal.

Los grandes bancos de areniscas y arenas sueltas, excelente nivel acuífero en el cual brotan gran número de manantiales en la zona atlántica del Protectorado, casi no se encuentra en la región que estudiamos, y entre el enorme

espesor de margas arcillosas del sistema solamente se intercalan algunos banquitos de areniscas, calizas, maciños y cuarcitas, que si bien son más o menos permeables, suelen tener una superficie de penetración de las aguas pluviales tan reducida, que forzosamente han de ser de muy escaso caudal las fuentes a que den lugar.

Debido a estas circunstancias, los manantiales y pozos situados en el numulítico suelen secarse o disminuir muchísimo su gasto en el estiaje, y es de alabar el cuidado que tienen los indígenas en la conservación de sus fuentes, pues la mayor parte están cubiertas por una capillita construida cuidadosamente y su fondo embaldosado con grandes losas.

Sería un trabajo interminable e inútil el reseñar todos los manantiales y pozos existentes en el eoceno, pues no hay poblado que se asiente en terreno correspondiente a este sistema que no tenga varios, a pesar de lo cual se ven muchas veces obligados en el verano a beber el agua de los arroyos y ríos, una vez que se han secado los demás veneros.

En la costa del Estrecho hay pocos manantiales, y éstos nacen por lo general en las areniscas oligocenas y no en el eoceno; sin embargo, junto a Dxar Ain Xixa, varias fuentes de caudal constante, si bien exiguo, brotan en unos bancos de caliza interpuestos entre las margas numulíticas.

En el valle del Jemis también es grande la escasez de agua, utilizando sus moradores las del río, excepto en los barrancos que se extienden entre el Yebel Ben Ayib y Cudia Behruri en que aflora un horizonte del eoceno superior que contiene bancos de arenisca y arena, algunos de 2 y 3 metros de espesor, que dan origen a gran número de manantiales, algunos de los cuales, como los que se encuentran en los barrancos de Mingrel-la, son bastante caudalosos y riegan varias huertecitas.

La mayor parte de los manantiales que brotan en las laderas del Yebel Behma y sus prolongaciones septentrionales, no nacen en el eoceno, sino en las areniscas oligocenas, pero las dos conocidísimas fuentecillas del Fondak de Ain Yedida están situadas en unos bancos de calizas llenas de numulitos.

En la zona de Tánger, el eoceno también es muy escaso en agua, y ésta la mayor parte de las veces no se encuentra más que en los pozos, algunos bastante profundos.

Cerca de Dxar Ain Mixelana, en el límite oriental de la zona citada, hay unos bancos de calizas tableadas en que nacen algunas fuentecillas de escaso caudal.

Tanto en las montañas de la costa, entre Tánger y el Cabo Espartel, como en la serreta del Dar Shiro, hay algunas fuentes en el eoceno, mas sus aguas tienen su origen en las areniscas oligocenas que cubren las montañas y forman excelente y extensa cuenca de recepción.

En el valle del Mharhar y sus afluentes el Uad el Quebir y Uadrás, las fuentes son de caudal muy escaso y por lo general no nacen en el terreno que hemos reseñado, sino en el oligoceno.

Manantiales en el oligoceno.—Es uno de los terrenos que tiene mayor número de fuentes, si bien éstas son de régimen muy desigual, como es natural suceda, pues al ser los grandes bancos de areniscas que integran este terreno muy porosos, absorben en la época de las lluvias grandísimas cantidades de agua que pasa rápidamente a través de los bancos y nace generalmente en el contacto de este terreno con las margas eocenas infrayacentes. Estas fuentes, muy caudalosas después de las lluvias, ven disminuir su gasto rápidamente algunos días después, sobre todo

cuando se trata de casquetes oligocenos de escasa extensión sobrepuestos al eoceno.

En las manchas oligocenas que tienen una extensión más considerable, sobre todo cuando el espesor total de los bancos pertenecientes al sistema es muy grande, las fuentes son de un régimen mucho más constante.

Las aguas que nacen al pie de las areniscas oligocenas o en estos mismos bancos, son mucho más puras que las que tienen su origen en las calizas o maciños eocenos, y la mayor parte de los poblados asentados en el terciario, y como es natural edificados en la proximidad de alguna fuente de agua potable, suelen encontrarse en el límite de las dos formaciones, punto de emergencia de las aguas que filtran a través de las areniscas oligocenas.

Algunas de las fuentes más importantes del oligoceno se encuentran en las laderas septentrionales del Dhar de Azkfan, a Levante de Alcázar Seguir, y en ambas vertientes del Yebel Fahamin, sobre todo cerca del poblado de Melaleh.

En las areniscas del Beni Meyimel, cerca de la zona de Tánger, también existen algunos manantiales, y otros, aunque no se hallen en esta formación, proceden sus aguas del mismo origen.

La cordillera que se extiende por el Yebel Zemzem, Rauda, Cudia Behruri y el Yebel Behma, está coronada en toda su longitud por las areniscas oligocenas y queda jalonado el lindero de esta formación por una serie de fuentes, alguna de las cuales, como sucede en Dxar Ain Laalah, riega extensas huertas, contrastando vivamente la frondosidad de este rincón con las peladas crestas arenosas de la sierra y los valles margosos eocenos de tierras fértiles, pero escasas en aguas y no susceptibles de ser regadas.

Ya hemos dicho que la zona tangerina es muy escasa

en manantiales, y los que se encuentran cerca de la población nacen en las areniscas oligocenas que desde el casco de la ciudad llegan hasta el Cabo Espartel.

Las areniscas del Yebel Dar Shiro, también situado en la zona mencionada, tienen su desagüe en su vertiente oriental, donde los nombres de los poblados indican la importancia de sus manantiales, pues se llaman Dxar Ain Azel, Dxar Ain Dalia, Dxar Ain Belot y Dxar Ain Dalia Quebira.

Al S. del río Mharhar se extiende una gran mancha oligocena en cuyo borde brotan muchas fuentes, algunas, como las de Cuesta Colorada, muy ferruginosas y conocidas en todo el territorio.

Por encontrarse entremezcladas las manchas eocenas y oligocenas, consideraremos en conjunto para las dos formaciones las condiciones hidrológicas de sus estratos y la posibilidad que habría de hacer en ellos trabajos de alumbramiento de aguas.

El eoceno, por lo general, rellena los valles de la zona y en algunos puntos se podrían hacer alumbramientos por medio de socavones emboquillados en este terreno que fuesen a cortar, o las calizas jurásicas de la sierra, o algún macizo de areniscas oligocenas que esté rodeado de margas eocenas que formen un dique impermeable.

Estos socavones, siempre costosos de ejecutar, no resolverían más que alguna necesidad local: abastecimiento de un poblado, etc.; pero no resolverían el problema de regar los valles eocenos, con lo cual se aumentaría enormemente el rendimiento de estas fertilísimas tierras.

Desgraciadamente tampoco puede resolverse este problema, interesantísimo para la agricultura de la región, por medio de sondeos, pues un taladro comenzado en cualquiera de los valles del Jemis, Uad el Kazar, Uadrás, etcé-

tera, atravesaría primero un enorme espesor de margas eocenas, con sus estratos casi verticales en la mayoría de los casos, para después penetrar en las margas cretáceas o quizás triásicas infrayacentes, sin probabilidades de encontrar un nivel acuífero de aguas ascendentes.

Únicamente un sondeo perforado muy cerca de las calizas jurásicas, en un punto donde éstas reciben encima el eoceno, cortaría este potente nivel acuífero, pero sin que sea probable, aunque en algún punto no imposible, que las aguas fuesen ascendentes y aun surgentes, como podría suceder en la escotadura que produce el río Martín entre las formaciones jurásicas del Yebel Dersa y Beni Hhozmar.

Manantiales en el mioceno.—Las manchitas miocenas de Lauzien y Samsa tienen demasiada poca extensión y espesor para tener la menor importancia hidrológica.

Manantiales en el plioceno.—A pesar de su escasa extensión, este terreno tiene una gran importancia para el abastecimiento de la población de Tánger.

En la zona española, las manchitas de los Castillejos y Tetuán corresponden al nivel arcilloso del plasenciense, y únicamente sirven en las huertas de la última mancha como nivel impermeable sobre el cual se extienden las aguas procedentes de los terrenos cuaternarios; así se observa que la mayoría de los pozos, una vez atravesado el terreno de acarreo, encuentran el agua en las margas pliocenas.

Algo parecido ocurre en la bahía de Tánger, donde existe un nivel acuífero encima de las arcillas azules pliocenas cubiertas por el aluvial y las arenas de las dunas de la playa.

Las manchitas pliocenas del valle del Jemis corresponden al piso astiense y son tan sabulosas que no solamente

no tienen manantiales o pozos, sino que el agua de lluvia que cae en ellas se filtra rápidamente, desaparece y no permite haya más que una vegetación raquílica, propia de tierras tan pobres por su composición química como por su escasez en agua.

Las condiciones hidrológicas que reúne el Xarf el Akab, meseta pliocena situada al SO. de Tánger entre el Uad el Bugadú y la laguna del Xerinar, son verdaderamente excelentes.

Los bancos de arena y arenisca basta, forman una extensa y permeable cuenca de recepción (unos 20 kilómetros cuadrados) apoyada sobre las arcillas azules que, más levantadas en el litoral, vierten el agua que sobre ellas resbala por una serie de fuentes situadas en el límite de la meseta pliocena. Estas fuentes son propiedad de una Sociedad tangerina, el captado de sus aguas se ha hecho cuidadosamente y sólo falta conducir las 15 kilómetros que las separan de la ciudad para asegurar el abastecimiento de ésta, hoy día muy deficiente.

Manantiales en el cuaternario.—La extensión del aluvial y diluvial en la región que estudiamos, es muy limitada; el primero rellena algunos valles y playas, apoyándose generalmente sobre el eoceno; el segundo forma grandes masas de travertinos calizos y cubre con mantos de tierras arcillo-sabulosas, generalmente de escaso espesor, algunos de los llanos secundarios o terciarios. En los mantos de tierras aluviales y diluviales hay excavados muchos pozos que, por lo general, encuentran las aguas freáticas a escasa profundidad, en el contacto del cuaternario con los terrenos arcillosos infrayacentes; son de caudal escaso y sus aguas, además de contener gran número de impurezas orgánicas, suelen ser muy arcillosas.

Dado el escasísimo espesor del cuaternario en esta zona, no conviene hacer sondeos artesianos en él, pues a los pocos metros después de penetrar en los terrenos infrayacentes, nos encontraríamos en el mismo caso expuesto al tratar de los sondeos en los terrenos terciarios.

En las grandes masas travertínicas de Tetuán, Tzagarantz, etc., nacen algunas fuentes caudalosisimas, pero no debemos estudiarlas entre las cuaternarias, pues aunque tengan su emergencia en el diluvial, tienen su origen y deben considerarse como manantiales jurásicos.

El cuaternario precisamente tiene su origen en la presencia de estas fuentes de aguas muy calcáreas que han depositado en sus nacimientos enormes bancos de calizas concrecionadas.

Meteorología.

Hasta ahora en la zona de nuestro Protectorado en Marruecos no se había dado impulso a esta utilísima ciencia, de modo que actualmente no podemos publicar más que los datos recogidos en el convento de PP. Franciscanos de Tánger y publicados en el *Boletín del Observatorio Astronómico de Madrid*, correspondiendo los últimos publicados al año de 1917, y los que ha tenido la bondad de facilitarnos el Ingeniero Jefe del Servicio de Montes de la Delegación de Fomento en Marruecos, D. Alfonso Arias.

Actualmente, debido a las iniciativas del distinguido Ingeniero de Caminos y Delegado de Fomento, Excmo. Señor D. Manuel Becerra, se han instalado estaciones meteorológicas completas en Larache, Tetuán, Río Martín y Ceuta, empezándose a recoger todos los datos correspondientes desde principios de 1920. Con estas estaciones y la de Tánger se llegará a conocer el régimen meteorológico de la Pe-

nínsula con bastante exactitud, por más que sería muy interesante instalar una estación en alguno de los puntos elevados de la sierra, pues es de suponer que las cifras pluviométricas, las más interesantes para la agricultura, serán mucho más elevadas que las recogidas en las actuales estaciones, situadas todas casi al nivel del mar.

Observando las cifras resultantes de las observaciones obtenidas en la estación de Tánger, vemos cuán justificada es la fama del clima de esta población, que podemos calificar de subtropical con escasísimas variaciones de temperatura, pues no se apartan más que en 11° la máxima y mínima media mensual a la sombra.

La lluvia total recogida en 1917 es de 779,1 milímetros (1), y será muy interesante compararla con la que se obtenga en las estaciones de la costa mediterránea de la Península; esta cifra elevada explica perfectamente la fertilidad del campo de Tánger y compara muy favorablemente con los datos obtenidos en nuestras provincias andaluzas costeras y en Melilla (2).

Un estudio detallado del cuadro adjunto nos hace ver que las mayores lluvias corresponden siempre a los vientos del SO. y aun del S. que proceden del Atlántico, mientras que los procedentes del NE., predominantes en verano, impiden la precipitación de las lluvias en los meses de Junio, Julio, Agosto y Septiembre. A pesar de esto, el llamado Levante, por más que procede del NE., no es abrasador y seco, como sucede más al S. en el continente africano, como lo demuestra la humedad media del ambiente acusada por el psicrómetro y que es casi la misma en los meses que predomina el Levante que el Poniente, variando la media mensual solamente entre 60 y 84.

(1) El promedio del quinquenio último es 882,2 milímetros.

(2) En el año 1917 la precipitación fué: Huelva 404,6 milímetros, Cádiz 568,9 Málaga 524,5, Almería 245,2 y Melilla 418,7.

OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS

| MESES | BARÓMETRO | ANEMÓMETRO | | TERMÓMETRO | PSICRÓMETRO | |
|---------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------|-----|
| | Altura media mensual. | Dirección dominante. | Velocidad media por día. | Temperatura media mensual sombra. | HUMEDAD RELATIVA | |
| | | | | | A 8 horas. | A 1 |
| Enero..... | 753,5 | SW | 367 | 11,8 | 83 | |
| Febrero..... | 754,3 | SW | 327 | 12,0 | 82 | |
| Marzo..... | 756,4 | W | 395 | 12,0 | 75 | |
| Abril..... | 754,7 | E | 310 | 14,1 | 71 | |
| Mayo..... | 754,4 | W | 252 | 17,3 | 76 | |
| Junio..... | 756,3 | NE | 230 | 20,0 | 71 | |
| Julio..... | 755,7 | NE | 299 | 22,6 | 73 | |
| Agosto..... | 754,7 | NE | 244 | 22,3 | 74 | |
| Septiembre... | 756,3 | NE | 284 | 21,8 | 74 | |
| Octubre..... | 757,3 | NE | 248 | 17,9 | 76 | |
| Noviembre... | 759,1 | NE | 232 | 14,4 | 77 | |
| Diciembre... | 754,7 | S | 321 | 10,7 | 84 | |
| Año.... | 755,6 | NE | 292 | 16,4 | 76 | |

TÁNGER, 1917. (ESTACIÓN COMPLETA)

| Días de lluvia. | PLUVIÓMETRO | | VIENTOS Dominantes en los días de lluvia. | Evaporación media en m/m. | NUBES | | | DÍAS DE | | | | |
|-----------------|------------------------------|-----------------------------|--|---------------------------|------------------|---------------|-----------------|---------|-----------|---------|-----------|---------|
| | Días de lluvia inapreciable. | Lluvia total en milímetros. | | | Días despejados. | Días nubosos. | Días cubiertos. | Rocío | Escarcha. | Niebla. | Tormenta. | Granizo |
| 16 | 2 | 247,9 | 3. ^{er} Cte. | 1,7 | 7 | 9 | 15 | 7 | » | 4 | 1 | 2 |
| 13 | » | 81,3 | SSW | 1,8 | 5 | 12 | 11 | 9 | » | 8 | » | » |
| 10 | 1 | 184,8 | 3. ^{er} Cte. | 2,8 | 12 | 12 | 7 | 9 | 2 | 15 | 2 | 2 |
| 4 | 3 | 15,5 | Vario | 2,9 | 12 | 12 | 6 | 14 | » | 13 | » | » |
| 5 | 3 | 45,6 | 3. ^{er} Cte. | 2,1 | 15 | 12 | 4 | 10 | » | 28 | » | » |
| 3 | » | 1,5 | SSW | 3,1 | 18 | 9 | 3 | 9 | » | 23 | » | » |
| » | » | » | » | 4,0 | 27 | 4 | » | 9 | » | 24 | » | » |
| » | 1 | » | » | 3,1 | 24 | 6 | 1 | 11 | » | 20 | » | » |
| » | 1 | » | » | 3,4 | 19 | 10 | 1 | 10 | » | 27 | » | » |
| 4 | 1 | 35,1 | 3. ^{er} Cte. | 2,7 | 12 | 15 | 4 | 8 | » | 21 | 1 | » |
| 2 | 1 | 8,6 | Vario | 2,3 | 18 | 11 | 1 | 17 | » | 22 | » | » |
| 12 | 0 | 158,8 | 3. ^{er} Cte. | 2,1 | 7 | 11 | 3 | 4 | 1 | 13 | 3 | 1 |
| 69 | 13 | 779,1 | 3. ^{er} Cte. | 2,7 | 176 | 123 | 66 | 117 | 3 | 218 | 7 | 5 |

Si no fuese por la excesiva falta de lluvia de los meses de verano, podría afirmarse que los habitantes de Tánger disfrutaban de la primavera perpetua.

El predominio de los vientos del SO., explica también la abundancia de lluvias en la costa occidental de nuestra zona con relación a la mediterránea, pues viniendo aquellos del Atlántico se cargan de vapor de agua que luego se condensa al encontrarse con las costas elevadas y más frías que el mar.

Del examen del cuadro correspondiente a Larache, que unimos a este trabajo, se observa que la cantidad de lluvia que cae en esta población es próximamente igual a la de Tánger, y se pueden hacer extensivos a ella las consideraciones que hemos hecho al hablar de esta última población.

De observaciones fragmentarias que tenemos de Ceuta, se puede considerar que la cantidad media total de lluvia por año es de 530 milímetros, muy inferior a la de Tánger. Sucede aquí que los vientos que vienen del Atlántico han descargado ya una gran parte de vapor de agua en la cordillera Norte-Marroquí antes de llegar a esta población, y los vientos del N. y NE. que vienen del Mediterráneo, como atraviesan a éste en su parte estrecha, no tienen tiempo de cargarse de vapor de agua abundante.

El no tener en nuestro poder más datos respecto al régimen pluviométrico de Tetuán y Río Martín que los correspondientes a los dos últimos años, nos veda de hacer toda clase de consideraciones de carácter general. Sorprende desde luego la gran cantidad de lluvia vertida en Río Martín el año 1918, y lo consideramos excepcional.

OBSERVACIONES PLUVIOMÉTRICAS. — LARACHE

| MESES | AÑO 1913 | | AÑO 1914 | | AÑO 1915 | | AÑO 1916 | | AÑO 1917 | | AÑO 1918 | | AÑO 1919 | |
|---|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| | Núm. de días de lluvia. | Total de lluvia en milímetros. | Núm. de días de lluvia. | Total de lluvia en milímetros. | Núm. de días de lluvia. | Total de lluvia en milímetros. | Núm. de días de lluvia. | Total de lluvia en milímetros. | Núm. de días de lluvia. | Total de lluvia en milímetros. | Núm. de días de lluvia. | Total de lluvia en milímetros. | Núm. de días de lluvia. | Total de lluvia en milímetros. |
| Enero | 11 | 109,3 | 16 | 178,3 | 14 | 132,3 | 2 | 17,7 | | | 9 | 93,5 | 11 | 106,2 |
| Febrero | 13 | 138,1 | 21 | 167,1 | 12 | 133,3 | 8 | 114,1 | | | 2 | 12,0 | 11 | 107,0 |
| Marzo | 7 | 140,1 | 19 | 90,8 | 17 | 178,0 | 26 | 303,2 | | | 13 | 79,5 | 8 | 45,7 |
| Abril | 5 | 24,9 | 10 | 46,9 | 9 | 21,7 | 7 | 50,7 | | | 12 | 129,0 | 9 | 68,5 |
| Mayo | 5 | 24,8 | 10 | 25,7 | 6 | 17,4 | 7 | 50,9 | | | 5 | 28,8 | 3 | 16,5 |
| Junio | » | » | 10 | 9,3 | » | » | » | » | | | 1 | 0,7 | 4 | 24,3 |
| Julio | » | » | 5 | 7,1 | » | » | » | » | | | » | » | 1 | 6,7 |
| Agosto | 5 | 4,4 | 1 | 0,2 | 1 | 0,4 | » | » | | | » | » | » | » |
| Septiembre . . | 16 | 102,7 | 2 | 0,4 | 1 | 3,0 | 3 | 32,1 | | | » | » | 7 | 120,2 |
| Octubre | 18 | 177,4 | 10 | 87,8 | 11 | 28,9 | 6 | 32,6 | | | 4 | 54,5 | 3 | 37,3 |
| Noviembre . . . | 13 | 133,3 | 13 | 100,5 | 20 | 102,3 | 18 | 168,1 | | | 8 | 112,5 | 11 | 255,8 |
| Diciembre . . . | 23 | 109,9 | 18 | 93,5 | 11 | 52,5 | 21 | 118,2 | | | 4 | 28,5 | 6 | 87,5 |
| Total del año. | 116 | 846,9 | 136 | 807,6 | 102 | 669,6 | 98 | 887,6 | | | 58 | 549,0 | 93 | 875,7 |
| Media de 6 años. — Días de lluvia 100 | | | | | | | | | | | | | | |
| Lluvia total en milímetros 772,7 | | | | | | | | | | | | | | |

Sin embargo, del examen del estado adjunto se observa que no es debida tan gran cantidad de agua a un temporal ocurrido en un corto período de tiempo, sino a lluvias continuadas ocurridas principalmente en primavera y otoño. La situación especial topográfica de Río Martín, al pie de una sierra que se eleva sobre el mar con pendientes tan rápidas como las de Beni Hhozmar, puede explicar este fenómeno. En el año 1919, la cantidad vertida viene a ser próximamente la media que hemos considerado para Ceuta.

OBSERVACIONES PLUVIOMÉTRICAS.—RÍO MARTÍN

| MESES | AÑO 1918 | | AÑO 1919 | |
|---|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| | Número de días de lluvia. | Total de lluvia en milímetros. | Número de días de lluvia. | Total de lluvia en milímetros. |
| Enero..... | 19 | 183,5 | 8 | 90,0 |
| Febrero..... | 6 | 29,1 | 14 | 77,5 |
| Marzo..... | 13 | 115,5 | 8 | 43,5 |
| Abril..... | 17 | 222,9 | 9 | 38,4 |
| Mayo..... | 6 | 18,7 | 1 | 0,2 |
| Junio..... | » | » | 8 | 23,1 |
| Julio..... | 3 | 2,2 | » | » |
| Agosto..... | 1 | 0,1 | » | » |
| Septiembre... | 3 | 4,2 | 8 | 47,1 |
| Octubre..... | 5 | 219,0 | 7 | 57,0 |
| Noviembre... | 15 | 82,4 | 16 | 116,5 |
| Diciembre.... | 3 | 12,0 | 6 | 41,0 |
| Total del año. | 91 | 889,6 | 85 | 534,3 |
| Media de 2 años.—Días de lluvia..... | | | | 88 |
| Total de lluvia en milímetros..... | | | | 711,9 |

Haciendo la comparación de los estados correspondientes a Río Martín y Tetuán, se observa que en esta última población llueve mucho menos que en la primera, y a pesar

OBSERVACIONES PLUVIOMÉTRICAS.—TETUÁN

| MESES | AÑO 1918 | | AÑO 1919 | |
|---|---------------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| | Número de días de lluvia. | Total de lluvia en milímetros. | Número de días de lluvia. | Total de lluvia en milímetros. |
| Enero..... | 19 | 150,2 | 7 | 62,0 |
| Febrero..... | 6 | 32,5 | 11 | 83,3 |
| Marzo..... | 13 | 70,9 | 6 | 48,8 |
| Abril..... | 15 | 197,0 | 7 | 23,7 |
| Mayo..... | 7 | 37,3 | » | » |
| Junio..... | » | » | 2 | 23,0 |
| Julio..... | 1 | 1,5 | » | » |
| Agosto..... | » | » | » | » |
| Septiembre... | 1 | 2,0 | 6 | 75,0 |
| Octubre..... | 4 | 81,5 | 6 | 61,9 |
| Noviembre... | 14 | 104,0 | 13 | 199,4 |
| Diciembre... | 4 | 32,0 | 5 | 53,8 |
| Total del año. | 84 | 688,9 | 63 | 450,9 |
| Media de 2 años.—Días de lluvia..... | | | | 73 |
| Total de lluvia en milímetros..... | | | | 569,9 |

de la poca distancia que existe entre ambas, creemos es debido a que los vientos que vienen del Mediterráneo han descargado ya parte de su vapor de agua en las montañas costeras antes de llegar a Tetuán.

Estrato-cristalino.

El estrato-cristalino tiene escasa extensión en la Península Norte-Marroquí, pues queda limitado a varias manchas situadas en su vertiente mediterránea.

Alguna de éstas ha sido descripta minuciosamente en las Monografías que hemos publicado y que trataban de la geología de las zonas inmediatas a Ceuta y Tetuán, razón

por la cual evitaremos en lo posible el repetir detalles innecesarios en esta reseña.

En la zona de Ceuta hay dos manchas arcaicas de muy desigual extensión: una la del monte Acho, que se extiende por el istmo que une este monte con el continente hasta quedar cubierta por el cambriano en las inmediaciones de la vía férrea de Tetuán; la otra, continental, de una extensión mucho mayor, se desarrolla en dos fajas orientadas de N. a S. unidas por su extremo meridional.

La faja oriental queda comprendida entre el cambriano del campo exterior de Ceuta y la fajita de calizas jurásicas de la sierra del Yebel Xinder.

La faja occidental, mucho más estrecha, se extiende al O. del Yebel Xinder aprisionada entre este cordón jurásico y las faldas silurianas de las estribaciones del Yebel Berdaba.

En el Acho se presenta el tramo inferior de este sistema considerándolo dividido en tres, según la clasificación admitida comúnmente; está casi todo él constituido por gneis, y se encuentran los bancos más antiguos en la parte oriental de la Península, o sea junto al faro de Punta Almina. Además del gneis, que tiene una gran variedad de caracteres, se hallan bancos de caliza cristalina, en alguno de los cuales puede apreciarse su transformación por metasomatismo en mineral de hierro, como sucede cerca del jardín de San Amaro.

El piso medio de la formación aparece en toda la zona continental de la mancha, y queda al descubierto en las trincheras de los ferrocarriles de Tetuán y Benzú.

El buzamiento general de los estratos es hacia el NE., y forma con las capas de la mancha occidental de esta zona un sinclinal relleno por el cambriano y una faja de terrenos donde se entremezclan el permiano, el triásico y el eoceno.

En el piso medio se encuentran casi exclusivamente micacitas cristalinas y pizarras micáceas; algunas de estas últimas tránsito a talquitas.

La mancha arcaica occidental se descubre en la costa N. al O. de Punta Bermeja, extendiéndose hasta un lugar intermedio entre Punta Blanca y Punta de Benzú; su buzamiento es muy uniforme al E., formando la rama occidental del sinclinal antes mencionado.

La faja arcaica, con un ancho que varía entre 1 y 1,5 kilómetros, se extiende hacia el S., al O. de los montes donde están emplazados los fuertes que constituían la defensa del campo exterior de la plaza de Ceuta.

Se presentan los tramos 4.º y 5.º de la división del señor Mallada del estrato-cristalino en España, o sea «Micacitas propiamente dichas» y «Talquitas o pizarras talcosas, con sericita, en que se intercalan pizarras cloríticas, calizas y otras rocas»; el último tramo aflora principalmente en la costa, junto a Punta Blanca, mientras que en la extremidad del S. de la faja predominan las micacitas del 4.º tramo.

Estas mismas rocas, al NE. del Yebel Xinder, hacia el boquete inferior de Anyera, yacen bajo una fajita de calizas jurásicas, según la disposición del corte núm. 1, que comprende el valle situado entre el Yebel Xinder y el Yebel Berdaba.

Las micacitas, con sus hiladas casi verticales, son satinadas muy arcillosas, de color amarillo o rojizo, y tienen una anchura que no llega al kilómetro.

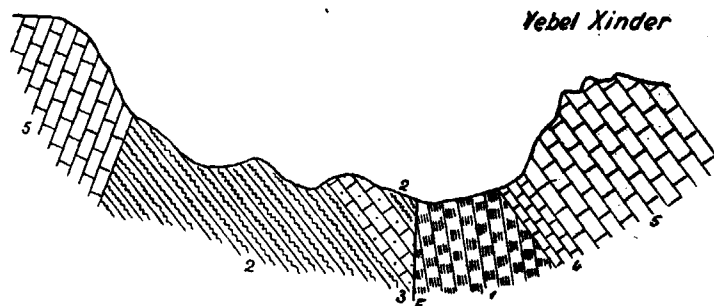
Más al S. y cerca ya del camino que conduce de Afer-siuan a Cudia Federico, las micacitas de ambas laderas del valle alto de Benimesala quedan cubiertas por tierras de labor, y junto al poblado, en el Aonzar de Beni Mzala (1), en-

(1) Queda explicada la abundancia de manantiales en este lugar por la presencia de varios niveles permeables, las cuarcitas, entre las micacitas arcillosas impermeables.

cierran grandes bancos de cuarcitas y talquitas del mismo sistema.

Si bien la formación tiene multitud de accidentes estratigráficos y varios cambios de dirección y buzamiento en sus capas, en conjunto los estratos en la parte meridional de la faja inclinan al O. y SO.

Yebel Berdaba



Núm. 1.—CORTE AL E. DE YEBEL MUSA

1. Micacita del estrato-cristalino. —2. Pizarra siluriana. 3. Cuarcita siluriana.
4. Caliza tableada jurásica.—5. Caliza magnesiana jurásica.

En el fondo del valle del Uad Beni Mzala, enfrente de Cudia Federico, hay un desfiladero comprendido entre calizas oscuras, lamelares y cristalinas con vetas espáticas blancas, indudablemente arcaicas, y calizas claras y parduzcas, de grano fino, de edad jurásica, que continúan sin interrupción hacia el N. hasta enlazar con las del Peñón de la Hafa del Uest.

En toda la ladera meridional de la serie de cerros que culminan en Afersiuán, afloran con gran uniformidad las micacitas del sistema.

Entre Beni Mzala y Dxar Menizla se entremezclan el estrato-cristalino y el cambriano, siendo muy difícil señalar el límite preciso de ambos terrenos, pues si bien la mayor parte del suelo corresponde a la formación más moderna, en la unión de Uad Asal-las y el Mufak asoman las

micacitas hojosas satinadas de colores azulados del estrato-cristalino.

Según se sube por el valle del río de Beni Mzala, las talquitas y cuarcitas tienen cada vez más extensión, no asomando las micacitas más que en contados puntos.

En el monte del Horch, cerca de Menizla, hay, junto al arroyo de este nombre, unos grandes bancos muy potentes de cuarcita gris y rojiza con muchos vetarrones y masas de cuarzo; bancos que muy levantados buzan en la falda septentrional del monte al NO., se tienden después y hacia el Uad el Mufak inclinan al SE. formando un anticlinal.

Debajo de los bancos de cuarcita no se descubre otra roca, pues los derrubios de la montaña dan lugar a grandes canchaleras que tapan los bancos infrayacentes.

En los dos cortes geológicos a través del macizo del Yebel Musa que publicamos, números 5 y 6, se ve que si bien en la costa hay un sinclinal del estrato-cristalino cubierto en su parte central por terrenos modernos, en cuya rama occidental los estratos entre Punta Bermeja y Punta Blanca buzan al E., más al S., en las faldas del Musa, no sucede así, pues de acuerdo con la estructura uniclinal de la Península, la formación buza al O. para recibir encima los terrenos más modernos: el jurásico y el siluriano.

Además de las manchas arcaicas de Ceuta, hay otro asomo del mismo terreno en Cabo Negro, que si bien es de mayor extensión (unos 30 kilómetros cuadrados), en cambio tiene mucho menor interés geológico.

El arcaico se extiende por la zona que termina en el Cabo Negro o Ras Tarf, macizo completamente aislado de la sierra del Hhauz y orientado normalmente a ella, o sea de E. a O.

La sierra del Cabo Negro, llamada también Cudia Tai-for, se prolonga hacia el interior por la serreta de Cudia bu

Zeguelet, y aunque todo el macizo tiene escasa altura, sobresale, visible a gran distancia, sobre los llanos diluviales del Uad Smir y Uad Lila que lo limitan al N. y S.

El arcaico es de composición casi homogénea, pues en toda su extensión se encuentra el gneis, si bien varíe mucho tanto la composición y caracteres petrológicos de esta roca como su grado de descomposición y alteración bajo la acción de los agentes atmosféricos.

El «gneis amigdaloides», segundo término de la clasificación del Sr. Mallada, asoma en la falda S. de Cudia Taifor, mientras que el tercero, «gneis micáceo acompañado de otras variedades», se presenta en el resto de la mancha.

Es de advertir que casi todo el arcaico está cubierto por una capa de tierra arcillosa, que mide en muchos puntos 2 y 3 metros de espesor, y dificulta el estudio de los caracteres de la roca infrayacente.

Para examinar sus variedades y recoger ejemplares que no estén alterados, es necesario recurrir a los cortes de las trincheras del ferrocarril, a las canteras situadas junto al Rincón de Medik, o a los grandes acantilados del Cabo Negro, alguno de los cuales tiene más de 100 metros de altura.

El gneis de esta mancha está acribillado de vetas y filoncillos de cuarzo lechoso con manchas y vetas ferruginosas; en la cantera próxima al Rincón de Medik, estos filoncillos tienen vetas de piritita ferrocobrizada y pintas de galena.

La mancha arcaica queda cubierta al S. por el llano aluvial del Uad Lila, pero asoma otra vez, si bien con una extensión muy reducida, en el cerrete de Dxar Esquirix.

Cambriano.

El cambriano es uno de los terrenos que mayor extensión superficial tiene en la faja costera mediterránea de la

Península, pero no vuelve a asomar al O. de la cordillera jurásica, que aunque no constituya la divisoria entre los dos mares ni ocupe la parte central de la zona debe, sin embargo, por la continuidad y altura de las sierras que la forman, considerarse como el eje o espinazo de la Península Norte-Marroquí.

La formación paleozoica se desarrolla en una faja casi continua, comprendida entre los terrenos del litoral y la sierra jurásica; esta faja queda interrumpida por la escotadura del valle del río Martín, pero se prolonga después hacia el S., sin que conozcamos sus límites meridionales por encontrarse fuera de la zona pacificada.

En la zona de Ceuta la formación cambriana se apoya sobre el sinclinal arcaico antes citado, pero queda a su vez cubierta por los terrenos más modernos de la faja media del sinclinal.

A Poniente queda limitado el cambriano entre el mar y la Hafa del Uest por el estrato-cristalino, pero desde este monte al macizo jurásico de Quebdana la línea divisoria no está tan bien determinada, pues se repiten varias veces las fajas de rocas cambrianas y silurianas, entremezclándose las formaciones paleozoicas, sin que sea posible señalar sus límites exactos sin disponer de un plano topográfico preciso en escala muy grande.

Más al S. la faja cambriana sigue las vertientes orientales de la sierra del Hhauz, con un saliente que envuelve por los rumbos S. y E. el macizo del Yebel Zemzem.

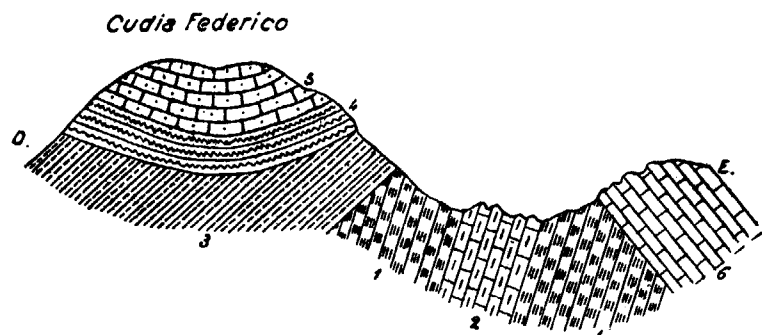
El cambriano, interrumpido por una zona triásica al N. de Dxar Beni Zalem, reaparece en un isleto de forma irregular que llega desde Dxar Beni Zalem a Dxar Malalien, para quedar en este último punto cubierto por los terrenos modernos del valle del río Martín.

Al S. de Tetuán el cambriano tiene indudablemente una

extensión grandísima, pero nosotros únicamente hemos podido comprobar que el terreno abrupto y montañoso comprendido entre el macizo jurásico de Beni Hhozmar y el manchón triásico de Dhar Ras Menia pertenecen a este sistema, y que los bancos cambrianos en el Cabo Mazari llegan hasta el mismo mar.

Al tratar del cambriano en la Monografía que publicamos sobre la zona de Ceuta (1), expusimos la dificultad que ofrecía su clasificación dada la falta de fósiles. Desde entonces acá hemos recorrido muchos kilómetros cuadrados de este terreno sin que desgraciadamente hayamos encontrado ningún resto vegetal o animal que resolviese nuestras dudas.

Sin embargo, con posterioridad a la publicación de aquel trabajo hemos descubierto varias manchas que por sus caracteres litológicos indudablemente son silurianas, y un detallado estudio de la estratigrafía de la región nos confirma en la creencia de que las rocas que hemos clasificado como cambrianas, efectivamente pertenecen a este período geo-



Núm. 2.—CORTE POR CUDIA FEDERICO

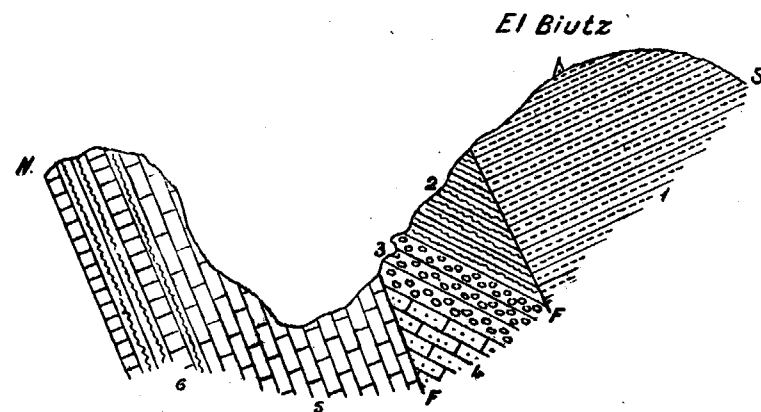
1. Micacita del estrato-cristalino.—2. Caliza del estrato-cristalino.—3. Pizarra cambriana.—4. Pizarra siluriana.—5. Cuarcita siluriana.—6. Caliza jurásica.

lógico. En los cortes núms. 2 y 3, que representan el terreno situado al E. de Cudia Federico y el barranco del Biutz,

(1) *Boletín del Instituto Geológico*, tomo XXXVIII, 1917, pág. 45.

aparece la disposición de los estratos paleozoicos pertenecientes a ambos sistemas.

Dos rocas solamente se presentan en la extensa zona cambriana ceutí, a saber: pizarras en casi toda la extensión



Núm. 3.—CORTE POR EL N. DEL BIUTZ

1. Pizarra cambriana.—2. Pizarra siluriana.—3. Conglomerado siluriano.
4. Cuarcita siluriana.—5. Caliza jurásica.—6. Marga jurásica.

de las manchas y calizas en algunos, escasos, bancos; ambas pertenecen al piso superior de los dos en que se divide el cambriano en España.

En el islote cambriano comprendido entre los llanos de Hadú, la playa de Benítez y Punta Alegre, no asoman más que los pizarrones arcillosos del sistema, pero en la prolongación meridional de esta faja, una vez pasado el acñaamiento de la carretera del Serrallo, además de pizarras se presentan calizas, explotadas en una cantera cerca de la Almadraba.

En la rama occidental del sinclinal cambriano se encuentran, además de las pizarras, bancos de caliza en algunos desmontes del ferrocarril de las canteras de Benzú.

Más al S., las pizarras cambrianas se extienden por los cerros en que están edificados los fuertes del Renegado,

Isabel II, Francisco de Asís, Piniers y Mendizábal, antiguo límite del campo exterior de Ceuta.

Al S. de Dzar Menizla la faja cambriana alcanza su anchura máxima, unos 10 kilómetros, interrumpida únicamente por la delgada fajita siluriana de Dhar el Uest y los bancos de cuarcitas del mismo sistema que afloran en el Akba es Sfayab.

El camino que conduce de Afersiuán a Cudia Federico por el valle de Beni Mzala, sigue casi constantemente por los linderos del estrato-cristalino con el cambriano, formado por pizarrones arcillosos verdosos, con buzamiento general occidental, apreciándose el gran espesor que en este punto tiene la formación paleozoica.

Las pizarras cambrianas, con una gran uniformidad en sus caracteres, se extienden, a partir del Akba es Sfayab, por los cerros y montes que, con cotas cada vez menores, llegan casi hasta el río Negro; en general son muy silíceas, consistentes y duras y las cruza un verdadero enrejillado de vetas cuarzosas.

La mancha cambriana occidental de Ceuta queda cubierta al N. y O. por los bancos pertenecientes al sistema siluriano, y únicamente en un corto trecho la limitan las calizas jurásicas de Ain Xixa y, más al S., del macizo del Anazar.

El límite del cambriano y el siluriano está a mitad de distancia entre Cudia Federico y el Biutz, presentándose las pizarras arcillosas cambrianas, al principio horizontales y más al O. con buzamiento occidental.

La formación cambriana, con idénticos caracteres, se desarrolla por las laderas situadas entre la Loma de Las Trincheras y el Biutz, donde además de las pizarras, se encuentran grauvacas arcillosas amarillas de grano basto.

La misma mancha se extiende por el camino de la Loma de Las Trincheras a Cudia Ain Yir, hasta llegar a la falda

de este monte conservando el buzamiento constante al SE.; cruzan las pizarras multitud de filoncillos cuarzosos y vetarones de ocre terrosos.

Las lomas de Azfa están formadas por pizarras con lechos intercalados de pizarras calcáreas, en los cuales nacen algunas fuentecillas de corto caudal.

Al N. de los casquetes de calizas jurásicas situados entre Ain Yir y Ain Xixa, y ya casi dentro de la segunda de estas aldeas, alternan los pizarrones arcillosos verdes y pardos con bancos de un conglomerado de grano fino o mediano, compuesto casi en su totalidad por trocitos esquinados de pizarras y granos y guijo menudo de cuarzo, con algún elemento hasta del tamaño de una nuez.

Describimos esta roca más minuciosamente por no ser frecuente encontrarla en el cambriano de la región.

La zona del Biutz y la Loma de Las Trincheras es muy poco interesante y de composición casi homogénea; pizarrones enmascarados en parte por delgados mantos de tierras arcillosas rojizas cubiertas de raquílica vegetación.

No sucede lo mismo en la ladera, muy pendiente, de la Loma de Las Trincheras hacia el río del Marsa, pues los terrenos infrayacentes están cubiertos de una capa gruesa de tierra vegetal con frondosos campos cultivados, o revestida de una vegetación espontánea verdaderamente exuberante.

Al O. del manchón siluriano de Ain Yir aflora otra vez el cambriano, integrado principalmente por pizarras muy micíferas finamente estratificadas que alternan con hiladas de filadios lustrosos, grises y blanquecinos muy sercíticos.

El cambriano y siluriano están entremezclados, siendo imposible señalar sus límites exactos; en la divisoria asoma la formación más antigua, pero en el fondo del valle situado al O., reaparecen las cuarcitas y pizarras rojas arcillosas del siluriano.

El camino de Ain Yir al zoco el Tzelatza de Anyera, sigue la línea de separación del cambriano con el siluriano; los estratos están muy trastornados y levantados, en muchos casos casi verticales; los silurianos se diferencian bien de los cambrianos por sus distintos caracteres petrológicos, pero los cambrianos, muy micáceos, lustrosos y satinados, toman a veces el aspecto de los filadidos arcaicos y es sumamente difícil la determinación de su edad. Otras veces se presentan las pizarras arcillosas pardas con manchones rojizos o negruzcos, característicos del sistema en esta región y en el mediodía de la Península Ibérica.

A unos 4 kilómetros al S. de Ain Yir, se intercalan entre las pizarras cambrianas bancos de pizarras calcáreas y calizas de colores negro y gris con vetas blancas que están en contacto con un mogote de calizas jurásicas frente a Bu Halfa, pero al poco trecho desaparecen las rocas calcáreas y vuelven las pizarras, que con gran monotonía se extienden a lo largo del camino de Tzelatza hasta cerca del monte donde está situada la posición militar de Marah.

Al E. de Ain Bu Halfa tiene la faja cambriana que describimos más de 1 kilómetro de ancho, con pizarras arcillosas, muy descompuestas en su mayor parte, cruzadas por vetas y filoncillos de cuarzo lechoso blanco.

El cambriano se estrecha mucho a partir del río Negro y las pizarras del sistema no afloran más que en contados sitios, cubiertas por tierras arcillosas de considerable espesor. Estas tierras, en el valle del Uad Mesnoa, están muy cultivadas y no es posible saber si cubren el cambriano o estrato-cristalino, no siendo posible fijar exactamente el límite de estas formaciones.

Al N. del río Smir el paleozoico se estrecha según se acerca al mar, comprendido entre las margas eocenas de la falda del Yebel Zemzem y los aluviones del río; también

pertenece al mismo sistema la faja costera situada entre el Smir y la Torre de la Restinga. En estas manchitas se encuentran, además de las pizarras usuales de la formación, otros lechos intercalados de pizarras calcáreas y calizas.

Cerca ya de Tetuán, la mancha primaria de Dzar Malalien queda acunada entre el jurásico y el triás, y se estrecha hacia el interior a partir de Dzar Beni Zalem, formada por pizarras muy arcillosas, cubiertas en casi toda su extensión por tierras de labor; en el extremo S. de la mancha, junto a la torre de Kalalí, asoman unos crestones de caliza azulada.

Al S. del río Martín tiene el cambriano grandísima extensión, pero únicamente hemos podido estudiar la zona de la cabila de Beni Hhozmar; pudimos, sin embargo, comprobar en una rápida excursión, que el sistema se extiende en la cabila de Beni Said, al E. del Cabo Mazari, por una dilatada región.

Al S. del río Martín se presentan las pizarras y calizas del nivel superior de los dos en que dividimos el cambriano en España, rodeadas casi completamente por el triás.

En el barranco de Quitzan se puede estudiar bien esta formación, así como su relación estratigráfica con las rocas permianas, triásicas, liásicas y eocenas, terrenos todos reunidos en reducida extensión.

El cambriano no llega más que hasta las faldas orientales de la Cudia Telmadi, pues desde aquí hasta la playa, por toda la región de Dhar Ras Menia, se extienden las areniscas triásicas.

En el Cabo Mazari la formación paleozoica está muy levantada, intercalándose bancos de caliza roja y azulada entre las pizarras silíceas del sistema; en lo más alto de la serreta que termina en el Cabo, aflora un filón sobre el cual se han abierto algunas calicatas y pocillos en busca de minerales de cobre, sin que nos fuese posible encontrar nin-

gún ejemplar del mineral objeto de la exploración, ni en los frentes de las labores ni en las escombreras.

Siluriano.

El terreno siluriano no se presenta más que en la extremidad N. de la Península, cerca de Ceuta, en una zona aun no pacificada cuando publicamos una nota geológica sobre esta región, causa por la cual nos detendremos más en la reseña de los caracteres litológicos de las rocas.

Existen dos grandes manchas silurianas en las vertientes del Yebel Berdaba y de Cudia Anazar y un asomo de escasa importancia en la parte oriental del Akba es Sfayab; además de estas manchas, bien delimitadas, hay varias fajitas silurianas, todas de escasísima anchura, aprisionadas entre los pliegues isoclinales de la formación cambriana y que asoman en el espacio comprendido entre las dos manchas silurianas dibujadas en el mapa, sin que sea posible, dada la falta de un plano topográfico exacto, señalar la posición de estas fajitas.

La mancha siluriana septentrional es, con mucho, la de mayor extensión; la constituye una larga y estrecha faja que se dirige de N.-NO. a S.-SE., a partir de las estribaciones del Yebel Musa, cerca de la bahía de Benzú, hasta terminar en el macizo jurásico de Quebdana, sin que su longitud baje de 15 kilómetros, con un ancho medio que no llega a 1 kilómetro.

En la parte N. de la faja el siluriano está comprendido entre el jurásico del macizo del Yebel Musa y el arcaico del O. del Yebel Xinder, con la disposición del corte número 1, es decir, limitado el paleozoico a Levante por una gran falla longitudinal. Más al S. el siluriano queda rodeado a Levante y Poniente por la formación cambriana.

Esta faja siluriana tiene un saliente que se separa de ella casi en ángulo recto hacia el O. y que, por debajo del Dzar Biutz, llega hasta Dzar Ain Xixa.

El siluriano, comprendido entre el cambriano y el jurásico, se estrecha mucho al O. del Biutz, hallándose en el barranco de este poblado los terrenos invertidos, los modernos debajo y el cambriano más antiguo encima, según manifiesta el corte núm. 3, que comprende los bancos que afloran en ambas laderas del barranco.

Si pasamos a la descripción de las rocas que componen esta mancha, vemos que al O. de la faja de micacitas arcaicas del Yebel Xinder se extiende el siluriano que buza ligeramente al SO., formado por pizarras y cuarcitas: las primeras muy micáceas, de colores pardos y morados, algunas sumamente ferruginosas; las segundas en grandes masas, blancas y pardas, atravesadas por inyecciones de cuarzo lechoso.

El camino del Boquete inferior de Anyera sigue, entre el Yebel Xinder y la Hafa Daur, la línea de separación del siluriano y el jurásico.

En la falda del Yebel Musa abundan las pizarrillas silurianas, en general muy arcillosas, y solamente en el Boquete afloran las cuarcitas del sistema en contacto con las calizas jurásicas, con la disposición señalada en el adjunto «Corte por el Yebel Musa», núm. 5.

En la ladera oriental de Cudia Federico están apoyadas sobre los pizarrones del cambriano las pizarras foliáceas muy micíferas silurianas, entre las cuales se encuentran bancos de escaso espesor de cuarcita roja dura y compacta muy micáfera, cruzada por multitud de filoncillos de cuarzo blanco lechoso.

Encima de las pizarras asoma un nivel formado por grandes masas de cuarcita que corona las lomas de Cudia

Federico, según expresa el corte núm. 2; estas cuarcitas, alineadas de NE. a SO., tienen un buzamiento muy pronunciado al SO. al principio, para después formar un sinclinal muy tendido.

Las cuarcitas presentan distintas variedades, según cambia su color y textura: unas son vítreas, blanquecinas o rojizas; otras muy micáferas, verdes o pardas cruzadas por múltiples vetas cuarzosas.

Al O. de Cudia Federico, debajo de las cuarcitas hay grandes bancos de conglomerados cuarzosos de elementos blancos y rosáceos con cemento también silíceo, que corresponden a la base del sistema; directamente encima de los conglomerados se encuentran unas cuarcitas muy ferruginosas, tránsito a hematites parda, en lechos no continuos, que constituyen más bien masas aisladas que un nivel constante.

En la ladera S. de Cudia Federico el siluriano se apoya en manifiesta discordancia sobre el cambriano, y está formado por dos niveles distintos: el inferior de pizarrillas hojosas rojas y moradas, el superior de cuarcitas, al principio muy inclinadas y después más tendidas, casi hasta la horizontal.

En la fuente de Ain el Haluf, situada en el valle de Beni Mzala, pueden examinarse en corto trecho los terrenos antiguos representados en la región; la fuente nace en un banco de cuarcita siluriana intercalada entre pizarras del mismo sistema, pocos metros por debajo asoman los pizarrones cambrianos, y descendiendo escasos metros por el arroyo afloran las micacitas arcaicas.

Entre Cudia Federico y la torreta de Anyera se desarrollan las pizarras rojas silurianas descritas anteriormente, y ya cerca del reducto afloran los grandes bancos de cuarcita; toda la formación, muy tendida al principio, se levanta según nos alejamos de Cudia Federico, hasta que, por último, las cuarcitas forman grandes paredones casi verticales.

A partir de Dhar el Uest la faja siluriana se estrecha, sus bancos de cuarcitas forman grandes crestos que sobresalen de las pizarras, y que se distinguen a gran distancia dirigirse hacia el S. hasta terminar en las faldas del macizo jurásico de Quebdana.

El asomo siluriano más oriental, con una anchura de menos de 1 kilómetro, sigue casi exactamente la cumbre de los cerros del Akba es Sfayab, y alternan en él pizarrillas rojizas y bancos de cuarcitas blanquecinas de escasa potencia.

La mancha siluriana occidental, o sea la que culmina en Ain Yir, tiene mucha menor longitud que la de Cudia Federico, pero su anchura es mayor, no bajando su extensión superficial de 7 kilómetros cuadrados.

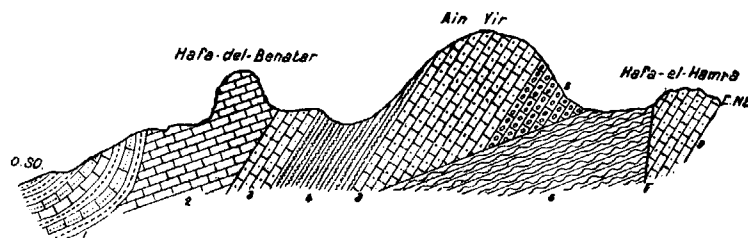
Es de notar que, en general, los puntos más elevados de la Península corresponden a los picos de las sierras jurásicas, mas en esta región no sucede así, pues la divisoria de aguas y las mayores cotas corresponden al Yebel Garra y al pico de Ain Yir, ambos silurianos, circunstancia que, así como la escasísima anchura de la faja jurásica en esta zona, queda de manifiesto en uno de los cortes transversales de la Península que acompañan a este estudio.

El siluriano puede examinarse mejor que en ningún otro punto, en las faldas de Ain Yir, pues están reunidos los bancos de conglomerados cuarzosos unidos por un cemento silíceo ferruginoso de gran dureza, los potentes lechos de cuarcitas, unas rojizas teñidas por hidróxidos de hierro, otras verdes cloritosas, y las capas de pizarras arcillosas o micáceas de color rojo y morado. Toda esta formación corresponde al siluriano inferior y su disposición estratigráfica queda señalada en el corte núm. 4.

En la falda N. de Ain Yir el siluriano, que se apoya sobre el cambriano, contiene las siguientes rocas, contando según el orden cronológico de los depósitos:

Conglomerados cuarzosos de elementos de variable dimensión, desde el tamaño de avellanas hasta gruesos bloques; muchos cantos son blancos, pero el cemento y el aspecto general de la roca es rojo.

Cuarcitas rojas, unas exclusivamente silíceas muy duras y compactas, otras micáceas, y por último algunas de grano muy basto, tránsito a areniscas, con algunos lisos pizarreños muy ferruginosos y sus caras de junta cubiertas de ocre.



Núm. 4.—CORTE POR EL Hafa DEL BENATAR

1. Arenisca, caliza y marga eocenas.—2. Caliza jurásica.—3. Cuarcita siluriana.
4. Pizarra siluriana.—5. Conglomerado siluriano.—6. Pizarra cambriana.

En lo alto de la loma de Ain Yir las cuarcitas, siempre con el mismo buzamiento, son más cristalinas y duras, de colores blancos y grises, siendo el espesor total de la formación de cuarcitas rojas y blancas, de unos 150 metros.

Al pie de estos bancos de cuarcita nacen varias fuentes-cillas de aguas muy puras y cristalinas.

Entre Ain Yir y Ain Xixa se extienden, por las faldas de la primer montaña, las pizarras arcillosas, rojizas las más veces, otras verdosas, con buzamiento en conjunto de unos 70° al NO.; alternan con estas pizarras algunas capas de cuarcitas, por lo general muy estrechas, sin que su espesor en muchos casos pase de pocos centímetros.

En el collado que separa los montes antes citados, las pizarras arcillosas están muy plegadas, a veces completa-

mente rizadas; no se encuentran fósiles, pero en algunos bancos de cuarcita se ven pistas borrosas e inclasificables.

En los alrededores de Ain Xixa no aparece la formación siluriana, pues asoma unas veces, como pasa dentro mismo del poblado, el cambriano infrayacente, o queda cubierto el paleozoico por las calizas jurásicas, como sucede en la Cudia Ain Xixa.

Al SO. de la mancha jurásica de Ain Xixa, unos bancos de cuarcitas rojas idénticas a las de las faldas de Ain Yir, forman grandes canchales que dificultan el paso.

En el fondo del valle situado al SO. de Ain Yir, hay una fajita siluriana encajada entre los bancos cambrianos, con pizarras rojas arcillosas y algunos bancos de escaso espesor de cuarcitas muy duras y compactas, también de color rojo o rosado. Esta fajita, aunque con muy escaso espesor y anchura, se extiende hasta el mismo pie de la Hafa el Benat, mogote jurásico que constituye uno de los rasgos característicos de la orografía de la región.

El camino del Yebel Garra que conduce desde Ain Yir hasta el Zoco Tzelatza de Anyera, sigue casi exactamente por el límite de las formaciones cambriana y siluriana; en todo su trayecto los estratos cambian de buzamiento y dirección muchas veces, pero en conjunto inclinan ambas formaciones paleozoicas unos 30° al NO., acusándose también en esta región la estructura uniclinal, que ya hemos dicho es general para la Península Norte-Marroquí.

Las cuarcitas silurianas vuelven a asomar con mayor extensión en las estribaciones orientales del gran macizo jurásico del Anazar, zona en que se entremezclan y cruzan no sólo las dos formaciones paleozoicas, sino también el jurásico, sin que sea posible deslindarlas exactamente a falta de un plano topográfico muy detallado.

A unos 500 metros al E. de Marah afloran, en la falda

de la montaña, las alineaciones de crestones de cuarcitas que sobresalen entre las pizarras más blandas, y por lo tanto más denudadas que las rodean.

Hasta 1 kilómetro al E. de Ain Bu Halfa se extiende el cambriano, pero después se presentan otra vez las cuarcitas silurianas alternando con las pizarras del mismo sistema.

Permiano.

El terreno que hemos clasificado como permiano, atribuyendo a este sistema alguna de las rocas incluidas en el «permo-triásico» por el geólogo Gentil, tiene escasa extensión e importancia en la Península, y todas sus manchas están cerca de la costa mediterránea, unidas a asomos de rocas claramente triásicas.

En total clasificamos como permianas nueve manchitas, de las cuales tres se encuentran en las cercanías de Ceuta y las otras seis en el valle del río Martín.

Las manchas permianas de Ceuta, de muy desigual extensión, están acuñadas entre los bancos triásicos que rellenan el sinclinal paleozoico del campo exterior.

La mancha más extensa, una faja de cerca de 3 kilómetros de longitud por medio escaso de anchura, comienza en la costa N. de la Península, en la playa de Benítez, y pasando por el fuerte del Príncipe Alfonso cruza la carretera de Ceuta a Tetuán al S. del arroyo del Tarajal.

Las otras dos manchitas, de extensión mucho más reducida, se encuentran la una junto a la desembocadura del arroyo del Infierno y la otra en ambos lados de la carretera que de Ceuta conduce al cuartel del Serrallo.

La única roca que se encuentra en estas manchas es un conglomerado poligénico de color verdoso, formado a expensas de los terrenos antiguos vecinos; es de aspectos

muy variables, según la naturaleza y tamaño de los elementos que la integran, pero tiene siempre un gran número de trozos esquinados de pizarra y guijo menudo cuarzoso con un cemento silíceo, por lo general duro y tenaz.

Los seis asomos de este sistema del valle del río Martín, se hallan junto a Tetuán y a los poblados de Malalien y Kalalí, en el cerrete de Dxar Esquirix, y los últimos dos al S. del río, en las laderas del valle del Quitzan.

La única mancha de extensión grande es la del valle alto del Quitzan, si bien sus límites exactos nos son aún desconocidos.

La mancha más próxima a Tetuán está intercalada entre una fajita triásica y el plioceno de la vega, y llega hasta las mismas puertas de la Alcazaba.

Los tres islotes de Malalien, Kalalí y Dxar Esquirix, de escasísima extensión, es probable se unan entre sí por debajo de los aluviones del Uad es Xerra y Uad el Lila.

La mancha situada al N. de Dxar Quitzan, está comprendida entre el cambriano y el aluvial del valle de río Martín.

En la zona tetuaní se presenta también el conglomerado que hemos descrito anteriormente al tratar de las manchas permianas de la región de Ceuta, únicamente cambian de unos bancos a otros el tamaño y la proporción de los elementos que lo componen y varía el grado de descomposición de la roca. Así vemos que, en la última mancha citada, el conglomerado está muy alterado, y en vez del color verde usual, es rojizo o amarillento según el grado de oxidación de las piritas que contiene la roca.

Al parecer, todas las manchas permianas de la Península, pertenecen al piso medio o sajón de la división del sistema adoptada generalmente en Europa.

Triásico.

Las manchas triásicas están todas situadas a Levante de la cordillera jurásica que forma la arista de la Península.

En la zona limítrofe a Ceuta, una larga faja dirigida casi exactamente de N. a S. se extiende a partir de la costa N., donde asoma desde el arroyo del Cepo al del Renegado, hasta el llano aluvial de Los Castillejos; esta faja, limitada a Poniente y Levante por el cambriano, queda interrumpida por las tres cintas permianas que hemos descripto y cubierta por varios islotes terciarios de escasa extensión y reducido espesor.

Todo el terreno corresponde al nivel de la arenisca roja, o sea al subtramo inferior del tramo inferior del triásico de la Península Ibérica, y no se encuentran más que conglomerados, areniscas y raramente margas, rocas que quedan al descubierto en una cantera abierta al principio del arroyo de Arcos Quebrados y explotada para la construcción de las obras de fábrica del ferrocarril de Ceuta a Tetuán. La arenisca, que es la roca que más abunda, es roja, de grano fino o mediano, con un cemento silíceo muy duro.

Los conglomerados contienen elementos cuarzosos de colores blanco o róseo con un cemento rojizo, y varía mucho de unos bancos a otros el tamaño de sus elementos.

En la zona de Tetuán hay dos manchas triásicas, la más extensa al N. de la ciudad, y la más pequeña en el valle del Quitzan; además de un isleto de escasísima extensión que aflora al S. del cerro de Malalien.

La mancha de Tetuán comienza cerca de las puertas de la ciudad y está limitada a Poniente por el jurásico del Yebel Dersa y a Levante por el permiano y el aluvial del valle de río Martín.

En las faldas del Yebel Dersa, además de las areniscas y conglomerados de las otras manchas, se encuentran margas, calizas y pizarras; algunas de estas últimas, muy carbonosas, han sido objeto de confusión para los primeros geólogos que visitaron Tetuán, pues unos las consideraron como silurianas y otros como carboníferas.

Cerca de Tetuán se han investigado estas pizarras con la esperanza de encontrar carbón y, como era de esperar, con un resultado completamente negativo.

En el asomo triásico de Malalien afloran las areniscas del sistema, cuyos potentes bancos se explotan en una cantera situada cerca de la estación de la vía férrea; tienen núcleos formados casi exclusivamente por mica, y son por esta razón blandas y poco coherentes.

La mancha triásica del Quitzan, apoyada sobre el paleozoico de la costa, queda a su vez cubierta por las calizas jurásicas de Beni Hhozmar y el eoceno que cubre la falda septentrional de esta sierra; es de composición mucho más homogénea que la de Tetuán, pues únicamente se encuentran los conglomerados y las areniscas características de este piso del triásico.

Jurásico.

Las grandes sierras de calizas que forman el eje de la Península Norte-Marroquí, han llamado siempre poderosamente la atención de cuantos geólogos han visitado esta parte del continente africano, y la determinación precisa de la edad a que pertenecen ha sido objeto de muy distintas opiniones.

En una nota (1) que hemos publicado recientemente, ha-

(1) Los terrenos secundarios del Estrecho de Gibraltar.—*Boletín del Instituto Geológico*, pág. 563, tomo XXXIX, 1918.

comos un estudio detallado de tan interesante problema, empezando por dar la opinión que han tenido sobre la edad de las calizas, tanto del Peñón de Gibraltar como de las sierras de Anyera y el Hhauz, los geólogos que las han visitado.

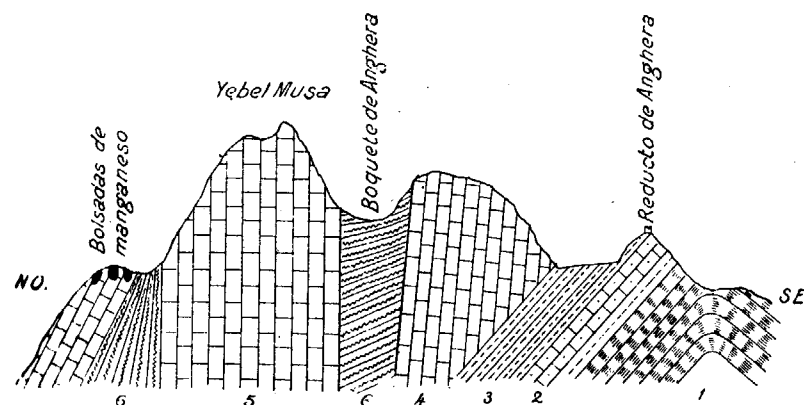
Las calizas que constituyen principalmente las sierras de la Península Norte-Marroquí, han sido consideradas sucesivamente por Coquand como silurianas y por Gentil como liásicas, mientras que A. Brivés refiere al jurásico superior (Kimeridgiense) la prolongación meridional de estas sierras, pues él no visitó la vertiente mediterránea de la Península. Posteriormente el Sr. Fernández Navarro, basándose principalmente en la opinión expuesta por Gentil en sus obras *Dans le Bled es Siba y Le Maroc Physic*, las considera también como liásicas.

Para la determinación de la edad de los terrenos secundarios en ambos lados del Estrecho de Gibraltar, hay que examinar tres manchas: las del Peñón de Gibraltar y de Algeciras en la costa ibérica, y la del Yebel Musa en la de Africa. La manchita de Algeciras está situada en la carretera de Algeciras a Tarifa y a unos 2 kilómetros de la primera población; este asomo, descubierto y estudiado por nosotros, es de muy escasa extensión superficial, pero en cambio tiene un interés geológico elevado.

En este trabajo nos limitaremos al examen de los terrenos situados en la Península Norte-Marroquí.

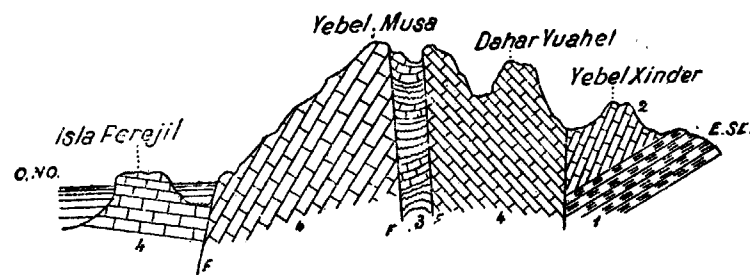
La cordillera jurásica, constituida por varios macizos unidos entre sí o completamente separados, como sucede con los que están situados a uno y otro lado del río Martín, está siempre limitada al E. por los terrenos antiguos, cambriano, siluriano y estrato-cristalino, y en la zona de Tetuán además por el permiano y el triásico; al O. se extienden las formaciones terciarias, el eoceno en general, más raramente el oligoceno.

En el jurásico se distinguen tres niveles, los dos extremos de calizas y el medio de margas, con la disposición estratigráfica del macizo del Yebel Musa, que señalan los cortes núms. 5 y 6.



Núm. 5.—CORTE POR EL YEBEL MUSA

1. Micacita del estrato-cristalino.—2. Cuarcita siluriana.—3. Pizarra siluriana.
4. Caliza del jurásico medio.—5. Caliza titónica.—6. Marga titónica.



Núm. 6.—CORTE POR EL YEBEL MUSA

- 1 Micacita arcaica.—2. Caliza magnesiánica jurásica.—3. Caliza y marga jurásicas con belemnites.—4. Caliza marmórea jurásica.

El piso inferior está formado por calizas magnesianas de colores azulado o pardo, en algunos sitios cristalinas, que suelen estar fracturadas en pequeños trozos, unidos entre sí nuevamente por un cemento calizo; este nivel, estratigráficamente inferior, aflora en general a Levante de las crestas de la cordillera y se presenta en la región de Ceuta con

mucha más frecuencia que en el extremo S. de la zona: corresponde a este nivel la sierra del Yebel Xinder, primer contrafuerte del macizo del Yebel Musa.

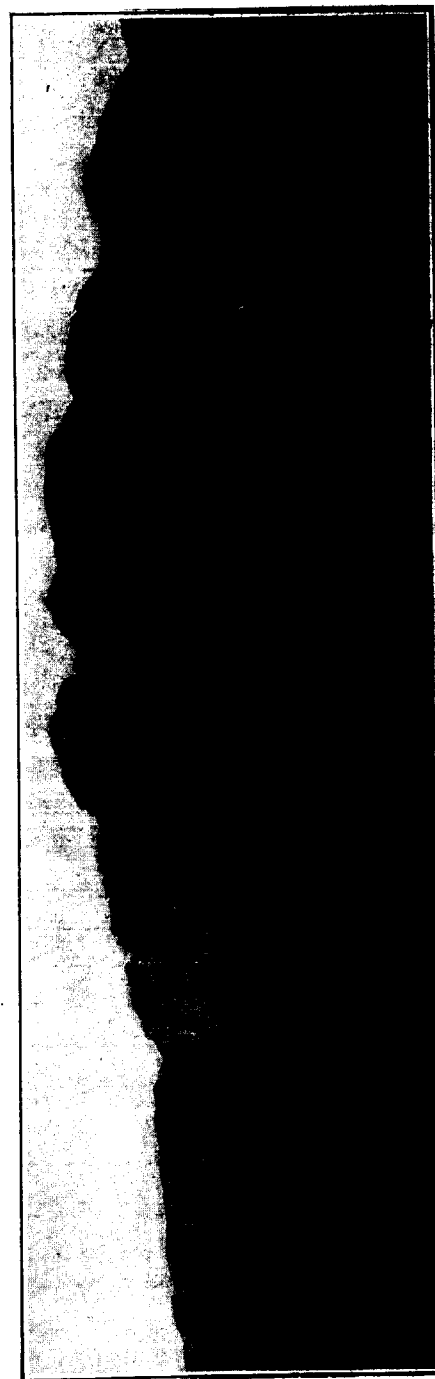
El nivel medio, con margas rojas y moradas en unos sitios, blanquecinas en otros con banquitos de caliza arcillosa intercalados, tiene mucha menos extensión que los otros dos, pero nos ha servido para determinar la edad de la formación, pues hemos encontrado fósiles en dos puntos distintos, encima del poblado de Beliunes en la costa N. y en un montículo que se eleva en el fondo del valle de Uad el Marsa.

El nivel superior, de mucho más espesor, se presenta con una extensión superficial mayor que los otros dos, integrado por calizas claras, arcillosas o puras, en ocasiones de aspecto litográfico; algunos bancos, los más altos estratigráficamente, son marmóreos.

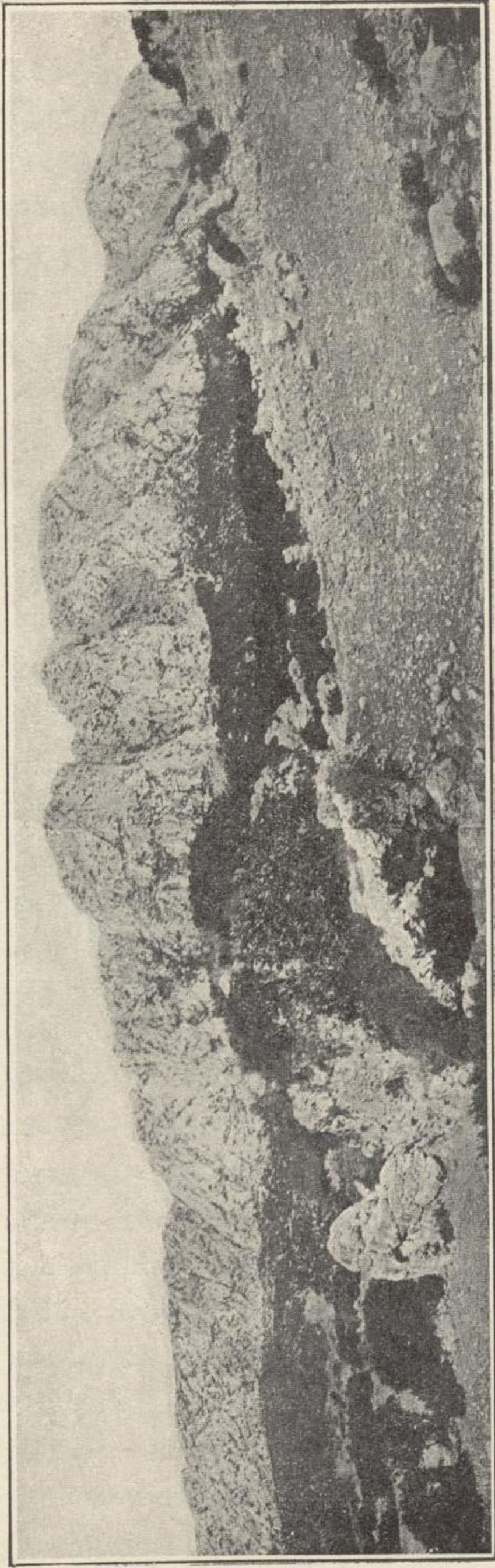
Para estudiar detenidamente el jurásico, nada hay más interesante que una ascensión al Yebel Musa, quedando el que emprenda la excursión ampliamente recompensado de sus dificultades y la fatiga de la subida, por el espléndido panorama que desde la cumbre se divisa.

Para esta excursión será muy conveniente escoger un día en que la niebla, que casi siempre envuelve el pico, se disipe, y emprender la marcha por el lado meridional, por el valle de Dxar el Marsa, pues de esta manera la parte más difícil queda reducida a los 200 ó 300 metros, casi verticales, que hay que trepar desde el boquete superior de Anyera a la cumbre del Musa. La bajada después al valle de Beliunes, aunque larga y fatigosa, no es difícil y sí muy instructiva para el geólogo.

En el mogote calizo de Benzú están enclavadas las grandes canteras del puerto de Ceuta, con calizas magnesianas unas, arcillosas otras, cruzadas en todos sentidos por vetas espáticas blancas y margas amarillentas y verdosas.



CRESTAS CALIZAS DEL YEBEL MUSA



CRESTAS CALIZAS DEL YEBEL MUSA

En la sierra de Yebel Xinder las calizas que alternan con dolomias forman una serie de crestas que, interrumpidas por las micacitas de la silla de la Hafa del Uest, llegan hasta el valle alto de Beni Mzala; este tramo, inferior estratigráficamente al del Yebel Musa, corresponde probablemente al jurásico medio, por más que la ausencia de fósiles no nos haya permitido determinar exactamente su edad.

En la costa N. se extiende, al O. del mogote de Benzú, una fajita eocena que se apoya sobre las estribaciones del Yebel Musa, con menos de 1 kilómetro de ancho, pues encima del poblado de Beliunes se presentan los grandes bancos de calizas jurásicas, en cuyas grietas nacen varias fuentes muy caudalosas, una de las cuales surte de aguas potables la población de Ceuta. Esta fuente, con un caudal de unos 20 litros por segundo, es de aceptables condiciones de limpieza y sabor, pero el agua tiene cerca de 40° hidrotimétricos debido al bicarbonato de cal que lleva en disolución.

Sería fácil aumentar el caudal que se conduce a Ceuta, si las necesidades de la población o del puerto lo requiriesen, bastando para esto mejorar el captado del manantial o ejecutar alguna obra en los vecinos, cuya agua se desaprovecha y pierde.

En la falda N. del macizo del Yebel Musa hay un valle comprendido entre dos fallas que cortan el macizo jurásico, correspondiendo la occidental a la escotadura de la costa que da lugar a la bahía de Benzú.

El Yebel Musa o Sierra Bullones está formado casi exclusivamente por calizas, en su mayor parte arcillosas blancas, o más puras róseas, y también grises amarillentas, casi litográficas, de grano compacto y fino.

Las calizas, en general, están menos fracturadas y atravesadas por fallas y grietas que en el mogote de Benzú; tam-

poco se observan los minolitos que tanto abundan en la base de las canteras.

Según se asciende estratigráficamente en el Yebel Musa, las calizas son más claras, arcillosas, menos magnesianas y los estratos tienen menos fracturas y accidentes.

Entre las fallas citadas se encuentran unas margas que afloran al NO. de Dzar Beliunes, y son rojas o moradas unas, otras más compactas arcillosas, y por último algunas se cargan de cal y pasan a ser calizas arcillosas.

En la mitad de la falda del Musa, cerca de la fuente de Ain del Belaá, asoman las margas interestratificadas entre bancos de calizas arcillosas rojizas, y cerca de la cumbre vuelven a encontrarse, siendo de color ladrillo, pizarreñas y exfoliables.

En las margas, tanto junto a Beliunes como cerca de la fuente citada, encontramos algunos aptichus mal conservados y muchos belemnites en trozos generalmente pequeños.

Los aptichus pertenecen a las especies *Ap. punctatus* (Voltz) y *Ap. beirichi* (Opp), ambas del titónico; los belemnites dudamos si pertenecen a la especie *B. semisulcatus* (Munst), o al género *Canaliculati* especie *canaliculatus* (d'Orb), la primera del jurásico superior y la segunda de un tramo mucho más inferior. Es una verdadera lástima no pudiéramos encontrar ejemplares de belemnites enteros y bien conservados que se hubiesen podido clasificar exactamente.

En la vertiente septentrional del Yebel Musa y un poco por debajo del puerto, se encuentran algunas calizas muy impregnadas de hierro, así como banquitos de ocre amarillos; otras contienen masas de mineral de manganeso.

En la ladera SO. del Yebel Musa, unos 100 metros por debajo del puerto, se ha explotado por los moros una de estas masas de mineral de manganeso, en general muy puro,

pero en parte del criadero el metasomatismo de las calizas no ha sido completo.

La bolsada explotada no tiene más que unos 10 metros de longitud por 5 de ancho, y su profundidad es muy escasa, pues en el fondo de la excavación, a unos 5 metros, se ven asomar las puntas de las agujas de caliza infra-yacente.



EL BOQUETE DE ANYERA

En las laderas S. y N. del picacho más elevado, hay multitud de trozos sueltos de mineral de manganeso que demuestran la existencia de más bolsadas de mineral, si bien todas parecen ser de escasa importancia.

Al S. del Yebel Musa se extienden las calizas jurásicas hasta el camino del Boquete inferior de Anyera; la roca, muy metamorfoseada, es gris, magnesiana, fragmentada en trozos muy pequeños. En el mismo Boquete, las calizas se apoyan sobre las cuarcitas silurianas y son más puras, blan-

cas, presentándose en grandes bancos con buzamiento al NO.

Aun más al S. del Yebel Musa, entre Ain Yir y Ain Xixa, y como a 1 kilómetro del primer monte, hay dos casquetes de calizas jurásicas de pocos metros cuadrados de extensión, que sobrepuestos al paleozoico demuestran la existencia de grandes transportes en masa, como ya indicamos nosotros en otros puntos de la Península. Otro ejemplo de estos transportes lo tenemos en el casquete que cubre la Cudia Ain Xixa, situada a 1 kilómetro al O. del poblado del mismo nombre, enorme mole de calizas separada de la mancha jurásica del Musa por el valle del Biutz, en el que asoma el paleozoico.

Las calizas de Cudia Ain Xixa, de colores claros, blanquecino o azulado, tienen un buzamiento de unos 20° al O.

Al N. del Biutz, en el fondo del valle formado por la unión de los dos arroyos que rodean la montaña del poblado, asoma un manchón jurásico, cuyos grandes bancos calizos encajonan el río de arribes ásperos y abruptos, a través de cuyas masas calizas serpentea el sendero del Marsa.

En la mancha eocena del Marsa hay un mogote jurásico en una colina situada al N. de los molinos del riachuelo que corre por el fondo del valle.

En los cortes del río y del camino del Marsa se presentan las margas blanquecinas y amarillas, muy finamente divididas, con la estratificación casi vertical, en las cuales, al N. del primer molino, encontramos multitud de pequeños aptichus de la especie *Ap. punctatus* (Voltz). El manchón jurásico no llega a los 500 metros de longitud, en su diámetro mayor, completamente rodeado por el eoceno, y queda limitado a la colina de ex-Rhi.

Otro mogote jurásico lo forma la Hafa del Benatar, peñón casi inaccesible que sobresale entre los cerros que le rodean;

sus calizas son de estructura cavernosa, de grano muy fino y colores claros, grises o azulados; tienen el buzamiento general de la región, tantas veces citado, al NO., con los estratos menos tendidos que los silurianos infrayacentes

Las calizas jurásicas del Yebel Ain Xixa terminan en la bifurcación de los caminos de Alcázar Seguir y Marsa, a 1 kilómetro próximamente del poblado de Ain Xixa.

Las calizas de las últimas estribaciones del Yebel Musa llegan hasta muy cerca del río del Marsa, con los mismos caracteres ya citados al hablar de la sierra; en las grietas de estas calizas nacen algunas fuentes muy abundantes y de caudal poco variable que se emplea en el riego de la vega; los moros nos aseguraron que el nivel de las fuentes variaba con las mareas, pero no pudimos comprobar esta afirmación que no dejaría de ser curiosa, pues éstas se hallan a una altura considerable, quizás 50 metros, sobre el nivel del mar.

El lado oriental de la bahía del Marsa queda limitado por enormes paredones de más de 30 metros de altura, completamente verticales e inaccesibles, pues una gran falla limita en este sentido el macizo jurásico del Yebel Musa.

En la playa hay un depósito de 30 ó 40 toneladas de mineral manganésífero procedente de los depósitos situados en lo alto del Yebel Musa, cuya exportación se comenzó hace algunos años.

El mogote de la Hafa del Benatar se enlaza con el macizo jurásico del Anazar por una estrecha fajita, en la cual los bancos de caliza, muy levantados, sobresalen entre las pizarras de las formaciones paleozoicas, sin que aflore en ningún punto el nivel margoso del jurásico.

En el macizo del Anazar se apoyan los enormes bancos de calizas jurásicas, inmensas moles peladas desprovistas de vegetación, sobre las cuarcitas silurianas de las estribaciones orientales de la montaña.

Enfrente de Bu Halfa las calizas jurásicas están casi en contacto con las cambrianas, pero se distinguen fácilmente ambas, no sólo por estar acompañadas y encajadas las primeras entre pizarras cambrianas que no se pueden confundir con ninguna roca secundaria, sino por los mismos caracteres de la caliza.

Pasado el manchón numulítico de Marah se extiende entre esta montaña y Tuila una extensa nava o circo, cerrado en casi todas sus direcciones por grandes paredones de caliza.

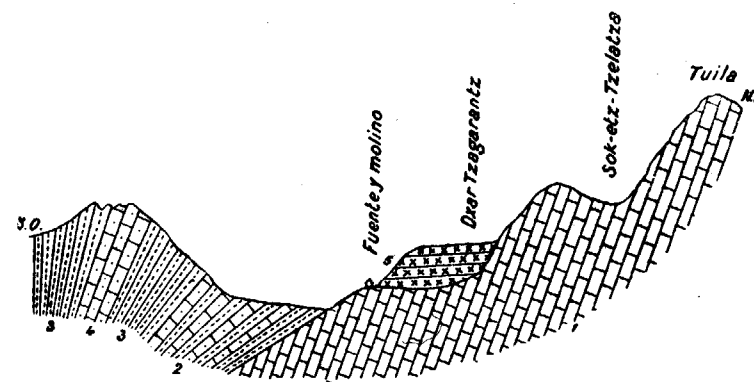
A pesar de ser el jurásico tan improductivo en esta nava, las peñas están cubiertas de tierras con muchas materias orgánicas, lo cual, unido a la humedad casi constante aquí debido a las frecuentes nieblas y lluvias, produce espléndidos prados naturales, muy apreciados por los indígenas.

Al E. de Tuila se extiende el enorme macizo calcáreo de Quebdana, hacia el S. el jurásico alcanza una cota mucho menor, mas sus bancos forman una serie de picachos, riscos y acantilados de lo más abrupto e intrincado que pueda imaginarse; no se encuentra suelo laborable alguno, ni aun vegetación espontánea, todo lo más algunos musgos y líquenes cubren las peladas rocas de estas sierras de rudo y agreste aspecto.

En las inmediaciones de Tuila no aflora más que el nivel calizo superior del jurásico, faltando las margas y las calizas infrayacentes que describimos al tratar del Yebel Musa.

En el Dzar Tzagarantz, junto al zoco del Tzelatza, nacen varias fuentes caudalosas cerca del contacto de los grandes bancos de caliza jurásica con las margas eocenas; las fuentes, sumamente calcáreas, han dado lugar a la formación de un depósito de toba caliza cuaternaria que tiene cerca de 20 metros de espesor y considerable extensión.

Como puede verse en el corte núm. 7, las calizas, muy levantadas en lo alto de la cordillera en Tuila, buzan unos 45° al SO. en las fuentes citadas. Éstas son tan caudalosas que mueven algunos molinos harineros en su mismo nacimiento, aprovechándose después sus aguas en el riego de extensas huertas.



Núm. 7.—CORTE POR LA VERTIENTE O. DE LA SIERRA DEL HHAUZ
1. Caliza jurásica.—2. Arenisca y marga eocenas.—3. Marga eocena.—4. Cuarcita eocena.—5. Caliza tobácea cuaternaria.

En el valle del Jemis y al NO. del Sok el Jemis de An-yera, hay un mogote jurásico aislado compuesto de calizas azuladas y blanquecinas que sobresalen entre las margas y areniscas terciarias.

La sierra del Hhauz está cortada por una falla longitudinal que deja grandes murallones rocosos, como sucede en Dzar Agibz, donde los peñones verticales que cobijan las chozas del poblado tienen de 15 a 20 metros de altura.

Casi no se presentan más que calizas de variada composición y aspecto, pues los banquitos de margas verdosas y arcillas rojas intercalados tienen escasa importancia.

La mayoría de las calizas son brechas de elementos voluminosos, y entre sus masas hay grandes zonas rellenas de caliza terrosa blanca cuaternaria, y en los puntos de emer-

gencia de manantiales, enormes masas de travertinos compactos.

En la ladera N. del Bab el Aonzar aflora un nivel de margas rojizas iguales a las de belemnites de Beliunes.

El camino alto de Tetuán al Jemis marca casi exactamente la línea de separación del jurásico y el eoceno, pues rodea el codo que forman las sierras jurásicas que, orientadas de N. a S. hasta el Bab el Aonzar, cambian de dirección a partir desde este punto y se alinean de NO. a SE. Junto a los poblados de esta zona nacen fuentes de gran caudal, pero ninguna iguala a las del Dzar Aonzar Zadina, que forman un arroyuelo que, dada la gran altura en que nace, podría tener aplicación, tanto para el abastecimiento de aguas de Tetuán como para un aprovechamiento de energía hidráulica.

En la falda meridional de la sierra del Hhauz las calizas jurásicas forman un enorme circo de paredes casi verticales, en cuyo fondo, en un precioso valle, está situado el poblado de Samsa.

En la vertiente E. de la sierra, al pie de los grandes frentes rocosos de caliza, nacen una multitud de fuentes, entre las cuales merecen especial mención las de Dzar Uad Zaryon al N. de la zona del Kuf y las de Dzar Beni Zalem; estas últimas riegan las extensas huertas del poblado, en las cuales se crían frondosos y variados árboles frutales, constituyendo uno de los valles más fértiles y ricos de la región.

En el Yebel Dersa, junto a Tetuán, se explotan las calizas secundarias en varias canteras y ofrecen innumerables variedades, según sea la composición de la roca y varíen su textura y compacidad; encima de la Alcazaba los bancos de caliza están fracturados en menudos trozos y vueltos a cimentar posteriormente.

Las calizas de la vertiente N. del macizo de Beni Hhozmar son idénticas a las del Yebel Dersa, pero más al O., al pie de la posición militar llamada La Peña, además de calizas blancas y rosadas de aspecto titónico y muy parecidas a las del Yebel Musa, asoman margas foliáceas de color amarillo rojizo.

Cretáceo.

El cretáceo está representado en la parte occidental de la Península Norte-Marroquí, cerca de la costa atlántica, por dos manchas distintas, una en la zona internacional al S. de Tánger, y la otra en la zona del Protectorado español y límite de las cabilas de Uadrás y Beni Mezauuar. La mancha tangerina, rodeada por todos sus rumbos por el eoceno, queda dividida por los aluviones del Uad Mogoga y el Suani, de manera que en rigor existen tres manchitas distintas de muy desigual extensión, de las cuales la mayor ocupa el llano del Fahhz casi en su totalidad, la mediana se extiende por los montes de Mogoga y la más pequeña asoma en el cerrete de Dzar Xarf, a las mismas puertas de Tánger.

En el cretáceo de Tánger se pueden establecer dos niveles:

1.º El piso inferior, que se extiende al O. y SO. del Jandak Yama, por el cordón de cerros de Dzar Auama y Dzar Deimus, en Dzar Mombar, etc., contiene, además de margas arcillosas, calizas, y es muy fosilífero.

2.º El nivel superior, que se encuentra en las manchas de Dzar Xarf y Dzar Mogoga y entre el Azib D'Abakia y Sidi Mohamed Sarrok, pobrísimo en fósiles, comprende bancos aislados de caliza arcillosa amarillenta muy compacta, que al denudarse las margas y quedar aisladas las calizas, da lugar a la formación de grandes bloques esféricos de color

amarillo, muy característicos, que destacan sobre el terreno margoso.

En el camino entre Dzar Auama y Dzar Deimus, las capas son sumamente fosilíferas, y además de las margas usuales del sistema, asoman bancos de arenisca de grano fino y de caliza arcillosa, amarilla y pardo rojiza; estas últimas iguales a las que afloran en Dzar Mogoga.

En las calizas se encuentran pequeños núcleos ferruginosos y cristaltos de piritita de hierro.

Al S. de Dzar Deimus las margas cretáceas, casi verticales, contienen multitud de jacillas de bivalvas muy mal conservadas; toda la formación está muy vertical, alineada de N. a S. con el buzamiento oriental predominante.

Entre Dzar Auama y Dzar Deimus hemos encontrado los siguientes fósiles: *Ostrea nicaisei* (Coq.), *Ostrea biarticulata* (Lam), *Ostrea vesicularis* (Lam), *Ostrea sollieri* y *Ostrea villey* (Coq.); y al estado de moldes: *Tellina carteroni* (d'Orb), *Periploma simplex* (d'Orb), *Venus selvática* y *Arca archaciana* (d'Orb).

También se hallan jacillas de los géneros janira, tellina, cypricardia, arca, cardita y mactra, demasiado desgastados para poder determinar la especie a que pertenecen.

En unos cerritos a unos 2 kilómetros al N. de Ain Dalia las margas, muy calíferas, contienen abundantísimos fósiles, principalmente al estado de moldes.

Entre el valle del Uad Mogoga y el Azib de Abakia se extienden margas arcillosas con multitud de vetas delgaditas de calcita blanca y algún banco de escaso espesor de yeso blanco cristalizado.

El cordoncito de montes que corre por el Azib de Abakia y Sidi Mohamed Sarrok, lo integran margas arcillosas pardas con algún banco aislado de caliza amarilla muy arcillosa; los estratos, en general muy levantados y con es-

casos accidentes estratigráficos, búzan uniformemente hacia el E.

Esta zona es muy poco fosilífera, contrastando con el cordón de montes que pasa por Dzar Auama y Dzar Deimus, de fauna muy rica y variada.

El cretáceo del valle del Uad el Tzelatza de Uadrás, está rodeado en la zona que hemos explorado por las formaciones eocena y oligocena. No hemos podido examinar aún más que la parte más septentrional de esta mancha, pues durante nuestra última visita a esta región la posición militar más avanzada estaba situada en Dzar Xaui, de donde nos estaba vedado el pasar.

Los aluviones del Uad el Tzelatza casi dividen esta mancha en dos, y si al principio tienen escasa importancia, en su límite occidental alcanzan 1 kilómetro de ancho.

El cretáceo de esta zona tiene gran analogía con el de Tánger, presentándose también los dos pisos, uno azoico o casi azoico y otro muy fosilífero, pero con una diferencia, y es su desigual repartición: en Tánger la casi totalidad de las manchas corresponden al nivel fosilífero; aquí sucede lo contrario, pues en el cretáceo recorrido, con una extensión que no baja de 50 kilómetros cuadrados, no hemos encontrado más que tres puntos donde aflore el nivel fosilífero y en dos de ellos con muy escasa extensión.

Dos de los cortes transversales que publicamos, que atraviesan en toda su anchura la Península, muestran la disposición estratigráfica del cretáceo con relación a los terrenos que lo limitan.

Empezando la descripción de esta mancha por su extremo septentrional, vemos que en el punto por donde cruza la sierra de Behma el camino directo de Tetuán a Tánger, las margas cretáceas, en contacto con las areniscas oligocenas, están finamente estratificadas, son verde claras o

grises, contienen lechos de caliza arcillosa negra muy ferruginosa, que tienen entre 2 y 20 centímetros de espesor, con núcleos de capas concéntricas de ocre rojos y amarillos que dan un curioso aspecto a la roca.

Más al S., en Dzar Myiba, las margas cretáceas, cubiertas hasta aquí por los derrubios de la sierra de Rauda, se descubren en unos barranquitos al SO. del poblado; son foliáceas, de color pardo, y las cruza en todos sentidos un sinnúmero de vetas y vetillas de espato calizo; como las que examinamos muy detenidamente en las inmediaciones de Dzar Mogoga en la zona de Tánger, son azoicas y presentan sus mismos caracteres.

Un poco al SO. de Dzar Myiba hay una estación fosilífera muy rica en ejemplares, aunque pobre en especies; el asomo es de pequeña extensión, pues vuelven a presentarse al corto trecho las margas azoicas.

La roca que contiene los fósiles es una caliza arcillosa, alguno de cuyos lechos son verdaderos bancos de ostreas; la mayor parte de los fósiles están mal conservados y rotos.

Encontramos un bloque de caliza suelto que contenía grandes secciones de rudistas, pero desgraciadamente no pudimos encontrar el banco de donde provenía esta roca.

El cretáceo y numulítico en esta región son difíciles de deslindar exactamente, pues además del gran parecido de las margas que los forman, ambas formaciones están entremezcladas y se encuentran algunos manchones eocenos dentro de la faja cretácea, si bien estos restos de la formación terciaria tienen poca extensión y escaso espesor.

Así sucede en Dzar Quebx, donde una mancha eocena de pocos centenares de metros cuadrados cubre las margas cretáceas.

El cretáceo tiene sus bancos orientados en conjunto de

E. a O. y se presentan muy levantados, si bien sufren muchas inflexiones y cambios de buzamiento y dirección.

Entre el asomo fosilífero de Dzar Myiba y Dzar Aidada, el cretáceo está surcado por muchos barrancos que presentan en sus cortes al descubierto las margas del sistema. Estas son pizarreñas, de color pardo con fajas amarillentas, y algunos bancos y núcleos sueltos muy ferruginosos.

Es muy difícil distinguir en esta región, por sus caracteres litológicos, a algunas capas secundarias de las terciarias, y difícil clasificarlas dada la ausencia de fósiles de varios de sus niveles; sin embargo, como carácter empírico para diferenciarlas, podemos señalar que las margas eocenas, mucho más descompuestas, son más arcillosas y están cubiertas por mantos de tierras arcillosas de mayor espesor que las cretáceas; estas últimas, generalmente, no las cubre más que una delgada capa de tierra y en los cortes del terreno aparecen al instante las margas pizarreñas infrayacentes.

En la parte meridional de la mancha cretácea, a unos 5 kilómetros del Fondak, sobre la orilla izquierda del Uad Rás y antes de llegar al Dahar el Meraber, se presenta otra vez el nivel fosilífero.

Las margas son pardas o negras, finamente estratificadas, con banquitos intercalados de calizas pardas o grises; estas últimas muy puras, cruzadas por vetas espáticas, tienen la fractura astillosa.

Tanto empastadas en estas calizas como sueltas en los terrenos de labor, se encuentran muchas conchas, principalmente del género ostrea, así como gran número de moldes. El manchón fosilífero, muy poco extenso, queda limitado a las inmediaciones del río, pues por la serie de amplios valles y achatadas lomas que se extienden al O., no se descubren más que margas azoicas, formación de gran monotonía sin caracteres dignos de mención.

En una extensión de varios kilómetros cuadrados de tierras arcillosas no se encuentra ni un canto suelto, solamente en los cortes del terreno producidos por los arroyos se descubren las margas pizarreñas del sistema, desmenuzadas en menudos trozos por la acción de los agentes atmosféricos.

La sierra de Cudia Dahari marca el límite de la formación cretácea, y sus laderas, de pendientes suaves, cultivadas en casi toda su extensión, están constituidas por tierras arcillo-sabulosas formadas a expensas de las margas infrayacentes; éstas, cuando quedan al descubierto, son amarillentas en la superficie, pardas en la fractura y suelen ser muy síliceas.

Los estratos, con frecuentes cambios en su dirección y buzamiento, se orientan predominantemente de NE. a SO.

El valle del Uad Bu Hhiuma, que nace al S. de Cudia Dahari, está todo él excavado en las margas cretáceas, que asoman por debajo de los aluviones del río y se extienden por los cerros que limitan el valle.

Con casi idénticos caracteres se desarrolla la formación por las lomas que se elevan hasta la unión del Fondak Ain Dabax con el Uad Bu Hhiuma.

En el cruce del camino del valle del Harixa al Fondak y del sendero que penetra en Beni Mezauar por el O. del Dahar Meraber, los cantos de areniscas y cuarcita eocena cubren las margas cretáceas, y a primera vista dan la impresión de tratarse de un manchón eoceno.

En las lomas de la orilla izquierda del Uad Bu Hhiuma, cerca de Ain Aonzar el Harruy, se encuentran calizas, amarillas al exterior, pardas en las fracturas, cuajadas de fósiles, principalmente ostreas.

Esta faja fosilífera se extiende unos 2 kilómetros a todo lo largo del Bu Hhiuma, hasta reaparecer las margas azoicas

del sistema con algún banco de caliza arcillosa amarilla, terreno que sin variación alguna llega hasta el Uad Rás, donde queda cubierto por los aluviones del río.

Cada vez abundan más los cantos y bloques de areniscas eocenas desprendidas de la vecina formación, hasta que por fin se presenta ya el eoceno.

En la mancha cretácea descrita hemos encontrado los siguientes fósiles: *Ostrea Villei*, *Ostrea biauriculata* (Lam), *Ostrea vesicularis* (Lam) y moldes de *Tellina cateroni* (d'Orb) y de los géneros cardita y periploma.

Tanto por los fósiles descubiertos como por los caracteres litológicos de las rocas que lo componen, comprende este nivel cretáceo al tramo senonense.

Eoceno.

El eoceno es el terreno que mayor extensión ocupa en la Península Norte-Marroquí, pues él sólo ocupa más de la mitad de su superficie.

A Levante de la cordillera jurásica de Tetuán tiene escasa extensión, pero sus manchas, repartidas por casi todo el territorio, indican la extensión que tuvo el mar eoceno que cubrió toda la Península.

El isleo eoceno más septentrional está en la playa de Beliunes, apoyado sobre las estribaciones jurásicas del Yebel Musa; un poco más al E., en la fajita tan compleja de terrenos que rellena el sinclinal cambriano de Ceuta, hay dos manchas, que otros autores consideraron como devonianas a juzgar por el aspecto de las rocas que las componen, pero que nosotros, con el hallazgo de fósiles característicos, hemos demostrado pertenecen al eoceno.

Más al S., entre el río de los Castillejos o Uad el Feni-dak y el Uad Smir, el eoceno tiene gran extensión, si bien

quedan cubiertos sus bancos en parte por el oligoceno del Yebel Zenzem y los aluviones del río Negro.

En el mismo Tetuán, un golfo del terreno que describimos penetra por la escotadura del jurásico del valle del río Martín, con su punto más avanzado en el valle de Quitzan.

Fuera prolijo y fatigoso describir los linderos del eoceno, comprendido entre la cordillera jurásica y la zona de Tánger; en términos generales, puede decirse que el eoceno abarca toda esta extensísima zona y no queda oculta la formación más que en las crestas de las sierras, coronadas de bancos de areniscas oligocenas, y en el fondo de los valles oculto por los aluviones de los ríos y excepcionalmente por el plioceno del valle del Jemis.

Únicamente en el extremo meridional de la zona estudiada por nosotros, una extensa mancha cretácea interrumpe la continuidad de los estratos terciarios.

La disposición del eoceno en la zona de Tánger es muy parecida a la que acabamos de describir, pues rodea completamente la mancha cretácea del Fahhz y queda cubierto a su vez por los bancos oligocenos de las sierras, los extensos aluviones de los ríos y el plioceno de la llanura del Xarf el Akab.

Para describir el eoceno, seguiremos el mismo orden que hemos empleado al enumerar sus manchas, es decir, comenzaremos por las de la costa mediterránea, seguiremos por el estudio de sus caracteres en la zona central de la Península, para terminar con las observaciones recogidas en la zona tangerina.

Al O. de Benzú y pasado el arroyuelo de Beliunes, hay una fajita eocena comprendida entre el Estrecho y las laderas septentrionales del Yebel Xinder; la formación terciaria, de un espesor muy reducido, se apoya sobre el jurásico en manifiesta discordancia, y a su vez queda cubierta por

mantos de tierras arcillosas cuaternarias, con multitud de cantos y gruesos peñones de caliza jurásica desprendidos de los bancos que forman la vecina sierra.

El eoceno, formado por margas arcillosas, pardas y amarillentas, contiene algunos bancos de arenisca compacta de los mismos colores, que contrastan vivamente con los colores vivos blancos y grises de las calizas jurásicas.

La fajita, con menos de 1 kilómetro de ancho, se acuña hacia Poniente contra los grandes acantilados jurásicos que terminan en Punta Leona.

A ambos lados de la carretera de Ceuta al cuartel del Serrallo, se extiende por parte de la Loma Larga una zona de areniscas eocenas comprendida entre areniscas y conglomerados antiguos, faja que consideramos nosotros al principio como devoniana, siguiendo el criterio de otros geólogos que la habían visitado antes, pero examinando detenidamente las canteritas llamadas del Tejar de Ingenieros, logramos descubrir varios ejemplares bien conservados de *Operculina amonea* (Neym), así como otros fósiles difíciles de clasificar exactamente por hallarse muy desgastados, con lo que quedó demostrado que estas rocas también pertenecen al eoceno.

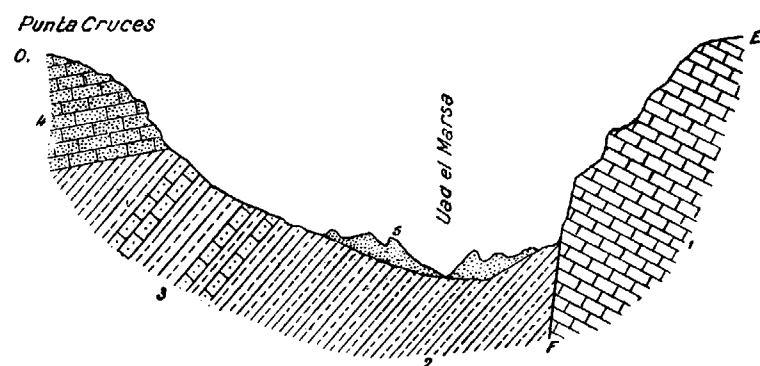
Tanto en esta mancha como en otra cuña formada por el mismo terreno y que aflora en la costa N., junto al arroyo del Renegado, se presentan areniscas y calizas; las primeras compactas, de colores pardo o amarillento con algunos restos carbonosos, muy borrosos y mal conservados; las segundas muy arcillosas, en bancos de escaso espesor con algún lecho margoso interpuesto.

Los depósitos eocenos del litoral mediterráneo comienzan en los arribes del Uad el Fenidak y bordean el macizo cambriano del Yebel Hariex, en una faja que, interrumpida por los aluviones del Uad Negro, adquiere su mayor am-

plitud al S. de este río, donde rodea el macizo del Yebel Zenzem; los depósitos terciarios están constituidos esencialmente por margas pardas con algunos bancos de maciños y cuarcitas.

La mancha eocena de Marah, situada en el camino de Ain Yir al zoco Tzelatza de Anghera, tiene especial interés, no sólo por demostrar la gran extensión que tuvo el mar eoceno, que no quedó reducido a la zona próxima a la costa actual, como se ha creído, sino por la altura que en este punto alcanzan los depósitos terciarios (unos 500 metros).

Los estratos numulíticos, compuestos por margas verdosas y amarillentas con algún banco silíceo intercalado, están aprisionados entre enormes masas de calizas jurásicas, que con sus grandes moles, cortadas casi a pico, forman un agreste paisaje de gran belleza.



Núm. 8.—CORTE POR LA BAHÍA EL MARSÁ

1. Caliza jurásica.—2. Marga eocena.—3. Marga y arenisca eocenas.—4. Arenisca oligocena.—5. Médanos.

Los depósitos eocenos de la región central se presentan por primera vez en la bahía del Marsa, a Poniente del macizo jurásico del Yebel Musa, con la disposición estratigráfica que indica el corte núm. 8.

Más al S., en las laderas septentrionales de la montaña

del Biutz, asoman las formaciones paleozoicas y el jurásico, y a unos 2 kilómetros al N. del poblado, el eoceno, que se apoya casi horizontalmente sobre las calizas jurásicas, y está integrado por margas calíferas finamente estratificadas al principio, bancos de maciños amarillentos y cuarcitas compactas pardas según se penetra en el manchón terciario.

Las laderas del valle, muy pendientes en el paleozoico, abruptas y rocosas en el jurásico, son muy suaves en el eoceno, y están cubiertas por campos bien cultivados.

El eoceno queda interrumpido por el manchón de margas jurásicas del Cerro de los Molinos, pero más al N. vuelve a aparecer con los mismos caracteres.

En el valle del Marsa la roca infrayacente casi no aflora, cubierta en casi toda su extensión por extensos campos cultivados; esta vega, de tierras arcillosas con mucho humus, constituye una de las regiones más ricas de la zona, y está regada por un sistema de acequias que recuerda las de nuestras provincias levantinas. Para el riego aprovechan el agua del río y de algunas grandes fuentes situadas al pie de las calizas del Musa.

La mancha jurásica de Ain Xixa termina en la bifurcación de los caminos de Tánger y el Marsa, donde quedan cubiertas por las margas usuales en esta formación y bancos de areniscas duras con fucoides.

Predominan sobre las demás rocas del sistema, margas oscuras muy arcillosas, pero también se encuentran bancos poco potentes de areniscas, cuarcitas y calizas de colores pardo y azulado.

Cerca del jurásico, los estratos tienen varias inflexiones y aun cambios de buzamiento, pero más cerca de la costa son más regulares y se tienden cada vez más.

Las areniscas oligocenas no llegan al camino de la playa,

sino que quedan en las cumbres de la sierrecita que penetra en el Estrecho en la Punta Cires.

En la desembocadura del desfiladero de Uad R'Mel los bancos potentes de areniscas, con un buzamiento al O. de unos 45°, forman un gran arco, en la ladera de la montaña.

Al S. del desfiladero el panorama varía; el río, hasta entonces encajado entre montañas de laderas muy pendientes y de grandes masas de arenisca, penetra en un amplio valle de terreno suavemente ondulado, en el que las margas oscuras eocenas están cubiertas de tierras laborables.

La vegetación es muy frondosa, criándose en las márgenes del R'Mel gran número de algarrobos, árbol que explotado convenientemente y bien cultivado, constituiría una gran riqueza para el país.

Al S. del Uad R'Mel se extiende, a lo largo de la costa, un terreno bastante montuoso de margas eocenas con algún banco intercalado de maciños de escaso espesor.

En el valle del Uad Tagarmina alternan con las margas, banquitos de caliza azulada o gris cuajada de pequeños numulitos, mancha de caliza fosilífera que no tiene más de 1 kilómetro próximamente de ancho, pues más al S. reaparecen las margas con algún banco de cuarcita intercalado.

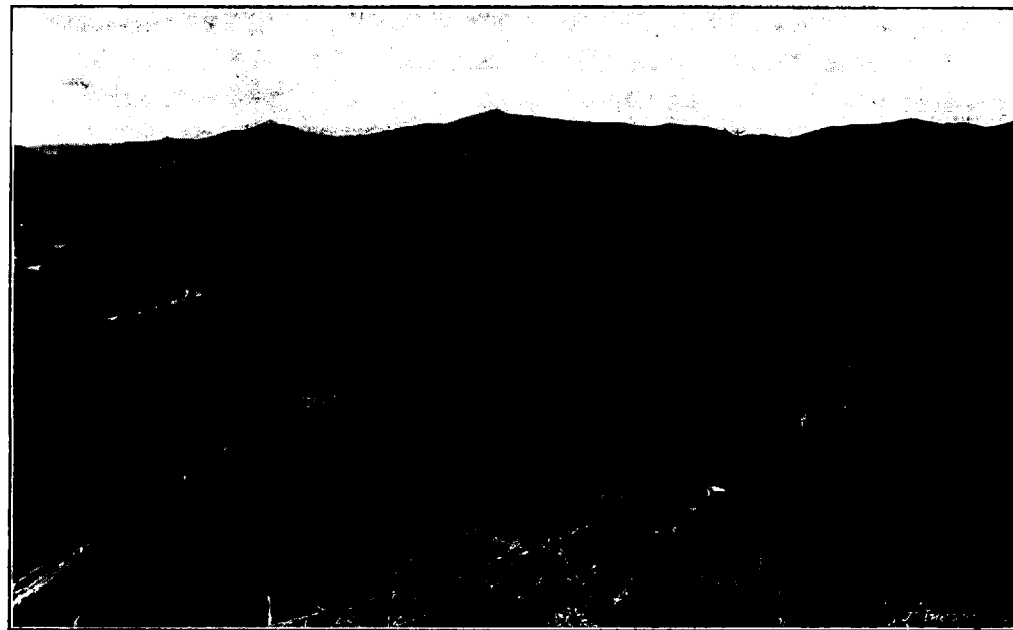
Esta formación, con gran monotonía y sin nuevos caracteres dignos de mención, se extiende hasta Ain Ahsen, al N. de Alcázar Seguir, donde queda cubierta por las arenas astienses.

Entre Alcázar Seguir y Dzar Xuca, el aluvial del río de Alcázar tiene 1 kilómetro de ancho, pero pronto el valle se estrecha, los aluviones desaparecen y afloran los estratos eocenos.

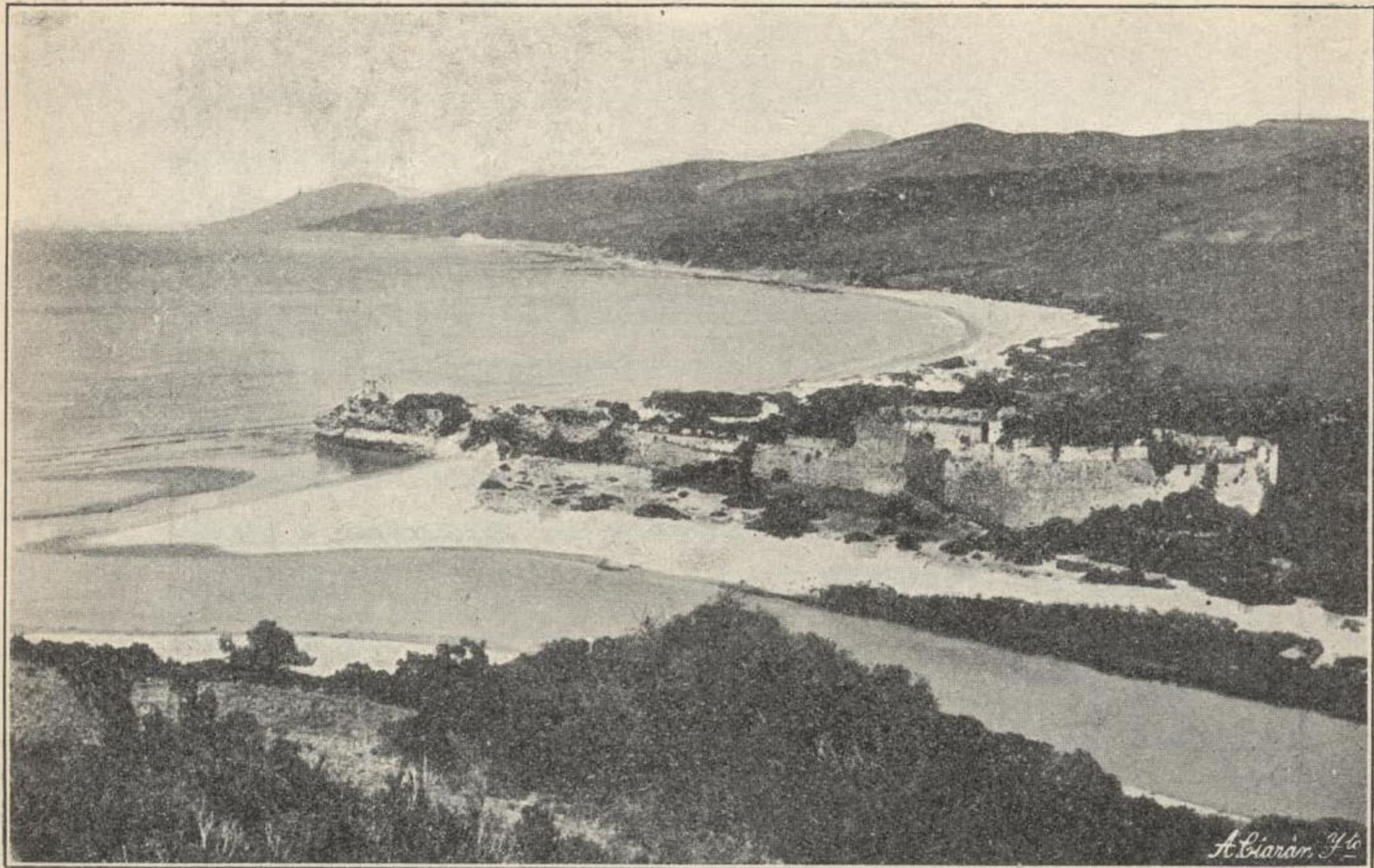
En la áspera cuesta del Yebel Ain Xuca asoman los bancos de caliza blanca compacta de grano muy fino, que con-



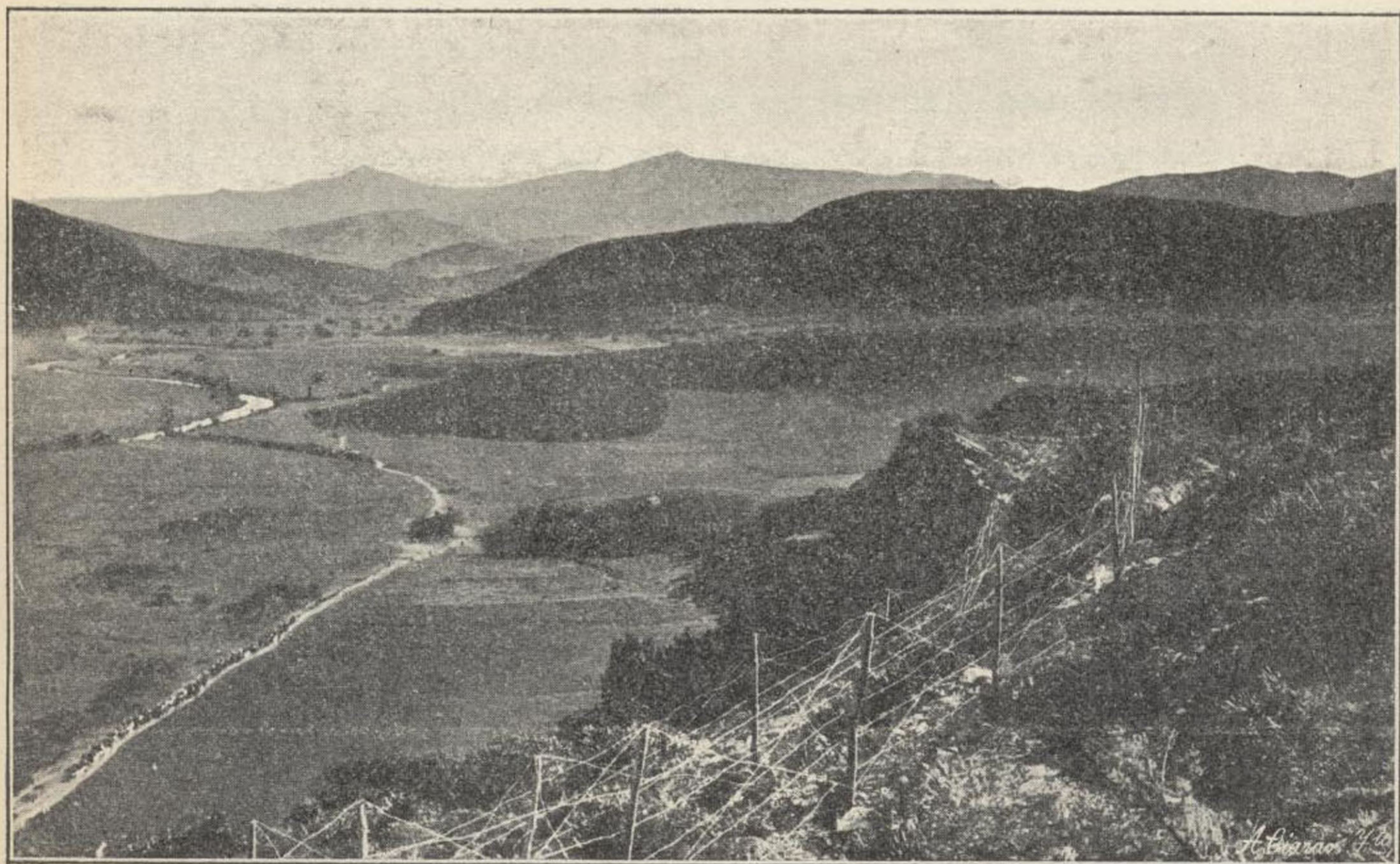
PLAYA Y CASTILLO DE ALCÁZAR SEGUIR



VALLE EOCENO DEL UAD EL KSAR



PLAYA Y CASTILLO DE ALCÁZAR SEGUIR



VALLE EOCENO DEL UAD EL KSAR

tienen secciones de gasterópodos espatizados, borrosos e inclasificables.

Entre los Dzar Ain Xuca y Dakxir se vuelven a presentar las margas arcillosas del eoceno, con algunas zonas más foliáceas y duras, casi pizarreñas, de color claro.

Entre el Agües y el Anazar, se extiende un ancho valle con dirección N. a S., en cuya ladera occidental afloran repetidas alternancias de margas oscuras y calizas bastante puras; la formación, casi vertical, corresponde a un piso inferior del eoceno, que no reaparece en ningún punto de la gran faja numulítica de la costa.

Entre las margas de la última parte del valle de Ain Ahsen se encuentran bloques sueltos y cantos rodados de caliza blanca o azulada, con muchísimos numulitos del tamaño de lentejas.

La Cudia Bokdor se extiende de E. a O. a corta distancia de la playa, con rocas eocenas del nivel margoso, excepto en parte de su ladera septentrional cubierta por una fajita de areniscas pliocenas.

En los acantilados de la costa, cerca de la antigua torre portuguesa, alternan los bancos potentes de areniscas amarillentas y margas oscuras o azuladas, con un buzamiento de 45° al NE.

Más al O. desaparece el numulítico bajo las dunas de la bahía de Alcázar Seguir, y no vuelven a aparecer sus bancos hasta pasado el río, donde en la costa, muy abrupta, los estratos casi verticales penetran hasta el mar.

Al O. de Alcázar Seguir aparecen las margas numulíticas tantas veces citadas, que en una loma situada al O. de Gomara quedan cubiertas por las hiladas casi horizontales de la arenisca oligocena.

A unos 4 kilómetros al O. de Gomara y antes de llegar a Dzar Mel-liex, afloran entre las margas bancos de calizas

muy fosilíferas con muchísimos numulitos, algunos hasta de 0,5 centímetros de diámetro.

En toda la faja costera, hasta la zona de Tánger, predominan las margas del sistema, en gran parte recubiertas por tierras de labor, mas un poco al E. del Uad Liaan reaparecen las calizas fosilíferas cuajadas de numulitos diminutos.

Entre el Uad Liaan y el poblado de Zerara, están cubiertas las laderas de los montes de tierras muy fructíferas que producen espléndidas cosechas, afamadas en toda la cabila anyerina; entre Zerara y el límite de la zona cambia el aspecto de los campos, muy pobres debido a avanzar hasta aquí una faja de arenisca oligocena.

El suelo del valle del Jandak Zina está formado por margas terrosas oscuras con algún canto suelto de cuarcita, formación que, sin accidente geológico digno de mención, se extiende por todo el amplísimo valle que enlaza la zona descrita con el Uad Taza.

En el montecito donde está situado Sidi Ali Ben Harazen, las margas oscuras tienen menos de 1 kilómetro de ancho y están comprendidas entre dos zonas de grandes bancos de arenisca oligocena, en la disposición que muestra el corte transversal de la Península por Tánger que acompaña a este trabajo.

Al S. de Alcázar Seguir se extiende el eoceno con los mismos caracteres hasta Hamma; las margas, con algún banco interpuesto de maciños o cuarcitas, quedan interrumpidas únicamente en el río por algunos delgados mantos de tierras aluviales.

Al N. del cerro donde está situado el poblado de Hamma, afloran potentes bancos de caliza blanquecina o azulada, con escaso espesor, pues reaparecen al poco trecho las margas.

El valle de Tzagarantz, en su confluencia con el río de

Alcázar, de laderas suaves, tiene bien cultivadas las tierras de labor que cubren las margas terciarias, y sólo en los cortes causados por la erosión de las aguas del río aparecen las margas infrayacentes finamente estratificadas.

Un par de kilómetros arriba de la confluencia citada se estrecha muchísimo el valle y corre el arroyo encajonado entre grandes bancos de arenisca de grano grueso, con granillos y cantos cuarzosos; algunos bancos son duros, otros de compacidad mediana, y merece mencionarse este nivel por confundirse a primera vista con las areniscas oligocenas.

En el Dxar Tzagarantz el numulítico está orientado de N. a S. con sus estratos casi verticales, pero al poco tiempo se tienden algo los bancos, hasta unos 70°, apoyados sobre las calizas jurásicas de la vecina sierra (véase el corte número 7).

El eoceno, en toda la sierra, está mucho más levantado que junto a la costa, y sus bancos, muy trastornados, presentan multitud de torceduras, pliegues y cambios de dirección.

Entre Hamma y Xarda se extienden margas con algún banco de arenisca cuarzosa, y cerca ya de Hamma alternan areniscas y calizas muy compactas, arcillosas y a veces cuarcíferas.

La colina de Hamma está formada por grandes bancos de caliza cuajados de numulitos; además de las calizas usuales, de grano fino o mediano, se encuentran también bancos de conglomerados de elementos calizos, con algún trocito esquinado de marga, todo cimentado por la caliza, con costras formadas casi exclusivamente por numulitos hasta de 0,5 centímetros de diámetro.

Se observa, no solamente en este punto, sino en toda la mancha eocena, que las margas en la proximidad de las calizas numulíferas suelen ser más arcillosas y de color rojizo o rosado.

Desde el Fahamin a Melusa, el suelo, bastante quebrado pero cultivado en su mayor parte, cubre las margas terrosas, sin que se encuentre más que algún banco aislado de maciños o areniscas.

Entre Langerie y Xarda, al S. del Fahamin, se extienden margas con bancos de cuarcitas; la formación, muy levantada, está en discordancia con las areniscas oligocenas que constituyen la sierra del Fahamin.

En el extremo meridional de la zona, objeto de este estudio, al S. de Tetuán, avanza el eoceno por ambas laderas del valle del río Martín hasta pasar el Uad es Samsa, con margas y areniscas, excepto la loma de Izarduy, en donde afloran calizas tableadas, separadas entre sí por lechos de arcillas rojas; en estas calizas encontramos muchísimos numulitos.

Al N. del río Martín queda cubierto el numulítico por las manchas del helvético de la Loma Amarilla y Lauzien.

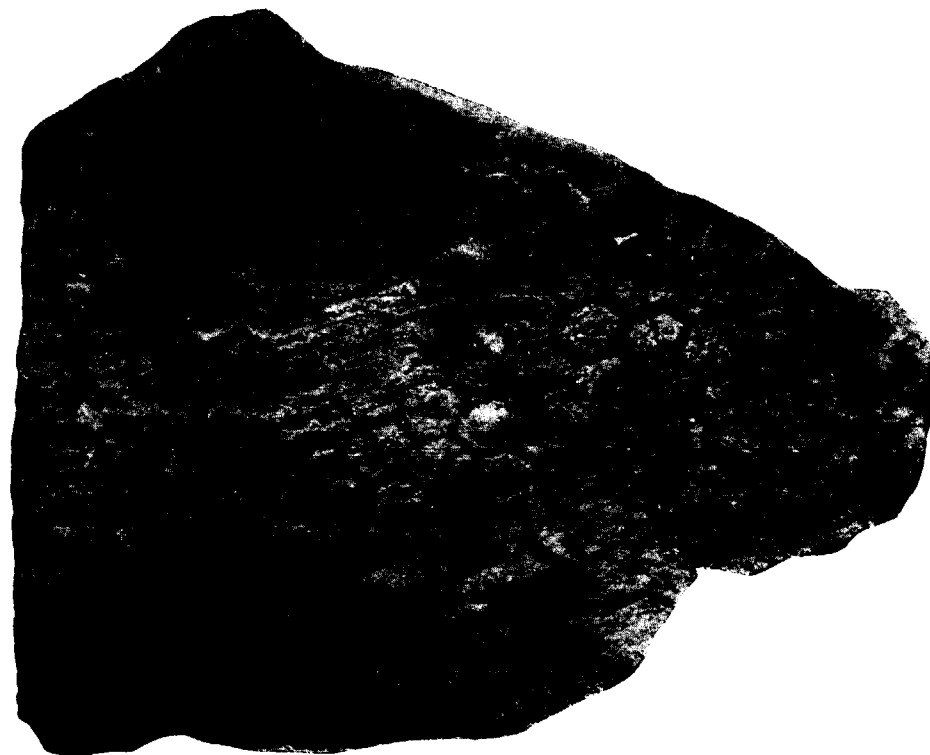
En el poste indicador del kilómetro 9 de la carretera de Tetuán a Lauzien, cerca del campamento de este nombre, las pizarras arcillosas eocenas, casi verticales, duras y compactas, de color oscuro y finamente estratificadas, por su aspecto exterior parecen una roca paleozoica.

En las estribaciones septentrionales del monte Cónico, las pizarrillas eocenas tienen color gris o rosado con los estratos rotos y desgajados.

El eoceno de la zona del Jemis, queda interrumpido solamente por los casquetes oligocenos que lo cubren y los mantos pliocenos y depósitos aluviales que rellenan una parte del fondo del valle del mismo nombre.

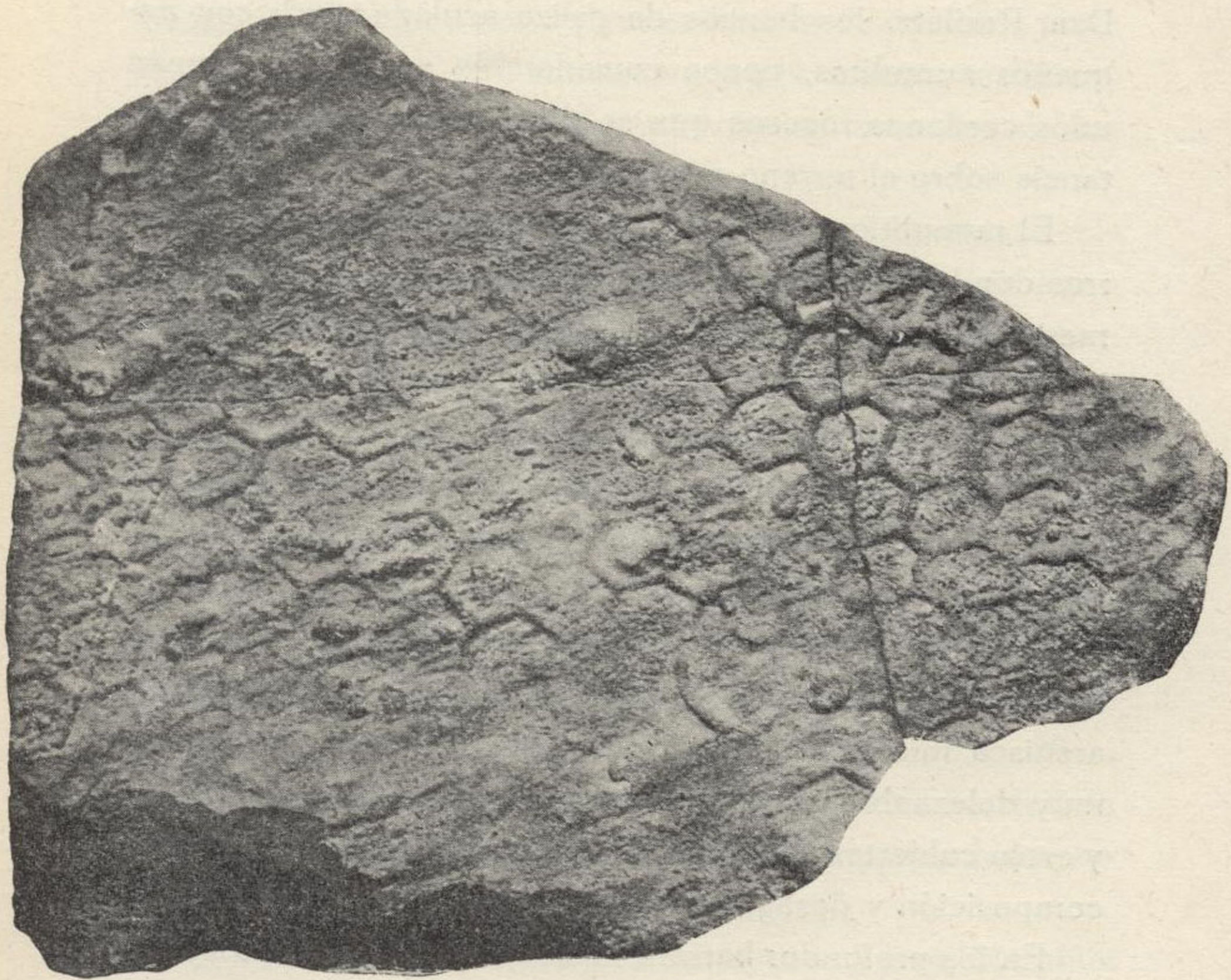
Hay que distinguir en esta región una zona comprendida entre el Yebel Ben Ayib y las crestas oligocenas del Yebel Zenzem, Rauda y Cudia Behruri, en que las rocas terciarias tienen un aspecto muy distinto al usual, razón por la cual

al principio creímos que estos bancos debían incluirse en el cretáceo. Posteriormente hemos encontrado el *Paleodictyun Mayus* (Mgh.), y algunos chondrites que nos hacen incluir este nivel en el eoceno.



PALEODICTHYUN MAYUS.—VALLE DEL JEMIS

En la falda oriental del Yebel Behma se descubren, entre Dzar Tarex y Dzar Amersan, las margas numulíticas cubiertas por los bancos de arenisca oligocena. Al O. de Dzar Amersan todo el numulítico es muy silíceo, pues sus bancos de arenisca, con espesores hasta de 1,50 metros, tienen intercalados margas, también muy silíceas; esta formación



PALEODICTHYUN MAYUS.—VALLE DEL JEMIS

sabulosa, si bien con algún banco de margas intermedio, sigue hasta las mismas chozas de Dxar Amersan.

Entre Dxar Amersan y el Uad Lehra, se desarrollan las margas numulíticas con muchos cantos sueltos de arenisca del mismo sistema, y al pie del cerro donde está edificado Dxar Rmilatz, los bancos de caliza azulada y gris con pequeños numulitos, tienen considerable espesor y forman unos cordones rocosos que se distinguen desde gran distancia sobre el terreno margoso.

El numulítico que se extiende por las laderas de los cerros donde está situado Dxar Hharratz, contiene principalmente margas compactas pardas con algunos bancos de caliza numulífera y un conglomerado de grandes elementos calizos y margosos cimentados por la caliza.

La formación, con dirección N. a S., buza junto a Rmilatz unos 70' al E.; algunos de los bancos de caliza contienen núcleos y vetas de pedernal.

A medio kilómetro al O. de Dxar Hharratz, el eoceno cambia completamente de aspecto, pues alternan bancos de arenisca micáfera con otros de arenisca de grano grueso muy deleznable, rocas que tienen escasa cohesión y dureza y están cubiertas de tierras sabulosas procedentes de su descomposición y desagregación.

En los profundos barrancos situados al S. del Yebel Ben Ayib, las areniscas presentan gran regularidad en su dirección y buzamiento; entre cada 5 ó 6 metros de arenisca blanda hay un nivel de 50 centímetros de arenisca sumamente dura y compacta, formación que da lugar a una serie de escalones en las faldas de las montañas.

Con los mismos caracteres se desarrolla el sistema por los montes que rodean Dxar Gariba y Dxar Mingrel-la, en cuyas empinadas laderas afloran grandes bancos de areniscas con dirección media NO.-SE. y buzamiento occidental.

Al E. de Mingrel-la los bancos de arenisca, con más de 2 metros de potencia, forman grandes paredones; este nivel se extiende, sin cambio de importancia, hasta el punto donde el arroyo de Mingrel-la desemboca en el Jemis.

En las laderas donde se asienta Beni Madan, el nivel margoso numulítico tiene algunos bancos de cuarcitas y calizas; la formación está enmascarada por mantos arcillosos y la roca sana no se descubre más que en los cortes de los arroyos.

En Dxar Beni Madan asoman las areniscas y arenas micáferas del piso sabuloso con bancos de considerable espesor, y la roca es de grano fino y color amarillento muy blanda y deleznable; en otros bancos la arenisca cuarzosa, más compacta, es negra al exterior y azulada en la fractura reciente. Algunos lechos tienen impresiones de tallos vegetales y pequeños vestigios carbonosos.

Entre Dxar Beni Madan y Dxar Maimunex los bancos de arenisca, con escasa mica, tienen hasta 4 y 5 metros de espesor; la roca, en general, es blanda, pero suele tener núcleos de mayor dureza.

En el poblado de Maimunex afloran grandes bancos de arenisca, que yacen sobre unas margas compactas blanquecinas con pequeños núcleos piritosos.

El valle que pasa entre Dxar Mingrel-la y Dxar Margilua corresponde a un anticlinal roto del nivel sabuloso del eoceno, pues los grandes bancos de arenisca de Mingrel-la afloran dentro del poblado de Margilua con buzamiento contrario al del primer punto.

En la parte oriental del valle del Jemis, las margas numulíticas afloran junto al río en el cerro de Sidi Ali Fahal, extendiéndose sin variación hasta la serie de poblados que citamos al describir el jurásico de esta zona y que jalonan el límite de la formación terciaria.

En la zona que riega el Uad Agrás, afluente del Jemis, como a 1 kilómetro aguas arriba del histórico árbol de la Paz, en la entrada del llamado desfiladero del Fondak de Ain Yedida, afloran las calizas numulíticas con buzamiento de 60° al S., son tableadas, de grano fino unas, más grueso otras, con inclusiones de arcilla y glauconia y lechos interpuestos de arcilla roja. Esta faja caliza tiene escaso espesor, pues reaparecen las margas del sistema en las laderas de las montañas de ambos lados del arroyo.

En toda la extensa serie de lomas que forman la arista que separa el Uad Xekor del Uad Agrás, no afloran más que los estratos margosos del eoceno con algún banco intermedio de maciños o cuarcitas; las calizas no asoman hasta las faldas del Yebel Sidi Dauetz, y son de color azulado con vetas espáticas blancas.

En el valle excavado en las margas eocenas por debajo de Dxar Lesnad, corre un arroyuelo que ha arrastrado grandes bloques de caliza procedentes de la cumbre del Yebel Hedia; la caliza, de grano fino, es de mayor pureza de lo que suelen ser las de este terreno y algunas contienen pequeños numulitos.

En las laderas occidentales del Yebel Hedia, las areniscas son muy micáferas y se presentan en bancos de escaso espesor o finamente estratificadas, casi hojosas; están orientadas de NE. a SO. con un buzamiento de 60° al NO., y en los grandes cortes del camino que pasa por el poblado del mismo nombre, se aprecia la gran regularidad de las capas.

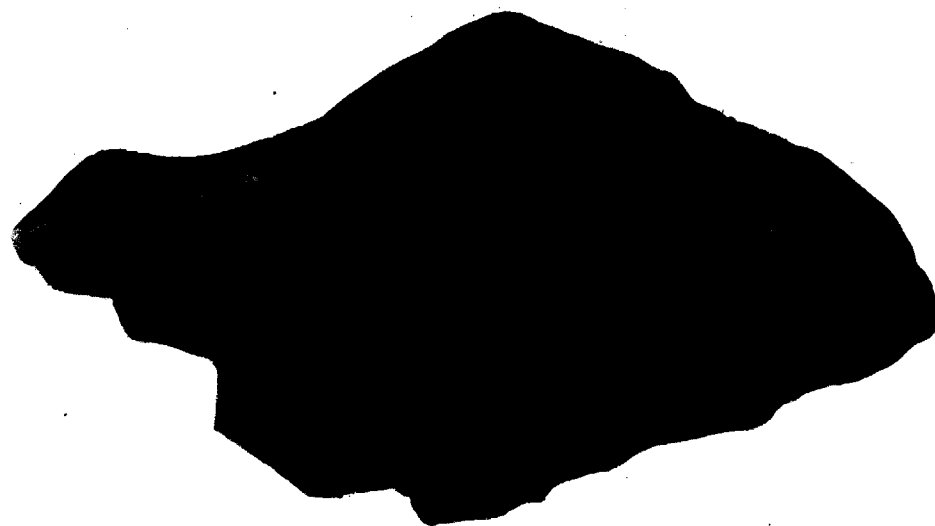
La alternancia repetida muchas veces de capas de margas grises, verdosas o rojizas, con otros bancos más calcáreos y de mayor dureza, da un aspecto fajeado al terreno y constituye el Flysch eoceno.

Dentro del mismo poblado y en las pendientes laderas de la montaña hasta el Uad Agrás, se encuentran las calizas

tableadas, que constituyen la rama oriental de un sinclinal que reaparece en el Fondak de Ain Yedida.

Las areniscas micáferas del Hedia contienen multitud de pistas, restos de tallos, etc., así como *riplemarks*, o sea huellas de la acción de las olas.

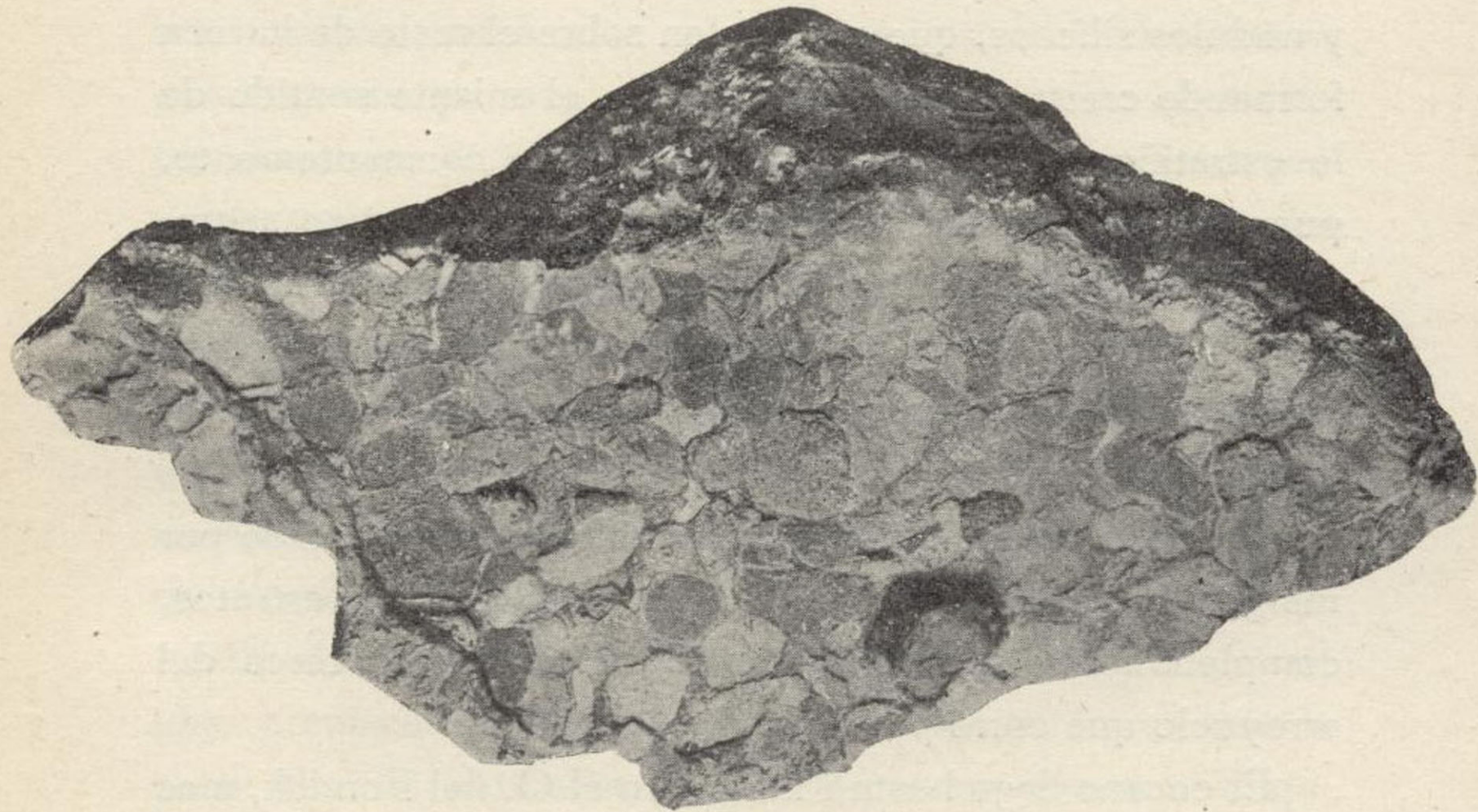
Uno de los puntos donde mejor puede estudiarse el eoceno de la región es el Fondak de Ain Yedida, pues en sus



NUMULITOS EMPASTADOS EN UN CONGLOMERADO CALIZO
FONDAK DE AIN YEDIDA

alrededores afloran gran variedad de rocas numulíticas, se encuentran bastantes fósiles y a corta distancia se halla el contacto del sistema que describimos con el oligoceno de la sierra de Behma y el cretáceo del valle del Tzelatza de Uadrás. Entre las muchas especies de numulitos recogidas, hemos podido clasificar las siguientes: *N. Lœvigata* (Lam.), *N. Biaritzensis* (Arch.), *N. Planulata* (d'Orb.), *N. Obesa* (Leym.), *N. Lyelli* (Arch.), *N. Fabiani*.

A 2 kilómetros al SO. del Fondak, límite de nuestras



NUMULITOS EMPASTADOS EN UN CONGLOMERADO CALIZO
FONDAK DE AIN YEDIDA

exploraciones por este rumbo, las margas pizarreñas de color amarillo están cruzadas por vetas espáticas de calcita; entre el Fondak y Ain Lalaah, estas margas contienen bloques de caliza con numulitos.

Un kilómetro al S. de Ain Lalaah cesa el nivel margoso y se encuentran bancos de caliza de grano fino, de color gris o azulado, de poca potencia, con otros intercalados de margas más o menos arcillosas. Las calizas contienen vetas y nódulos silíceos, que sobresalen sobre el resto de la roca formando crestas; estas vetas siguen el mismo sentido de la estratificación, pero su potencia varía constantemente, pues indudablemente su formación es debida a una segregación de la sílice que contenía la caliza y que se ha acumulado en determinadas zonas de la roca. También contienen vetas espáticas blancas, que, a diferencia de las silíceas, cruzan la estratificación.

El fondo del anfiteatro de Ain Lalaah está formado por margas eocenas con tierras de labor arcillosas; los estratos, completamente verticales, no afloran más que cerca del arroyuelo que corre por el fondo del valle.

El eoceno llega hasta 1 kilómetro al O. del Fondak, mas sus rocas, cubiertas por mantos arcillosos, únicamente asoman en los cortes del río y en los desmontes de la carretera; los estratos, próximos a la vertical, buzan hacia el E. y constituyen la rama occidental del sinclinal del Fondak.

En las lomas situadas al O. de Ain Hamú, y ya en el límite de la mancha eocena, afloran algunas calizas tableadas con numulitos.

Al pie del Fondak, las calizas y conglomerados están cuajados de numulitos; los bancos de conglomerado calizo, contienen elementos muy finos unos, y otros hasta de un centímetro cúbico.

El conglomerado tiene gran número de numulitos, la

mayor parte desgastados o rotos, observándose que su tamaño corresponde al de los elementos que integran la roca; este nivel aflora en la vertiente occidental del puerto y corresponde a la rama occidental del sinclinal que vuelve a aparecer en el Yebel Hedia.

En la parte de la zona española limítrofe a la de Tánger, aparecen varias manchitas, dos junto a Zinat, otra más extensa al N. de Dzar Borch, y la última ya dentro de la zona internacional, cuya edad nos ha sido imposible determinar exactamente; por sus caracteres litológicos y los abundantes yesos que en ellas se encuentran, las consideramos primero como triásicas, después pensamos si sería una facies local del cretáceo, y por último las hemos clasificado como un nivel eoceno metamorfizado.

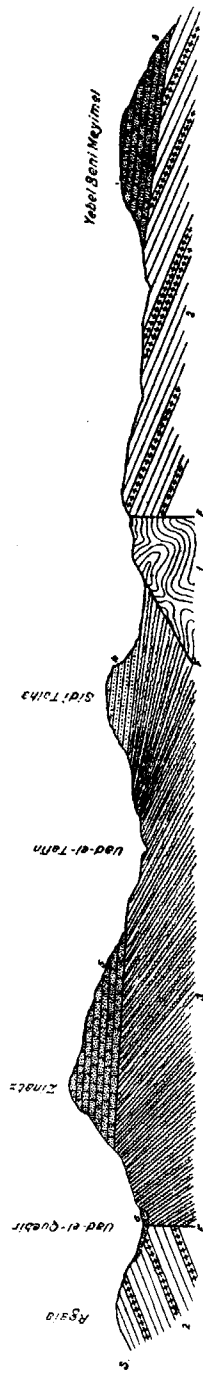
La disposición estratigráfica del eoceno en la región, queda de manifiesto en el corte núm. 9, que comprende el terreno situado entre Rgaia y el Yebel Beni Meyimel, situado este último cerca de la costa del Estrecho.

En Zinat se encuentran en el fondo del valle margas, areniscas y calizas pardas oscuras, mientras que la parte alta del monte está formada por las areniscas oligocenas.

Entre la loma N. de Zinat y Sidi Talha, las margas blancas con vetas de espátos calizos están recubiertas por *tirs* arcilloso con algún canto de arenisca, y únicamente se descubre algún corte del terreno en los barranquitos que surcan el valle.

El bosque de Sidi Talha se eleva sobre areniscas amarillas deleznable, con algún banco intermedio algo más consistente.

Al S. de Sidi Talha, una vez atravesadas las tierras negras del valle del Taifin, se encuentran bancos de arenisca y arena amarillas muy poco tendidos, en los cuales nace, al



Núm. 9.—CORTE POR EL EOCENO AL N. DE RGAIA

1. Marga metamorfozada eocena.—2. Marga eocena con arenisca.—3. Marga blanca eocena.—4. Arenisca eocena.—5. Arenisca oligocena.—6. Arcilla aluvial.

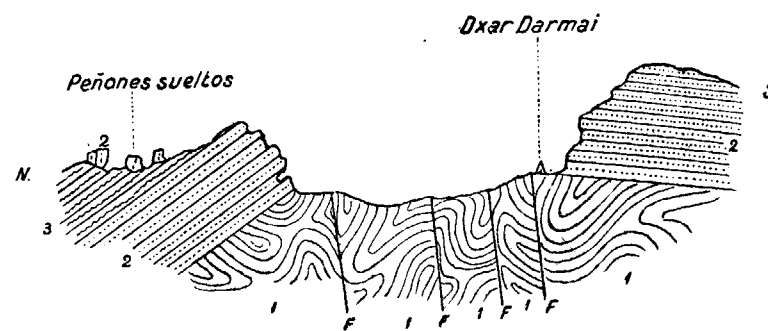
pie de la posición militar de Sidi Talha, una excelente fuente de caudal muy constante.

En los llanos situados entre Sidi Talha y Melusa se extienden margas blanquecinas y verdosas, mientras que en las cumbres de los cerros afloran lechos de poco espesor de areniscas y calizas arcillosas, y al SE. de Dzar Melusa se entremezclan las tierras margosas eocenas con el *tirs* cuaternario.

La sierra de Melusa, así como los montes situados al O., están formados por el tramo de areniscas oligocenas con muchas vetas y manchas ferruginosas; el terreno es muy abrupto y los bancos de areniscas se desmoronan en cantaleras que dificultan el paso.

En el Borch, cerro aislado muy elevado, las calizas, estratificadas en lechos de escaso espesor, son unas puras blanquecinas, otras magnesianas pardas, y están todas acribilladas de vetas de sílice blanca.

Al S. de Rgaia asoman las margas en los cerros del Arbi, pero en el resto del territorio el eoceno está enmascarado por tierras cuaternarias.



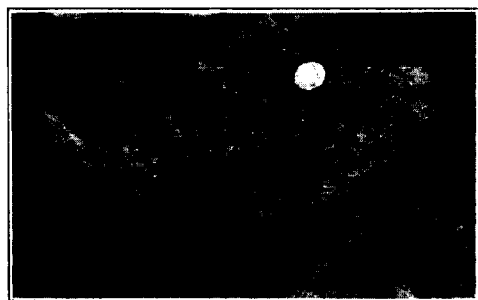
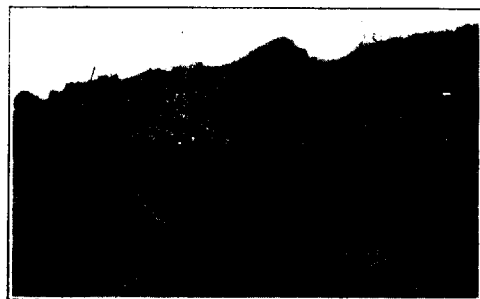
Núm. 10.—CORTE POR DXAR DARMAI DE BENI MEZAUUAR

1. Marga metamorfozada eocena.—2. Arenisca eocena.—3. Marga eocena.

Al O. de Dzar Darmai las areniscas eocenas están casi verticales y forman un anticlinal roto, en el cual, debajo de

las areniscas, afloran margas verdosas y grises finamente estratificadas.

El valle que procedente del S. desemboca en Biban, está rodeado completamente por sierras oligocenas, mientras que en el fondo del valle las tierras diluviales y aluviones recientes cubren las



CALIZAS EOCENAS DE BIBAN

margas del eoceno. Al N. de Biban los acantilados, de 20 a 30 metros de altura, forman un escalón sobre el valle del Uad el Quebir; las margas son pardas con muchos núcleos ferruginosos, pero a la intemperie se blanquean y destacan sobre el resto de la formación. En el barranco situado al N. de Zinatz afloran unas margas que por su aspecto más bien parecen triásicas que eocenas, semejanza entre un nivel del numulítico y el triásico que no es privativo de esta zona, pues ha sido observada por varios geólogos en el Mediodía de España, originando multitud de confusiones. Ya en el último tercio del siglo pasado hizo observar Verneuil, que en la provincia de Málaga, a capas de arenisca con numulitos seguían depósitos de color heces de vino, fáciles de confundir con las margas irisadas del triás.

En la mancha situada al N. de Zinatz, las margas verdes, en su mayoría rojizas otras veces, están atravesadas por vetarrones y grandes núcleos y cristales yesosos; también hay multitud de capitas de 1 a 10 centímetros de potencia de hematites roja, bastante pura algunas veces, pero generalmente más bien arcillas impregnadas de hierro. Accidentalmente se encuentran algunas vetillas de azufre y talco de poca continuidad y muy escasa potencia.

Entre Sidi Talha y Sella, en el fondo del valle, esta misma formación queda cubierta en casi toda su extensión por tierras diluviales.

Al N. del Uad el Quebir y una vez cruzados sus aluviones, hay una mancha de margas verdes con multitud de capitas y vetas ferruginosas; las margas pizarreñas, muy deleznales y con multitud de pequeñas variaciones locales, buzan en conjunto hacia el NE. Las margas contienen tallitos y algunas concreciones cubiertas de granos ferruginosos de distintos tamaños.

En una capa margosa con nódulos de azufre se observa perfectamente el paso gradual del yeso al azufre; en general, estas margas contienen menos cristales de yeso que las situadas a Levante de Zinatz. La formación buza a unos 30° al O. con muchos pequeños pliegues.

En la zona de Tánger el eoceno tiene mucha menos extensión, pues en el llano del Fahhz asoma el cretáceo, mientras que en las sierras que lo rodean, el Yebel Quebir, el Yebel Dar Shiro y la cordillera que desde el Borch se extiende hasta la costa, las areniscas y maciños oligocenos cubren la formación terciaria más antigua.

Una de las manchas numulíticas más interesantes de la región se extiende por las lomas situadas al S. de Dxar Mixelana, donde en una cantera se han explotado las calizas



CALIZAS EOCENAS DE BIBAN

numulíticas con objeto de obtener losas y adoquines para la pavimentación de Tánger.

En conjunto buzan los estratos al SO., pero hay frecuentes pequeños trastornos locales, y dentro mismo de la cantera se doblan las capas en un pliegue muy agudo.

Se encuentran una gran variedad de rocas, entre las cuales merecen citarse:

Pudingas de gruesos elementos calizos y margosos con cemento calizo; otras de grano mucho más fino con menudos trocitos esquinados de pizarra arcillosa.

Margas pizarreñas, muy calíferas, con grandes impresiones de fucoïdes, chondrites, etc.

Calizas, unas en bancos hasta de medio metro de espesor, otras tableadas muy apropiadas para la obtención de losas; en general son arcillosas, con frecuencia cuarcíferas de colores grises y amarillentos, y varía mucho su grano, unas veces basto, otras de elementos finísimos.

Entre las calizas se intercalan lechos de arcilla de colores vivos: verdes, morados y rojos. En dichas calizas encontramos multitud de pequeños numulitos y un diente del género *oxirina*.

Entre las canteras de Dxar Mixelana y Dxar el Hharreb se acuñan las margas verdes y grises del valle del Borch, entre las cuales se intercalan calizas arcillosas muy ferruginosas; toda la formación sumamente rizada por pequeños pliegues.

En el valle del Mogoga, entre el río y el límite oriental del Azib D'Abakia, hay una canterita en la cual alternan bancos de calizas y margas eocenas; las primeras tienen desde pocos centímetros hasta medio metro de espesor, la roca es compacta, magnesiana y tiene algunas impresiones borrosas de restos vegetales; las margas, muy arcillosas, son unas rojas, otras blanquecinas y están divididas en hojas finísimas. La formación buza, en la cantera, unos 50° al SE.

El eoceno, abigarrado, no ocupa más que el fondo de los barrancos que rodean Dxar el Hharreb, pues las colinas situadas entre ellos están coronadas de bancos de arenisca y en las laderas afloran las margas terrosas del sistema.

Entre Sidi es Regraga y Dxar Tanya el Belia se extienden, con gran monotonía, las margas eocenas con algún banco aislado de maciños.

Como resumen a estas observaciones, debemos hacer constar que el eoceno de la región tiene una complicación estratigráfica mucho mayor que en la costa atlántica, y la enorme extensión y potencia de las margas terrosas que en él se encuentran, cubiertas además casi siempre por tierras de labor y con multitud de pliegues, torceduras y fallas, impide que se pueda en muchos casos clasificar por su orden cronológico exacto los depósitos del sistema.

La clasificación en cuatro niveles, que hemos seguido al describir el eoceno de la costa atlántica, no nos ha sido posible aplicarla aquí, y únicamente estudios más detallados, hechos con un plano topográfico preciso, permitirán decidir en qué pisos puede dividirse el eoceno de la Península Norte-Marroquí.

Los sedimentos tienen casi todos un carácter litoral, manifestado unas veces por sus rocas perforadas por litófagos, otras por el estado de los numulitos, completamente desgastados y rodados, como cimentados en una playa.

En cuanto a la edad de los depósitos que hemos estudiado, creemos corresponden al tramo medio y superior del numulítico, en España caracterizados respectivamente por la preponderancia de margas y maciños; los conglomerados del eoceno superior, que en el N. de España tienen tan enorme extensión y desarrollo, no se presentan en esta región.

Oligoceno.

Es el oligoceno el terreno que más dudas nos ha sugerido al tratar de clasificarlo, pues la ausencia completa de fósiles en sus bancos y la analogía en la composición de sus rocas con algunas terciarias, unido a encontrarse este terreno en constante contacto con el numulítico, de materiales tan parecidos en su nivel superior, nos ha hecho creer muchas veces que las areniscas cuarcíferas, que coronan casi todas las alturas situadas al O. de la cordillera jurásica, constitúan un nivel del eoceno.

En nuestras primeras excursiones por tierras africanas, no pudimos ver las areniscas más que en la zona de Tánger y muy a la ligera en el cordón que avanza desde Zeguedla a Cuesta Colorada; en todos estos puntos el oligoceno se apoya sobre las margas terrosas del eoceno, cubiertas éstas por tierras arcillosas de labor, sin que fuese posible observar si había discordancia entre los estratos de ambos períodos terciarios, circunstancia que, unido al parecido de las areniscas oligocenas con algunos bancos de maciños eocenos que se encuentran algo más al S. en la costa atlántica, nos hizo creer que las areniscas eran también numulíticas y recibían encima un potente nivel de margas arcillosas del mismo sistema.

Posteriores investigaciones hechas sobre un gran número de fajas, manchas e isleos, nos han hecho ver que los grandes bancos de arenisca cuarcífera, que con caracteres casi invariables se encuentran en todos ellos, están en un nivel superior y discordante con los depósitos eocenos infrayacentes. Esta discordancia es muy difícil de comprobar en muchos casos, por no encontrarse los estratos eocenos en contacto con los bancos oligocenos, pues están cubier-

tos por tierras procedentes de su descomposición o por grandes masas derrubadas de los bancos oligocenos. En otros lugares, como sucede en ambas laderas de la sierra del Fahamin y en los puertos de la sierra de Behma, la discordancia aparece más clara.

No bastándonos estos datos, visitamos en el Campo de Gibraltar los bancos de arenisca oligocena que ha estudiado con tanto detenimiento el Sr. Gavala (1) en la provincia de Cádiz, pudiendo comprobar la identidad de estos bancos con los que nosotros hemos examinado al S. del Estrecho.

El Sr. Gavala hace notar que las Areniscas del Aljibe (nombre que les ha dado por alcanzar su mayor espesor en la sierra del Aljibe), ocupan una posición intermedia entre el Flisch bartoniense y las arcillas y molasas del burdigalense.

También hace observar el mismo autor, que en el Campo de Gibraltar estos bancos de arenisca son concordantes con el eoceno, y expresa la creencia de que sean de origen lacustre, sin indicar el fundamento de esta opinión.

El oligoceno en la zona africana objeto de nuestro estudio, está en general muy denudado, pues si bien en algunas manchas, como sucede en Seguedla, el Cabo Espartel y en la sierra del Fahamin, tiene cerca de 500 metros de espesor, en la mayor parte de los puntos donde se encuentra no pasa de 100 metros su potencia.

La arenisca oligocena tiene siempre los mismos caracteres, formada por granillos de cuarzo, muchas veces sin cemento que los una, siendo en este caso sumamente blandos y deleznales sus bancos; otras veces únicamente tienen dureza y compacidad las costras ferruginosas que recubren las caras de junta, y una vez partida la roca, en

(1) *Regiones petrolíferas de Andalucía*, J. Gavala y Laborde, pág. 72, 1916.

apariencia dura y tenaz, se desmorona toda con suma facilidad.

El color predominante es amarillo o blanquecino, y están frecuentemente teñidas por óxidos de hierro que dan un fajeado de rojo y amarillo a las rocas.

Los bancos tienen de 1 a 4 metros de potencia y su desigual dureza hace que, atacados con muy distinto resultado por los agentes atmosféricos, den lugar a grandes acantilados en las laderas de las montañas, así como a crestones salientes en sus cumbres.

En resumen, podemos decir que en discordancia con el eoceno hay grandes bancos de arenisca que ocupan un nivel estratigráfico superior a este terreno, y que, a falta de documentos paleontológicos que fijen su edad, consideraremos como oligocenos.

Del examen de las diversas manchas oligocenas, evitando fatigosas repeticiones, pues las rocas que las integran tienen casi siempre idénticos caracteres, vemos que no hay más que un solo isleto de esta formación en la costa mediterránea, el Yebel Zenzem o Sbihan, en el que los grandes bancos de arenisca amarillenta con buzamiento occidental marcan otros tantos escalones en la ladera de la montaña.

En la costa N. avanzan los depósitos oligocenos hasta la bahía del Marsa y se extienden hasta punta Cires, términos más septentrionales de una larga faja de este sistema que llega hasta el Dhar de Azfkan; por encima de los poblados situados en la falda del Yebel Dalia, las areniscas son compactas, rojas o amarillentas y algunos bancos de grano muy basto.

Más al S., el Uad Rmel cruza un desfiladero de potentes bancos de arenisca que describen un gran arco, pues muy tendidos en la cumbre de la sierra, buzan unos 45° en los

arribes del río. Esta inclinación es una de las mayores observadas, pues por lo general los bancos no inclinan más de 20 ó 30°.

En toda la serie de montes que se extienden al lado derecho del Uad Suelala, y que culminan en el macizo del Dhar Azfkan, las areniscas oligocenas son de grano grueso, y en general poco coherentes, con un espesor que no baja de 200 metros. Su vegetación, muy pobre, contrasta con la de los valles del piso margoso del eoceno, cuyas características hemos descrito tantas veces. Este nivel de areniscas avanza hasta unos 2 kilómetros del mar, donde asoman las margas eocenas infrayacentes.

En el valle del río de Alcázar Seguir, aguas arriba del poblado de Gomara, afloran en las laderas de la montaña las areniscas oligocenas, muy cuarzosas, duras y compactas. Estos mismos bancos, al S. del Dhar el Kazar, se presentan muy inclinados, orientados de N. a S.

Hay grandes superficies de rocas pulimentadas y estriadas por resbalamientos, y parece que el río de Alcázar sigue en su curso una falla, pues la formación queda limitada a la parte occidental del río, mientras que en las laderas opuestas del valle se presentan los niveles eocenos que describimos al tratar de la región de Ain Xixa.

En la costa no vuelven a aparecer los depósitos oligocenos hasta cerca del límite de la zona internacional, en dos fajas de desigual extensión: una, muy pequeña, que termina en el Ras Kankux, un kilómetro al O. de Ras el Buaza, y otra más amplia que, desde Punta Altares, llega hasta Dhar Melusa. En esta última faja contrastan las tierras sabulosas con grandes bloques de arenisca, impropias para el cultivo y cubiertas de una pobre vegetación espontánea, con las ricas vegas arcillosas numulíticas.

En el macizo de Ain Guenen, extremo S. de la mancha,

alternan los bancos de arenas con areniscas cubiertas por grandes costras ferruginosas.

En el Yebel Fahamin, serie de crestas rocosas de escarpadas laderas, los bancos oligocenos, con un buzamiento oriental de 45° , están alineados casi exactamente de N. a S.; en sus areniscas, de grano muy basto, alternan los colores rojo y amarillento.

La divisoria de aguas de la Península está formada por la sierra que comienza en el Yebel Zenzem, continúa por Rauda y Cudia Behruri al Yebel Behma, y por los montes del Fondak de Ain Yedida se enlaza con los macizos de Beni Mezauar; en toda la zona situada al N. del Fondak, los bancos de arenisca oligocena buzan en general suavemente hacia el E. y cubren un sinclinal muy marcado de los estratos eocenos.

Unos 4 kilómetros al E. del puerto del Fondak, los grandes bancos de arenisca coronan los cerros situados al N. del camino y buzan unos 20° al SE.

Los bloques desprendidos de estos bancos cubren las laderas de la montaña y llegan hasta el camino, donde, debajo de estas masas sueltas, afloran las margas numulíticas.

Al E. del Fondak, el macizo del Yebel Behma domina las montañas de las inmediaciones, todas de escasa altura; sobre sus faldas occidentales se muestran alineados, con gran regularidad, los bancos de arenisca del sistema, que no llegan más que hasta media ladera, contrastando vivamente la cumbre de la sierra, pelada de vegetación, áspera y rocosa, con las vertientes donde se asientan los campos cuidadosamente cultivados de los poblados de Agadir el Hach, Ain Lalah, etc., situados ya fuera de la faja oligocena.

En las inmediaciones de Agadir el Hach cubren las margas eocenas grandes masas de areniscas desprendidas de la sierra.

Al pie de los bancos de arenisca, un poco por encima de Agadir el Hach, nacen varias fuentes de aguas muy puras, pero escasas en verano, como es natural suceda dada la escasa extensión de su cuenca de recepción.

Las cabezas de los bancos de arenisca quedan cortadas hacia el O.; son pardas al exterior, blanquecinas o amarillentas en la fractura, muy duras y compactas algunas, si bien las más son blandas y las cubren delgadas costras ferruginosas.

Recorriendo el camino que sigue por la cumbre de la sierra de Behma, se aprecia que los cordones de arenisca no forman una sola alineación, sino que los cortan e interrumpen varias fallas transversales que hacen saltar los estratos. A cada salto corresponde una solución en la continuidad de las crestas, y un puerto en la sierra por donde pasan los caminos que comunican los poblados asentados en ambas vertientes de la misma.

En el puerto del camino directo de Tetuán a Tánger se observa la discordancia de los estratos eocenos y oligocenos. Los primeros se alinean de E. a O., casi verticales, si bien tienen en su buzamiento y dirección múltiples inflexiones; los segundos, con ligera inclinación oriental, se dirigen casi exactamente de N. a S., y a pesar de las fallas que los cortan, presentan una regularidad mucho mayor.

En el puerto que está encima de Dxar Guil-lil, la faja de areniscas se estrecha y queda casi interrumpida, pero al poco trecho se ensancha otra vez, para extenderse por toda la serie de picos y collados que rodean el santuario de Rauda. Alrededor de este santuario hay varias alineaciones paralelas de grandes bancos de arenisca que afloran en la cumbre, con varias navas intermedias cubiertas de prados naturales.

Por la parte occidental quedan cortados los bancos por

una gran falla que produce tajos verticales casi inaccesibles, a cuyo pie se amontonan grandes canchaleras de bloques de arenisca, algunos de enorme tamaño; estas areniscas cubren las margas de la falda de la sierra en un gran trecho, y en Dzar Myiba llegan hasta las mismas casas del poblado.

En la sierra del Yebel Behma, por encima de Dzar Agadir el Hach, las areniscas no quedan limitadas a los cordones de la cumbre, sino que en el abrupto terreno situado entre la divisoria de aguas y Dzar Amersan, varios mogotes sueltos sobresalen sobre las margas eocenas.

Cerca del puerto, por donde un sendero cruza el Behma, hay unos crestones de arenisca de tan caprichosas formas, que reciben el nombre de Cortejo de la Novia, según una leyenda del país, que relata cómo al pasar por aquel sitio una boda con todo su acompañamiento, faltaron a no se sabe qué ley koránica y quedaron así petrificados.

Cerca de la zona de Tánger, el monte de Zinatz queda dividido en dos partes por el desfiladero del mismo nombre, en el que afloran la arenisca oligocena con un buzamiento de 10° al NE., constituida por bancos de muy diferente compacidad que forman grandes acantilados, a cuyo pie aparecen las margas blanquecinas del numulítico.

Más al N., en lo alto del monte de Zinatz, los estratos se inclinan más, llegando su buzamiento a los 45°, y algunos bancos duros y compactos se elevan en acantilados con agujas de 10 y 15 metros de altura.

Al S. del valle del Uad el Quebir tiene el oligoceno enorme extensión, pues se desarrolla por la mayor parte del macizo de Beni Mezauuar, en cuyos contrafuertes asoman los bancos de arenisca del sistema en los poblados de Dzar Ain el Kassab y Dzar es Ssajra.

En Cuesta Colorada el oligoceno tiene considerable es-

pesor, y sus estratos, con dirección NO. a SE., buzanan al NE., con frecuentes trastornos estratigráficos locales; estos bancos tienen una coloración roja muy viva, debida a la abundancia de óxidos de hierro que contienen, y han dado por esta razón nombre a la cuesta; fueron clasificados por M. Brives como correspondientes al mioceno inferior (cartoniense) por sus caracteres litológicos, pues no encontró fósil alguno característico de ese terreno.

Estos mismos bancos afloran al N. del río Mharhar, dentro de la zona tangerina, y forman en el Dhar Shiro varias alineaciones de potentes bancos que buzanan al SO. y han quedado cortadas en su parte septentrional por una falla que, con dirección NO. a SE., separa el oligoceno de la sierra de las margas cretáceas y eocenas de los llanos del Fahhz.

Por último, el oligoceno, con análogos caracteres, se extiende por la costa entre Tánger y Cabo Espartel, en que terminan sus bancos en enormes acantilados sobre el mar, mientras que quedan interrumpidos en el interior por el golfo eoceno del Uad Bubana.

Mioceno.

De todos los terrenos de la región, es el que menos extensión tiene, pues únicamente hemos encontrado dos manchones miocenos situados en el valle del río Martín. En ambos se presenta este terreno con los mismos caracteres; sus bancos, correspondientes al nivel helvético, son esencialmente silíceos, alternando areniscas, molasas y arenas sueltas; no tienen más que unos 30 metros de espesor, y forman unas mesetas apoyadas sobre el eoceno infrayacente.

Los estratos de ambas formaciones están en completa discordancia, los más antiguos muy levantados, mientras que los otros no inclinan más que unos 10° hacia el S.

Principalmente en las arenas hay muchos restos fósiles, abundando más las siguientes especies: *Ostrea crassissima* (Lam.), *Ostrea callifera* (Lam.), *Pecten opercularis* (Lin.), *Pecten solarium* (Lam.), *Turritella turris* (Bart.), etc.

Las manchas miocenas se encuentran: la una al S. del poblado de Samsa, la otra en las lomas de Lauzien, y tienen cada una próximamente 2 kilómetros cuadrados de extensión.

Plioceno.

Es uno de los terrenos que menor extensión superficial tiene, y si exceptuamos la mancha del valle del Jemis, todos los depósitos de este período se encuentran a corta distancia de la costa.

Independientemente de algunos asomos que por su escasa importancia hayamos dejado de figurar en el mapa, describiremos los dos islotes de Ceuta situados al N. del llano de Los Castillejos, la interesante mancha de rica y variada fauna de Tetuán, la mancha del valle del Jemis, una fajita costera situada a Levante de Alcázar Seguir, y en la zona de Tánger los llanos de Xarf el Akab.

Hay dos niveles en estas manchas: el plasenciense arcilloso, muy rico en fósiles, y el astiense, muy sabuloso y más pobre en restos.

Las dos manchitas pliocenas de Ceuta están en una meseta de unos 50 metros de elevación sobre el mar, dividida por el arroyo de Albarran, en cuyas laderas afloran las areniscas triásicas infrayacentes.

Las arcillas plasencienses se explotan en unas canteras de la fábrica de cerámica de Los Castillejos, y son amarillas debido a la descomposición de los granillos de pirita de hierro que contienen. En estas arcillas hemos encontrado ja-

cillas de *Pecten opercularis* (Lin.), *Chlamys exisus* (Born.), *Cancellaria varicosa* (Broc), etc.

En las mismas puertas de Tetuán hay una faja pliocena, comprendida entre las formaciones antiguas de las faldas del Dersa y el llano aluvial del río Martín. Los depósitos terciarios, muy ricos en fósiles, han sido estudiados en diversas ocasiones, pues ya en 1847 los citó el geólogo francés Coquand.

En la Monografía que en 1917 publicamos acerca de la zona de Tetuán (1), hay una larga lista de los fósiles que recogimos en estos depósitos.

En la mancha se presentan dos niveles, ambos a nuestro juicio pertenecientes al plasenciense, el inferior esencialmente arcilloso, y el superior más sabuloso, pasándose insensiblemente de uno a otro horizonte; casi todos los fósiles los recogimos en los lechos inferiores, de fauna mucho más rica en ejemplares y en especies que los superiores.

En el valle del Jemis el plioceno no constituye una sola mancha, pues tiene muy escaso espesor y queda interrumpido por los valles que le atraviesan, en cuyas laderas afloran los bancos eocenos infrapuestos; no se presentan más que las arenas astienses, muy bastas, formadas por granillos de cuarzo con un cemento ferruginoso en los bancos de mayor coherencia, rocas en las cuales no encontramos ningún resto fósil. En la parte meridional de este valle, y entre los Uad Lehra y Uad ex Xorfa, afluentes del Jemis, se extiende una meseta sabulosa con arenas amarillas o rojizas de grano basto y algún guiño cuarzoso blanco.

El plioceno queda cubierto en algunos puntos, principalmente cerca del curso de los arroyos, por mantos diluviales muy pedregosos, formados por cantos de cuarcitas eocenas.

(1) Boletín del Instituto Geológico de España, tomo XXXVIII, pág. 99.

Entre las arenas pliocenas se encuentran muchos trozos y esquirlas de pedernal.

La formación pliocena ocupa una gran extensión de terreno en ambas orillas del Jemis, pero queda interrumpida por hondonadas que, cuidadosamente cultivadas y muy fértiles, contrastan con la llanura sabulosa cubierta de una vegetación espontánea muy pobre.

En el zoco del Jemis asoma, entre el plioceno, un extenso llano de tierras arcillosas numulíticas.

Al N. de Ali Fahal el plioceno tiene menos importancia que en la parte de valle que acabamos de describir.

Al E. de Alcázar Seguir, una vez pasada la hermosa playa de aquel antiguo poblado, se extiende hasta Ain Ahsen una fajita costera pliocena con areniscas muy deleznales, más bien arenas sueltas, de grano grueso, con los mismos caracteres de las arenas del Es-Sahhel de Arcila, o sea del piso astiense.

La formación tiene escaso espesor, pues en la costa, como puede verse junto a un torreón de la desembocadura del Uad Suelala, afloran los bancos eocenos infrayacentes. En esta mancha encontramos varias cabezas de flecha y rascadores de sílex, siendo curioso que todos los restos de actividad prehistórica les hayamos encontrado siempre en terrenos de este período.

En Ain Tarfania, punto donde comienza a descender la carretera de Tánger a Arcila, para bajar a los llanos diluviales del Mharhar, comienza la meseta poco elevada de Xarf el Akab con molasas astienses, muy sueltas unas, más compactas y calíferas otras, con multitud de restos fósiles, principalmente coralarios. También abundan los restos de bivalvas, casi todas rodadas y rotas en fragmentos menudos.

Debajo del astiense están las arcillas plasencienses, nivel impermeable donde nacen varias fuentes, algunas muy cau-

dalosas, y de gran interés económico, pues están indicadas para abastecer la población de Tánger, que actualmente se surte de pozos situados dentro de la población y que no reúnen buenas condiciones higiénicas, además de ser de un caudal insuficiente.

Diluvial.

El diluvial presenta en la zona escasa extensión e interés, pues queda limitado a las manchas de Tetuán, a otras también travertínicas, de tan reducida extensión que no han sido señaladas en el mapa, y a los mantos de tierras diluviales que frecuentemente cubren las formaciones infrayacentes y cuya descripción omitiremos aquí, pues ya lo hemos hecho incidentalmente al tratar de cada uno de los terrenos antiguos.

Además de estos depósitos terrestres, hay una formación marina postpliocena que se halla a ambos lados del Cabo Negro y que debe incluirse también en este sistema.

Las tres manchitas diluviales de Tetuán están formadas por grandes bancos de caliza tobácea, algunos de más de 10 metros de espesor, que además de muchos restos de gasterópodos pulmonados, principalmente de *Helix lactea*, contienen impresiones de hojas de laurel, mimbrera, etc.

Los bancos de caliza concrecionada son debidos a las fuentes que nacen en el contacto del permiano y triás con el jurásico, muy cargadas de cal que depositaron cerca de su emergencia.

En los límites de las calizas jurásicas de la sierra del Hhauz, jalonados, como hemos dicho repetidamente, por muchas y caudalosas fuentes, se encuentran con frecuencia grandes masas de travertinos y tobas calcáreas, pero su extensión es demasiado reducida para señalarlos en el mapa

geológico. Entre los más interesantes, merecen citarse los potentes depósitos travertínicos del Dxar Tzagarantz, y los de los poblados de Queddán y Alauia, situados en ambos lados del Bab el Aonzar.

Aluvial.

El aluvial tiene considerable extensión en la Península, pues además de las manchas que hemos señalado en el mapa, y que corresponden a los aluviones de los ríos más importantes, otras muchas fajitas, que no hemos señalado por su escasa importancia y reducido espesor, rellenan los valles de los arroyos y barrancos.

En la zona de Ceuta, muy montuosa, de valles estrechos y arroyos de cauce muy pendiente, los aluviones quedan reducidos a los depositados en el llano de Los Castillejos, arcillo-sabulosos con mucho guijo cuarzoso menudo.

En la costa mediterránea desembocan cuatro ríos, o sean de N. a S.: el Negro, Smir, Lila y Martín, cuyos aluviones, muy arcillosos, situados casi al mismo nivel del mar, forman llanuras pantanosas incultas.

Los aluviones del río Martín tienen mucha mayor extensión que los demás, y además de la faja pantanosa de la costa, avanzan hacia el interior, y muy cargados de humus forman las productivas tierras de la vega tetuaníe. Los aluviones de los afluentes del río Martín: el Hayra, el Xekor y el Jemis, son muy arcillosos y se confunden con los mantos diluviales arcillosos, formados a expensas de las margas terrosas eocenas que limitan el aluvial.

Los extensos llanos aluviales del río Jemis de Anyera son muy arcillosos junto al puente de Busfeja, pero en algunos puntos se entremezclan zonas en que abundan los cantos rodados procedentes de las formaciones que rodean

esta mancha. El aluvial del arroyo de Uad Agrás, afluente del Jemis, llega hasta el histórico acebuche donde se firmó en 1860 la paz de Uadrás.

La parte baja del valle del Jemis carece casi de aluviones, pues el plioceno ocupa todo el fondo del valle; más arriba, entre Sidi Ali Fahal y Xarda, son de escasa extensión, su espesor no pasa de 3 ó 4 metros, son sabulosos y menos fértiles que las tierras arcillosas eocenas que les rodean.

Los ríos que desembocan en el Estrecho de Gibraltar casi no tienen aluviones, pues los montes y cerros que los encajonan llegan hasta el mismo mar, formando valles estrechos donde no han podido depositarse; sin embargo, en la desembocadura del Uad Rmel hay una faja costera de arenas, de bastante extensión, pero de escaso espesor. En la última parte del recorrido del río hay una manchita aluvial arcillosa que se confunde con las margas eocenas descompuestas que la limitan, pues habiéndose formado el aluvial casi exclusivamente a expensas de esta última formación, es natural que sus elementos tengan idénticos caracteres.

Los aluviones del río de Alcázar Seguir, muy arcillosos y cubiertos de una frondosa vegetación, se entremezclan con las dunas del litoral en el emplazamiento de la antigua ciudad.

El valle del Uad Liaan, también aluvial, con tierras muy arcillosas cubiertas de vegetación muy frondosa, tiene muy escaso declive, lo mismo que le pasa al Uad Kazar, pues la marea penetra hasta unos 2 kilómetros de su desembocadura.

En la zona atlántica de la Península, de una topografía mucho menos accidentada, el aluvial tiene mucha más extensión que en la mediterránea.

El aluvial del valle del Fondak comienza en Ain Hamú, y ya frente a los montes cretáceos de Ain Tin tiene considerable espesor, si bien su anchura no pasa de 1 kilómetro.

Los arroyos que desembocan en el valle han dejado, en su unión con el río, grandes montones de bloques y cantos de areniscas y cuarcitas eocenas.

En las ruinas romanas del Tzelatza hay un llano ondulado aluvial muy extenso, en cuyo centro y sobre una ligera elevación del terreno, se encuentran los vestigios del antiguo campamento o castro.

En el arroyo llamado Jandak bu Jiama, hacia el poblado de Myiba, los aluviones quedan limitados a una estrecha faja comprendida entre lomas achatadas, en las cuales las tierras de labor enmascaran la formación infrayacente.

Los aluviones del Mharhar, límite de la zona de Tánger, son muy arcillosos y forman una llanura pantanosa imposible de atravesar cuando se halla inundada.

Dentro ya de la zona tangerina, los llanos Buhalf también son muy arcillosos, exceptuando una fajita litoral sabulosa.

Al S. de Tánger se reúnen los aluviones del Uad Mogoga, es-Suani y Malalehh, todos arcillosos, que se confunden con las tierras arcillosas, formadas a expensas de las margas cretáceas infrayacentes.

En la bahía de Tánger los médanos tienen considerable extensión y amenazan invadir las últimas casas de la población, habiendo sido necesario fijar sus movedizas arenas por plantaciones y vallas construídas al objeto.

E. DUPUY DE LOME

J. MILÂNS DEL BOSCH

NOTAS PARA EL ESTUDIO HIDROLÓGICO

DEL

RIF ORIENTAL

Preámbulo.

Al comenzar nuestra Memoria sobre la zona de Melilla, publicada en 1917 en el tomo XXXVIII del *Boletín del Instituto Geológico*, indicábamos que, para llevar a cabo el estudio principal que se nos había encomendado, de reunir los datos y antecedentes necesarios para la preparación del mapa geológico de la zona oriental de nuestro Protectorado en Marruecos, juzgábamos lo más conveniente el dividir esta zona en regiones, e ir publicando, como avances, los resultados obtenidos en Memorias independientes, en la forma generalmente adoptada por el Instituto Geológico para esta clase de trabajos.

Siguiendo este plan, comenzamos publicando la Memoria correspondiente a la región de Guelaya, y pensábamos haber estudiado a continuación la de Quebdana, cuyo plano está terminado y publicado por la Comisión Topográfica del Estado Mayor, y que además es comarca que, constituida por una sierra de 35 kilómetros de longitud, formada de materiales mesozoicos, casi rodeados de terrenos terciarios, y poblada por una sola tribu, presenta la suficiente unidad geográfica para poder ser estudiada aisladamente y publicada en una Memoria análoga a la de Guelaya.

Con este objeto, recorrimos en varias expediciones los dos extremos de la citada sierra, no habiendo podido, hasta ahora, estudiar la parte central, porque una de las dificultades que presenta es la de que los puestos de Policía Indígena, que habitualmente suelen servirnos de centros de operaciones, en donde pernoctamos, están muy separados unos de otros, hallándose en los extremos oriental y occidental de la cabila, en los lugares denominados Cabo de Agua y Zaio, dos de ellos, y el intermedio, al N., en el zoco el Arba de Arkeman, a orillas de Mar Chica, alejado ya de la sierra.

Hubiéramos necesitado, por lo tanto, para poder recorrer la zona central, establecer un campamento en medio de la cordillera, lo que exigía, a pesar de ser una región completamente pacificada y habitada por una de las tribus más tranquilas, una protección de fuerzas de Policía, para la indispensable vigilancia nocturna, superior a la que necesitamos normalmente para nuestros trabajos.

Pensábamos en hacerlo cuando, terminada la guerra europea y decidido continuar el avance en la ocupación de la zona reconocida a nuestro Protectorado, empezaron las operaciones, en las que siempre son necesarias casi todas las fuerzas de Policía Indígena, quedando en los puestos de retaguardia sólo la gente estrictamente indispensable para cubrir el servicio, y juzgamos poco oportuno, en estas circunstancias, solicitar del Comandante General, que siempre puso a nuestra disposición cuantos elementos le pedimos, distrajera fuerzas que eran más necesarias en otros lugares, por lo que juzgamos más conveniente aplazar el estudio de esta zona.

Por otra parte, siendo uno de los problemas más difíciles de resolver para preparar el avance de las tropas en la región del S. el aprovisionamiento de agua indispensable para cubrir las necesidades de la gran cantidad de personal

y ganado que es preciso concentrar para estos movimientos, el Comandante General, Excmo. Sr. D. Luis Aizpuru, manifestó a la Comisión el deseo de que hiciera un estudio hidrológico de la zona avanzada, con objeto de conocer su opinión acerca de los recursos de agua que pudieran encontrarse en la meseta de los Ziata, llanura del Haraig y parte alta del Garet, y de la posibilidad de alcanzar, por medio de pozos ordinarios, algún nivel importante que pudiera solucionar el problema.

Recorrida la zona en unión del ilustrado Teniente del Cuerpo de Ingenieros D. Ignacio Liso, nombrado Jefe de una sección destinada a la apertura de pozos, Oficial que, con sus extensos conocimientos, facilitó mucho el cometido de nuestra misión, tuvimos el honor de informar al Comandante General en el sentido de que de las citadas llanuras, la que a nuestro juicio parecía reunir mejores condiciones para alcanzar con pozos corrientes un nivel de agua de alguna importancia, a profundidad económicamente utilizable, era la del Garet, y, de acuerdo con el Teniente Sr. Liso, se fijó como lugar más indicado para emplazamiento de un pozo en las proximidades de Batel, el ocupado hoy por el llamado Yarzan núm. 2, cuyos trabajos de perforación e instalación de medios de utilización, fueron dirigidos y llevados a cabo, con un celo y actividad dignos de todo elogio, por el citado Teniente de Ingenieros.

Posteriormente, en Mayo de 1919, el mismo Comandante General Sr. Aizpuru, solicitó nuestro informe acerca de la importancia que pudieran tener las aguadas de Rmila (1),

(1) -Lo mismo en este trabajo que en el anterior y que en los sucesivos, ha sido para nosotros de inapreciable valor la colaboración del brillante Cuerpo de Ingenieros militares que, con verdadero espíritu de compañerismo profesional, desde el primer momento nos aportó datos interesantes y prestó toda clase de facilidades a nuestra misión, por lo que nos complacemos en expresar desde aquí nuestro agradecimiento al Coronel Sr. López Pozas, al Teniente Coronel Sr. Campos, Capitán Sr. Sarmiento y a todos los demás Jefes y Oficiales, que para nosotros han tenido toda clase de atenciones y deferencias que no olvidamos.

situadas en las vertientes del macizo del Kerker que dan a la llanura del Guerruau, y de las probabilidades que pudieran existir acerca del alumbramiento de aguas subterráneas en esta llanura, informe que tuvimos el honor de remitirle en Julio del mismo año.

La dificultad expuesta con que hemos tropezado para terminar el estudio geológico de la cabila de Quebdana y la evidente urgencia que presenta el estudio hidrológico, que además es uno de los principales fines perseguidos al crear la Comisión a que pertenecemos, nos han inclinado a modificar el plan anteriormente trazado y nos han decidido a publicar estas notas relativas a tan interesante asunto, que consideramos hoy en día como el de mayor importancia en la zona oriental. Solamente lamentamos no poder hacer un estudio geológico detallado a causa de que en estas regiones del S. no están aún terminados los planos topográficos, lo que nos obliga a trabajar sobre croquis que, como tales, encierran inexactitudes que dificultan extraordinariamente el citado estudio.

Consideraciones generales.

Es conveniente insistir sobre la importancia práctica de llegar al conocimiento de los recursos hidráulicos disponibles en estas regiones áridas, en las que el agua, elemento principal e indispensable para la vida, desempeña, por su misma rareza, un papel capital cuyo valor está en razón directa con su escasez.

En las llanuras situadas al S. de la zona oriental, de las que vamos a ocuparnos, el llegar a este conocimiento serviría primeramente para orientar la colonización, dedicando al cultivo solamente las zonas que tuviesen la cantidad de agua suficiente para asegurar las cosechas y evitando así

ensayos que, mal conducidos por un conocimiento insuficiente del país, perjudican tanto a la valorización del mismo, porque sus primeros resultados negativos desaniman y desvían de él a elementos que, bien conducidos, podrían ser base de su engrandecimiento, y que después es muy difícil volver a recoger.

Si con la investigación de mantos subterráneos se lograse encontrar recursos de alguna importancia, además de las ventajas materiales que para la colonización en general aportarían, ampliando las zonas de cultivo, convirtiendo en fértiles zonas las extensas llanuras desiertas actuales, servirían también para fijar total o parcialmente en el terreno a algunas fracciones de las tribus nómadas que las habitan. Esto resolvería una de las mayores dificultades que hoy existen para el trazado de la línea fronteriza que, según el tratado, divide estas tribus, siendo muy difícil imponer una soberanía a fracciones cuya unidad política no está unida al territorio, pues mientras no se fijen, habitan indistinta y temporalmente terrenos situados en ambas zonas del Protectorado.

Como veremos, dadas las condiciones meteorológicas, topográficas y geológicas de toda esta comarca, desgraciadamente no es de esperar el poder conseguir una gran cantidad de agua, pero sí debe de tratarse de mejorar la situación actual, utilizando de una manera completa y racional la cantidad que se alumbre, teniendo en cuenta que el ideal, a que hay que tender en todos estos países, consiste en aprovechar todas las aguas dulces que existan, de tal modo que no llegue al mar cantidad apreciable de ellas, y cuanto más nos aproximemos a este ideal, tanto más perfecta será la obra ejecutada.

Para conseguir este objetivo, es necesario, ante todo, conocer los recursos hidráulicos de que se dispone, estudiando primeramente el régimen de las lluvias, origen prin-

cipal de todos ellos, luego el de las corrientes superficiales, ríos de curso permanente y de curso temporal, el de los manantiales y el de los mantos subterráneos; todos deberán irse aforando e inventariando.

Una vez conocidos, debe procederse a su captación y acondicionamiento más adecuado para el fin a que se destinan, que a su vez dependerá, como es natural, de su calidad, cantidad, suelo, etc., es decir, que es imprescindible establecer un programa de trabajos hidráulicos.

El trazar este programa en un país nuevo y poco conocido, es siempre complejo y obliga a tanteos y experiencias, pero para el caso que nos ocupa tenemos la ventaja de que, tratándose de un territorio cuya prolongación indiscutible es el departamento de Orán, de condiciones completamente semejantes y en cuya región Francia ha ejecutado importantes trabajos hidráulicos, los resultados allí obtenidos pueden siempre instruirnos y orientarnos.

Creemos, por lo tanto, de interés exponer y divulgar en esta nota, aunque sea brevemente, las líneas generales que en Argelia y principalmente en el departamento de Orán, orientan el programa de los aprovechamientos hidráulicos, algo de su organización y los resultados allí obtenidos.

Programa de trabajos hidráulicos en Argelia.

La utilización de las aguas en Argelia es diferente según las distintas regiones, obedeciendo estas diferencias al distinto régimen hidrológico, que a su vez se deriva principalmente del sistema orográfico.

En su conjunto, orográficamente puede considerarse el territorio argelino constituido por tres regiones naturales o zonas geográficas orientales, de Levante a Poniente, que forman tres fajas sensiblemente paralelas a la costa: Vertiente Mediterránea, Altas Mesetas, Vertiente Sahárica.

La primera, que constituye el litoral, tiene una anchura media de unos 100 kilómetros, es muy accidentada y movida, con multitud de barrancos que vierten en el Mediterráneo. Es la zona más poblada y en la que la colonización ha adquirido mayor desarrollo, y recibe el nombre de Tell, que según unos significa país cultivado, y según otros país de colinas.

La faja intermedia, que se distingue con el nombre de región de las Altas Mesetas, es una comarca elevada, formada por extensas llanuras situadas a alturas de 800 a 1.000 metros sobre el nivel del mar. Al S. del departamento de Orán viene a tener 200 a 250 kilómetros de anchura, cuya dimensión va estrechándose hasta la regencia de Túnez, en la que parecen soldarse los dos rebordes que la limitan: el del S., llamado Atlas Sahárico, con el del N., conocido por Atlas Telliense. Su parte media es más baja que estos bordes, de manera que las aguas que caen sobre ella se acumulan en depresiones centrales, que forman marismas que en el país reciben los nombres de Xots, Sejbas, Daias, etc.

La tercera faja forma la vertiente S. de la cordillera; los barrancos que por ella descienden van a perderse en los médanos del Sahara, o se reúnen en extensas depresiones, y se designa ya con el nombre de Región Sahárica.

Como es natural, las precipitaciones pluviales en cada una de estas zonas, son distintas y van disminuyendo según se alejan de la costa, siendo estas diferencias principalmente las causas determinantes de las características que las distinguen, que, a su vez, motivan su diferente utilización. Se destina la primera a la colonización y cultivo de cereales, la segunda a la ganadería ovina, y la tercera, región de los oasis, al cultivo de los palmerales de dátil. El programa hidráulico en cada una de estas regiones debe de ser, por lo tanto, distinto.

La cantidad de precipitaciones pluviales anuales puede calcularse en el Tell, superior a 350 milímetros; en las Altas Mesetas, comprendida entre 350 y 200 milímetros, y en la Región Sahárica, inferior a 200 milímetros.

Vamos a dar una ligera idea sobre los trabajos hidráulicos ejecutados en estas tres zonas.

REGIÓN LITORAL O DEL TELL.—Es esta zona la más poblada y fértil, habitada por tribus sedentarias en su mayor parte; las aguas se emplean para el abastecimiento de los centros de población y colonización, para el regadío de los cultivos y creación de fuerza motriz.

Obras de regadío.—Como sucede en el Mediodía de España y por los mismos motivos de sequías persistentes y repartición irregular de las lluvias, el riego es indispensable para poder asegurar las cosechas. Dos son los procedimientos generalmente empleados para el regadío, que puede decirse han sido copiados de España: los pantanos y las derivaciones.

PANTANOS.—En los lugares que la situación topográfica y formación geológica lo han aconsejado, se han establecido pantanos en las gargantas de los valles.

De esta clase de obras se han construído algunas muy importantes, principalmente en el departamento de Orán, de las que sólo citaremos sus características principales, que dan idea de su importancia.

Pantano del Habra.—Es la obra más importante de este género construída en la región del Tell; tiene una presa de mampostería de 34 metros de altura y 459 de longitud, de los que 125 forman el vertedero. Su capacidad es de 30.000 000 de metros cúbicos, pero queda reducida por causa de los aterramientos, que se calculan en 400.000 anuales. Se utilizan las aguas en el riego de 25.000 hectáreas.

Pantano de Cheurfas.—Situado en el río Mekerra, a 20 kilómetros al S. de Saint-Denis-du-Sig. La presa tiene una altura de 30 metros y 216 de longitud, de los que 60 constituyen el vertedero. El volumen de agua almacenado puede llegar a 18.000 000 de metros cúbicos. Riega cerca de 7.000 hectáreas.

Pantano del Tlelat.—Sobre el río de este nombre existe un pantano con una presa de 22 metros de altura y 90,75 de longitud; de ellos 18,40 en vertedero, con una capacidad de 717.000 metros cúbicos, pero por los aterramientos se reduce a la tercera parte. Las aguas, después de mover varios molinos, sirven para la alimentación de los poblados de Sainte-Barbe-du-Tlelat y Saint-Lucien y para el riego de algunos jardines, cuya superficie no pasa de 34 hectáreas.

Pantano de Magun.—Situado a 3 kilómetros de Arzew, tiene una presa de 15 metros de altura y 218 de longitud. El volumen almacenado es de 1.000.000 de metros cúbicos, pero las aguas son salobres y, por consiguiente, poco propias para regadío.

Pantano de Chidivia.—Situado sobre el afluente del Chelif que lleva aquel nombre, a 4 kilómetros del poblado de Saint-Aimé, tiene una presa de 17 metros de altura. Su capacidad primitiva, de 700.000 metros cúbicos, ha quedado reducida por los aterramientos a la décima parte de este volumen. Las aguas se emplean para el regadío de 2.767 hectáreas dedicadas al cultivo de cereales.

Existen algunos pantanos más, pero ya de menor importancia, y de una manera general puede decirse que todas estas grandes obras no han dado los resultados que se esperaban. Las cantidades con que contribuyen los regantes no bastan, en la mayoría de los casos, ni para sostener los gastos de conservación, teniendo el Estado que subvenir a todas las grandes reparaciones, motivadas a menudo por los

desperfectos producidos por las crecidas, limpiezas, etcétera, después de haber gastado sumas considerables en su construcción.

DERIVACIONES.—Las empresas de riego empleando derivaciones o acequias, desviando el agua de los ríos por medio de sencillos canales o bien con ayuda de presas, abundan en aquel país. Los cimientos de las presas se fundan, como los de los pantanos, en las capas impermeables, cuando lo permite la disposición geológica del suelo, y así se puede disponer de las aguas subálveas, únicas que en verano circulan por el cauce de la mayor parte de los ríos argelinos.

Esta forma de aprovechamientos es la más empleada en Argelia y la más recomendable por sus resultados.

Obras de abastecimiento de aguas a centros de población y colonización.—El crecimiento de la población en las ciudades y poblados, la creación de nuevos centros de colonización y, en general, el desarrollo progresivo de la colonia, exigen la investigación constante de nuevos recursos de agua potable y la ejecución de numerosos proyectos de abastecimiento de aguas, imprimiendo a esta rama de servicios hidráulicos un carácter permanente.

Los trabajos correspondientes a abastecimiento de aguas de las ciudades y poblados son costeados por ellos mismos, y sólo en casos excepcionales, cuando la penuria de sus medios lo exige, son subvencionados por el Estado. En cuanto a los correspondientes a los centros de colonización, son ejecutados por el Estado.

Aprovechamientos de fuerza hidráulica.—En toda esta región del Tell, existe un gran número de fábricas y molinos accionados por saltos de agua escalonados a lo largo de los abundantes ríos que la cruzan.

Obras de defensa.—Entre los servicios hidráulicos del

Tell, deben citarse también los que se refieren a encauzamientos y saneamientos.

Encauzamientos.—Todos los ríos de Argelia son de régimen torrencial, lo que exige se ejecuten obras de defensa para encauzarlos e impedir los daños y destrozos que ocasionan con sus crecidas y riadas.

En general, los propietarios ribereños son los más interesados en defender sus terrenos, y ejecutan estas obras, pero cuando los daños amenazan a grandes extensiones de terreno, el Estado interviene, considerando el caso como de interés general, y subvenciona a las empresas constituidas con los grupos o asociaciones de propietarios interesados.

Sólo en el caso de que se trate de proteger obras de dominio público o centros de colonización, la Administración se encarga directamente de emprender y ejecutar los trabajos necesarios.

Saneamientos.—La supresión de aguas estancadas, tan perjudiciales a la salud pública, es otro de los fines perseguidos con más perseverancia por la Administración argelina.

Estos trabajos de desecación de pantanos y marismas, cuyo interés general es evidente, son ejecutados casi completamente a expensas del Estado.

REGIÓN DE LAS ALTAS MESETAS.—Esta región de estepas está dedicada, como hemos dicho, a la ganadería ovina. Las obras hidráulicas que se ejecutan consisten en el arreglo y limpieza de los pozos y aguadas existentes, en la investigación de nuevas aguadas en los puntos favorables, en la limpieza de los lodos y sedimentos almacenados en las cubetas que forman los depósitos naturales que reciben el nombre de *guedirs*, en la construcción de cisternas y abrevaderos para retener las aguas meteóricas que la eva-

poración e infiltración en las capas inferiores hacen desaparecer, estableciéndolas a lo largo de los caminos para facilitar las comunicaciones, en desarrollar los guedirs y las daías y ejecutar trabajos de sondeos.

Multiplicando las aguadas, han podido ser utilizados extensos terrenos de pastos, que han hecho adquirir a la ganadería una gran importancia, en beneficio de las poblaciones y de la riqueza pública.

REGIÓN SAHÁRICA.—En esta zona las aguas se utilizan para el regadío de los oasis y abastecimiento de sus habitantes, ejecutándose continuamente estudios de investigación de mantos subterráneos para aumentar en lo posible la producción de dátiles, base de la riqueza de esta región.

Pozos artesianos.—Lo mismo en el Tell que en las Altas Mesetas, que en los territorios del S., la investigación de aguas ascendentes o emergentes por medio de sondeos ha sido coronada por el éxito en muchos lugares.

Desde los primeros sondeos efectuados, que se remontan a 1844, los pozos se han multiplicado, sobre todo en los departamentos de Constantina y Argel.

En cuanto al departamento de Orán, que es el que vamos a examinar por ser el que más directamente nos interesa, los sondeos ejecutados han sido menos por haberse juzgado siempre poco favorables sus condiciones para aguas artesianas, y desgraciadamente los resultados obtenidos han sido negativos en la mayoría de los casos.

Tomamos de la Memoria publicada en el *Boletín Oficial del Gobierno General de Argelia* el año 1903, titulada «Les forages artesiens en Algerie», los siguientes datos:

«Según un informe de M. L. Ville sobre los pozos artesianos de la provincia de Orán (1876), quince sondeos han

sido ejecutados desde la conquista hasta 1875, en las cinco cuencas artesianas que se encuentran en esta provincia:

- 1.º El Sahara Occidental.
- 2.º La región de los grandes Xots.
- 3.º El valle del bajo Chelif.
- 4.º La cuenca del Macta.
- 5.º La de la gran Sejba de Orán.

En la primera región se ha ejecutado un sondeo de 56,87 metros en Mehaiguen, sobre el camino de Géryville; en la segunda uno de 164,05 metros en Mu-el-Guetuta, a 95 kilómetros S.-SE. de Tiaret, el cual fué suspendido y abandonado cuando la insurrección de 1864; en la tercera se han efectuado cinco sondeos en el territorio de Inkerman y las orillas del Chelif, con 133,55 metros de profundidad total y 1.290 litros de gasto por minuto; en la cuarta uno de 255,95 metros en la llanura de Eghris, sin encontrar manto artesiano, y otro en Arzew, abandonado sin resultado. Finalmente, en la quinta se han ejecutado seis sondeos, sumando entre todos 1.129,25 metros de longitud; dos en el campo de Figuiet, uno en terreno de un colono de Bu-Rechacha, parado a 108 metros, y el sondeo del Gran Lago, llevado hasta 595,25 metros, y cuyos trabajos, comenzados en 1861, duraron hasta 1869.

Estos quince sondeos han proporcionado 7.560 litros de agua por minuto. En el Sur Oranés el mando militar, desde 1884, se ocupa constantemente del arreglo y mejora de los pozos de etapas y posee aparatos de sondeo que utiliza en el extremo S.

El Servicio de Minas posee también material de sondeos que presta a los particulares, para el estudio de cimentaciones o para investigación de aguas.»

Terminada esta ligera exposición de la organización general de los servicios hidráulicos en Argelia, y más espe-

cialmente en la provincia de Orán, que hemos juzgado de interés el conocer para orientarnos en el estudio hidrológico de nuestra zona, comenzaremos este estudio con los datos meteorológicos de la región.

Meteorología.

Régimen pluvial.—Siendo las aguas de lluvia el manantial de donde provienen las superficiales y subterráneas, es necesario detenerse algo en el examen de los diversos factores meteorológicos que integran o son causa principal de las precipitaciones pluviales, base de los recursos hidráulicos de la zona.

Ya en nuestra Memoria anterior sobre Guelaya hicimos constar la penuria de estos datos, dando sólo algunos relativos a la región de Melilla; ahora los ampliaremos con otros más, para que sean aplicables a las llanuras del S. de la zona ocupada, de las que preferentemente nos ocuparemos en esta nota.

Temperaturas.—Estando Melilla situada en la costa, la influencia reguladora del mar ejerce su acción sobre la temperatura, haciendo que entre sus cifras extremas de máximo y mínimo no exista una gran diferencia durante el día; pero internándose hacia el S., al alejarse del litoral, va disminuyendo esta acción, lo que unido a una mayor elevación sobre el nivel del mar, hace que aquella diferencia aumente, llegando en las llanuras del Haraig y Guerruau a sentirse fríos intensos por las noches, aun en primavera, producidos por la radiación que se ejerce en la superficie del suelo. En estas llanuras, durante el día en los meses de verano, el sol es abrasador, llegando a temperaturas sumamente elevadas, que provocan una evaporación muy activa;

en cambio la radiación nocturna produce rocíos que disminuyen en parte los efectos de la evaporación.

Vientos.—En el cuadro que sigue, resultado de las observaciones meteorológicas realizadas en Melilla por la Junta de Fomento y publicadas en las Memorias anuales de dicho Centro, se exponen las direcciones de los vientos en los días de observación.

| AÑOS | N. | NE. | E. | SE. | S. | SO. | O. | NO. |
|----------------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| 1915 | 51 | 82 | 11 | 4 | 7 | 15 | 8 | 186 |
| 1916 | 57 | 69 | 20 | 13 | 35 | 12 | 57 | 112 |
| 1917 | 38 | 49 | 61 | 8 | 16 | 13 | 79 | 101 |
| 1918 | 53 | 89 | 26 | 34 | 27 | 33 | 30 | 73 |
| <i>Medias.</i> | 50 | 72 | 39 | 15 | 21 | 24 | 43 | 123 |

Examinando este cuadro puede verse que los vientos dominantes son los de la región N., y entre ellos el NO., que sopla una tercera parte del año; después del NO., el que domina es el NE.

Son estos vientos conocidos en la localidad con los nombres de Poniente y Levante, y adquieren a menudo una gran violencia, provocando, el primero principalmente, muchos daños en los campamentos y posiciones del interior, y el segundo frecuentes desastres en el puerto de Melilla.

Los vientos del N. son los principalmente lluviosos, pues al atravesar el Mediterráneo en su superficie, se cargan de vapor de agua; y siendo los dominantes, parece a primera vista que las lluvias debían ser abundantes en esta región; pero, desgraciadamente, no es así, debido a particularidades que a continuación examinaremos.

Lluvias.—Los datos relativos a las lluvias cuyo conoci-

miento más nos interesa para la investigación de la cantidad de aguas subterráneas que puedan encontrarse, son los referentes a su forma, cantidad y repartición, que vamos a estudiar.

Como ya indicamos, y es característica del clima mediterráneo, la estación lluviosa coincide con el invierno, empezando en la segunda mitad del otoño y terminando a mediados de la primavera. Se suceden a menudo en esta estación dos épocas de lluvias más abundantes, separadas por un período más seco intermedio.

Durante esta época del año, los vientos dominantes de que hemos hablado, condensan el vapor de agua que contienen al encontrarse con las costas africanas, generalmente elevadas y más frías que el mar; en cambio durante la estación siguiente las lluvias son raras, siendo de corta duración, generalmente en forma de tormentas. En Julio y Agosto faltan casi en absoluto, lo que se explica porque los vientos húmedos, en esta época, encuentran el suelo del continente excesivamente cálido para que pueda efectuarse aquella condensación. Aunque la sequedad de la atmósfera en esta estación quede algo atenuada, merced a la brisa del mar cerca de la costa y al rocío en las llanuras y montañas del interior, cuando se prolonga es muy perjudicial para la agricultura y ganadería.

La estación húmeda presenta grandes irregularidades respecto a su comienzo, duración y término, variando también mucho, en algunos lugares, de un año a otro la altura total pluviométrica. Estas irregularidades comprometen a menudo los intereses agrícolas, para los cuales tiene a veces más importancia la repartición de las lluvias que su cantidad.

Estas lluvias tan caprichosas tienen además el inconveniente de presentarse frecuentemente en una forma muy

perjudicial, porque en lugar de las lluvias finas y prolongadas, que son las que humedecen el suelo penetrando en profundidad y constituyendo los mantos subterráneos, origen de manantiales, toman una forma torrencial, formando verdaderas trombas, que al precipitarse, sobre todo en los terrenos arcillosos tan frecuentes en el país, resbalan rápidamente por las superficies inclinadas, formándose torrentes por los barrancos, tanto más fuertes cuanto mayor es la pendiente, arrastrando grandes cantidades de tierra vegetal, provocando hundimientos, causando en fin grandes destrozos y quedando al poco tiempo los cauces nuevamente en seco. Estos destrozos tienden a aumentar, a causa de la tala salvaje de los montes que se está llevando a cabo.

En las superficies planas poco permeables que forman las llanuras del Garet y Guerruau, las aguas procedentes de las lluvias torrenciales que caen directamente sobre la llanura y las que provienen de las montañas, suelen acumularse en las depresiones del terreno, formando súbitamente lagos (Daias) que pronto desaparecen merced a la gran evaporación superficial originada por las altas temperaturas y la violencia de los vientos.

De toda la costa N. de Africa, desde el Cabo Espartel a Túnez, es la zona de la antigua provincia del Garet, correspondiente a lo que hoy llamamos Rif Oriental, la que tiene peor situación con relación a cantidad de agua caída, y de ésta, las proximidades de la desembocadura del Muluya.

Los datos que hemos podido reunir referentes a las medias de las precipitaciones anuales en la costa N. de Marruecos y Argelia, son los siguientes:

| | |
|---------------|-----------------|
| Espartel..... | 763 milímetros. |
| Tánger..... | 815 — |

| | | |
|-----------------|-----------------|---|
| Ceuta..... | 530 milímetros. | |
| Río Martín..... | 711 | — |
| Melilla..... | 425 | — |
| Chafarinas..... | 390 | — |
| Nemours..... | 475 | — |
| Orán..... | 486 | — |
| Tenes..... | 594 | — |
| Argel..... | 766 | — |
| Bugia..... | 1.306 | — |

Se observa que desde Tánger la cantidad de precipitaciones viene disminuyendo hasta Chafarinas, y desde este punto va aumentando hasta Bugia.

Se explica esto teóricamente, porque siendo los vientos húmedos dominantes los del NO., llegan a las costas de la zona que estudiamos después de haber dejado su vapor de agua sobre las altas montañas del S. de España, y sin haber podido reemplazarlo suficientemente en su corta travesía por el Mediterráneo, que aquí presenta su menor anchura.

En Anyera, Tetuán y el Rif Occidental este inconveniente viene compensado por los vientos del Océano que, cargados de humedad, vierten sobre las montañas occidentales; pero según van avanzando hacia el E. pierden aquélla, haciéndose cada vez más secos.

Al E. de nuestra zona va ensanchándose el Mediterráneo, y según lo va haciendo se ve aumentar la cantidad de lluvia caída desde Chafarinas a Bugia.

Aunque la escasez de observaciones realizadas en la región, hasta la fecha, no permiten establecer todavía conclusiones rigurosas acerca de las precipitaciones en el interior de la costa, las pocas efectuadas, ayudadas por algunas consideraciones teóricas sobre las lluvias, nos permitirán formarnos una idea muy aproximada a la realidad, que he-

mos representado gráficamente en el croquis pluviométrico que acompañamos a estas notas, y que podrá irse perfeccionando a medida que se vayan ejecutando mayor número de observaciones.

Lo mismo en la vecindad del mar que en el interior, es necesario tener en cuenta el relieve para explicar la diferencia de precipitaciones.

Sabido es que las montañas provocan la formación de las lluvias; las corrientes atmosféricas que vienen a chocar contra ellas se enfrían por el movimiento de ascensión que sufren y por el encuentro de temperaturas más bajas que la suya, lo que provoca la condensación del vapor de agua que contienen bajo forma de lluvias.

Cuanto más elevado es el macizo y más abrupta la barrera que presenta a los vientos húmedos, las precipitaciones son mayores.

Pero las montañas son verdaderas pantallas que quitan la lluvia de una manera más o menos completa a las regiones que quedan a sus espaldas, sobre todo cuando estas regiones son depresiones bruscas y profundas, porque las corrientes, que han descargado una gran parte de su humedad al subir las pendientes, elevan su temperatura en su movimiento descendente y el vapor de agua que todavía contienen se condensa muy difícilmente.

Ya en nuestro estudio sobre Guelaya expusimos algunos datos referentes a cantidades de lluvia caída en la región, evaluando en 418 milímetros anuales la correspondiente a Melilla, que obtuvimos hallando la media de varios años. Calculábamos entonces que en el Garet correspondían unos 300 milímetros y 200 en la llanura del Zebra.

Las observaciones efectuadas durante el año 1919, corroboran esas cifras, pues las obtenidas por la Compañía Española de Colonización han sido: en la estación de Mon-

te Arrui, 315 milímetros, y en la de Mexera el Melha, en la región del Zebra, 186 milímetros.

La estepa del Guerruau, por sus condiciones topográficas, se encuentra en condiciones peores respecto a precipitaciones atmosféricas que la citada del Garet, porque las montañas que la limitan por el N., macizos del Kerker y del Hamsa, son de mayor altura y se hallan a mayor distancia de la costa que los que limitan a aquélla, por lo que estimamos en una cifra inferior a 300 milímetros la cantidad de agua caída sobre la llanura y creemos será muy aproximada a la cifra del Zebra.

El macizo montañoso del Kerker, que separa las llanuras del Garet y Guerruau, en cuya ladera se encuentran las aguadas de Rmila, Hasi-el-Biod, etc., y cuya altura aproximada es de 1.000 metros, seguramente tiene un régimen pluviométrico, en su parte alta, superior al de las dos llanuras citadas, por condensarse en sus cumbres una gran parte de la humedad de los vientos del N. que a él llegan, pero no habiéndose llevado a cabo en él ninguna observación, no podemos indicar cifra que nos exprese, ni aun aproximadamente, su cuantía, que solamente fundándonos en las razones teóricas expuestas, hemos supuesto, en nuestro gráfico, aproximada a la de Melilla.

Generalidades tectónicas.—Conocido el régimen pluviométrico, y antes de entrar en el estudio de las llanuras del Garet y Guerruau, consideramos conveniente dar una idea esquemática de la tectónica de la comarca, dando a conocer los ejes de los principales anticlinales y sinclinales, cuyo conocimiento nos orientará respecto a la determinación de los lugares en que con más probabilidades puede intentarse la investigación de aguas artesianas.

Ligera idea orográfica y tectónica.— Está consti-

tuído el territorio que nos ocupa por zonas montañosas separadas por extensas llanuras.

Montañas.—Los núcleos montañosos están formados por rocas de origen ígneo y rocas sedimentarias.

Las primeras, que denuncian las roturas que prepararon el lecho actual del Mediterráneo occidental, se encuentran en la proximidad de las costas. Si por un momento se hace abstracción de ellas, pues son las que complican la vista de conjunto de la topografía actual, porque rompen y trastornan las líneas principales que, debidas a las direcciones de los pliegues terciarios, siguen las cordilleras compuestas de materiales sedimentarios, se observa que, en general, los relieves salientes o líneas de montañas, vienen a coincidir con los anticlinales de los pliegues, y que las llanuras intermedias se hallan formadas por las cuencas de los sinclinales que han sido rellenadas por los sedimentos terciarios y cuaternarios posteriores a su formación.

Suele explicarse la formación de estos pliegues, que son los que todavía imprimen las líneas principales de los rasgos topográficos actuales, por la presión producida sobre el geosinclinal comprendido entre el macizo antiguo, hoy día hundido bajo el Mediterráneo occidental, y el escudo Sahárico. Esta presión fué motivada por el movimiento de aproximación de ambos macizos. Empezaron a dibujarse los pliegues durante el eoceno, surgiendo a fines del mioceno el citado geosinclinal, que desde principios de la era secundaria venía rellenándose de sedimentos. Llevan la dirección aproximada E. NE.-O. SO., resultante de este movimiento, o sea la normal al sentido en que se ha verificado la presión; dirección que viene a coincidir con una clásica del S. de España, la de la falla del Guadalquivir.

Las direcciones tomadas en las capas varían en las ju-

rásicas de NE.-SO. a E.-O. y en las cretáceas oscilan alrededor de la línea E.-O. a E. SE.-O. NO.; esto parece indicar que las líneas directrices del substratum jurásico, que debían seguir la dirección general de los pliegues hercinianos, que parece ser en Marruecos N. NE.-S. SO., han tenido naturalmente una influencia menor a medida que los sedimentos afectados por el levantamiento terciario eran más modernos.

La combinación de ambas direcciones, según dominen por trozos, unos u otros terrenos, es la que constituye esas cadenas en arcos de círculo paralelas a la costa, que vienen representando en todos los mapas de una manera característica las montañas del Rif.

Los ejes de los pliegues terciarios, como siempre sucede, no siguen líneas horizontales, sino onduladas, que se elevan y descienden formando bóvedas en los puntos altos, en donde la erosión deja ver las capas más antiguas, frecuentemente las calizas jurásicas, rodeadas por terrenos más modernos; ocultándose estas capas cuando el eje desciende al hundirse por debajo de las formaciones más recientes.

Las presiones parecen haber actuado de una manera menos enérgica según nos internamos en el continente, disminuyendo los buzamientos y haciéndose los pliegues más amplios, lo que, unido a una menor acción de las rocas ígneas, contribuye a que las formaciones presenten al S. sus facies típicas, que en la costa están modificadas por el metamorfismo que dificulta extraordinariamente la clasificación de los terrenos, porque existiendo una gran escasez de fósiles, no queda más recurso que atenerse a la facies litológica que, muy alterada, induce fácilmente a error, aumentando en general la edad de los sedimentos.

Si se parte del Cabo de Tres Forcas, en la costa, hacia

el interior dentro de nuestra zona, se puede considerar ésta constituida por tres anticlinales principales paralelos, que llevan la dirección general antedicha y que forman los núcleos montañosos más importantes.

El primero, en la proximidad del citado Cabo, forma la pequeña sierra de Ayelman, y su prolongación probablemente reaparecerá cruzando las cabilas de Beni-Said y Beni-Tuzin.

El segundo constituye los montes de Beni-bu-Ifrur, continuando por los Tistutin y penetrando en Mtalza.

El tercero forma la sierra de Quebdana, y su prolongación sigue la cordillera de Ziata y el extenso macizo del Kerker.

Fuera ya de nuestra zona, en el Protectorado francés, se encuentra el cuarto, formando el alto macizo de los Beni-Snasen, en cuya prolongación parece encontrarse la gran mole caliza del Mezgut, y más al S., siguiendo la misma dirección, penetran aun en Marruecos los montes de Tlemecen, formando el quinto pliegue, cuya continuación constituye los montes de Beni-Yala al S. de Uxda, pliegue ya considerado como formando el límite del Tell o sistema litoral, con el país estepario de las altas llanuras.

Subordinados a estos pliegues principales, se intercalan en algunos lugares otros de menor importancia, que alteran en el detalle topográfico la regularidad y sencillez de las líneas generales que hemos trazado.

Viene también principalmente modificada esta regularidad, como hemos dicho, por las grandes erupciones de la proximidad de la costa, que han formado núcleos montañosos en los sinclinales ocupados por los rellenos terciarios, y además por un sistema casi ortogonal de fallas, las primeras en dirección NO.-SE., caracterizadas principalmente por movimientos tangenciales, actuando por lo tanto sobre

la continuidad de los ejes de los pliegues, y las segundas que vienen a seguir la dirección de éstos, caracterizadas a su vez por movimientos verticales que han modificado los relieves, pero no su dirección general.

Llanuras.—Entre los dos primeros anticlinales citados, existían, rellenando el sinclinal que los une, los sedimentos depositados en el mar mioceno, que a fines de este período fueron rotos y atravesados por la erupción andesítica del Gurugú, que, como anteriormente se ha indicado, al formar el macizo volcánico de su nombre, modificó la regularidad de las líneas topográficas anteriores. A este sinclinal corresponde el valle medio e inferior del río Kert.

Entre el segundo y tercer anticlinal se halla el sinclinal que ocupan las llanuras del Garet, Chemorra, Bu-Arg y Arkeman, que desde Batel, situado a una cota de 200 metros, van descendiendo hasta hundirse en el Mediterráneo, estando constituidas por depósitos terciarios y cuaternarios.

Al S. de la llanura del Garet, y separada de ella por las colinas cretáceas de los Ych-Usugaj y el macizo del Hamsa, se encuentra otra llanura esteparia, situada a 400 metros sobre el nivel del mar, conocida con el nombre de Guerrou, colocada sobre la prolongación del tercer anticlinal citado, cuyo eje desciende rápidamente, después de haberse elevado hasta la cumbre del Yebel-Kerker, en donde forma una gran bóveda anticlinal, hundiéndose en seguida bajo los terrenos cretáceos y eocenos que forman la cubeta de la llanura.

Entre el anticlinal de Quebdana y el de Beni-Snasen, se encuentran las llanuras de los Trifa, al otro lado del Muluya, y las de Sebra y el Haraig en nuestra zona.

Ligera idea de la red hidrográfica.—Consideraremos en la zona que describimos tres cuencas hidrográficas

principales, que hemos indicado en el croquis que acompañamos con tres tonos distintos de verde, y que son: 1.^a, cuenca del Muluya; 2.^a, cuenca de Mar Chica y barrancos costeros, y 3.^a, cuenca del Kert.

Cuenca del Muluya.—Queda dentro de la zona española una parte de la cuenca izquierda inferior de este río, a la que pertenecen las llanuras del Sebra, los Ziatas y el Haraig, y también los macizos montañosos del Bessan y del Naam, con una superficie total aproximada de 1.050 kilómetros cuadrados.

Es este río el más importante de Marruecos, perteneciente a la vertiente mediterránea, con un recorrido total de 450 kilómetros aproximadamente.

Nace en las proximidades de las cumbres del Aiachi, en el Alto Atlas, y corre hasta los montes de Debdú por un ancho valle; atraviesa después la llanura de Tafrata, midiendo una anchura de 30 metros, con 1,50 de profundidad, uniéndosele por la margen izquierda el Melelu en Guereif y el Mesun aguas abajo de Merada, y más adelante el Za en Camp-Berteaux.

Desde un kilómetro aguas abajo del vado del Klila hasta su desembocadura en el mar, forma los límites de nuestra zona con la francesa en unos 70 kilómetros en línea recta, y cerca de 100 siguiendo los meandros del río.

Desde el citado vado hasta el de Sfa, en que ensancha un poco su cauce, sigue un desfiladero, probablemente cretáceo, y desde el de Sfa al del Melha una profunda garganta en las calizas del jurásico superior que se estrecha hasta unos 9 metros en el pintoresco lugar denominado Tenguist-el-Atrus (Salto del macho cabrío).

Entra después en la llanura del Sebra, y separando a ésta de la de los Trifa, sigue un cauce profundo de orillas escarpadas, excavado en los materiales terciarios y cuater-

narios de que está formado el relleno del sinclinal, que constituye estas llanuras, hasta venir a desembocar, después de bordear por su extremo oriental la sierra de Quebdana, a unos 7 kilómetros a Levante del Cabo de Agua, cuya formación es debida precisamente a los arrastres de este río.

A pesar de la intensa evaporación y de la ausencia de afluentes importantes en todo su curso inferior, aunque no en gran cantidad, conserva agua en pleno estiaje, a lo que contribuye en parte el estar alimentado por la fusión de las nieves del Alto Atlas. Se le calcula en su desembocadura un caudal de 800 a 1.000 metros cúbicos en primavera (1).

Las crecidas son muy rápidas y violentas; tienen lugar en la estación lluviosa, otoño, invierno y primavera; en esta última, cuando coinciden las lluvias con la fusión de las nieves, es cuando alcanzan mayor importancia; generalmente, sobre todo en otoño e invierno, no duran más que algunas horas.

Como la profundidad no es grande y generalmente la corriente no es rápida, en tiempo normal es fácilmente vadeable, existiendo muchos vados, situados en los parajes en que más facilidades presentan sus orillas para el acceso al lecho del río, pero es muy peligroso su paso durante las crecidas, habiendo tenido que lamentar repetidas desgracias estos últimos años, por intentarlo.

A pesar de su importancia, pues su caudal está llamado a transformar y fertilizar las llanuras ribereñas, no se han efectuado aún observaciones serias respecto a su régimen. La Compañía Española de Colonización ha comenzado recientemente a reunir algunos datos, habiendo instalado una regla graduada en las proximidades del vado del Melha, pero aun no son suficientes para formarse una idea del régimen del río.

(1) A. Bernard: *Les Confins Algero-Marocains*.

Cuenca de Mar Chica y barrancos costeros.—Pertenece a la cuenca de Mar Chica las llanuras del Garet, Chemorra, Bu-Arg, Arkeman y valle de Nador, con una extensión aproximada de 1.000 kilómetros cuadrados. Su curso de agua principal es el Tegaud o río de Zeluán, con un recorrido de unos 16 kilómetros, excavado en los depósitos terciarios y cuaternarios; conduce agua aun en pleno estiaje.

Tiene su origen al pie de Monte Arrui, a una altura de 170 metros sobre el nivel del mar, en unos manantiales debidos al afloramiento de la capa impermeable base del nivel superior de aguas subterráneas de la llanura del Garet, lo que da a su régimen cierta estabilidad.

Tiene en su nacimiento un caudal de unos 35 litros por segundo, pero al pasar bajo los muros de la Alcazaba de Zeluán, a 80 metros sobre el nivel del mar y a unos 9 kilómetros de los manantiales citados, nos aseguran que en un aforo practicado en el mes de Septiembre de 1917, dió la cifra de 180 litros por segundo. Antes de llegar a desembocar sus aguas en Mar Chica se pierden, filtrándose por los terrenos arenosos que rodean esta albufera.

El río de Oro, que desemboca en Melilla, es el único de relativa importancia entre los costeros; nace en la parte central del macizo eruptivo del Gurugú, recogiendo en su origen parte de las aguas de uno de los niveles acuíferos más importantes de la región, debido al contacto de los mantos agrietados del eruptivo al apoyarse sobre las capas arcillosas impermeables del terciario. En la Memoria de Guelaya citábamos algunos datos referentes al régimen de este río.

Cuenca del Kert.—El río Kert, que también citamos describiendo su curso en la Memoria de Guelaya, es el que en este territorio sigue en importancia al Muluya, por la extensión de su cuenca, que confina con la de este río en la parte S., sirviendo la divisoria de ambas de límite a nuestra

zona oriental de Protectorado. Con una longitud de unos 70 kilómetros, tiene casi todo su lecho excavado en los sedimentos terciarios y cuaternarios que rellenan el primer sinclinal de que antes hemos hablado.

Al penetrar este río en Guelaya, se le une por su margen derecha el Gan, cuyo cauce sirve de límite en un gran trozo a las dos tribus nómadas de Mtalza y Beni-bu-Yahi, y cuya cuenca hidrográfica presenta algunas particularidades respecto a su formación, que consideramos de interés analizar porque, unidas al examen de las formas topográficas, permiten determinar con precisión la verdadera extensión y límites que corresponden a esta cuenca.

El trazado de la red hidrográfica actual es moderno, debido casi en su totalidad a ríos que han excavado la mayor parte de sus cauces, ya avanzado el pleistoceno, en los terrenos fácilmente modelables por la erosión, pertenecientes a los depósitos terciarios y cuaternarios.

Puede empezarse su estudio y seguir su evolución desde el período mioceno, durante el cual el mar, cubriendo las partes bajas de las ondulaciones tectónicas, penetraba hasta el interior del continente, en donde, por las inmediaciones de Taza, parece se unía por medio de un paso, al que ha dado el nombre de «Estrecho Sur-Rifeño» el geólogo francés Gentil (1), con otra entrada o brazo marino que avanzaba desde el Atlántico. En este mar formaban islas las partes altas de los anticlinales, en los cuales pudo empezar a dibujarse una red de barrancos costeros de corto recorrido, que en seguida vertían en el mar mioceno.

Al finalizar este período, termina la fase de formación de los pliegues con la emersión general de la zona plegada, porque ya los depósitos posteriores al mioceno se presentan con facies continental en las llanuras del S., bajo la forma

(1) L. Gentil: *Le Maroc physique*.

de calizas lacustres con *Helix* y depósitos de origen detrítico o aluvial, indicando que los antiguos brazos de mar se transforman en lagunas o zonas de inundación de los ríos que, detenidos por las presas tectónicas o de acarreo, inundan las partes bajas, formando extensos lagos a manera de inmensos pantanos, cuyos aterramientos han constituido los rellenos, que forman hoy las llanuras actuales, procedentes de la destrucción de los niveles miocenos que quedaron por encima de las aguas y de los secundarios que formaban las partes altas emergidas, en donde la erosión seguía acentuando más el trazado de los primitivos barrancos. Durante el plioceno tienen lugar las roturas y hundimientos denunciados por las erupciones andesíticas en la proximidad de las costas y el sistema de fallas en el interior de que hemos hablado, que hacen descender a unos macizos en relación a otros, pero no modifican las líneas generales de las cordilleras, que seguían siendo las debidas a los pliegues tectónicos.

Al terminar el plioceno y alborear el cuaternario, el sistema hidrográfico era casi el mismo. En la región de que tratamos, un gran lago cubría las llanuras del Guerrou y Mtalza; a un nivel superior existía la laguna del Griuiu, y a uno inferior otro lago cubría la cuenca del Kert y la llanura del Garet.

En el estado actual de nuestros conocimientos no puede precisarse si en aquella época estos lagos, desbordando por los puertos formados en los parajes en donde descenden los ejes de los pliegues, tenían ya emisarios que los unían con los inferiores, o eran independientes.

Comienza el pleistoceno por capas de aluviones gruesos que denuncian un clima de lluvias torrenciales que, juzgar por los depósitos de limos que los cubren, indicando una sedimentación en aguas tranquilas, fué regularizándose hasta llegar a convertirse en uno análogo al tropical actual,

muy húmedo y cálido, con una vegetación exuberante, porque el hallazgo en el pleistoceno de Argelia del *Elephas iolensis* (Pom.), *Ele atlánticus* (Pom.), *Elep africanus* (Cuv.), *Rhinoceros mauritánicus* (Pom.), *Rhi subinermis* (Pom.), *Hippopotamus icosiensis* (Pom.), etc., así lo hace suponer, pues este prodigioso conjunto de herbívoros necesita para su alimentación una vegetación cuyo desarrollo exige aquellas condiciones climáticas.

Durante este período tienen lugar los movimientos eustáticos del Mediterráneo, origen de las oscilaciones del nivel de las costas, que con tanto detenimiento ha estudiado en Argelia el General de Lamothe (1), y que han producido una emersión general del continente, que se supone superior a 300 metros para el Sahel de Argel. El principal resultado de estos movimientos, en cuanto a la red hidrográfica se refiere, ha sido el descenso del nivel de base de los arroyos costeros, aumentando por lo tanto su poder de erosión que, siendo mayor que el de los arroyos de las vertientes meridionales de los pliegues, ha motivado que aquéllos hayan ido captando a éstos, hasta llegar a convertir en emisarios a los afluentes septentrionales de los lagos. El nivel de desagüe de estos emisarios ha ido descendiendo por la erosión, al mismo tiempo que ascendía el del fondo de los lagos por los aterramientos, hasta llegar el momento en que han tenido que coincidir ambos niveles. Este proceso ha motivado que los lagos hayan ido paulatinamente rebajando su nivel y disminuyendo su extensión, hasta que, vaciándose completamente por el emisario, han quedado reducidos a algunas lagunas aisladas que ocupaban las depresiones del fondo.

En este estado, ha sucedido al clima muy húmedo de

(1) Memorias de la Société Géologique de France, 1911. *Les anciennes ligués de rivage du Sahel d'Alger et d'une partie de la cote algerienne.*

aquellos primeros tiempos cuaternarios, un clima casi desértico, a cuyo resultado ha podido en parte contribuir la desaparición de la gran superficie líquida de aquellos inmensos lagos. Las lagunas aisladas que quedaron faltas de los aportes de agua necesarios para conservarse y sometidas a una evaporación muy activa, se secan, originando las daias actuales, pero la red hidrográfica que debía haberse trazado a continuación sobre estos depósitos detríticos fácilmente atacables por la erosión, no ha podido hacerlo por la falta de precipitaciones pluviales, más que en aquellos sitios en donde la cuenca ha reunido las condiciones necesarias de extensión y forma que hayan podido neutralizar en parte aquella escasez, o donde haya aflorado algún importante manto acuífero subterráneo que lo haya trazado.

De este modo se han formado los cauces del Kert, Gan, Zeluán, etc.; pero en donde esto no ha sucedido, como en las llanuras del Guerrau y parte alta del Garet, el modelado topográfico se ha mantenido indeciso, conservando un aspecto de infancia respecto a la red hidrográfica, cuyo trazado se halla en vías de formación, comenzando. Así se observa en las citadas llanuras que los barrancos que descienden de las montañas, apenas penetran en el llano, se esfuman y desaparecen antes de llegar a las suaves depresiones (daias) que existen en la zona central. Estas depresiones, que debían tender a desaparecer rellenas por los limos que sedimentan las aguas que de vez en cuando las cubren a continuación de las lluvias, tan irregulares y caprichosas en estas regiones, deben su estabilidad o conservación a la erosión o ablación eólica que contrarresta aquella acción; por eso son formas topográficas que se encuentran a menudo en las llanuras del S., de sequías persistentes. Los vientos, frecuentes en las llanuras, levantan

y arrastran, según su violencia, las tenues partículas o granos de arena que deja en libertad la prolongada sequedad de la atmósfera al actuar sobre los limos y arenas del relleno pleistoceno que las cubre, casi desprovisto de vegetación, extrayendo estos elementos de la zona central y depositándolos en los bordes, al perder los vientos intensidad por chocar con las montañas que casi circundan a la llanura. Tienden estas dos acciones, de deflación en el centro y depósito en los bordes, a la conservación de las depresiones, que por otra parte tampoco pueden aumentar mientras no cambie la intensidad de los vientos, pues la pendiente de su perfil debe ser función de aquélla y del tamaño de los elementos arrastrados.

A pesar de estas acciones, que tienden a retardar el trazado de la red hidrográfica en estas llanuras, manteniéndolas de una manera aparente y transitoria como cuencas independientes, el resultado final tiene siempre que ser el mismo, pues a medida que el antiguo emisario del lago vaya profundizando su cauce, el nivel de base de sus afluentes descende, aumentando su poder de erosión y penetrando, por lo tanto, cada vez más en la llanura, acabarán por alcanzar las depresiones, que desde ese instante volverán a pertenecer a la cuenca de aquél. Así la llanura del Guerrau, que con su tributaria la del Griuiu pudiera hoy parecer como una cuenca independiente a quien no la estudie con detenimiento, debe considerarse, como ya lo indican también las líneas topográficas de sus bordes, formando parte integrante de la cuenca del Gan, a la que ha pertenecido y tiene indiscutiblemente que volver a pertenecer, o a lo más como una subcuenca de este río, pues el suponer otra cosa sería como el mantener que los distintos charcos que quedan en un cauce, durante una sequía prolongada, son cuencas independientes que no pertenecen a la general del río.

Llanura del Garet.

Esta llanura, de que vamos a ocuparnos, conserva aún el nombre con que antiguamente era designada una extensión mucho mayor.

El geógrafo hispanoárabe Al-Hasan-ben Mohamed Al-vazas, más conocido por su nombre cristiano de Juan León el Africano, en su *Descripción del Africa*, escrita en 1526, designaba con el nombre de Garet a una parte del reino de Fez, que abarcaba toda la comarca comprendida entre el río Nekor, que desemboca en la bahía de Alhucemas, al O., el Muluya al E., limitada al N. por el Mediterráneo y al S. por el río Melulo (hoy lleva el nombre de Melelu, el afluente del Muluya que une sus aguas a este río en Guercif).

Dividía esta provincia en tres partes: la primera comprendía las ciudades y su territorio, la segunda las montañas y la tercera el desierto.

En la primera citaba las ciudades de Melilla, Cazaza, Taxuda y Megeo.

Entre las montañas nombraba a Quebdana, Beni-Said, Segangan, Beni-Tuzin y Guardan, y al S. de éstas situaba el desierto, territorio cuya mayor parte ocupan hoy en día las tribus nómadas de Beni-bu-Yahi y Mtalza, y lo describía diciendo: «es tan áspero y árido, que no se encuentra más agua que la del río Muluya; en él se crían varios animales de distinta naturaleza, que produce también el desierto de Libia, que confina con Numidia».

Desde los tiempos más remotos ha sido considerada esta región como desértica y pobre. «Se da el nombre de Metagonium—dice Strabon, después de hablar del Muluya—a un gran promontorio cerca de este río, así como al

país desprovisto de agua y estéril que le rodea, cuyas alturas forman la prolongación casi ininterrumpida de las montañas de Cotés.»

Hoy solamente se aplica el nombre de Garet a la llanura habitada por nómadas Beni-bu-Yahi, limitada al N. por las estribaciones meridionales de los montes de Guelaya, a Levante por los Ulad-Setut, al S. por la cordillera de los Ziata y estribaciones septentrionales del Kerker y el Hamsa, y a Poniente por los montes de Tistutin.

Es la parte más elevada de la gran llanura que recubre el sinclinal comprendido entre el macizo de Beni-bu-Ifrur al N. y la sierra de Quebdana y su prolongación de los Ziata al S., de que antes hemos hablado.

Esta gran llanura, desde Batel a Mar Chica, podemos considerarla, atendiendo a sus terrenos, dividida en tres zonas o fajas normales a la dirección de la vía del ferrocarril entre Monte Arrui y Batel.

La primera, que queda al O. de la línea Buxdar, Monte Arrui y Karn-Sba, es la de mayor elevación; es una llanura que podemos considerar perfecta, sin arroyos ni barrancadas: es a la que se aplica hoy día el nombre de Garet; ocupa una extensión superficial aproximada a 150 kilómetros cuadrados, con una altura media sobre el nivel del mar de 180 metros. La vía del ferrocarril Nador-Tistutin la cruza, siguiendo casi su línea de máxima pendiente, teniendo un trazado en recta en los 15 kilómetros que hay de distancia entre Monte Arrui y Batel, con un desnivel de 30 metros, es decir, que la inclinación media resulta de 2 milímetros por metro.

Hasta nuestra ocupación, esta parte, sólo recubierta por matas aisladas de azofaifos y especies esteparias, se hallaba despoblada e inculta, pues las jaimas de los Beni-bu-Yahi se establecían principalmente en sus bordes, al pie de

las montañas que la rodean; después de la ocupación, casi todos los terrenos del Garet fueron adquiridos por la Compañía Española de Colonización, y después de parcelados, han sido en parte roturados y puestos en cultivo por colonos españoles, que los dedican a la producción de cereales.

La segunda zona, comprendida entre Monte Arrui y Zeluán, recibe el nombre de Chemorra. La parte que queda al S. del río Tegaud pertenece a los Ulad-Setut; se presenta ya con topografía más movida, estando surcada su superficie en varias direcciones por arroyos y barrancadas; es más fértil su terreno, de colores blancos o muy claros; es mucho más calizo que el anterior, y ya antes de la ocupación española la dedicaban los indígenas al cultivo de cereales.

Esta zona es cruzada por el río Tegaud o de Zeluán, que nace al pie de Monte Arrui, cuyas aguas, derivadas por medio de acequias, se emplean en el riego de algunas huertas y azibs.

El río Tegaud, después de algunas inflexiones, se dirige con rumbo aproximado de Poniente a Levante, pasando al pie de la vieja alcazaba de Zeluán y perdiéndose después sus aguas en la formación arenosa que rodea a Mar Chica, cuya formación viene a constituir la tercera de las tres zonas o fajas en que hemos considerado dividida la llanura, y de las cuales únicamente de la primera vamos a ocuparnos en esta nota.

Para estudiar las condiciones hidrológicas del Garet, comenzaremos examinando la estructura geológica de las montañas que le rodean, formando los bordes que vienen a constituir el vaso de la cuenca, y luego lo haremos del relleno de ésta.

Como es natural tratándose de una cuenca en sinclinal, los materiales que la constituyen presentan formaciones

más modernas, según se marcha de los bordes de la cuenca hacia el centro.

Por la parte N. y O., quitando algún pequeño manchón de ofitas con su aureola, atribuido al triás, como el que aflora en el ángulo NO., en los cerros de Bu-Sherif, la serie de terrenos comienza en las montañas por el jurásico, que viene recubierto por algunos jirones del cretáceo, y ya al entrar en la llanura, casi a su nivel, en los cerros de Buxdar, es en donde aflora el mioceno que, aunque no lo hace por el borde S., sin duda forma el fondo de la cubeta recubierta por el plioceno y aterramientos cuaternarios.

Por el S., también principia la serie por el jurásico, que viene recubierto en algunos puntos directamente por el eoceno, como en Fum-el-Krima, y en otros por el cretáceo que forma casi todo el macizo del Hamsa, los Ych-Usugaj y Dráas, que a su vez desaparece en algunos sitios bajo el eoceno que en discordancia le cubre.

Hemos visto que al N. limitan la cuenca las estribaciones meridionales del macizo de Beni-bu-Ifrur, que comprenden los cerros de Buxdar y montes Tiberien, Merzargueren, Tauriart-Enxiar, Ademar-Edeaisa y Bu-Sherif. Por el O. cierran la llanura los montes de Tistutin que, prolongación de los anteriores, pueden estudiarse juntos y aplicarse a ambos las mismas conclusiones.

Constituyen todos ellos la rama S. del anticlinal de Beni-bu-Ifrur, buzando sus capas, por lo tanto, hacia la llanura.

Este buzamiento favorable para las condiciones hidrológicas de la cuenca, pues de reunir sus capas condiciones de permeabilidad convenientes para la existencia de mantos artesianos, podría intentarse su alumbramiento por sondeos a gran profundidad en la llanura, viene contrarrestado por el sistema de fallas paralelas a la dirección de las capas que antes indicamos, que han motivado que las partes altas

hayan resbalado sobre aquéllas, formando escalones que descienden hacia el hundimiento del Mediterráneo, por lo que la mayor parte de las aguas que caen sobre estos bordes, discurriendo por las fallas, se pierden para el caudal subterráneo de la cuenca.

En las montañas que forman el borde S., el buzamiento es también favorable en las capas eocenas, pero no en las cretáceas que se levantan en algunos sitios, como en los cerros de Ych-Usugaj, con buzamientos contrarios, llegando en otros casi a la vertical, conservando el mismo buzamiento, como sucede en las cumbres del macizo del Hamsa que dominan por Poniente los cerros citados.

Estas capas, como antes hemos dicho sucede con las que llevan buzamiento S., vienen también rotas por el sistema de fallas paralelas a su dirección; puede observarse una bien determinada al pie del camino que sube a las posiciones militares situadas en los cerros citados de Ych-Usugaj, en donde la falla viene claramente indicada por una intrusión de lamprofiro con grandes láminas de biotita.

Los materiales que foman las montañas que limitan la cuenca, son los siguientes:

Terrenos jurásicos.—Esta formación viene representada por arcillas y margas alternando con lechos e hiladas de areniscas o estrechos bancos calizos; el espesor de este tramo es mayor de 100 metros.

Las arcillas, que a veces pasan a margas, son de color gris verdoso en el interior, cubriéndose al exterior de un tinte pardo rojizo; su fractura es en general astillosa, y las zonas más arcillozas se descomponen en prismas muy pequeños, formando una tierra muy rojiza; en otras partes se cargan de cal, pasando a margas calizas.

Sobre este tramo se apoyan una serie de bancos de are-

niscas silíceas de grano fino, que a veces pasan a verdaderas cuarcitas, con un color violado muy característico.

En los montes de Tistutin, al N. de la Abada, se encuentra esta formación con unos 70 metros de espesor, constituyendo la rama SE. del agudo anticlinal que forma esta cordillera, hallándose las capas correspondientes de la rama NO. en las vertientes occidentales del Tiguenéz.

Con mayor potencia que la anterior, termina la serie con calizas y dolomias grises o azuladas oscuras, lo más a menudo compactas, algunas veces pizarrosas, sobre todo hacia la parte alta del piso.

En esta formación sólo hemos encontrado, en las arcillas, restos de ammonites que no han podido ser clasificados, pero que parecen pertenecer a especies del jurásico superior, que desde luego no son suficientes para poder fijar el orden cronológico de la formación, pero que, unidos a que la facies litológica es análoga a las descritas como pertenecientes a terrenos clasificados entre el oxfordiense y el titónico en la provincia de Orán, nos ha inducido a colocar estos terrenos en el jurásico superior.

Examinemos ahora las condiciones hidrológicas de estas capas.

De las rocas citadas, las únicas que pueden almacenar gran parte de las aguas caídas sobre su superficie, son las calizas, no por ser porosas en sí, sino por las grietas y oquedades que contienen; pero como ocupan la parte alta de la serie en la zona que buzan hacia el llano, sin capa alguna superior impermeable que pudiera mantener la presión correspondiente a la altura a que se encuentran y así penetran en la llanura, de contener alguna cantidad de agua, la presión del manto subterráneo en el centro de la cuenca sería solamente la debida a la altura del pie de la sierra, y por lo tanto las aguas serían, de po-

derse alcanzar con un sondeo, solamente ascendentes, no emergentes.

Terrenos cretáceos.—Vienen representados por bancos alternantes de calizas y margas con una estratificación bien determinada.

Las calizas compactas, de colores generalmente oscuros, sobre todo en la base, se presentan en bancos potentes a veces, pero no con los espesores de las calizas jurásicas; encierran restos indeterminables de *Pecten*; en la parte superior aclaran sus tonos, estando llenas de *Ostreas*, constituyendo una especie de lumaquela.

Las margas, generalmente grises, más o menos oscuras, toman en determinados lugares unas coloraciones rojizas y heces de vino muy características; su fractura astillosa en las hiladas inferiores, es concoidea en las superiores.

En las hiladas más elevadas de estas margas, que forman las cumbres de Ych-Usugaj, hemos encontrado un yacimiento de fósiles en el que se han recogido:

Nautilus Lallieriamus (d'Orb), *Ostrea Aquila* (Coq.), *Ryuchonella* sp, *Terebratula sella* (Sow), *Pseudodiadema Malbosi* (Cott), *Hemiaster Fourneli* (Desor) y *Hemiaster Verneuli* (Desor), que nos han inducido a considerar estos depósitos como pertenecientes al cretáceo inferior.

En la vertiente SO. del Kerker, sobre las calizas jurásicas, se apoyan una serie de margas arcillosas alternantes con hiladas de areniscas que, según van ascendiendo en la serie, aumentan de espesor, pasando en la parte superior a potentes bancos homogéneos, separados por hiladas arcillosas y margosas de colores amarillentos y rojizos, con un espesor que puede calcularse por lo menos en 300 metros.

Sobre estos depósitos, en la subida al Guerrau por Ych-Usugaj, cerca de la posición de Arneb y en la parte

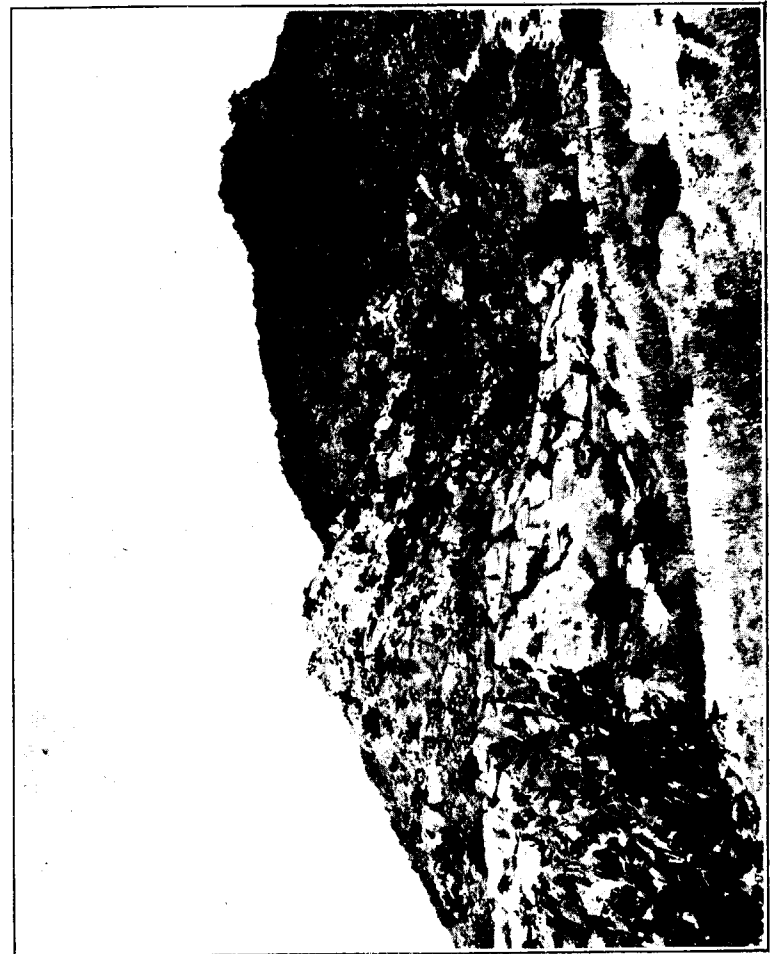
media del barranco de Rmila, aparecen bancos estrechos de margas calizas, en los que en el primer lugar citado hemos encontrado la *Orbitolina subcónica*, alternando con margas arcillosas de coloraciones abigarradas y bancos de areniscas.

La presencia de la *Orbitolina subcónica* (Sam) nos hace considerar estos depósitos como correspondientes a la parte alta del cretáceo inferior.

Los materiales de la formación cretácea reúnen condiciones favorables, por su alternancia de capas porosas e impermeables, para la existencia de mantos acuíferos subterráneos, pero las fallas que les quitan continuidad y sus buzamientos, sobre todo en el borde S., que es donde estos depósitos alcanzan mayor espesor, contrarrestan estas condiciones, siendo de notar que en toda la extensa vertiente del Kerker hacia el N., desde el boquete de Fum-el-Krima hasta el Hamsa, en donde por lo movido de la topografía y un pequeño sinclinal que forman las capas cretáceas, parece que debieran reunirse en algún sitio las condiciones necesarias para la existencia de manantiales, no se encuentra ninguno.

Terreno eoceno.— Se presenta esta formación bajo la forma de calizas arcillosas de grano fino, de fractura concoidea y de colores azulado en unos sitios y amarillento en otros, pero que, por alteración superficial, toman una coloración pardo rojiza al exterior. Algunos de estos bancos calizos encierran gran cantidad de fósiles empastados en su masa, principalmente de los géneros *Pecten* y *Ostrea*, pero muy difíciles de desprender y tan mal conservados que no pueden clasificarse.

Descansan estas calizas unas veces directamente sobre las jurásicas, como sucede en el barranco de Fum-el-Krima,

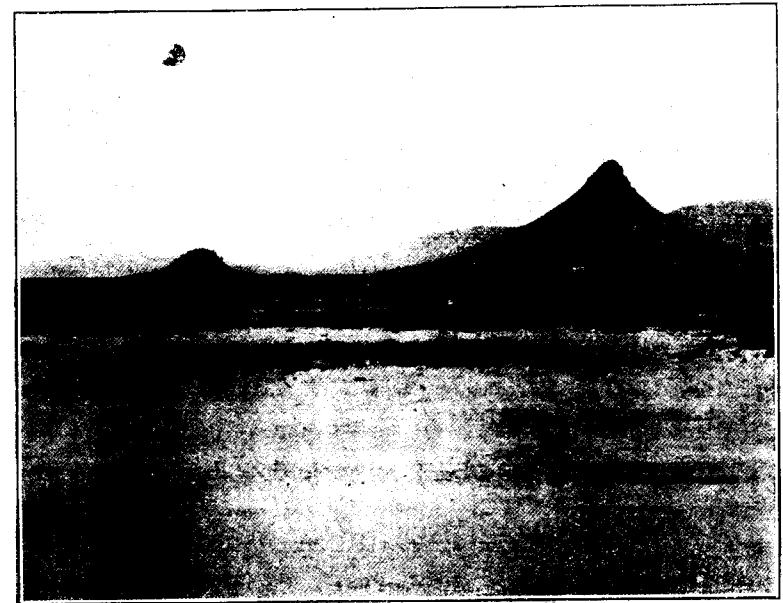


For. 1.—Calizas jurásicas y eocenas debajo de la posición de Bu-Aiduz. —Barranco de Fum-el-Krima.



For. 1.—Calizas jurásicas y eocenas debajo de la posición de Bu-Aiduz.—Barranco de Fum-el-Krma.

debajo de la posición de Bu-Aiduz (fot. 1) en que su coloración oscura las distingue claramente de aquéllas, y otras, como sucede en el característico cerro conocido con el nombre de «El Dedo», en las proximidades de Batel (fot. 2), sobre las margas cretáceas.

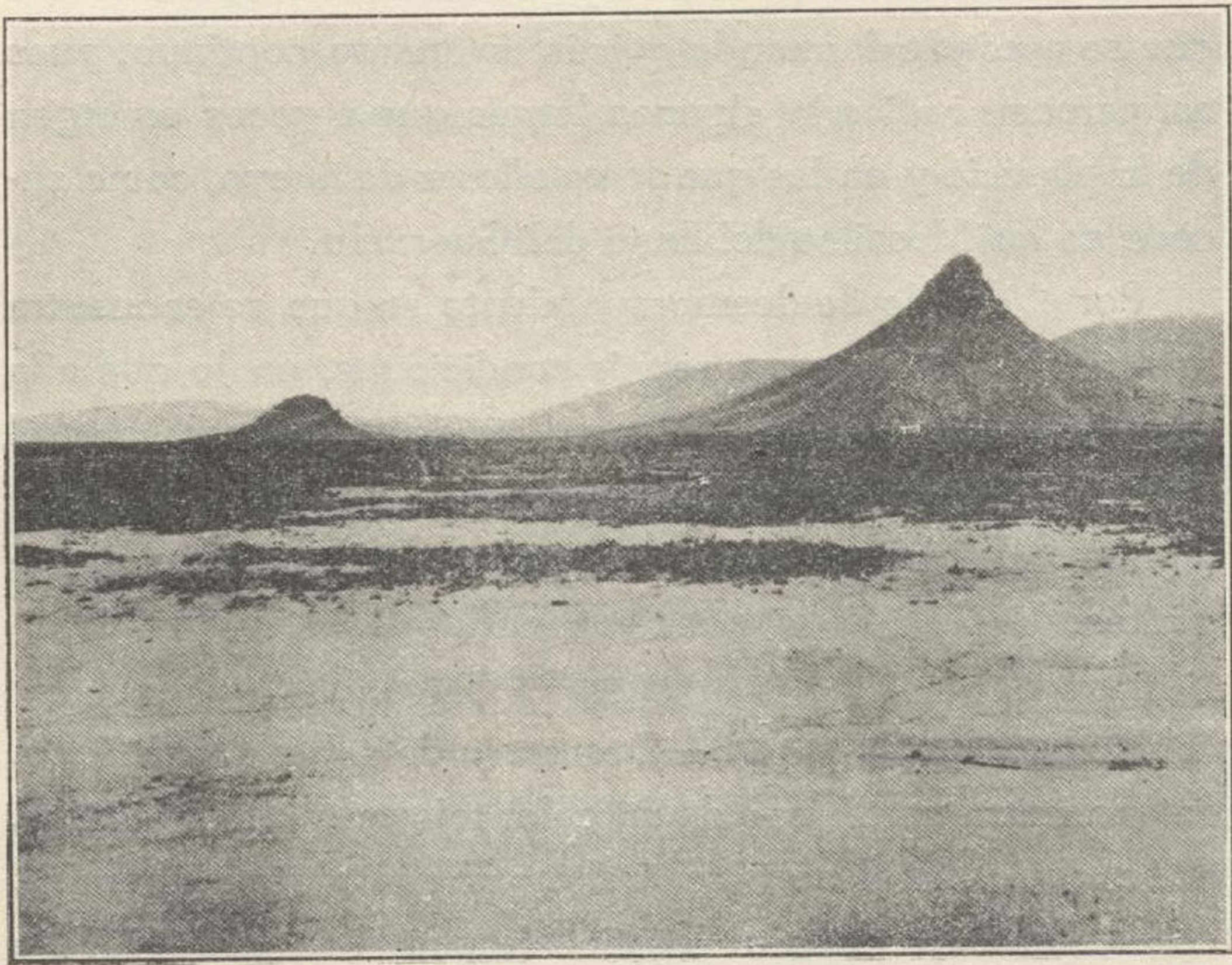


Fot. 2.—Cerro denominado «El Dedo», cerca de Batel.

En la parte baja del barranco de Rmila, aparece el eoceno con areniscas generalmente de grano fino, formadas de arenas cuarzosas unidas por un cemento calizo de color amarillento o rojizo.

En la base, en algunos sitios, las areniscas pasan a una pudinga, cuyos elementos varían desde el tamaño de un guisante hasta el de cantos de 0,50 de diámetro.

Este terreno se presenta generalmente, como hemos dicho, apoyándose en el jurásico y el cretáceo, pero habiendo actuado la erosión fuertemente sobre él, no suele encon-



For. 2.—Cerro denominado «El Dedo», cerca de Batel.

trarse cubriendo grandes extensiones de terreno, sino más bien aparece en jirones coronando las cumbres que circundan a los barrancos, en los que suelen aflorar los terrenos inferiores.

También se encuentra en las laderas de los montes que bordean las llanuras, por debajo de las cuales es indudable que se esconde formando quizás un manto continuo, pues así parecen indicarlo algunas lomas que a veces emergen de la planicie y en las que se ve aflorar de nuevo, como sucede en las Mesaitas del llano del Guerruau.

Por el estado de desmoronamiento en que se encuentra este terreno, no parece reunir condiciones, en lo que a la llanura del Garet se refiere, para esperarse encontrar en él mantos subterráneos de abundante caudal, y de hallarse alguno, las aguas podrían ser ascendentes, más no emergentes.

Terreno oligoceno.—Descansando sobre el cretáceo, se encuentra un terreno de un color rojo muy característico, del cual toman el nombre árabe o chelja algunos parajes, como Teniet-el-Hamara (Paso colorado) Ych-Usugaj (Pico colorado), etc., y que está formado, en la base, por una pudinga con cantos rodados, procedentes de los terrenos secundarios, cimentados por una arenisca arcillosa ferruginosa, y sobre ella vienen unas hiladas de areniscas ferruginosas intercaladas con margas rojas.

En estas capas detríticas no se han encontrado fósiles, pero su posición estratigráfica y semejanza de composición con los terrenos de Argelia clasificados como oligocenos, nos ha inducido a colocarlo en dicho tramo.

Por su misma composición, este terreno ha sido completamente desmoronado por la erosión, no presentando interés alguno para la hidrología subterránea.

Terreno mioceno.—Esta formación no se encuentra en las partes elevadas de las montañas, sino solamente aflora al pie de ellas, pudiéndose considerar como formando ya parte del relleno de la cuenca. En el Garet sólo se ve aflorar en la zona N., al pie de los Bu-Sherif y en los cerros de Buxdar, cuyas cumbres conservan restos de la erupción andesítica que posteriormente recubrió esta formación; a pesar de ello, es de suponer que penetre en el llano por debajo de las formaciones más modernas, constituyendo el fondo de la cuenca, sobre el que se han depositado los rellenos posteriores.

Está constituido por arcillas de color gris azulado en profundidad, amarillentas en la superficie, que vienen intercaladas entre bancos de arenisca arcillosa, que se descomponen a menudo en forma de bolas, de una manera análoga a las rocas eruptivas.

No puede precisarse el espesor de esta formación en la zona del Garet; dada la escasa extensión superficial del afloramiento de Buxdar y el pequeño espesor que tienen los bancos de arenisca, es de presumir que estas capas no deben encerrar mantos importantes de aguas subterráneas.

Terreno plioceno.—Hemos agrupado en esta formación un conjunto de capas blancas formadas de alternancias de margas y calizas que afloran ya en los límites orientales del Garet y forman casi toda la segunda faja, comprendida entre Monte Arrui y Zeluán, en que al principio dividimos la llanura. En algunas zonas toman el carácter de un travertino, gris o blanco, muy duro, que lleva empastados en su masa moldes de *Helix*; en otras, como en el nacimiento del río Tegaud, tiene un aspecto más terroso y arcilloso y contiene muchos ejemplares de *Melanopsis* que acusan su origen lacustre.

Las afinidades que presenta la fauna con la actual, inducen a colocar estas capas en el cuaternario; pero el encontrarse recubiertas por depósitos muy diferentes, que consideramos pertenecientes a la base del pleistoceno, nos han inclinado a situarlas en el plioceno.

Este nivel ofrece gran importancia hidrológica, pues en él se encuentra el manto acuífero más importante del llano del Garet y es el que alcanzan los pozos que se han perforado, siendo su afloramiento el motivo del nacimiento del río de Zeluán.

Terreno cuaternario.—Estos terrenos comprenden un conjunto muy complejo, cuya clasificación es aún muy difícil por las dudas que existen sobre los depósitos de aluviones y aterramientos continentales y por la imposibilidad de llegar a ver las relaciones estratigráficas para fijar su edad relativa.

Han rellenado y recubren la cuenca, formando las llanuras actuales; en la base están constituídos por depósitos de cantos rodados de todos tamaños, unas veces sueltos y otras aglutinados en pudingas; afloran actualmente en los bordes de la llanura, que es en donde, dado su carácter torrencial, deben encontrarse con preferencia y en donde unas veces los barrancos actuales han comenzado a horadar su cauce, como en Fum-el-Krima, dejándolos al descubierto, y otras las trincheras de las vías de comunicación, como las del ferrocarril a la salida de la estación de Zeluán, las ponen de manifiesto.

Sobre ellos se han depositado limos y arenas de un color pardo rojizo, que son las que recubren todas las llanuras y que parecen denunciar una sedimentación en aguas relativamente tranquilas.

Esta capa superior debe ser poco permeable y con ella

construyen los indígenas los depósitos o balsas a que dan el nombre de «mayen», en que almacenan las aguas de lluvia para abreviar sus ganados.

Pozos perforados en el llano del Garet.

Aunque resulta algo monótona la relación de los datos de todos los pozos perforados en este llano, la importancia que tienen para servir de guía a los que nuevos colonos puedan practicar, nos obliga a reseñarlos.

En el plano que acompaña a esta nota hemos fijado todos los pozos perforados, distinguiendo los europeos de los indígenas, y los de aguas salitrosas de aquellos cuyas aguas, sin llegar a ser completamente dulces, son susceptibles de poderse beber por los europeos. Hemos numerado los pozos de Poniente a Levante, empleando para los moros y europeos una sola numeración correlativa, con objeto de que se puedan encontrar más rápidamente en el plano.

Antes de la ocupación española, sólo existían 15 pozos moros en todo el Garet, algunos de ellos cegados, unos por haberse hundido la entibación, y otros, la mayor parte, por el gran número de odres caídos en su fondo, odres hechas con pieles de borregos y que emplean los indígenas en sustitución de nuestros cubos para elevar las aguas.

Actualmente, y debido a la actividad y necesidades de los colonos europeos, el número total de pozos abiertos en el Garet es de 46.

Pozos indígenas.—*Pozo núm. 3.*—Está situado a la altura del kilómetro 13 de la carretera Arrui-Batel, 100 metros al N. de la vía férrea, estando perforado en los limos rojos y arenas del cuaternario. Su profundidad total es de 13,20 metros y la altura del agua 0,20; su sección, como la

de casi todos los pozos moros, es un cuadrado de un metro de lado.

Pozo núm. 4.—Está situado unos 100 metros al S. del kilómetro 13 de la carretera Arrui-Batel, y perforado, análogamente al anterior, en los depósitos cuaternarios. Su profundidad total es de 2,50 metros, de los cuales 0,20 son de agua, y su sección es un cuadrado de un metro de lado.

Pozo núm. 6.—Está situado en las proximidades del zoco el Yemáa; tiene 14,25 metros de profundidad total y 0,25 de agua; su sección es un cuadrado de un metro de lado y está perforado en el mismo terreno que los anteriores.

Pozo núm. 7.—Situado como el anterior en las cercanías del zoco del Yemáa; su profundidad es de 16,70 metros y 0,10 de agua; su sección es un cuadrado de un metro de lado y está perforado en el mismo terreno.

Pozo núm. 8.—Se halla situado en la proximidad de la casa del Kelay. Su profundidad es de 30,30 metros, y el día que nosotros lo visitamos estaba en seco; como los anteriores, está perforado en el relleno cuaternario.

Pozo núm. 11.—Está situado un kilómetro al S. de la carretera Arrui-Batel y a la altura del kilómetro 5 $\frac{1}{2}$ de la misma; su profundidad total es de 6,65 metros y 0,35 de agua; está perforado en el cuaternario y su sección es un cuadrado de un metro de lado.

Pozo núm. 12.—Este pozo pertenece al Fakir Kaddur y está enclavado en tierras de Buxdaden; tiene una profundidad total de 5,85 metros, de los cuales 0,30 son de agua; su sección es cuadrada y está perforado en terreno arenoso con calizas cuaternarias.

Pozo núm. 16.—Este pozo pertenece a Kaddur Uarab; está situado a Poniente del camino que va de Arrui a Arnad; tiene una profundidad de 5,05, de la cual 0,05 son de

agua; su sección es un cuadrado de un metro de lado y está perforado en terreno de acarreo, siendo su fondo un banco calizo.

Pozo núm. 18.—Este pozo es el conocido con el nombre de Hasi-Tuil; tiene una profundidad de 15 metros, de la cual 1,50 es de agua; está perforado en terreno de acarreo y su caudal es el suficiente para cubrir las necesidades de cuatro aduares importantes, enclavados en sus proximidades.

Pozo núm. 24.—Conocido por el nombre de pozo de Butieb, está situado en las proximidades de la casa del Arbi y perforado en una pudinga cuaternaria; su profundidad total es de 2 metros, con uno de agua.

Pozo núm. 25.—Está situado en el patio de la casa del Arbi; tiene 2,80 metros de profundidad total y 0,30 de agua; su sección es un cuadrado de un metro de lado y su fondo corta las calizas pliocenas.

Pozo núm. 26.—Este pozo es el conocido con el nombre de Hasi Bu-Haxera y es uno de los más importantes de la región, tanto por la cantidad como por la calidad de sus aguas. Tiene 7,50 metros de profundidad y uno de agua; su sección en los tres primeros metros, abiertos en tierra vegetal, es un cuadrado de dos metros de lado; y el resto, que está perforado en un banco de calizas potentes, es circular, de un metro de diámetro.

Pozo núm. 27.—Este, conocido con el nombre de pozo de Mojtar-Lauch, situado en las proximidades de las casas de Bugaría, tiene una profundidad de 7,35 metros, de los cuales 0,35 son de agua; su sección es circular, de 2 metros de lado; está perforado en un aluvión con grandes cantos de calizas pliocenas, y en su fondo aparece un banco de estas calizas.

Pozo núm. 28.—Este pozo, propiedad de Sidi Mohamed

Uad Fakir Alel, está perforado en terreno análogo a los anteriores; tiene 21,60 metros de profundidad y 0,10 de agua, siendo su sección circular de 2 metros de diámetro.

Pozo núm. 29.—Este pozo está en la proximidad de la casa de Ablal-ben-Alal; tiene una profundidad de 5,60 metros y 0,20 de agua, algo más salitrosa que la de los anteriores; su sección es un círculo de 2 metros de diámetro y está perforado en aluvión cuaternario, siendo su fondo un banco calizo.

Pozos europeos.—*Pozo núm. 1.*—Es el conocido con el nombre de *Yarzan núm. 1*, perforado por el equipo de Sondeos que dirigía el Teniente de Ingenieros D. Ignacio Liso, en las proximidades de la posición militar del Batel; tiene una profundidad hasta el nivel del agua de 22 metros; un diámetro de 0,18 metros; el tubo de aspiración es de 0,05 metros de diámetro; se ha construido un depósito de 8.000 litros de capacidad, situado a 1,88 metros de altura sobre el suelo, que tarda en llenarse cinco horas, por medio de un malacate con una caballería.

Pozo núm. 2.—Es el designado con el nombre de *Yarzan núm. 2*, y como el anterior fué ejecutado bajo las órdenes del Teniente Liso; tiene una profundidad de 17 metros hasta el nivel del agua y un diámetro de 2 metros; el caudal máximo que se ha extraído en verano es de 100.000 litros. El agua es elevada a un depósito de 11.000 litros de capacidad, colocado a una altura de 2,80 metros sobre el suelo, por medio de una bomba de émbolos, situada a 2,50 sobre el agua y accionada por un motor de 7 HP; el tubo de aspiración tiene 0,05 de diámetro, con un gasto por segundo de 2,625 litros; ordinariamente se trabaja seis horas.

Pozo núm. 5.—Enclavado en la casa de Kuriat Luta, que la Compañía Española de Colonización está constru-

yendo en el kilómetro 9 de la carretera al Batel; tiene 9,70 metros de profundidad y 0,60 de agua; su sección es circular, de 1,30 metros de diámetro; está perforado en los limos y arenas del cuaternario.

Pozo núm. 9.—Enclavado en la parcela del Sr. Gandarias, a la altura del kilómetro 6 $\frac{1}{2}$ de la carretera Arrui-Batel y un kilómetro al S. de la misma; tiene 8 metros de profundidad, de los cuales 0,50 son de agua; su sección es circular, de 2 metros de diámetro; está perforado en el mismo terreno.

Pozo núm. 10.—Situado 900 metros al O. del anterior, tiene una profundidad de 7,30 metros y 0,30 de agua; su sección es circular, de 2 metros de diámetro, y está perforado en los limos y arenas. Tanto este pozo, que también pertenece al Sr. Gandarias, como el anterior, tienen bombas movidas a mano, capaces de elevar 3.000 litros por hora.

Pozo núm. 13.—Está enclavado en la finca que el señor Muñoz posee en el kilómetro 4 de la carretera Arrui-Batel; tiene una profundidad de 9,15 metros, con 3,20 de agua, que viene en el contacto de las calizas con capas arcillosas. Tiene un motor de 5 $\frac{1}{2}$ HP que acciona una bomba centrífuga.

Según las manifestaciones del dueño del terreno, dicha bomba es capaz de elevar 72.000 litros por hora, agotando el pozo en veinte a veinticinco minutos, que tarda en llenarse igual cantidad de tiempo.

Pozo núm. 14.—Situado en la esquina SO. de la finca del Sr. Muñoz, en seco.

Pozo núm. 15.—Situado en los terrenos que el señor Muñoz posee al S. de la carretera y a la altura del kilómetro 3 $\frac{1}{2}$ de la misma. Está perforado en terreno análogo al del pozo núm. 13; tiene 6,75 metros de profundidad y 0,75 de agua; su sección es circular, de 2 metros de diámetro;

el agua la elevan por medio de una bomba de mano, cuyo gasto es de 3.000 litros por hora.

Pozo núm. 17.—Situado en tierras de los Roques, a Levante del camino de Arrui a Arnad; tiene 11,60 metros y 2 de diámetro; perforado en terreno de acarreo, estaba seco en la época que lo visitamos.

Pozo núm. 19.—Está situado en la parcela de Fernando Zamora; tiene una profundidad total de 12 metros, con 0,40 de agua; su sección es circular, de 2 metros de diámetro, y está perforado en terreno de acarreo y calizas pliocenas; tiene una bomba de mano, cuyo gasto es de 3.000 litros por hora.

Pozo núm. 20.—Este pozo está enclavado en el patio del caserío de Sanchidrián; tiene una profundidad de 7,30 metros, con 0,25 de agua, siendo su sección circular de 2 metros de diámetro; está perforado en terreno de aluvión con grandes bloques de calizas.

Pozo núm. 21.—Está enclavado en la parcela de José Hernández; su profundidad total es de 11,20 metros, con 0,30 de agua y una sección de 2 metros de diámetro; perforado en terreno de acarreo, tiene una bomba de mano que eleva 3.000 litros por hora.

Pozo núm. 22.—Se encuentra dentro del caserío de Salas; tiene 14,20 metros de profundidad y 0,20 de agua, siendo su diámetro de 2 metros; está perforado en una masa de caliza compacta y el agua viene por una oquedad de la caliza casi circular de 5 decímetros de diámetro, que va en dirección S.; como en la mayor parte de los pozos europeos, su agua la elevan por medio de una bomba de mano de 3.000 litros por hora de gasto.

Pozo núm. 23.—Está situado en la parcela de D.^a Josefa Garrido; está perforado en calizas, siendo su profundidad de 11 metros, con 0,40 de agua y su diámetro de

2 metros; tiene instalada una noria que da 7.000 litros por hora.

Todos estos pozos están al S. de la línea del ferrocarril que va al Batel; al N. de dicha línea férrea, aparte del pozo de la casa del Mir que está en seco, sólo hay en las proximidades de la estación de Arrui los pozos siguientes:

Pozo núm. 30.—Situado en la parcela de Andrés Sánchez, unos 800 metros al N. de la vía férrea; tiene una profundidad de 12,50 metros, con 3 de agua y una sección de 2 metros de diámetro; está perforado en calizas pliocenas que tuvieron que romper con barrenos los 11,50 primeros, y el resto en margas fácilmente arrancadas con pico.

A los 6 metros aparecieron pequeños veneros de agua que circulaban por las oquedades de las calizas, y ya en el fondo vino el mayor caudal, entre las grietas de las margas, por entre las cuales circulaba el agua a gran presión.

Tienen instalada una noria que eleva 10.000 litros por hora.

Pozo núm. 31.—Situado en un tejár que existe al N. de la vía férrea, frente a la estación de Arrui y a 400 metros de ella, tiene una profundidad de 3 metros, con 0,40 de agua y una sección de 2 metros; está perforado en terreno cuaternario.

Pozo núm. 32.—Está emplazado en la parcela de Plácido Sánchez; tiene 11 metros de profundidad y 0,40 de agua; su diámetro es de 2 metros y está perforado primero en calizas pliocenas y luego en margas.

Pozos en el poblado de Monte Arrui.—En las diferentes casas que los colonos han construido en este poblado, en la vertiente N. de la colina que le da nombre y sobre la que se asienta la posición militar, se han construido hasta 13 pozos, casi todos ellos más o menos abundantes,

de calidad bastante aceptable, que proporcionan con exceso el caudal de agua suficiente para las necesidades del poblado; únicamente el pozo de la estación del ferrocarril del Estado no tiene agua, siendo su profundidad de 8 metros.

Todos estos pozos están orientados según dos fajas paralelas de dirección E. 40° S. a O. 40° N., siendo digno de anotarse que en esta dirección están afirmados los pozos más abundantes y de mejor agua.

De todos los pozos practicados en el poblado, los más próximos a la carretera general Zeluán-Arrui-Batel, son los más abundantes, disminuyendo el caudal a medida que los pozos están perforados más cerca de la colina de Arrui.

Todos son de sección circular de 2 metros de diámetro, tienen bombas de mano algunos de ellos y su profundidad varía de 11 a 16 metros, con una cantidad de agua variable de 0,50 a un metro.

Calidad de las aguas. — Todas las aguas obtenidas en los pozos perforados en la llanura del Garet, se pueden agrupar en tres clases:

1.^a Aguas sumamente salitrosas, que no las beben ni los indígenas.

2.^a Aguas menos salitrosas, que beben los indígenas y europeos ya aclimatados al país.

3.^a Las llamadas dulces, que, sin serlo del todo, se pueden beber.

Como no tendría un fin práctico anotar los análisis de las aguas de todos los pozos anteriormente reseñados, nos limitaremos a dar los resultados de los practicados en el Laboratorio Municipal de Madrid, con muestras de cada una de las tres clases de agua antes descriptas.

Aguas de la 1.^a clase. — Análisis de las aguas del pozo núm. 5 (Kuriat-Luta):

Incolora, inodora, con sedimento ocráceo. Reacción alcalina.

| | |
|--|-----------|
| Grado de dureza total B y B..... | 240° |
| Residuo fijo a 110° C.. Gramos por litro. | 9,920 |
| Item al rojo..... | 8,046 |
| Cal total..... | 0,818 |
| Magnesia total..... | 0,748 |
| Cloro expresado en cloruro de sodio.... | 6,022 |
| Acido sulfúrico combinado..... | 0,924 |
| Materia orgánica expresada por el oxígeno que requiere su combustión (determinación alcalina)..... | 0,002 |
| Amoniaco por destilación..... | 0,000077 |
| Acido nitroso..... | contiene. |

EXAMEN BACTERIOLÓGICO

Determinación cuantitativa. — Número de gérmenes bacterianos aerobios por c. c. desarrollados en cultivos en agar a 37° C: 6.600 hasta el tercer día, en que no aparecieron nuevas colonias. Idem id. en gelatina a 20-22° C, 8.000 hasta el quinto día, en que se fluidificó totalmente el medio de cultivo.

ESPECIFICACIÓN

Se ha encontrado el *b. coli communis* (Escherich) por los métodos de la bilis y el del caldo Ficker. El procedimiento de Parietti dió resultado negativo. No se han encontrado gérmenes del grupo Eberth aplicando en la investigación los métodos anteriores.

EXPERIMENTACIÓN FISIOLÓGICA

Los conejillos de Indias, inoculados intraperitonealmente con los cultivos de esta muestra en caldo, sólo experimen-

taron ligeras alteraciones en sus constantes fisiológicas. De los anteriores datos, dedúcese que reúne malas condiciones de potabilidad por su enorme mineralización e impurificación amoniacal y nitrosa, así como por estar contaminada con bacterias de origen intestinal.

Aguas de la 2.^a clase.—Análisis de las aguas del pozo número 22 (Caserío de Salas).

Débilmente opalina, olor sulfhídrico, sedimento orgánico y mineral. Reacción alcalina.

| | |
|--|---------|
| Grado de dureza total B y B..... | 152° |
| Residuo fijo a 110° C.. Gramos por litro. | 2,804 |
| Idem al rojo..... | 2,166 |
| Cal total..... | 0,305 |
| Magnesia total..... | 0,099 |
| Cloro expresado en el cloruro de sodio... | 1,728 |
| Acido sulfúrico combinado..... | 0,121 |
| Materia orgánica expresada por el oxígeno que requiere su combustión (determinación alcalina)..... | 0,006 |
| Amoniaco por destilación..... | 0,00015 |
| Presencia de ácido sulfhídrico. | |

EXAMEN BACTERIOLÓGICO

Determinación cuantitativa.—Número de gérmenes bacterianos aerobios por c. c. desarrollados en cultivos en agar a 37° C: 32.400 hasta el tercer día, en que ya no aparecieron nuevas colonias. Idem íd. en gelatina a 20-22° C: 40.300 hasta el quinto día en que se fluidificó totalmente el medio de cultivo.

ESPECIFICACIÓN

Se ha encontrado el *b. coli communis* (Escherich) por los métodos de la bilis y el del caldo Ficker. El procedi-

miento de Parietti dió resultado negativo. No se han encontrado bacterias del grupo del *b. Eberth* por los anteriores métodos.

EXPERIMENTACIÓN FISIOLÓGICA

Los conejillos de Indias, inoculados intraperitonealmente con los cultivos de esta muestra de caldo, sólo experimentaron ligeras alteraciones en sus constantes fisiológicas.

De los datos que preceden se deduce que reúne malas condiciones de potabilidad por impurificación amoniacal y sulfhídrica y mineralización excesiva, así como por contener bacterias de origen intestinal.

Aguas de la 3.^a clase—Análisis de las aguas del pozo núm. 27, de Mojtar Lanch.

Incolora, transparente, olor sulfhídrico, depósitos de sedimento mineral. Reacción alcalina.

| | |
|--|---------|
| Grado de dureza total B y B..... | 84° |
| Residuo fijo a 110° C.. Gramos por litro. | 2,202 |
| Idem al rojo..... | 1,848 |
| Cal total..... | 0,213 |
| Magnesia total..... | 0,091 |
| Cloro expresado en cloruro de sodio.... | 1,404 |
| Acido sulfúrico combinado..... | 0,089 |
| Materia orgánica expresada por el oxígeno que requiere su combustión (determinación alcalina)..... | 0,005 |
| Amoniaco por destilación..... | 0,00008 |
| Presencia de ácido sulfhídrico. | |

EXAMEN BACTERIOLÓGICO

Experimentación fisiológica.—Número de gérmenes bacterianos aerobios por c. c. desarrollados en cultivos en agar a 37° C: 2.000 hasta el cuarto día, en que ya no aparecieron nuevas colonias. Idem. íd. en gelatina a 20-22° C: 6.000

hasta el sexto día, en que se fluidificó totalmente el medio de cultivo.

ESPECIFICACIÓN

Se ha encontrado el *b. coli communis* (Escherich) por los métodos de la bilis y el del caldo Ficker. El procedimiento de Parietti dió resultado negativo. No se han encontrado bacterias del grupo Eberth por los métodos anteriores.

EXPERIMENTACIÓN FISIOLÓGICA

Los conejillos de Indias, inoculados intraperitonealmente con los cultivos de esta muestra en caldo, no experimentaron alteraciones notables en sus constantes fisiológicas.

De los datos que preceden se deduce que reúne malas condiciones de potabilidad por mineralización excesiva, impurificación amoniacal y nitrosa y por contener bacterias de origen intestinal.

Condiciones del primer manto acuifero subterráneo del Garet.

Para determinar con precisión la forma y posición del manto acuifero que alimenta los pozos que hemos descrito, que indudablemente es el mismo para todos, sería necesario efectuar la nivelación de las bocas de los pozos, y conocidas las profundidades a que se alcance el agua, podrían determinarse distintos puntos de aquél.

Pero podemos tener una idea muy aproximada, evitándonos tan enojosa operación, gracias a las condiciones especiales de regularidad que presenta esta llanura y a existir en ella una línea de comparación para la nivelación de las bocas de los pozos, que es la línea férrea que la atraviesa en línea recta con una pendiente de 2 por 1.000.

Si se comparan los pozos que están situados a lo largo

de esta línea, que son los números 3, 5, 9, 10, 11 y 15, se observa que, respectivamente, las profundidades a que alcanzan el agua son de 13, 9, 10, 7,50, 7, 6,30 y 6 metros, es decir, que en los 9 kilómetros que separan al pozo número 3 del núm. 15 existe una diferencia de $13 - 6 = 7$ metros, y como en esa distancia el desnivel de la superficie es de 18 metros, resulta que la verdadera diferencia de nivel del manto acuifero es de $18 + 6 - 13$, o sea de 11 metros en 9 kilómetros.

La pendiente debe de ser casi uniforme, porque si se comparan las diferencias del nivel a que se alcanza el agua, entre cada dos pozos consecutivos (3,40 entre el 3 y el 5; 1,60 entre el 5 y el 9; 0,50 entre el 9 y el 10; 0,70 entre el 10 y el 11, y 0,30 entre 11 y el 15), con las distancias entre los pozos, se observa que guardan cierta proporcionalidad.

Se observa también que dado el desnivel de la superficie y el que hemos deducido para el manto subterráneo, éste debe cortar a aquél en las proximidades de Monte Arrui, y efectivamente así sucede, aflorando al pie de dicho cerro, dando origen su desagüe al río Tegaud o de Zeluán.

Cantidad de agua.—Al hablar de la cuenca de Mar Chica en las consideraciones generales, citábamos la cifra de 180 litros por segundo dada por un aforo efectuado en el río Tegaud, al pie de la alcazaba de Zeluán, en Septiembre de 1917; este caudal corresponde a más de 5.700.000 metros cúbicos por año, pues hay que tener en cuenta que fué practicado en estiaje.

La cantidad de agua caída en la llanura del Garet hemos dicho que es de 300 milímetros por año, o sean 3.000 metros cúbicos por hectárea; la cantidad de 5.700.000 metros cúbicos correspondería a una superficie de 1.900 hectáreas.

Dadas las condiciones de gran evaporación, poca per-

meabilidad, forma de lluvias, etc., que presenta la cuenca, no se debe tomar para el manto subterráneo más del 25 por 100 de la altura del agua caída.

Por lo tanto, la cantidad de agua contenida corresponde a una superficie de 7.600 hectáreas, y como la extensión de la cuenca es de 47.700 hectáreas, resulta que este manto representa aproximadamente la sexta parte de las aguas de la cuenca.

Calidad de las aguas.—De los análisis practicados se deduce que el principal defecto de estas aguas es debido al exceso de mineralización, y dentro de ésta, a la enorme cantidad de cloruro sódico que contienen.

En toda Argelia, y especialmente en el departamento de Orán, es esto muy frecuente, y casi todos los geólogos lo explican por la disolución del cloruro sódico contenido en las rocas pertenecientes a los numerosos afloramientos atribuidos al terreno triásico, que contienen grandes cantidades de yeso y sal.

También en el terciario, en el mioceno principalmente, se encuentran arcillas y gredas conteniendo cloruro sódico. En los bordes de esta llanura lo hemos comprobado en las margas arcillosas de Bu-Xerif; verdad es que estando en la proximidad de un apuntamiento triásico, quizás el origen de la sal sea debido a éste, pues en las mismas margas que afloran en Buxdar no la hemos encontrado.

Como el cloruro sódico no desaparece por filtración, resulta que las corrientes subterráneas que lo contienen, por pasar por los sedimentos triásicos o terciarios, llevan esta sal a todas las corrientes a que se unen en el fondo de la cuenca, disminuyendo la proporción al encontrarse con corrientes de aguas más puras, y aumentando en caso contrario.

Esto explica las diferencias de sal que se encuentran en los diferentes pozos.

Es muy difícil precisar el camino seguido por estas corrientes, pues no existen en la llanura las vaguadas y barrancos que generalmente ayudan a indicar el trazado de los afluentes subterráneos, pero es de suponer que las mayores cantidades de agua deben penetrar en la llanura por los barrancos que desembocan en ella, dirigiéndose hacia el centro de la cuenca, y debido a la pendiente de ésta, llevarán luego la dirección de la corriente principal hacia Mar Chica.

Las aguas procedentes del NO. deben contener bastante cantidad de sal procedente del manchón triásico de Bu-Xerif, y las arcillas del mioceno, que ya hemos dicho son también saladas. Es posible que esta corriente sea el motivo de que el pozo núm. 5 sea uno de los más salados.

En la zona de Batel es muy probable también la existencia del triás en profundidad, ocupando una posición análoga con respecto a la cordillera de Tistutin, a la que ocupa el de Bu-Xerif al final de la de Beni-bu-Ifrur. Además los afloramientos de yesos con ofita en esta cordillera, también parecen indicarlo.

En cambio las aguas que desembocan a los lados del marabu de Sidi-Mohand-ben-Iusuf, procedentes de los terrenos cretáceos que forman el macizo de los Ych-Usugaj, en donde no hemos encontrado el triás, es probable sean más dulces.

Las procedentes de la zona de Bu-Aiduz y parte de los Ziata que desembocan por Fum-el-Krima, también deben de contener bastante cloruro sódico, pues hemos comprobado apuntamientos triásicos en la parte de la meseta de los Ziata afluente a este barranco; es posible que esta corriente sea la causa de la sal que contiene el pozo núm. 18.

El resto de la cordillera hasta Karn-Sba, en cuyo trozo afloran calizas jurásicas, deben ser más dulces, y así parecen comprobarlo los pozos 26, 27 y 28, que son los que contienen aguas menos saladas en esta llanura.

Conclusiones.—Del estudio teórico expuesto, resulta que las condiciones de esta cuenca no parecen favorables para la existencia de mantos artesianos, aunque sí es posible el hallazgo de algunos ascendentes, aunque no emergentes. Sin embargo, como el estudio teórico no es nunca suficiente no estando terminado en detalle el geológico, y el origen de la mayoría de las cuencas artesianas argelinas es debido a las aguas que circulan por las calizas profundas que, habiendo penetrado a gran altura, ascienden al llegar al fondo del sinclinal por grietas, hasta ser detenidas por un nivel impermeable que suele pertenecer al terciario o cuaternario, creemos sería conveniente situar un sondeo en esta llanura hasta atravesar el terciario, que aunque no descubriera mantos artesianos, siempre serviría para conocer las condiciones de distintos niveles, algunos probablemente ascendentes, que podían ser de interés.

Llanura del Guerruau.

Situada a 200 metros de altura sobre la del Garet, queda esta llanura al S. y separada de aquélla por el macizo del Hamsa y estribaciones occidentales del Yebel Kerker, que la limitan por el N.; las meridionales de este último macizo, que forman el Bu-Slafen, Dahar-el-Herech, Selun y montes de Itala, la terminan por Oriente; al S. parte del Tikerdedin y Fizan, que al unirse a la cordillera de Beni-Hidur, que cierra el SO., por una pequeña estribación, deja dos pasos o puertos, de los que el más bajo y princi-

pal, el situado a Levante, lleva el nombre de Fum-Tahtania, estando formado por el barranco de desagüe del Griuiu (Guerruau pequeño), llanura de menores dimensiones situada a unos 100 metros de altura al S. del Guerruau. El río Gan forma el límite occidental de esta llanura, sirviendo a la vez de frontera a las cabilas nómadas de Beni-bu-Zalú y Mtalza.

Su suelo es igual al del Garet, constituido por limos y arenas del cuaternario, de aspecto estepario. Presenta la llanura unas suaves depresiones u hondonadas que reciben en el país el nombre de «dayas», siendo aquí designada la mayor con el de Fert. Lo mismo que en el Garet, los barrancos que nacen en las montañas que la limitan, apenas penetran en el llano se esfuman o desaparecen sin llegar a las «dayas». A Poniente de ellas y ocupando la zona central y occidental de la llanura, asoman unos cerros aislados que reciben los nombres de Mezeite Kebira el mayor y Sequira el menor, y que parecen pertenecer a las cumbres o crestas más altas de una pequeña cordillera, sumergida casi en su totalidad en los depósitos de relleno de la llanura.

Es posible que estos asomos correspondan al eje de un pequeño anticlinal que divide en dos menores el gran sinclinal que al parecer forma el substratum de la llanura, y cuyas zonas más profundas parecen denunciadas por las depresiones de las «dayas».

Siguiendo el mismo método que en el Garet, comenzaremos por examinar las condiciones hidrológicas de las montañas que rodean la cuenca, aunque de una manera incompleta, por no haber podido hasta ahora recorrer algunas de ellas.

Macizo del Kerker.—Separa, como hemos dicho, la llanura del Guerruau de las del Garet y Haraig, formando

un núcleo montañoso cuya mayor longitud, de 15 kilómetros, está orientada de E. 20° S. a O. 20° N., que es la dirección de sus cumbres principales, quedando las más elevadas (Ras Kerker, 1 005 metros, y Karus-Han-el-Biod, 960 metros) en su zona oriental; ocupando la central el Bu-Slafén (840 metros) al S. y la Abada de Sidi Mojtar (860 metros) al N.; yendo descendiendo por su zona occidental, en donde se encuentra el Yebel Rbat (845 metros) y el Bu-Ibdirn (890 metros); siguiendo bajando hasta Auk-el-Yemel, en donde forma al unirse con las estribaciones del Hamsa el puerto llamado Fum-el-Guerruau (500 metros). La mayor anchura de este macizo viene a ser de 12 kilómetros.

Aunque no nos ha sido posible reconocerle como hubiéramos deseado, por constituir en la época que le recorrimos el límite de la zona pacificada, puede casi afirmarse que su estructura geológica consiste en una gran bóveda anticlinal elíptica, cuyo eje mayor está orientado en dirección aproximada E. 20° S. a O. 20° N.

Los buzamientos en este borde son por lo tanto favorables, penetrando las capas por debajo de la llanura. La constitución de éstas es la siguiente, en la vertiente SO. que nos ocupa:

En la parte más alta del macizo afloran las calizas compactas del jurásico, que ocupan las cumbres. Cerca de Bu-Ibdirn se encuentran simas, entre ellas una conocida con el nombre de Uden-el-Ard (Oreja de la tierra), muy profunda, en la que, según la tradición indígena, eran arrojados los cuerpos de los prisioneros de guerra y gente que se quería hacer desaparecer. Estas simas prueban que la mayor parte de las aguas caídas en estas calizas deben penetrar y descender, siguiendo en masa hasta el encuentro con otras formaciones.

Sobre las calizas se apoya una serie de margas arcillo-

sas, de color gris verdoso, que alternan con bancos de areniscas amarillentas, que van aumentando en cantidad y espesor según se va ascendiendo en la serie, llegando a dominar en la parte más alta, en la que vienen separados por hiladas arcillosas verdes o rojizas (fot. 3). Llevan la dirección aproximada E. 20° S. a O. 20° N., con buzamiento de unos 40° al SO. No se han encontrado fósiles, pero la situación estratigráfica que ocupan estas capas nos induce a suponerlas cretáceas.

Sobre esta formación, y recubriéndola en discordancia, coronando las cumbres y parte de las laderas de los barrancos, viene el eoceno, en bancos en algunos sitios horizontales y en otros con buzamientos siempre menores que las capas anteriores, y constituido por conglomerados y calizas sabulosas y arcillosas.

Macizo del Hamsa —Forma el borde N. de la llanura, pero no reúne las condiciones favorables de buzamiento que el anterior, pues entre el Fum-el-Guerruau o puerto de Arneb, que forma su límite oriental, y el río Gan, las capas cretáceas, margas y calizas que ocupan su mayor parte, llevan en los escarpes que dan a la llanura buzamiento al N., y las calizas arcillosas eocenas que a trozos le recubren, sólo en algunas zonas buzan al S.

Las vertientes meridionales de este macizo montañoso, cuyo punto culminante, el Hamsa, tiene unos 800 metros de cota, tienen su estructura en sinclinal, viniendo indicado el eje de éste por los residuos de las formaciones detríticas rojizas del oligoceno continental que desde los cerros de Ych-Usugaj, en jirones, aparecen hasta el puerto de entrada al Guerruau, próximo al Gan, conocido por Teniet-el-Hamara.

La cordillera de Beni-Hidur, que cierra por el SO. la lla-

nura desde Fum-Tahtania hasta las alturas que dominan por Oriente el zoco del Tlate de Bu-Becker, ya situado en la llanura de Mtalza, al pie del apuntamiento triásico de los cerros de Siyah, forma ya el límite de la zona pacificada, por lo que no hemos podido recorrerla, pero a juzgar por su constitución en su extremo NO., en donde se halla la posición militar de Sidi Ali, está también compuesta de terreno cretáceo, recubierto por las calizas eocenas, llevando sus capas una dirección aproximada a la de la cordillera, con buzamiento al NE.; por lo tanto, favorable a la llanura.

Las estribaciones meridionales del Kerker, que constituyen el límite oriental, por el motivo arriba indicado, tampoco han podido reconocerse, pero el buzamiento constante de sus capas, vistas desde la llanura, es hacia el S.

De todo lo expuesto resulta, que las capas que presentan buzamientos favorables para la formación de mantos subterráneos en la llanura, son las del Kerker y Beni-Hidur, cuyas condiciones hidrológicas deben examinarse.

Respecto a las primeras, es posible que el nivel de las calizas jurásicas, recubierto por depósitos impermeables del cretáceo, encierre un manto acuífero importante y, dada la altura a que afloran, con presión suficiente para ser artesiano; pero la incertidumbre de la continuidad de este nivel y la profundidad a que, en caso de existir, pudiera alcanzarse en la llanura, sería enorme, y consideramos sumamente arriesgado el emprenderlo.

En las capas cretáceas es de gran interés el estudio de los pozos indígenas que existen sobre ellas en esta vertiente, que son los únicos que se encuentran en la cuenca del Guerruau.

Forman tres series principales, que se conocen con los nombres de Timmersaf, Bu-Slafén y Rmila, de superior a inferior; están situados en los barrancos que separan el

Yebel Rbat del Bu-Slafén y el Bu-Ibdirn, que una vez unidos desembocan en la meseta del Guerruau por el barranco de Rmila, cerca de la posición militar de Afsó.

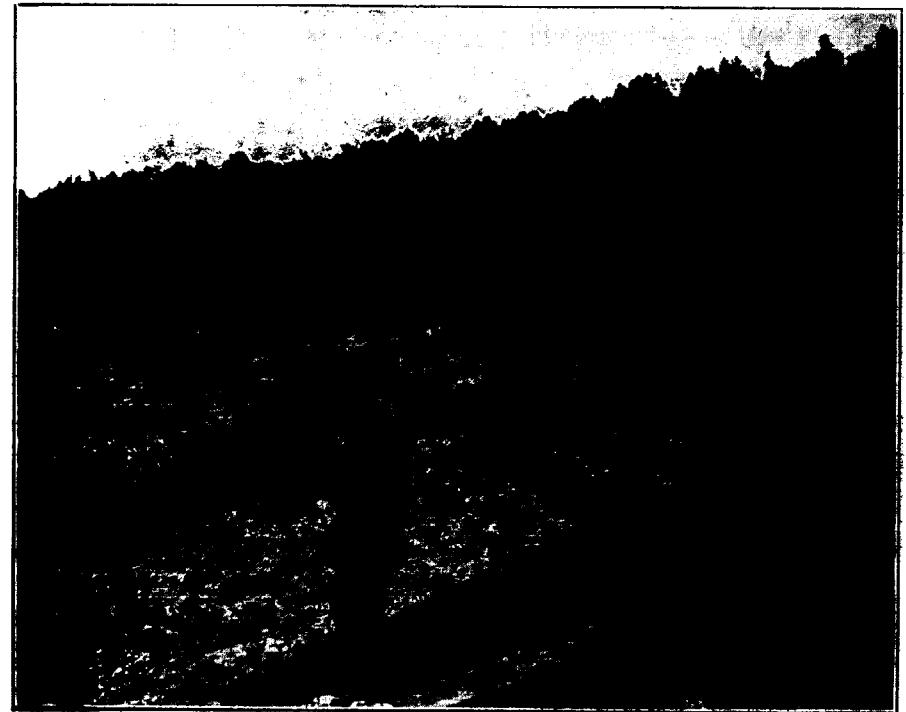


Fig. 3.—Capas cretáceas en Bu-Slafén.

El pozo de Timmersaf, situado 740 metros de cota sobre el nivel del mar, está perforado en las margas arcillosas verdosas, tiene 8 metros de profundidad, y al reconocerlo en el mes de Mayo tenía en su fondo 0,25 metros de agua. Aseguran los indígenas que se llena en el espacio de una noche y que no se seca durante el estiaje. Se surten de él trece familias, con sus ganados.

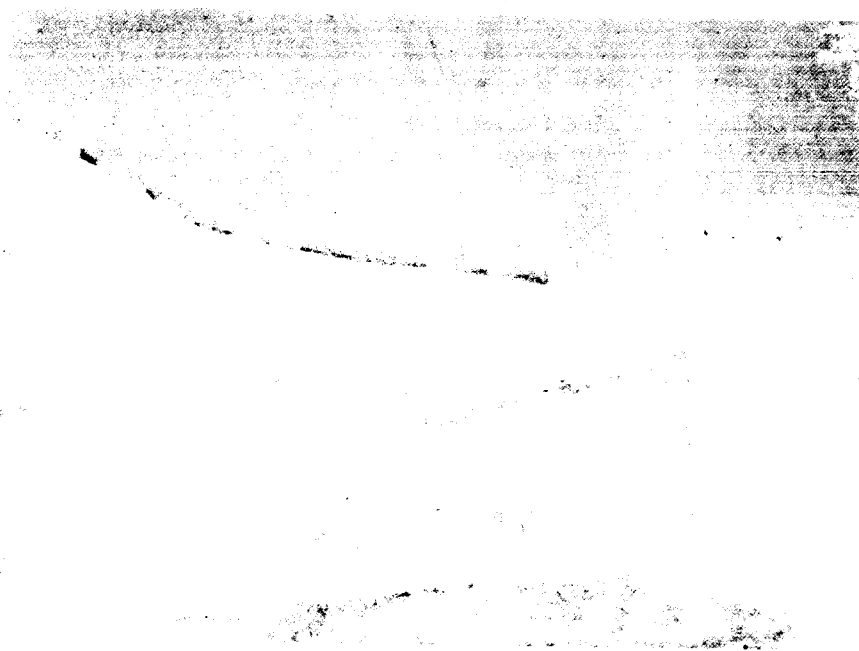
Descendiendo por el barranco y a una altura de 650 metros, en una pequeña depresión rellena de aluvial, se hallan



For. 3.—Capas cretáceas en Bu-Slafen.

los cuatro pozos, algunos de ellos cegados, que llevan el nombre de Bu-Slafén.

El terreno está formado principalmente por capas de areniscas separadas por bancos margosos (fot. 3). Los pozos perforados en el aluvial (fot. 4), tenían 8 metros de profundidad y 4 de agua.



Fot. 4. — Pozos de Bu-Slafén.

En el barranco que nace entre la cima de Bu-Ibdirn y la del Rbat, por el S., se encuentra, a una altura de 600 metros y muy próximo al punto de confluencia con el anterior, otro pozo perforado en las margas cretáceas, con una profundidad de 4 metros y 0,50 de agua.

Continuando descendiendo por el barranco, que ya en estos lugares recibe el nombre de Rmila, aumenta bruscamente la pendiente del cauce, que se encuentra recubierta

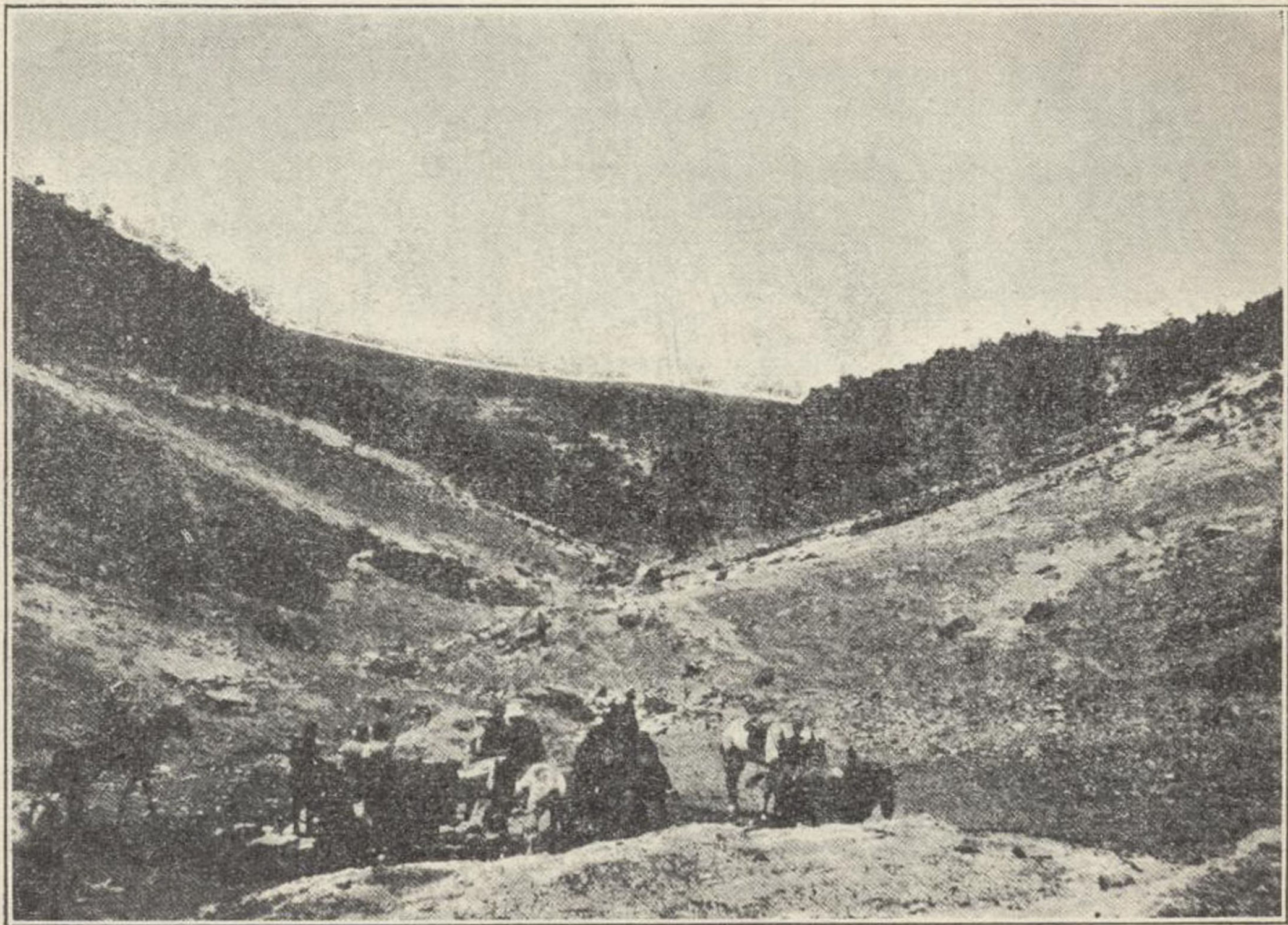
por grandes bloques de calizas eocenas procedentes de las cumbres próximas, y en esta zona es en donde se encuentran las aguadas principales, formadas por 12 pozos, en tres grupos o niveles principales, algunos cegados e inservibles, pero de ellos 7 aprovechables: 4 en el primero, 2 en el segundo y 1 en el tercero, que son de los que se abastecen las tropas de la posición militar de Afsó y las de la Policía Indígena de Sidi Migián, y de los que han hecho un detenido estudio los Ingenieros Militares al ejecutar su limpieza y habilitación.

Estos pozos, numerados según se va descendiendo, tenían en el momento de la observación, a mediados de Mayo de 1919, las profundidades y alturas de agua consignadas en el siguiente cuadro:

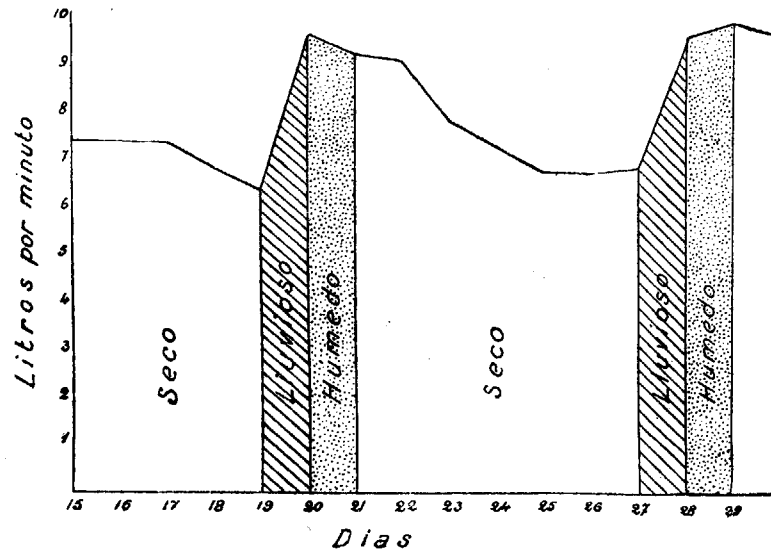
| POZOS | | Profundidad. | Altura de agua. |
|--------|--------|--------------|-----------------|
| Número | 1..... | 4,90 metros. | 0,50 metros. |
| » | 2..... | 5,00 » | 0,50 » |
| » | 3..... | 4,00 » | 3,30 » |
| » | 4..... | 4,40 » | 1,00 » |
| » | 5..... | 3,25 » | 2,00 » |
| » | 6..... | 3,50 » | 2,00 » |
| » | 7..... | 5,00 » | 0,50 » |

Los que se juzgaron más importantes son los pozos números 5 y 6, en los que posteriormente se han ejecutado trabajos de captación, que fueron estudiados y efectuados por el Capitán de Ingenieros D. Antonio Sarmiento, encargado de dirigir estos trabajos, y de cuya Memoria tomamos muchos de estos datos.

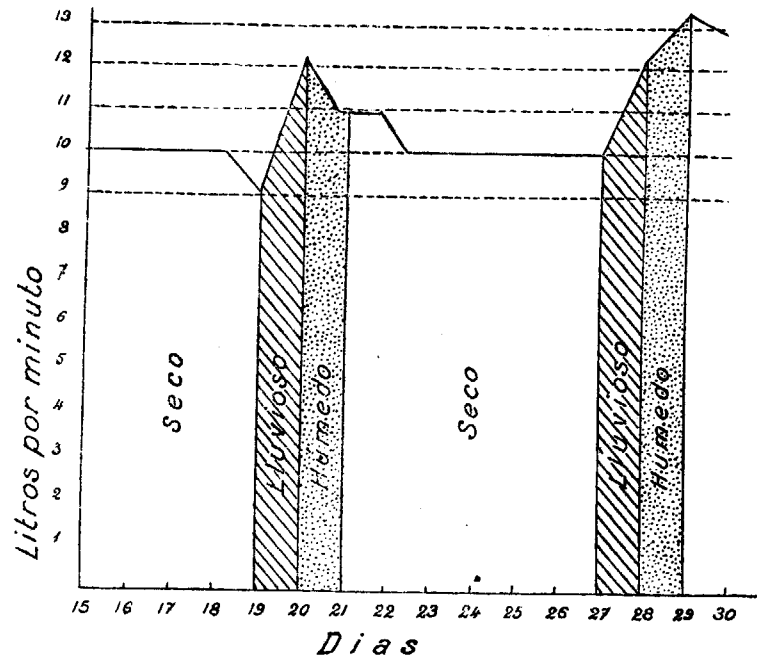
A continuación presentamos unos gráficos, trazados por el citado Oficial como resumen de sus observaciones, sobre el gasto o caudal de estos pozos, efectuadas en la segunda quincena del mes de Junio, que, según indica, fueron análogas a las de la segunda quincena de Mayo y primera de Junio.



FOT. 4.—Pozos de Bu-Slafen.



Pozo núm. 5.



Pozo núm. 6.—Gráficos del gasto de litros por minuto.

La observación de estos gráficos nos sugiere algunas consideraciones: 1.^a La semejanza de ambos indica que los dos pozos pertenecen al mismo nivel hidrostático. 2.^a Se observa que las lluvias, como es natural, influyen inmediatamente después de su caída aumentando rápidamente el gasto, aumento debido al caudal superficial y freático, pero transcurridos tres días el gasto vuelve a ser normal y se mantiene sin variación, no teniendo relación tan directa con las lluvias, sino indicando más bien el carácter más regular y de permanencia peculiar a un régimen subterráneo.

Tomamos de la Memoria del Capitán Sr. Sarmiento el siguiente análisis de estas aguas, que ha sido practicado por el Farmacéutico segundo D. Pascual Calvo:

| | | | | |
|---|---|-------------------------------|-------------------------|---------------|
| Coloración | } Nulos. | Sabor: Agradable. | } Buena. | |
| Olor | | Transparencia. | | |
| | | Dureza total. | 37° (franceses). | |
| Reacción: Neutra. | | » permanente. | 22° » | |
| | | » temporal | 35° » | |
| Cal total (en ácido cálcico) | | | 0,114 gramos por litro. | |
| Magnesia | | | 0,1554 » » | |
| Sulfatos (en ácido sulfúrico) | | | 0,1312 » » | |
| Acido carbónico | | | } 0 | |
| Hierro | | | | |
| Cloruros | } En sódico | | 0,2647 » » | |
| | | En cloruro | | 0,1604 » » |
| Nitritos | | | } 0 | |
| Nitratos | | | | |
| Amoniaco | | | | |
| Materia orgánica (en líquido ácido) | } En solución de Mn O ₄ K ² /1000 | | 47,1895 c/c. por litro. | |
| | | Mn O ₄ K | | 0,0149 grs. » |
| | | En O | | 0,0037 » » |

Análisis micrográfico normal.

Se trata de aguas que, aunque de grado hidrotimétrico elevado, una vez captadas y acondicionadas, reunirán condiciones de potabilidad, porque la materia orgánica se podrá casi hacer desaparecer.

La escasez de las lluvias en la región, lo dilatado del estiaje y las afirmaciones de los indígenas, que aseguran existe agua en los pozos más elevados al fin de aquél, unido a las conclusiones que parecen deducirse de los gráficos que hemos examinado, nos induce a sospechar que el régimen de estas aguas no es debido exclusivamente a un manto freático, sino que parece influido en parte por un régimen más profundo, que podría explicarse de la siguiente manera:

Siendo la dirección del barranco casi normal a la de las capas y el buzamiento de éstas mayor que la pendiente de aquél, las que penetren por las juntas de estratificación y por las capas de mayor permeabilidad deben reunir condiciones de presión suficientes para ser ascendentes o artesianas si son alcanzadas por un taladro ejecutado en el barranco, aguas abajo del afloramiento de la capa por donde circulan.

Es posible, por lo tanto, que el régimen de los pozos abiertos en las margas impermeables del cauce del barranco sea debido, en parte, a que corten en su fondo algunas de las capas permeables, ascendiendo el agua hasta llegar al nivel de la superficie piezométrica.

Si esto fuere así, es evidente que esta vertiente reuniría condiciones adecuadas para contener mantos artesianos que podrían ser alcanzados en la llanura por medio de sondeos a gran profundidad, pero para poderlo afirmar sería necesario ejecutar pequeños sondeos en puntos elegidos de antemano en el cauce del barranco, que indicarían si la hipótesis emitida es o no cierta.

Vemos, por lo expuesto, que es posible que las capas secundarias, que constituyen el substratum de la llanura del Guerrau, encierren mantos artesianos; vamos ahora a examinar los niveles acuíferos que pueden existir en los terrenos terciarios o cuaternarios de la llanura.

Las capas eocenas, de contener niveles acuíferos, por no venir recubiertas en las laderas de las montañas en que afloran por capas impermeables, al buzar en el llano no contendrían presión suficiente para ser emergentes, sino, a lo más, solamente ascendentes.

No hemos encontrado hasta ahora el mioceno en la llanura, pero de encontrarse en el fondo de la cuenca recubierto por el cuaternario, con mucho mayor motivo ocurriría lo mismo que hemos dicho acerca del eoceno.

En cuanto a las aguas contenidas en el cuaternario, lo que sucede en la llanura del Garet nos indica que debe de existir un nivel de relativa importancia, pero la profundidad a que éste se encuentra es desconocida y puede ser muy grande, como sucede en la llanura del Zebra, próxima al Muluya, en donde el pozo de la Granja Agrícola, perforado en el cuaternario, alcanza el agua unos 90 metros de profundidad, y no siendo este nivel ascendente no tendría objeto el llegar a él, pues pasando de unos 30 metros de profundidad no resultaría económica la utilización del agua para la agricultura por el coste de su elevación.

Como conclusiones respecto a esta llanura, creemos sería conveniente practicar los pequeños sondeos que hemos indicado en las capas cretáceas, para asegurarnos de sus condiciones hidrológicas, y situar también un sondeo en la llanura que indicaría los mantos existentes en el cuaternario y terciario y sus condiciones de cantidad, calidad y profundidad.

Resumen y conclusiones.

Cantidad y calidad de las aguas.—Se trata, como hemos visto, de una zona de pocas precipitaciones pluviales, de gran evaporación, de lluvias de forma torrencial con

rápido desagüe en las montañas y, por lo tanto, de malísimas condiciones hidrológicas respecto a cantidad.

Al mismo tiempo la frecuencia de margas yeso-saladas, probablemente pertenecientes al triás, y la existencia de rocas conteniendo también sales solubles y saladas en los terrenos miocenos, tan frecuentes en los llanos, carga las pocas aguas que existen de cloruro sódico, inutilizándolas en gran parte para la bebida y la agricultura.

Desgraciadamente, no es de esperar que puedan variar-se, ni aun con la investigación que aconsejamos de nuevos recursos, que siempre serán escasos, las consecuencias naturales de condiciones tan desfavorables, pero para tratar de disminuirlas, dentro de lo posible, se recomienda:

1.º Emplear los procedimientos propuestos por el Ingeniero de Minas D. Horacio Bentabol en la segunda parte de su obra *Las aguas de España y Portugal* (1), todos ellos aplicables a esta región en cuanto a detener el agua de lluvia, sustrayéndola de la evaporación y estancamiento, favoreciendo por todos los medios posibles la formación de mantos subterráneos.

2.º Determinar los lugares en que las aguas se cargan de sales, mediante un estudio detenido de los apuntamientos triásicos y demás yacimientos de rocas que contienen cloruro sódico, por si conocidas su forma y extensión pudiera hallarse modo de aislarlos, dentro de lo posible, disminuyendo sus contactos con los mantos acuíferos o captando las aguas antes de su paso por dichos terrenos.

Programa de trabajos hidráulicos.—Aunque orográficamente toda la zona de que estamos ocupándonos pertenece, como hemos visto, al Tell o región litoral, sus condiciones climatológicas aconsejan que análogamente que en

(1) *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*. Tomo XXV, 1898.
216

Argelia, aunque naturalmente en una escala muchísimo menor, debe considerarse dividida esta región oriental en dos zonas, atendiendo principalmente a los trabajos hidráulicos que en ella deben realizarse: una litoral, propia para la colonización, cuya característica es el cultivo de cereales, y otra segunda interior, cuyas condiciones son semejantes a las de las Altas Mesetas y que, como allí, debe dedicarse principalmente a la ganadería lanar.

La línea de separación de estas dos zonas es variable, pues en los años húmedos desciende hacia el S. y en los secos se aproxima a la costa; es decir, que existe una faja en la que el cultivo de los cereales es posible en años de condiciones climatológicas favorables, perdiéndose la cosecha los demás. Esta faja, en nuestra opinión, debe considerarse como perteneciente a la segunda zona y no cultivarse, porque, para un año que rinde cosecha, cuatro se pierde la siembra, y la roturación hace además desaparecer la vegetación natural de estas regiones, que es la que resiste mejor a las sequías y sirve para la alimentación de los rebaños los años malos, dejándola inservible también para esta utilización.

La línea que mejor indica el límite natural de estas zonas de cultivo y ganadería, es la que separa las tribus sedentarias de la costa de las seminómadas de Ulad-Setut, Beni-bu-Yahi y Mtalza, cuyas condiciones de vida son consecuencia casi exclusiva del medio geográfico que influye en ellas, muchísimo más que las tendencias étnicas.

Claro es que el descubrimiento de nuevos recursos de agua y la mejor utilización de los actuales, pueden modificar algo el trazado de esta línea, aumentando la primera zona.

Esta, desde luego, debe de ser ampliada con fajas ribereñas del Muluya y Kert, cuyos caudales, cuidadosamente

aforados, y una vez conocido su régimen, servirán de base para estudiar un plan de derivaciones e indicar la extensión de estas zonas cultivables.

Si los sondeos aconsejados en las llanuras del S. descubrieran algún manto subterráneo de relativa importancia, económicamente utilizable, aumentaría también algo la extensión de esta zona.

Respecto a los trabajos que hay que ejecutar, debe de comenzarse, tanto en una zona como en otra, por la confección de un inventario en que consten los aforos, análisis y utilización actual de todos los recursos de agua conocidos: manantiales, ríos, pozos, etc.

Con estos datos podrá trazarse ya un plan de trabajos hidráulicos, que consistirán, en la primera zona, en abastecimientos de aguas a los centros de población, obras de regadío, de saneamiento, etc., y en general de todas las indicadas al tratar de la región del Tell; y en la segunda, de los arreglos de aguadas, construcción de cisternas y demás citados en las Altas Mesetas.

Insistimos en que tanto en la zona litoral como en la interior, tiene mucho interés la investigación de mantos acuíferos subterráneos por medio sondeos, cuyos trabajos deberán ser ejecutados obedeciendo a un plan de conjunto previamente trazado.

Consideraciones sobre la legislación de aguas.

Uno de los problemas que es necesario abordar para poder llevar a ejecución cualquier programa hidráulico, es el relativo a la legislación de aguas, que en este país une, a las dificultades inherentes a esta clase de legislación, la de tener que respetar los principios islámicos, por el carácter religioso que tienen todas las leyes; y aunque no somos nosotros, ni por nuestra profesión ni competencia, los lla-

mados a intervenir en asunto tan complejo, creemos, sin embargo, pertinente tocarlo en estas notas hidrológicas, exponiendo algunas consideraciones acerca de la orientación que, a nuestro juicio, pudiera dársele.

La concepción teórica de la propiedad del agua con arreglo al derecho musulmán, consiste en suponer que todos los hombres tienen un derecho igual al goce de las aguas. El agua no puede ser objeto de propiedad más que cuando está encerrada en recipientes, odres o pellejos, y aun en este caso, si a alguno le falta, puede exigirla aunque sea a mano armada, si es grande su necesidad.

Los franceses, al llegar a Argelia, sujeta al régimen turco, y por lo tanto con una jurisprudencia algo más precisa que Marruecos sobre estos asuntos, tropezaron con la dificultad que nacía de aquella concepción, pues el agua no parecía poder ser objeto de apropiación; pero allí era fácil de solucionar el problema por tratarse de un país de conquista: lo resolvieron dictando la ley de 1851, y los importantes trabajos hidráulicos ejecutados desde la ocupación han sido, en general, sometidos al derecho francés. Actualmente todos los canales de riego son ejecutados por el Estado y son de dominio público, en el Tell.

Pero en donde la dominación turca no había sido tan directa o no intervenía, el régimen de las aguas parece haber sido otro, a pesar de tratarse de poblaciones musulmanas, pues en el S. ya eran objeto de propiedad y el Estado no es dueño de las aguas, disponiendo sólo de aquellas de que se ha apoderado por confiscación durante la conquista, por pertenecer a familias hostiles o revoltosas, como sucede en el círculo de Biskra, de cuyas aguas posee la décima parte.

En el Sahara, el régimen es distinto según los oasis. Es también susceptible de apropiación privada; en algunos

sitios es una propiedad independiente de la tierra: se puede vender el agua sin la tierra y la tierra sin el agua.

En Marruecos sucede lo mismo; como casos particulares pueden citarse: el régimen de las aguas de Tetuán, que dió a conocer el *Boletín Oficial de la Zona* en la página 97 del tomo correspondiente a 1917, y que por eso no repetimos, y el de la villa de Uxda, que tiene gran semejanza con algunos de nuestras provincias de Levante, habiendo sido publicado en *Les confins Algero-Marocains* por Agustín Bernard, y también por el Capitán Voinot en su obra *Oudjda et l'Amalat*, y que, por lo interesante y curioso, damos a conocer en el APÉNDICE.

Citamos ciudades, porque precisamente en ellas es donde más influencia ha tenido siempre el Majzen y, por lo tanto, han sido más respetadas las doctrinas religiosas, base de su poder, a las que la población berberisca rural y montañesa nunca ha dado gran importancia.

Estos dos casos prueban que en Marruecos es generalmente la costumbre local la que rige la reglamentación de las aguas, y que, en general, esta costumbre es, en principio, opuesta a la concepción teórica que sobre la propiedad de ella emiten los jurisperitos musulmanes.

No debe de extrañarnos esta oposición de principios, porque aun cuando Marruecos teóricamente es uno de los países del Islam más ortodoxos, por pertenecer al rito malekita, quizás el menos flexible de los cuatro fundamentales, en la práctica sucede lo contrario, pues viene tan modificado por creencias, costumbres y tradiciones de otras religiones y civilizaciones anteriores, sobre todo en las tribus berberiscas que constituyen el nervio de nuestra zona, que en el fondo es el menos musulmán de todos ellos, circunstancia que debe de tenerse en cuenta, cuando convenga, para facilitar su evolución.

Entendemos que nuestros funcionarios del Protectorado, y sobre todo los encargados de los asuntos indígenas que han de intervenir en la legislación de aguas, deben tener esto presente, pues es de temer, dados nuestro carácter y el afán natural de demostrar que no adolecemos de esa intransigencia religiosa que los extranjeros nos imputan, que al considerarse encargados de la defensa de los intereses indígenas, tengan el criterio de conceder la mayor importancia entre estos intereses a los religiosos, entendiéndolo por ello que la principal misión del Protectorado es la de velar porque se mantenga incólume la pureza del dogma islamita, en vez de la de procurar el más rápido desarrollo económico de la zona, y al tener que interpretar los textos musulmanes, en vez de hacerlo con el espíritu amplio debido para poderlos adaptar a las necesidades de la vida moderna, apliquen el criterio más estrecho y ortodoxo que encuentren, dificultando nuestra gestión, esencialmente civilizadora.

Existen informes en que por la Delegación de Asuntos Indígenas se ha mantenido el criterio, haciéndolo extensivo a toda la zona, de que «los manantiales son bienes inalienables en derecho, de los que, cuando están afectos a un servicio público, no pueden disponer de ellos ni el Majzen ni los particulares».

A nuestro juicio, esta doctrina, que emana de la Circular del Gran Visir de la zona del Protectorado francés de 1.º de Noviembre de 1912, no debe de prevalecer en la nuestra, porque, además de ser contraria, como hemos visto, a las costumbres locales en esta región, que deben interesarnos bastante más que el dogma musulmán, es la que menos puede facilitar la ejecución de cualquier programa hidráulico, porque en un país con zonas de tan pobres recursos como la que acabamos de describir, sobre todo en

aguas potables, una vez conocida la calidad y cantidad de las aguas, sería conveniente que el Majzen tuviera siempre, mediante la indemnización que en casos determinados procediera a los intereses legítimos lesionados, la libertad de disponer de ellas para poderlas destinar al fin que más convenga al interés público, atendiendo principalmente a su importancia: abastecimiento a poblaciones, regadío, etcétera, y sin tener en cuenta el uso a que anteriormente las han dedicado los indígenas (frecuentemente al de lavadero en el manantial, contaminando las aguas en su nacimiento); pero claro es que el llegar a justificar y fundamentar esta expropiación e indemnización, resulta mucho más fácil de conseguir admitiendo que el agua es susceptible de apropiación que no negándolo, es decir, basándose para ello más bien sobre el derecho consuetudinario que sobre el religioso puro.

Desde luego que en los casos que sea posible acomodar las fórmulas musulmanas al espíritu moderno y progresivo que necesitamos para implantar las reformas a que nos obliga nuestra función en el Protectorado, debemos siempre hacerlo; por ejemplo: uno de los puntos en que hemos encontrado los textos más concretos, es en el concerniente a la extensión que debe de tener el perímetro de protección de los pozos, en la que debe de impedirse la apertura de otros nuevos, y que puede llegar a tener interés, sobre todo si se descubrieran cuencas artesianas (1).

Abu Hanifa la fija en 40 codos, si es pozo en donde se abrevan siempre los camellos, en 60 si sirve para el riego, en 300 si se trata de una fuente o manantial, y también en 500, según otro dato del mismo Hanifa.

(1) Véase *Balace de la loi musulmane ou esprit de la législation islamique et divergences de ses quatre rites jurisprudentiels*, par le Chikh El-Charani.—Traduit de l'arabe par le Dr. Perron.

Malek y Chafei dicen que no hay nada fijado respecto a la extensión de la superficie de derecho. Debe, por lo tanto, conformarse a lo que la costumbre local ha consagrado.

Ahmed sostiene que en tierras muertas la superficie de protección se extiende a 25 codos y en tierras habitadas a 50; los manantiales y fuentes a 500.

Conclusión de El-Charani: las diferencias de superficie deben variar según que el suelo sea resistente o blando, y según que los que quieran usar las aguas sean más o menos numerosos.

Creemos que, en perfecto acuerdo con lo anterior y respetando su espíritu, podría adoptarse en una legislación actual una conclusión redactada en la forma siguiente: La superficie de protección debe de ser fijada por el Majzen jalifiano, en cada caso particular, teniendo en cuenta las condiciones hidro-geológicas del manto acuífero alcanzado y el uso a que se destina.

ALFONSO DEL VALLE

PABLO F. YRUEGAS

NOTA GEOLÓGICA
DE LAS
ISLAS CHAFARINAS

Las Islas Chafarinas son tres peñones que permanecieron sin habitar muchos siglos, hasta que les dió dueño las rivalidades que han existido siempre entre España y Francia para ejercer el dominio sobre el Mogrheb. Considerando ambos países que eran favorables las circunstancias estratégicas y marítimas que tienen las islas, por su proximidad a la costa marroquí y por presentar una pequeña bahía protegida de los vientos del tercer cuadrante y de Poniente, pensaron en establecer en ellas sus reales, y adelantándose España sólo unas horas a Francia, izó el pabellón español en las Chafarinas el día 6 de Enero de 1848, permaneciendo dueña de ellas sin interrupción hasta nuestros días.

Se hallan situadas a 2 1/2 millas de la costa, al N. de Cabo de Agua y a 27 millas de Melilla. La isla central se llama por los españoles Isabel II y por los moros roca Kebdana, y está unida por un dique artificial con la isla llamada del Rey, a Levante de la anterior. Separada de ellas y al O. de la Isabel II, se encuentra la nombrada por los españoles del Congreso y por los moros Tenenfa.

La isla de Isabel II es realmente la única habitada, pues las otras dos no cuentan con más pobladores que los destacamentos militares, sumamente reducidos, necesarios para dar fe del dominio español sobre ellas. Su población está

exclusivamente constituida por la guarnición y por todas aquellas personas civiles que prestan servicios comerciales o sociales a los militares y sus familias. Tendrá unos 50 edificios, incluidos cuarteles, iglesia, faro, etc.; su forma es redonda aproximadamente y está poco elevada sobre el mar; tiene próximamente medio kilómetro de diámetro.

La isla del Rey es la más pequeña de las tres. Cuenta con dos o tres edificios. Tiene poca altura sobre el mar, pero presenta acantilados violentos por su parte N. Tiene forma irregular y una superficie aproximada de 6 hectáreas.

La isla del Congreso es la más grande, la que más se levanta sobre el mar y la más inhabitada. Tiene una longitud, en dirección N.-S., de cerca de un kilómetro, y en dirección E.-O., de 500 metros. Al O. y N. presenta unos acantilados casi verticales, que inducen a suponer que después de su formación se han producido violentos desgajamientos. Por la costa S. se observan cuevas y oquedades que dan a la isla un aspecto pintoresco.

La vegetación es escasa en todas las islas, a consecuencia de la violencia de los vientos, y sólo se observa como planta de alguna importancia que se desarrolle bien, la *Nicotiana glauca* (Grech).

Las erupciones volcánicas que sobrevienen a consecuencia de las grandes conmociones de los terrenos de Guelaya, Orán y de toda la región del N. de Africa, durante el período terciario, fueron causa de la formación de estas islas. Accidentes tectónicos ocurridos después acabaron de darlas el relieve actual.

Creemos que el único trabajo publicado sobre las Islas Chafarinas es la interesante nota del sabio naturalista don Salvador Calderón, publicada en los *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, tomo XXIII.

Para realizar su trabajo, tuvo el Sr. Calderón en cuenta

notas y datos proporcionados por el farmacéutico militar D. Miguel Iborra y del oculista D. Vicente Chiralt y los materiales recogidos por ambos señores, que fueron examinados con su reconocida competencia. De andesitas de dos tipos diferentes, augíticas oscuras y porfídicas rojizas, califica las rocas que forman el suelo de las islas. Habla también de una roca caliza que nosotros no hemos encontrado.

Las Islas Chafarinas fueron también citadas por el geólogo M. Velain, calificando a las rocas eruptivas que las forman de traquitas y fonolitas, y por Suess en su gran obra *La Faz de la Tierra*, en el capítulo de su primer tomo, segundo piso mediterráneo.

En nuestra excursión a estas islas hemos recogido diferentes muestras, y habiendo hecho las preparaciones correspondientes para ser examinadas al microscopio, a continuación damos una idea general del resultado de nuestras investigaciones, dejando para más adelante el estudio más completo de las especies mineralógicas que integran las rocas.

La mayor parte de la **isla de Isabel II** está constituida por una roca moteada de colores gris y rojo, en la que se ven a simple vista los fenocristales, principalmente los de mica y feldespato, y pintas blancas de calcita que dan fácilmente efervescencia por los ácidos.

Examinada la roca al microscopio, se observa que tiene textura pilotáxica, la pasta está constituida casi en su totalidad por microlitos de feldespato, alargados según la arista pg^1 , y que debe corresponder a un término intermedio entre las variedades andesina y labrador. Integran además la pasta muy escasos trozos vítreos y algo de magnetita.

Entre los fenocristales se destacan, por su limpieza y transparencia, los de feldespato plagioclasa, que sólo pre-



y otros de augita epigenizada (20) y mica biotita alterada (19).

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—37 aumentos.



For. 1.^o.—ANDESITA GENERAL DE LA ISLA

En una pasta de textura pilotáxica se destacan grandes cristales de feldespato plagioclasa (7), y otros de augita epigenizada (20) y mica biotita alterada (19).

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—37 aumentos.



For. 1.^o.—ANDESITA GENERAL DE LA ISLA

En una pasta de textura pilotáxica se destacan grandes cristales de feldespato plagioclasa (7), y otros de augita epigenizada (20) y mica biotita alterada (19).

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—37 aumentos.

sentan algunas veces muy pequeñas inclusiones de magnetita y de feldespato de la pasta. Se observan en ellos los cruceros cortándose a más de 90° , y presentan las maclas de la albita y periclina y alguna vez la de Calsbad. Corresponden a la variedad de plagioclasa labrador ácido, porque el ángulo de extinción entre las dos series de laminillas hemitrópicas de la macla de la albita en las secciones cortadas aproximadamente en sentido perpendicular a las laminillas, se halla cerca del correspondiente a la andesina.

Se encuentra también la augita con sus cruceros interrumpidos, característicos, pero todos sus cristales están total o paralelamente transformados en calcita, aunque conservando las formas cristalinas habituales del piroxeno. Así, se aprecia en los cristales en que la alteración ha sido a trozos, el contraste que presentan los distintos caracteres ópticos de uno y otro mineral, como se puede ver en la fotografía 1.^a

Debió ser también abundante en esta roca una mica muy ferrífera, probablemente biotita o lepidomelana, que por su alteración da lugar a gran número de productos ferruginosos, principalmente magnetita, con destrucción de la masa general del cristal, que es sustituido por la pasta, aunque conservando en algunos sitios restos del cristal primitivo.

Son muy frecuentes en esta roca los fenocristales y abundan las aglomeraciones de diversos cristales de feldespato, y de este mineral y augita, como se puede ver en la misma fotografía, lo que demuestra que la cristalización de esta roca, principalmente del feldespato, se debió realizar muy lentamente.

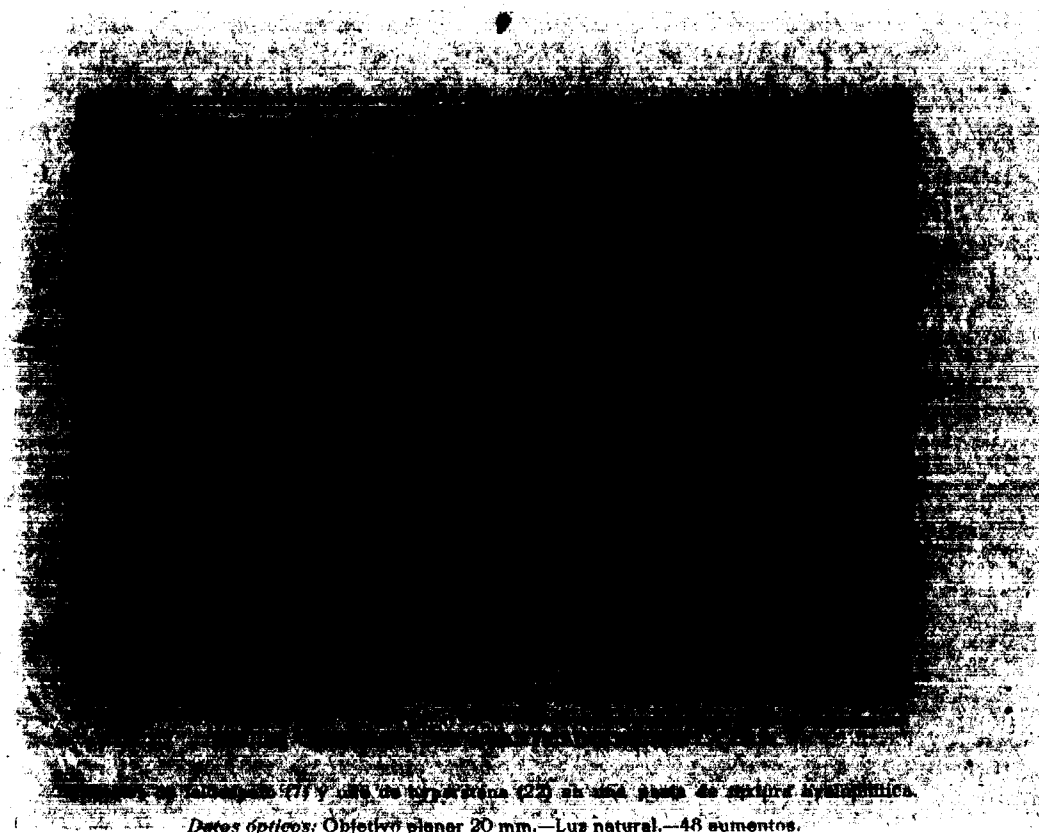
Esta roca presenta el carácter curioso de hallarse muy sanos los cristales de feldespato, y en cambio sumamente

alterados los elementos ferromagnésicos, lo que parece indicar que los cristales que constituyen estos elementos, y que fueron los primeros en consolidarse, debieron sufrir reacciones magnéticas que produjeron su alteración, variaciones que precedieron a la formación de los fenocristales de feldespato y a la solidificación de la pasta. En un cristal de augita se puede ver una inclusión de un cristal de mica, lo que indica que el orden en la consolidación de los diversos elementos de esta roca fué: magnetita, mica, augita, feldespato y pasta. Por su textura y elementos constitutivos, se puede clasificar esta roca de andesita, con mica y piroxeno.

A pesar de que casi todo el peñón que constituye la isla Isabel II está constituido por la roca que acabamos de describir, existe, sin embargo, en el acantilado NE. de la isla, una roca explotada en unas canteras utilizadas para las obras del puerto, de color más oscuro que la anteriormente descrita y que examinada al microscopio presenta bastantes diferencias con ella (fot. 2.^a). Tiene la pasta de esta roca una textura hyalopilitica, o sea microcristalina en su mayor parte, pero presenta trozos vítreos y además está toda ella muy cargada de elementos ferruginos. Los microlitos son de feldespato, probablemente andesina, que forman a modo de regueros alrededor de los fenocristales, lo que pronuncia el carácter fluidal de su textura.

Como fenocristales se observa el feldespato labradorandesina, con una preciosa extinción zonar, en cristales grandes y resquebrajados y con inclusiones magmáticas, líquidas y ferruginas. Presenta la macla de la albita.

Existe además mica, con el fenómeno de alteración que ya hemos puesto de manifiesto al describir la roca común de la isla. También se presenta augita en cristales pequeños, sin estar alterados.



Fot. 2.^a — Andesita (11) y roca (12) en una pasta de textura hyalopilitica.
 Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz natural.—48 aumentos.



FOT. 2.^o.—ANDESITA DEL ACANTILADO NE. DE LA ISLA

Cristales de feldespato (7) y uno de hyperstena (22) en una pasta de textura hyalopilitica.

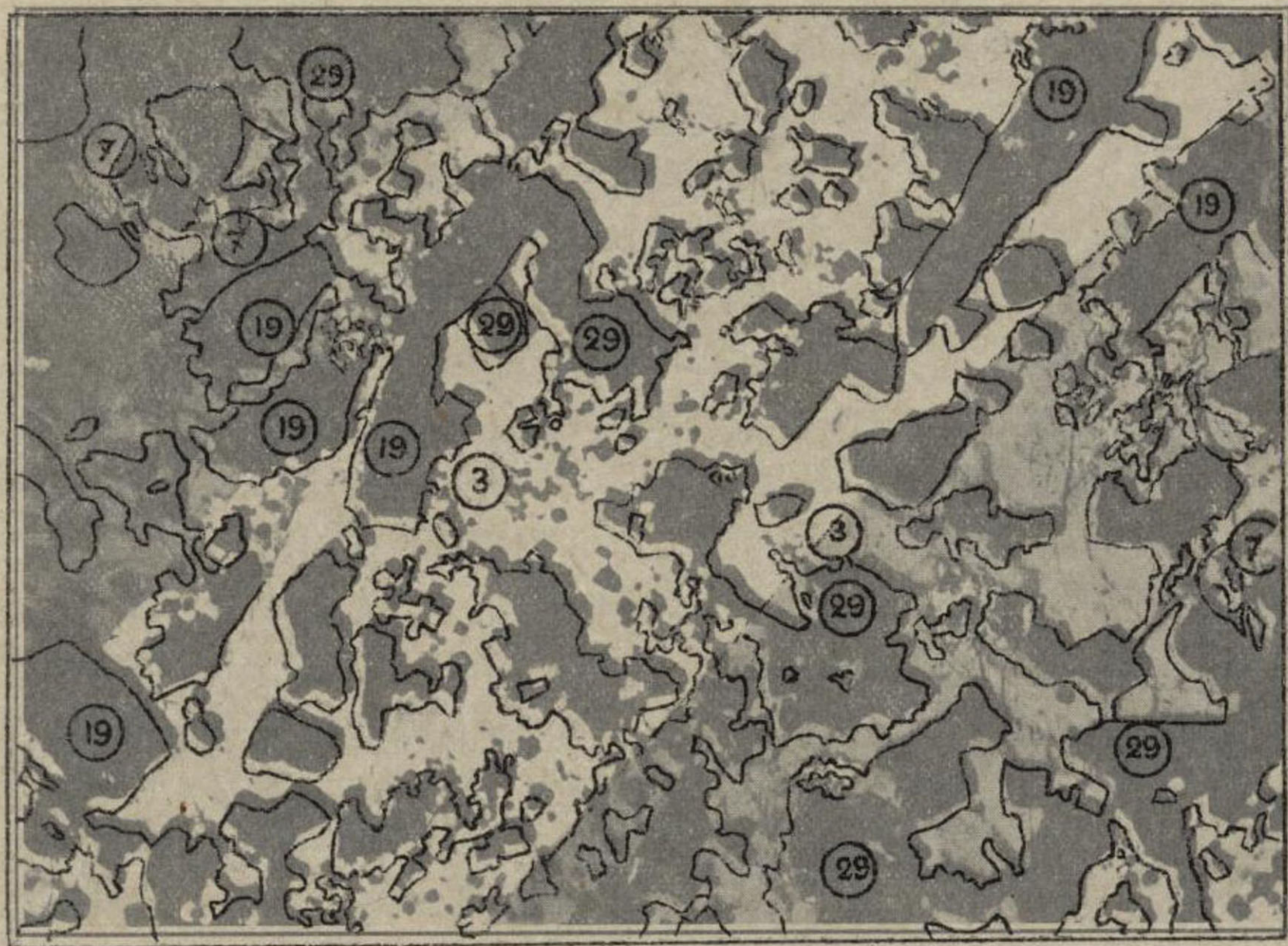
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz natural.—48 aumentos.



For. 2.^a.—ANDESITA DEL ACANTILADO NE. DE LA ISLA

Cristales de feldespato (7) y uno de hyperstena (22) en una pasta de textura hyalopilitica.

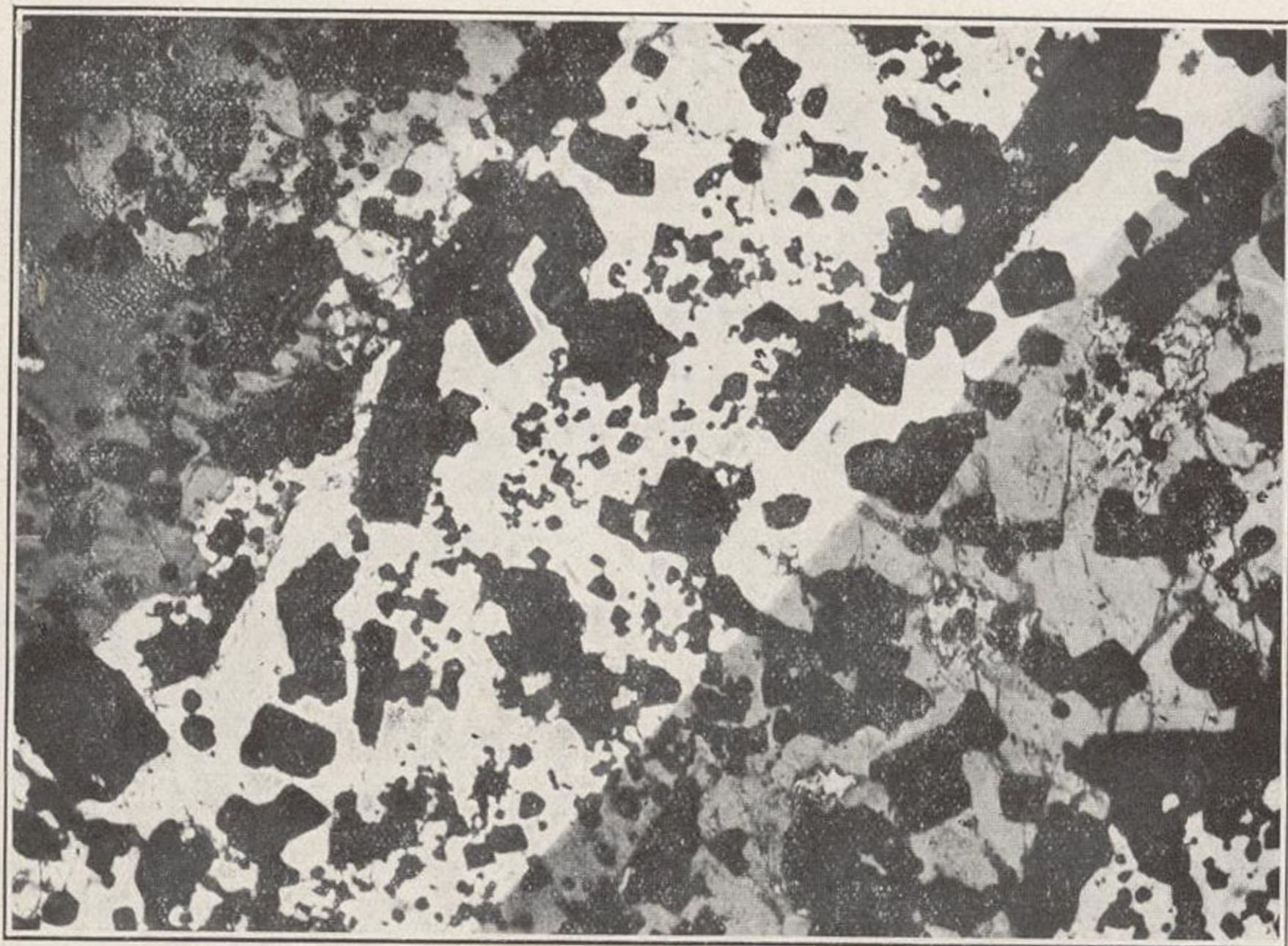
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz natural.—48 aumentos.



For. 3.^a.—LITOFISA EN UNA ANDESITA

Se observa en la preparación la inclusión de cristales de mica ferrífera (19) en grandes cristales de feldespato, cuyas líneas polisintéticas se ven muy bien en la fotografía. — Hay, además, magnetita (29).

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—37 aumentos.



For. 3.^a.—LITOFISA EN UNA ANDESITA

Se observa en la preparación la inclusión de cristales de mica ferrífera (19) en grandes cristales de feldespato, cuyas líneas polisintéticas se ven muy bien en la fotografía. — Hay, además, magnetita (29).

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—37 aumentos.

Lo que caracteriza a esta roca es la presencia de la hyperstena, que adopta formas alargadas y presenta sobre las caras de crucero g^1 un brillo rojo cobrizo policroico, que da su mayor intensidad cuando se orienta paralelo al hilo vertical del retículo.

Se encuentra en esta roca calcita, que debe provenir de la alteración del piroxeno. Hay también kaolín, productos ferruginosos abundantes y magnetita cristalizada en octaedros.

Según se deduce de su textura y componente, esta roca puede ser definida de andesita con mica, hyperstena y augita.

La roca general de la isla se encuentra atravesada por algunos diques y presenta dentro de su masa algunos nódulos. Examinada al microscopio la roca que constituye alguno de los primeros, se observa que está formada por calcita que presenta distribuidos en su masa algunos granos de cuarzo, algo de kaolín y muchos elementos ferruginosos. Algún hueco de esta roca ha sido rellenado de calcedonia, y entre la caliza se ve algún mineral procedente del metamorfismo de ésta, que puede ser vernerita.

Los nódulos son de color pardo verdoso muy oscuro, de textura granitoidea, formados principalmente por cristales de feldespato oscuro, debiendo este color a la impregnación de substancias ferruginosas.

Examinada al microscopio, se observan cristales muy grandes de feldespato, en los que hay incluidos, en la misma forma que en las pegmatitas, como se puede ver en la fotografía 3.^a, cristales de mica ferrífera alterada en productos ferruginosos, magnetita abundante y, a modo de vetillas, una substancia ferruginosa amarillenta. A veces también se ven cristales de plagioclasa incluidos, que parecen corresponder, como casi todos los que se observan en esta roca, a la variedad andesina.

Estos cristales grandes de feldespato se presentan maclados y con resquebrajaduras.

En otras partes de la preparación (fot. 4.^a) la textura se asemeja a la de las granulitas y se ve un mosaico formado por cristales de feldespato sanidino y andesina, oligoclasa, biotita y magnetita. A veces estos cristales se hacen tan pequeños, que parecen constituir una pasta microcristalina.

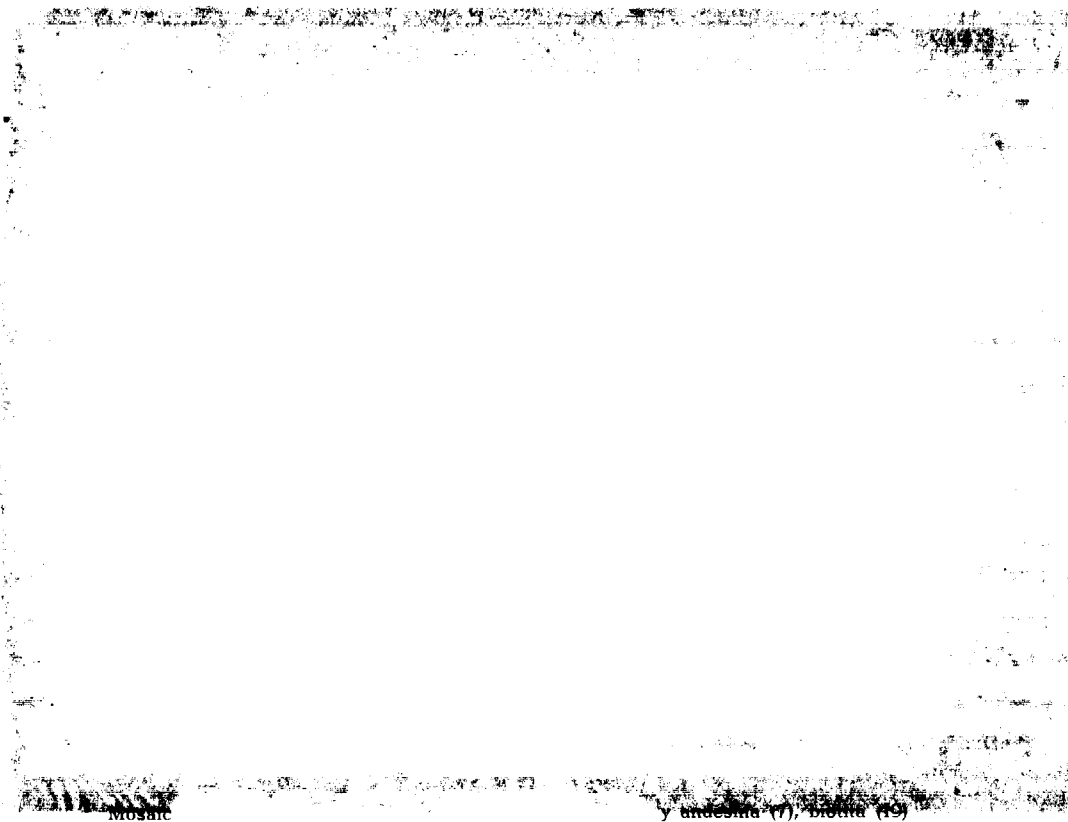
Indudablemente, esta roca parece constituir el relleno de una de esas cavidades que dejan las rocas eruptivas y que es debido a la cristalización de disoluciones que se separan de los magmas cuando éstos se están enfriando, y a esta clase de depósitos se les ha dado el nombre de litofisas (lithophyses).

La **isla del Rey** está constituida por una roca bastante homogénea de un color gris rojizo, variando el tono del color que toma en su alteración según el grado en que ésta se halle; si está la roca sana, su color es gris parduzco, y si no lo está, su color es rojizo, de tanta mayor intensidad cuanto más avanzada esté la descomposición. A simple vista se aprecian los fenocristales, distinguiéndose muy bien los de feldespato y las láminas exagonales de mica.

Del examen al microscopio se deduce que la roca está constituida por una pasta de textura pilotáxica esencialmente feldespática (fots. 5.^a y 5.^a bis), constituida por microlitos de este último mineral que parecen corresponder a la andesina. Alguna vez se ve algún elemento vítreo, escaso, y también algunos elementos ferruginosos salpicando la masa.

Los fenocristales esenciales de la roca, son: feldespatos, mica, augita e hyperstena, aunque esta última entra en menor proporción que los otros minerales.

El feldespato es plagioclasa, frecuentemente maclado

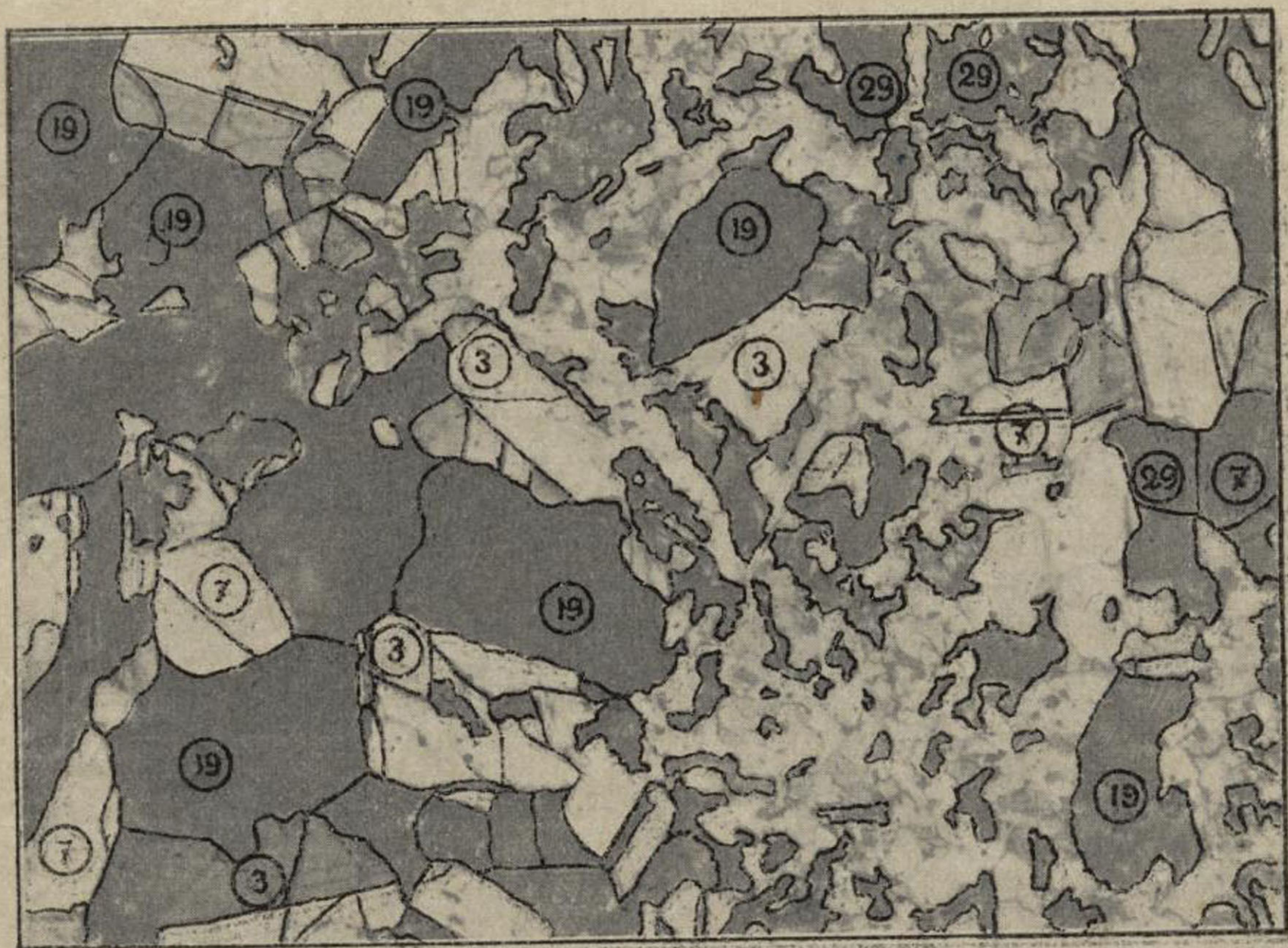


mosaic

y andesina (17), biotita (29)

y magnetita (29).

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—59 aumentos.



For. 4.^a.—LITOFISA EN UNA ANDESITA

Mosaico formado por cristales de feldespato sanidino (3) y andesina (7), biotita (19) y magnetita (29).

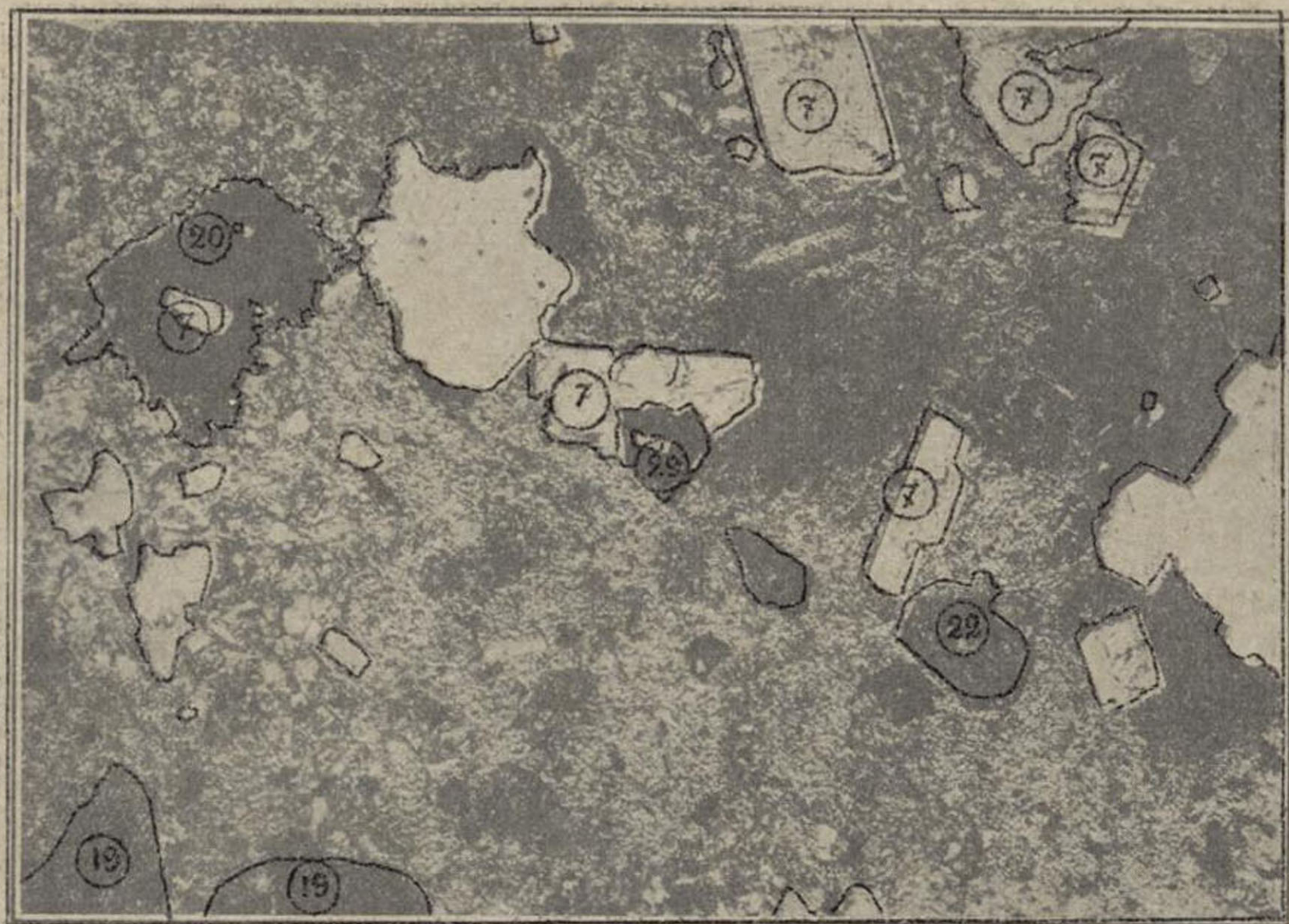
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—59 aumentos.



FOR. 4.^a.—LITOFISA EN UNA ANDESITA

Mosaico formado por cristales de feldespato sanidino (3) y andesina (7), biotita (19) y magnetita (29).

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—59 aumentos.



For. 5.^a.—ANDESITA DEL ACANTILADO N. DE LA PARTE CENTRAL DE LA ISLA

Roca constituida por una pasta de textura pilotáxica, que envuelve fenocristales de feldespato plagioclasa (7) [de los cuales el situado en el centro contiene una inclusión de magnetita (29)], de mica biotita (19), de hyperstena (22) y uno de augita (20) con una inclusión de feldespato (7).

Datos opticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz natural.—37 aumentos.



For. 5.^a.—ANDESITA DEL ACANTILADO N. DE LA PARTE CENTRAL DE LA ISLA

Roca constituida por una pasta de textura pilotáxica, que envuelve fenocristales de feldespato plagioclasa (7) [de los cuales el situado en el centro contiene una inclusión de magnetita (29)], de mica biotita (19), de hyperstena (22) y uno de augita (20) con una inclusión de feldespato (7).

Datos opticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz natural.—37 aumentos.



For. 5.^a bis.—ANDESITA DEL MISMO SITIO QUE LA ANTERIOR

En esta fotografía se ve mejor el alterado de mica (19) y es más abundante la hyperstena (22).

Datos ópticos: Objetivo apocromático 35 mm.—Luz natural.—22 aumentos.



FOT. 5.^a BIS.—ANDESITA DEL MISMO SITIO QUE LA ANTERIOR

En esta fotografía se ve mejor el alterado de mica (19) y es más abundante la hyperstena (22).

Datos ópticos: Objetivo apocromático 35 mm.—Luz natural.—22 aumentos.



For. 6.º.—ANDESITA DE LA PARTE ORIENTAL Y N. DE LA ISLA.

Aglomeración de feldespato (7), augita (20) y magnetita (29), viéndose también la mica muy abundante (19), calcita (49) e hyperstena (22).

Datos ópticos: Objetivo apocromático 35 mm.—Luz natural.—22 aumentos.



For. 6.^a.—ANDESITA DE LA PARTE ORIENTAL Y N. DE LA ISLA

Aglomeración de feldespato (7), augita (20) y magnetita (29), viéndose también la mica muy abundante (19), calcita (49) e hyperstena (22).

Datos ópticos: Objetivo apocromático 35 mm.—Luz natural.—22 aumentos.

según la ley de la albita, y en algunos también con la de Calsbád y de la periclina. Presenta la extinción zonar en algunos cristales de un modo muy perfecto, y que parece ser debido a que varía la composición química del cristal desde el centro a la periferia. Presenta inclusiones de los elementos ferromagnésicos y magmáticos, aunque, en general, en casi todas las preparaciones los cristales aparecen muy transparentes y sanos. Sin embargo, hemos recogido rocas del acantilado oriental de la isla en que los feldespatos se hallan muy alterados, algunos totalmente en kaolín, conservándose sólo la forma primitiva del cristal. La alteración de los feldespatos se hace preferentemente del centro a la periferia del cristal. No siendo raro ver todo el centro del cristal alterado y conservar una aureola de feldespato sano.

Son muy frecuentes las aglomeraciones de este mineral, y a veces forma agrupaciones también con los elementos coloreados, principalmente con la augita (fot. 6.^a).

La augita se presenta en secciones basales y longitudinales. En las primeras tiene la forma octogonal, cuyos lados corresponden a los pinacoides anterior y posterior y a las caras m, m , observándose que éstas se cortan en su prolongación en ángulo recto. A veces se encuentra maclada según la ortopinacoide h_1 . Los cruceros cortados e interrumpidos que caracterizan a este piroxeno, se observan muy bien en las secciones basales, en donde se cortan casi en ángulo recto, y en el pinacoide lateral, en donde la línea de extinción es muy oblicua con las líneas de crucero.

Es abundante la mica muy ferrífera descompuesta en productos ferruginosos con irrupción del magma, sustituyendo éste parcial o totalmente a la substancia micácea, pero conservando la forma cristalina primitiva. A trozos se conserva aún la mica que presenta un fuerte policrois-

mo, y su crucero p muy claro. Debe ser biotita o lepidomelana.

Existe también en la roca que constituye esta isla el piroxeno hyperstena, caracterizado por la presencia sobre las caras de crucero g^1 de un brillo rojo cobrizo. Suele hallarse en secciones alargadas. Es policroica. Aunque no tan abundante como los otros elementos, se encuentra en casi todas las preparaciones que hemos hecho de esta isla, dándole un carácter muy peculiar. Se presenta siempre en esta roca magnetita cristalina repartida en toda la masa, y además este mismo mineral y otros elementos ferruginosos, como producto de la descomposición de los elementos ferromagnésicos.

Como productos de descomposición, se ve también kaolín que proviene de la alteración de los feldespatos y calcita procedente de la descomposición de los piroxenos. Existe también en alguna preparación algún cristal de sanidino con la macla de Calsbad y con grietas transversales. Se ve alguna vez un poco de muscovita y algún cristal de apatita.

Toda la parte oriental y N. de la isla está constituida por la roca que acabamos de describir, que es, a nuestro juicio, una andesita con mica y piroxenos, caracterizada además por la presencia de la hyperstena.

En la parte SO. de la isla, junto al dique roto del puerto, la roca está bastante descompuesta, dando por resultado su alteración la existencia de mucha calcita procedente de la descomposición de la augita, tan abundante en toda la isla del Rey.

En toda la isla es muy característico de la roca que la constituye su abundancia en fenocristales, tanto de los elementos feldespáticos como de los coloreados.

En la parte occidental de la isla los elementos ferromag-

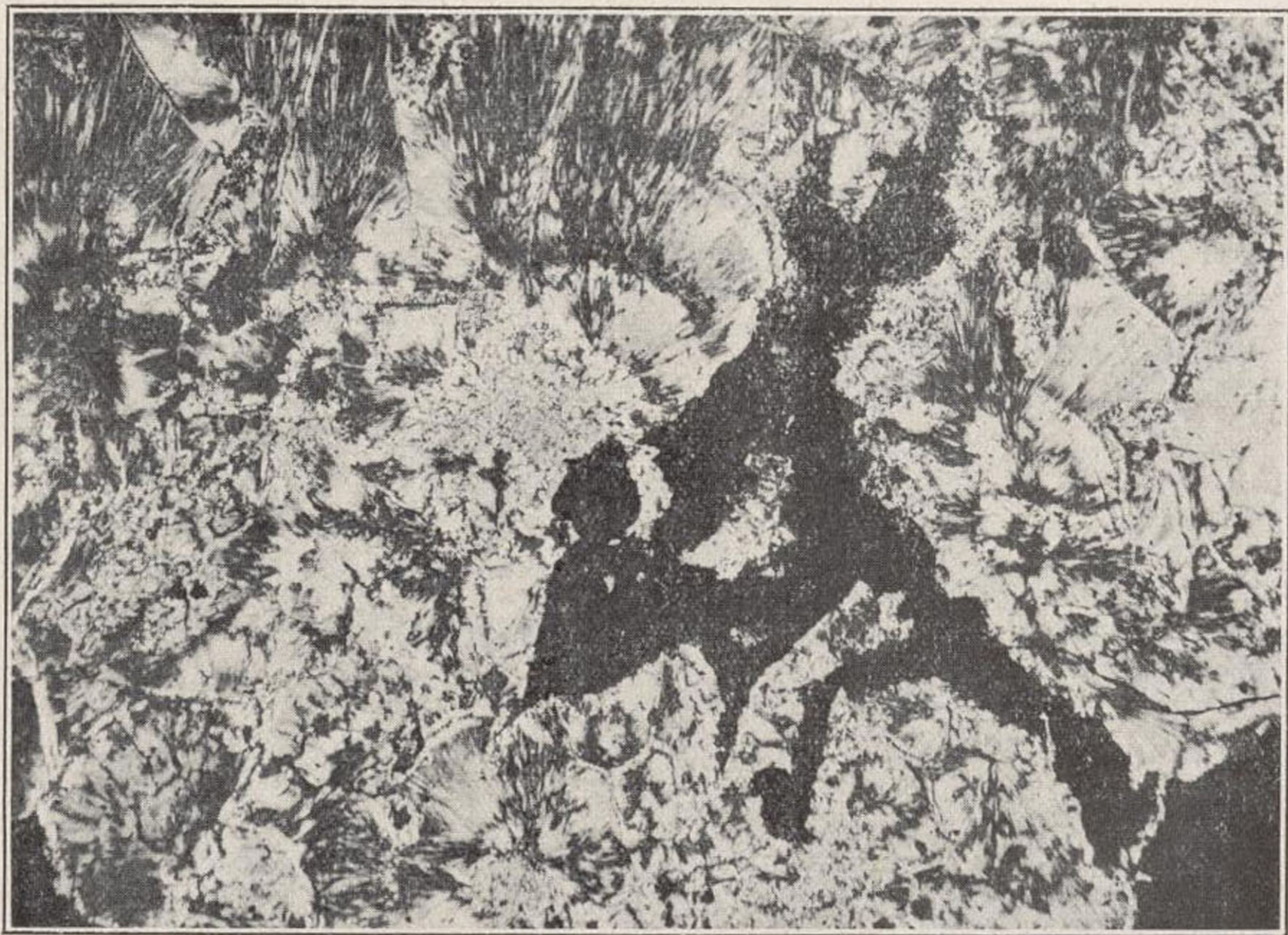
Datos ópticos: Objetivo apocromático 35 mm.—Luz polarizada.—22 aumentos.



For. 7.^a.—NÓDULOS EN LA ANDESITA

Esferolitos de calcedonia (32) y zona de magnetita y oligisto (29).

Datos ópticos: Objetivo apocromático 35 mm.—Luz polarizada.—22 aumentos.



For. 7.^a.—NÓDULOS EN LA ANDESITA

Esferolitos de calcedonia (32) y zona de magnetita y oligisto (29).

Datos ópticos: Objetivo apocromático 35 mm.—Luz polarizada.—22 aumentos.



nésicos de la roca se hallan muy alterados y son escasísimos los cristales de hyperstena, aun considerando que nunca son abundantes.

Dentro de la masa general de la roca aparecen vetas, nódulos y oquedades. Los hay de muy distinta naturaleza. Hay filoncitos de oligisto producidos al parecer por segregación magmática, habiendo visto también nódulos de este mineral cristalizado en las formas tabulares delgadas que abundan en Italia en las regiones volcánicas y que hemos visto también en Cobdar, en la provincia de Almería.

Formando nódulos se observa una roca de textura esferolítica, teniendo distribuidos en toda su pasta productos ferruginosos.

Los esferolitos están formados por cristales fibrosos, verdaderas hebras, de calcedonia (fot. 7.^a), presentando preciosos colores y la cruz negra. Parece debido a fenómenos de silicificación posteriores a la formación de la roca.

Hay vetas y nódulos constituídos por una roca de color rojizo, de textura vítrea esferolítica y estalactítica. Los esferolitos parecen ser de feldespatos. Las zonas de la textura estalactítica están formadas, en su mayor parte, por productos ferruginosos, entre los cuales se observa la magnetita y el oligisto. Aparece también en una preparación un pequeño cristal del grupo Hauyna o Noseana.

Algunas oquedades se hallan rellenas de cuarzo y de calcita, el primero en forma de mosaico y la segunda alotriomorfa. Se encuentra también algo de kaolín, y se halla tapizada, en algunos sitios, la oquedad por un mineral blanco lechoso con vivos reflejos, que constituye la variedad de ópalo nombrada hialita.

La **isla del Congreso** está constituída por dos clases de rocas, una que forma la base y otra que corona las alturas.

La roca de la base es de color gris pardo rojiza. La del alto es de un color pardo oscuro, muy dura y resistente.

Examinada al microscopio la roca de la base de la isla (fot. 8.^a), se observa que tiene textura porfiroide. La pasta está formada por microcristales de feldespatos, no tan alargados y más pequeños que en las otras rocas de las islas que nos ocupan. Tiene también productos ferruginosos, principalmente magnetita.

Los fenocristales son abundantes y parecen corresponder a un labrador ácido o andesina básica. Presentan muy clara, y casi siempre, la macla de la albita, y en algunos la de la periclina. En algunos ejemplares que hemos recogido en el terreno, los feldespatos se presentan sanos, pero en otros se hallan muy alterados, observándose con preferencia más descompuestos en el centro que en los bordes, siendo frecuente ver una banda periférica que es lo único que se conserva del primitivo cristal, presentando una extinción zonar poligonal muy marcada, como se puede ver en la fotografía 9.^a.

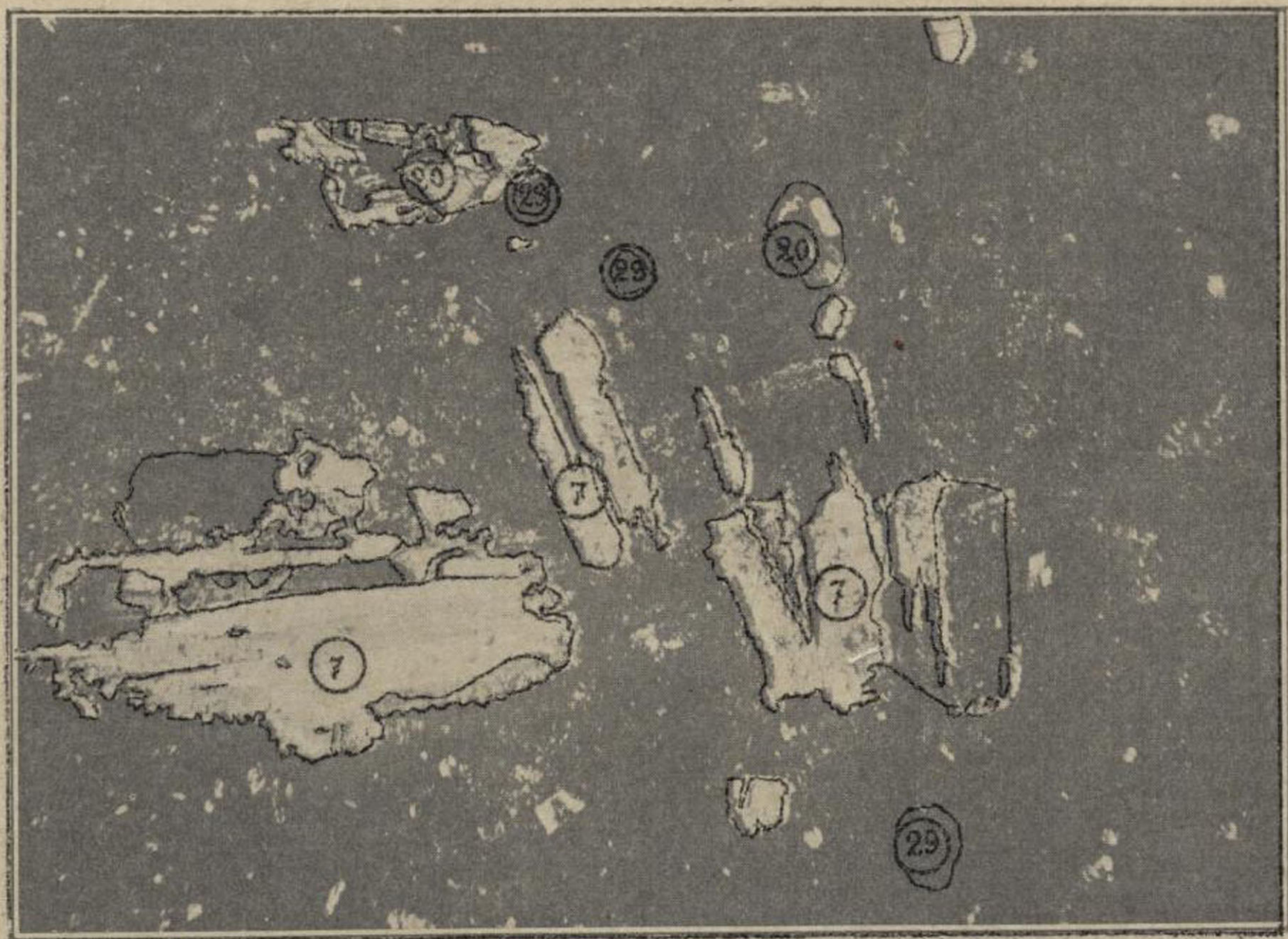
En algunos cristales se ven inclusiones de augita, marcándose bien el orden que siguió en la formación de la roca.

Un elemento esencial de esta roca es la augita, que se presenta en general en cristales prismáticos muy cortos y muy sanos, y con frecuencia forman los cristales de esta especie mineral aglomeraciones, a veces de muchos individuos (fots. 10 y 11).

Es abundante siempre una mica muy ferrífera, que puede ser biotita o lepidomelana, generalmente alterada, y habiendo sufrido una reacción fuerte con el magma que le hizo perdiera la primitiva materia que constituía el cristal, aunque los productos ferruginosos de la descomposición marquen claramente la forma del primitivo cristal. Sin embargo, hay trozos sanos muy policroicos que se distinguen

Pasta de textura porfiroide conteniendo fenocristales de feldespato (7), augita (20) y magnetita (29).

Datos ópticos: Objetivo apocromático 35 mm. — Luz polarizada. — 22 aumentos.



FOR. 8.^a.—ANDESITA DE LA BASE DE LA ISLA

Pasta de textura porfiroide conteniendo fenocristales de feldspato (7), augita (20)
y magnetita (29).

Datos ópticos: Objetivo apocromático 35 mm. — Luz polarizada. — 22 aumentos.



For. 8.^a.—ANDESITA DE LA BASE DE LA ISLA

Pasta de textura porfiroide conteniendo fenocristales de feldespato (7), augita (20)
y magnetita (29).

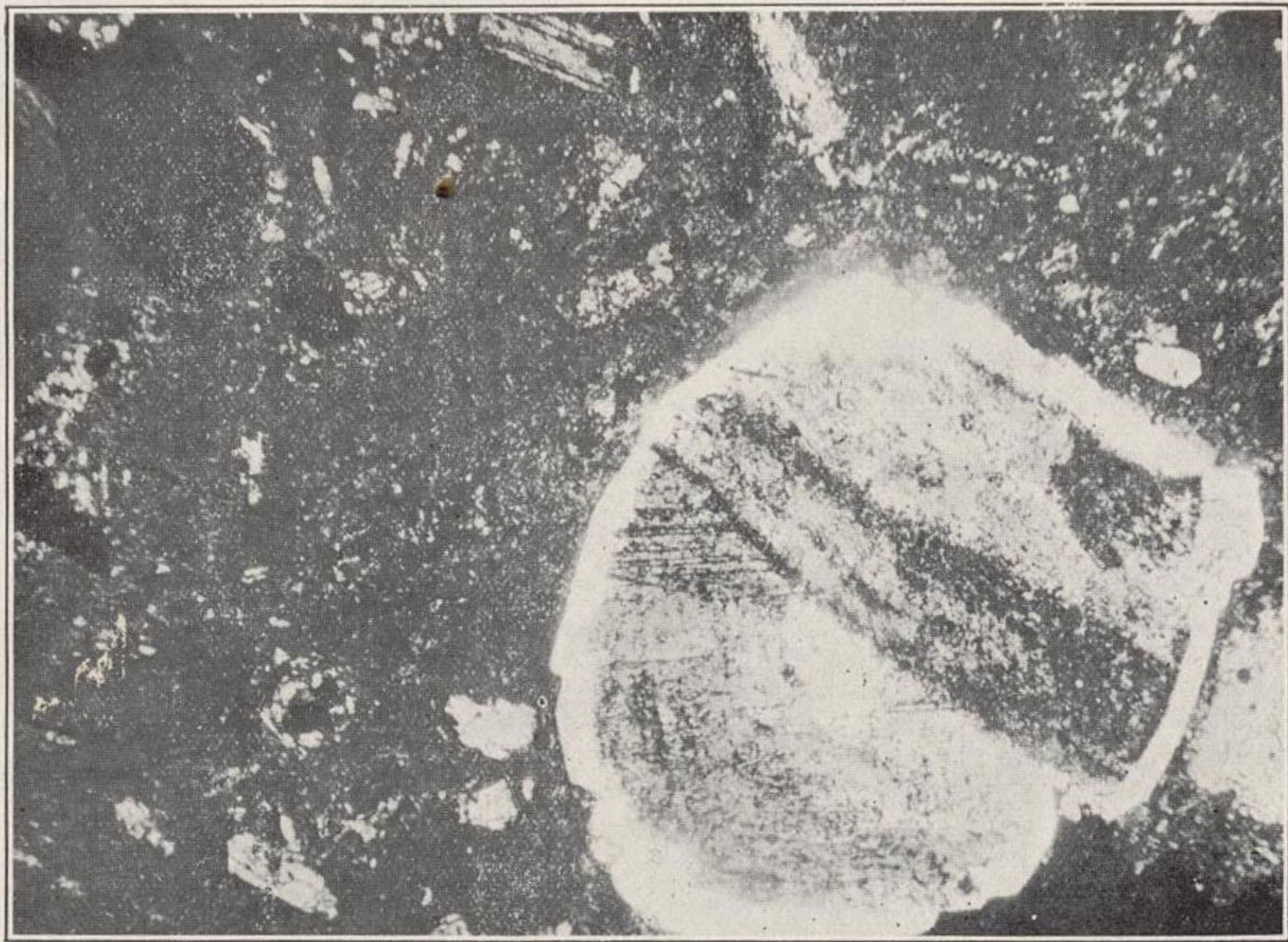
Datos ópticos: Objetivo apocromático 35 mm. — Luz polarizada. — 22 aumentos.



For. 9.^a.—ANDESITA DE LA BASE DE LA ISLA

Cristal alterado de feldespato (7) con extinción zonar.—Hay, además, varios de augita (20).

Datos ópticos: Objetivo apocromático 35 mm.—Luz polarizada.—22 aumentos.



For. 9.^o.—ANDESITA DE LA BASE DE LA ISLA

Cristal alterado de feldespato (7) con extinción zonar.—Hay, además, varios de augita (20).

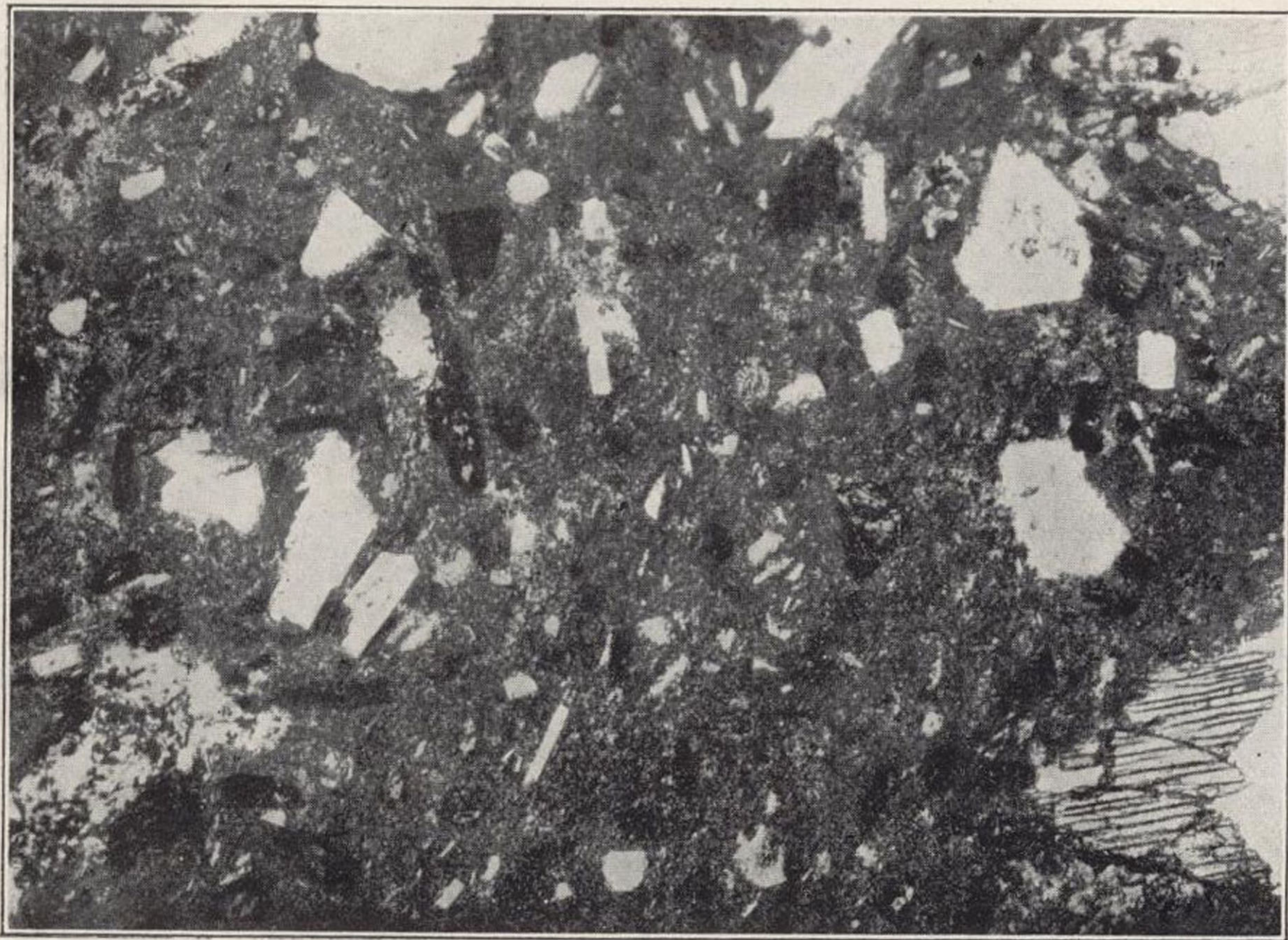
Datos ópticos: Objetivo apocromático 35 mm.—Luz polarizada.—22 aumentos.



Fot. 10.—ANDESITA DE LA BASE DE LA ISLA

En la pasta porfiroide se destacan cristales de augita (20) muy abundantes, de feldespato andesina (7), mica ferrífera (19) y hornablenda (21).

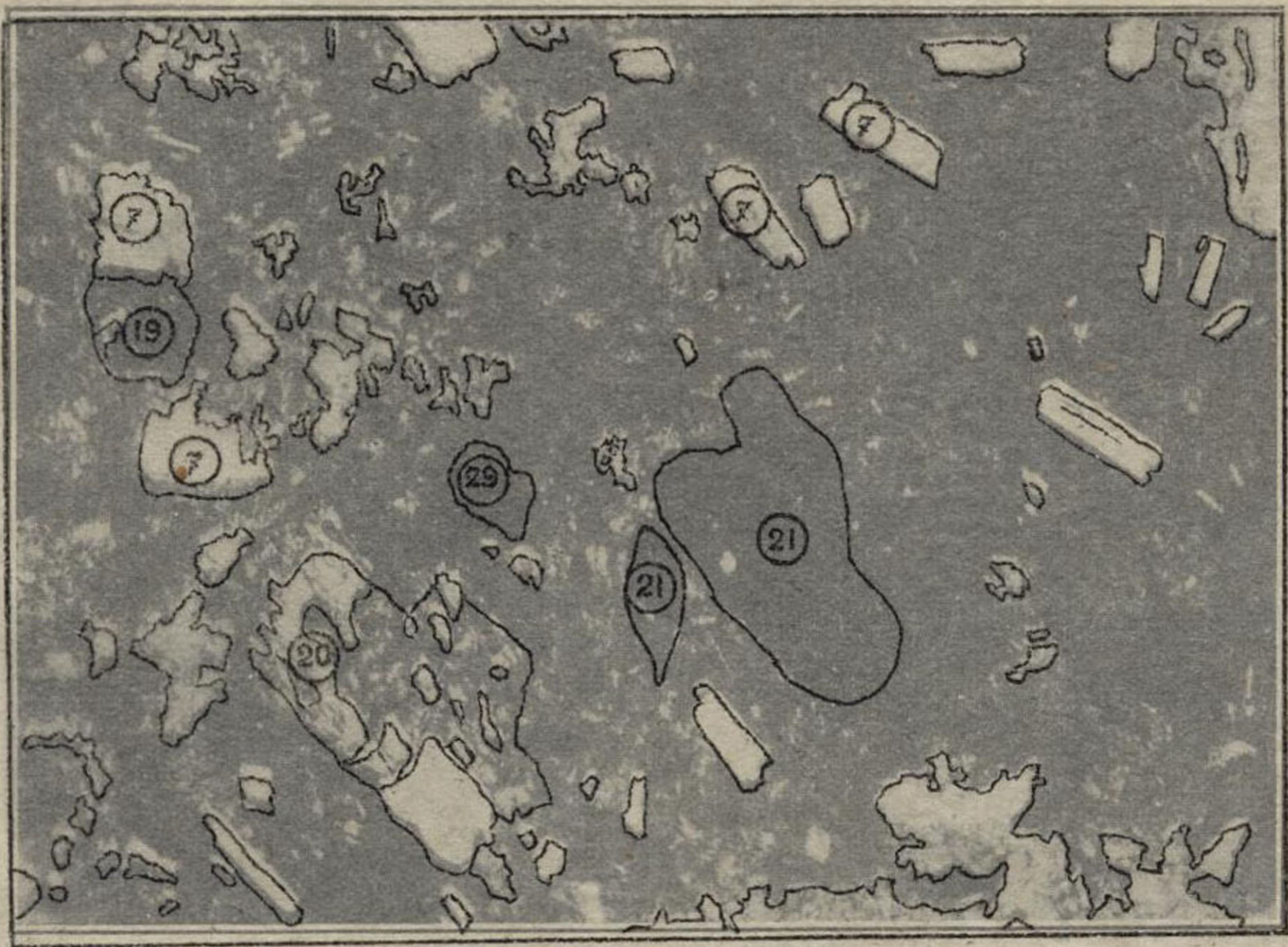
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz natural.—37 aumentos.



For. 10.—ANDESITA DE LA BASE DE LA ISLA

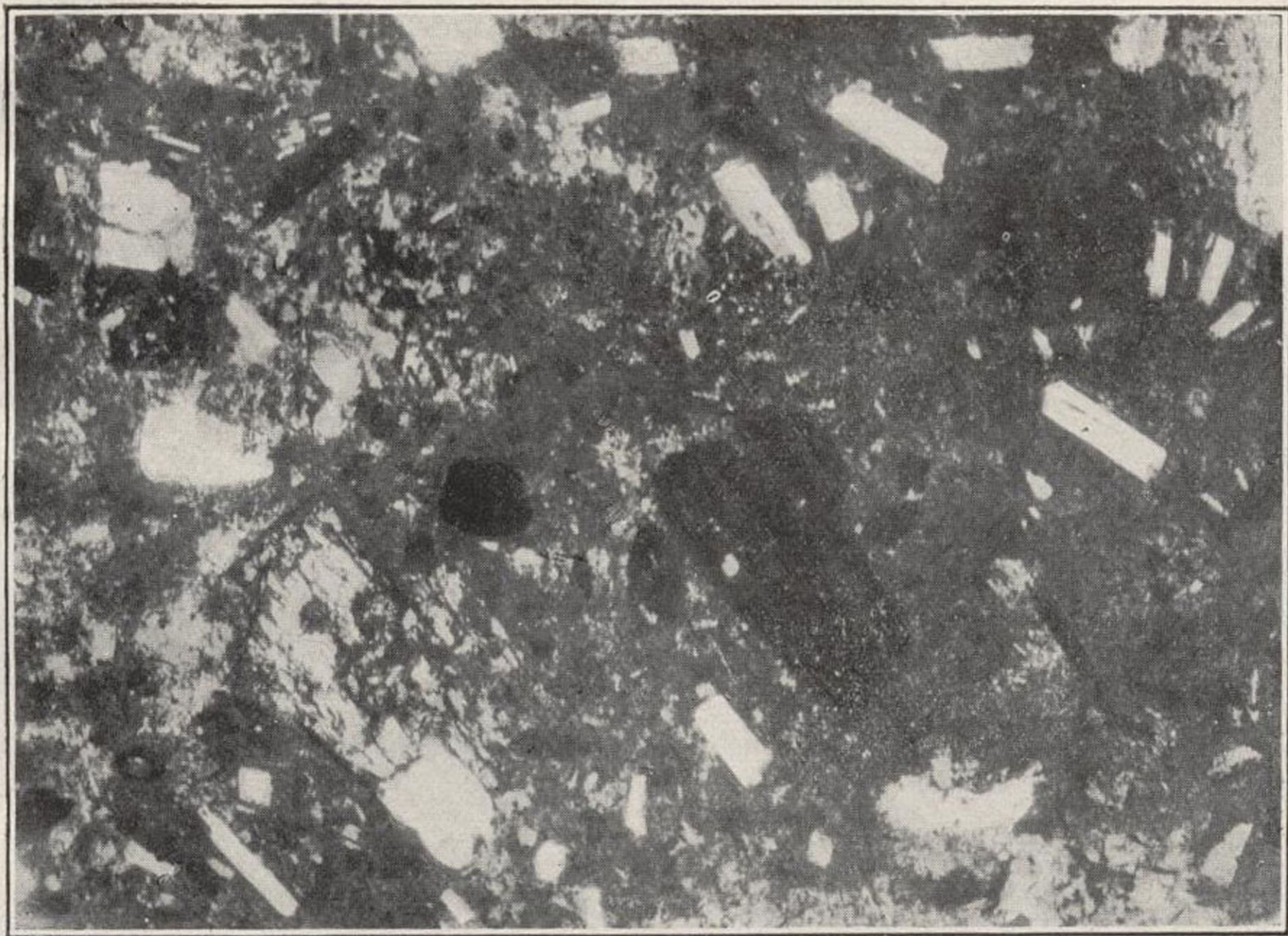
En la pasta porfiroide se destacan cristales de augita (20) muy abundantes, de feldespato andesina (7), mica ferrífera (19) y hornablenda (21).

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz natural.—37 aumentos.



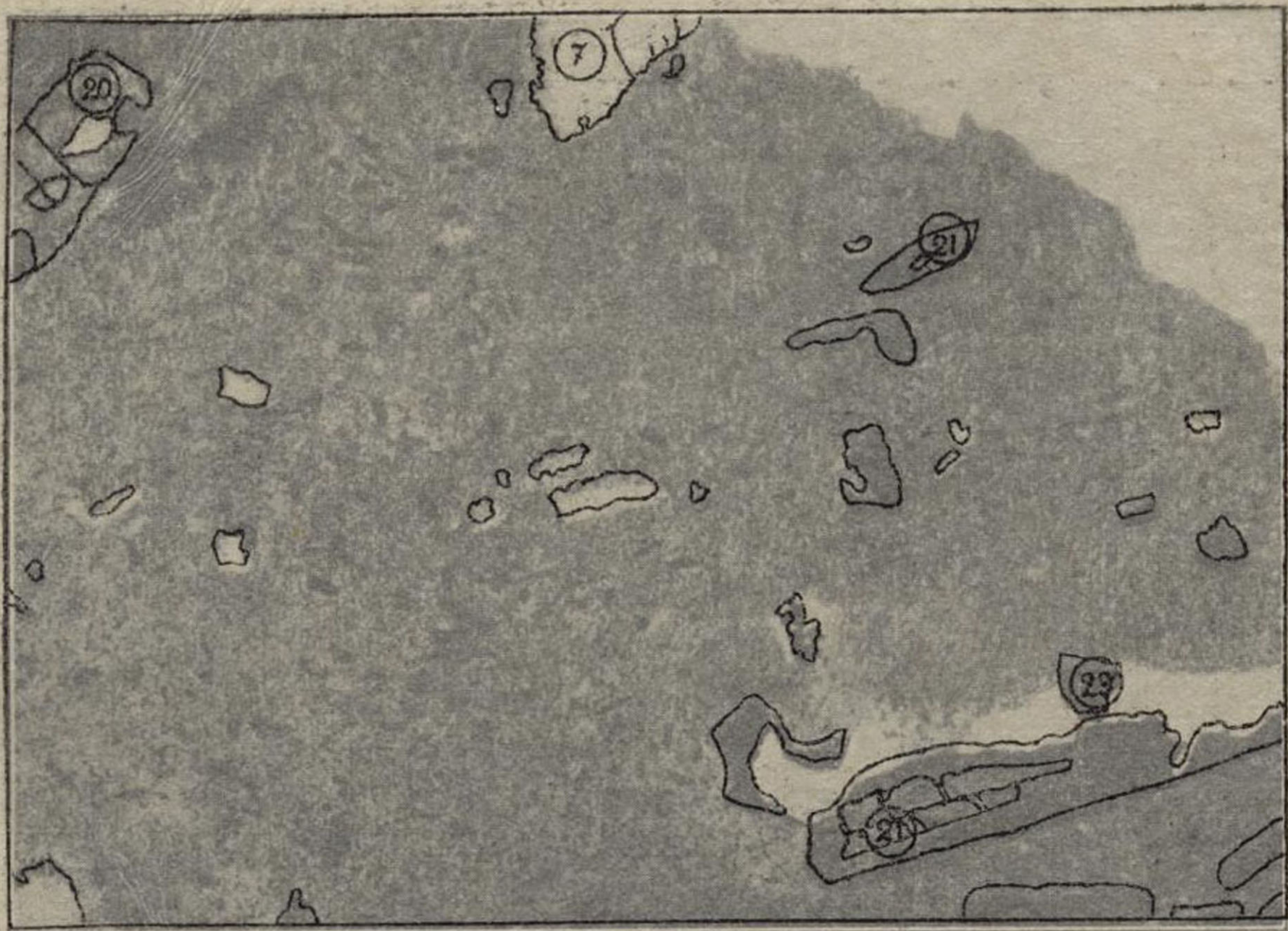
For. II.—ANDESITA DE LA BASE DE LA ISLA

Datos ópticos: Objetivo plano 20 mm.—Luz natural.—37 aumentos.



For. 11.—ANDESITA DE LA BASE DE LA ISLA

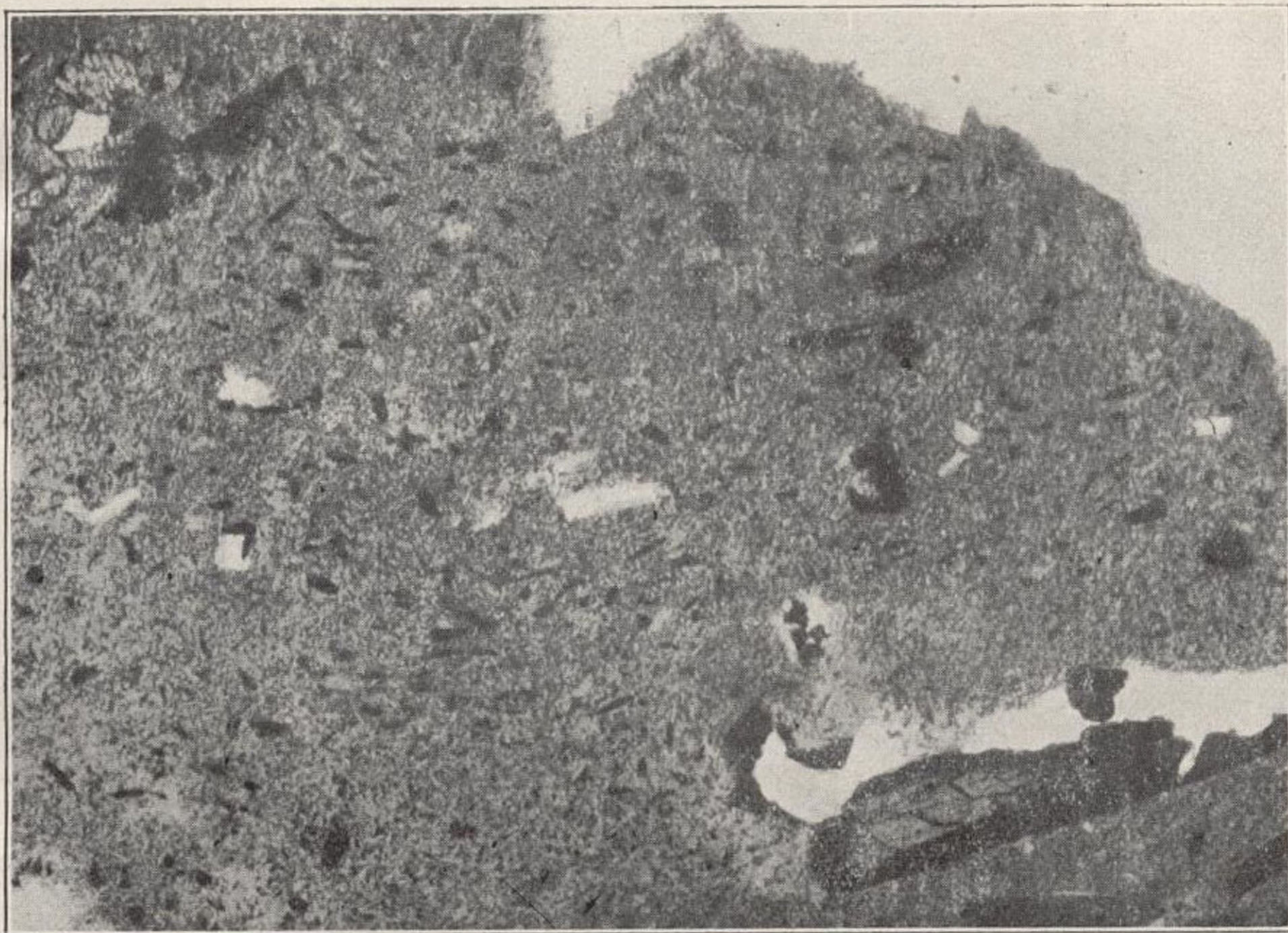
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz natural.—37 aumentos.



For. 12.—ANDESITA DE LA BASE DE LA ISLA

En ella se ve muy bien la estructura porfiroide de la pasta, destacándose los cristales de hornablenda (21).

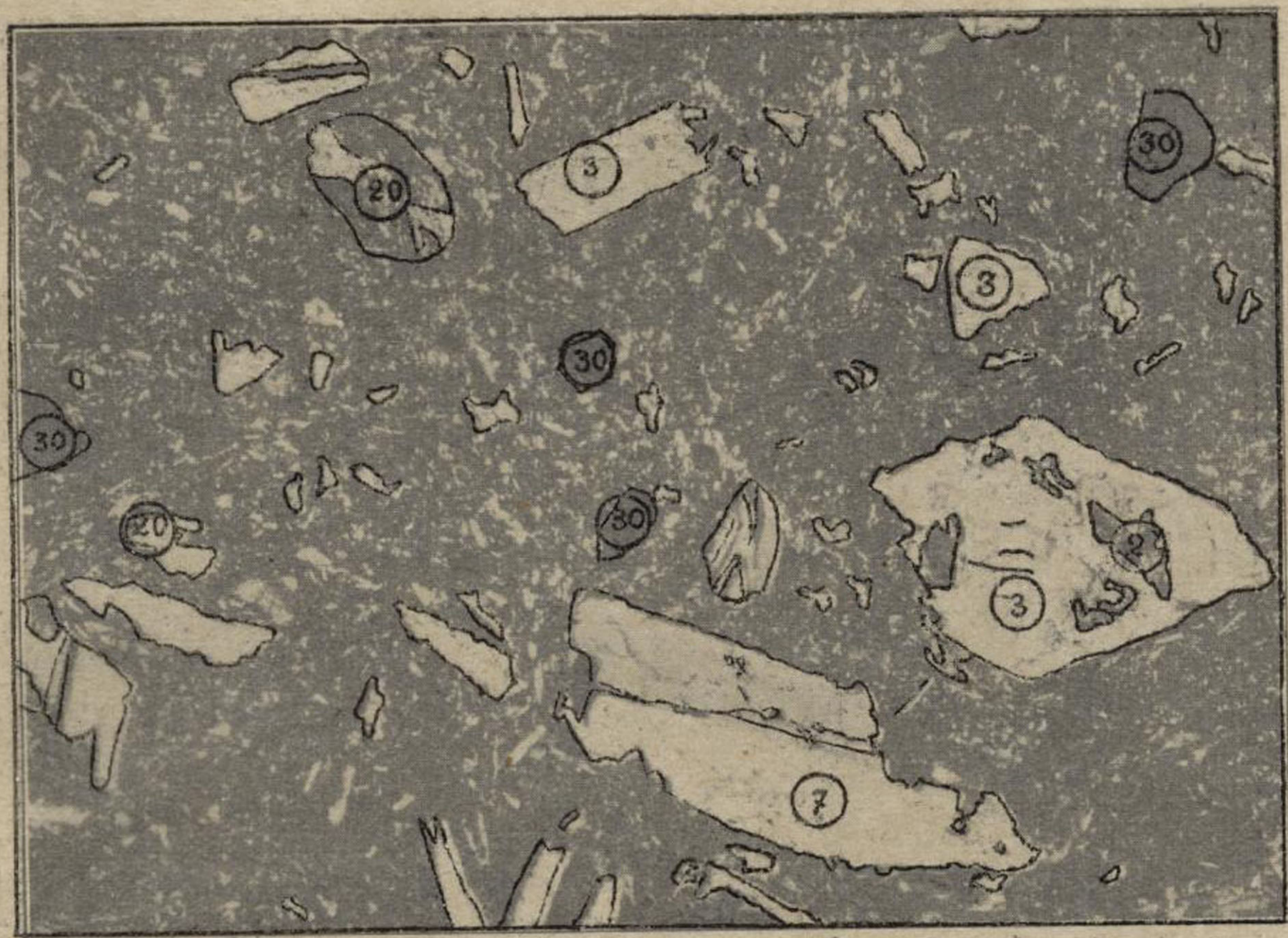
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz natural.—37 aumentos.



For. 12.—ANDESITA DE LA BASE DE LA ISLA

En ella se ve muy bien la estructura porfiroide de la pasta, destacándose los cristales de hornablenda (21).

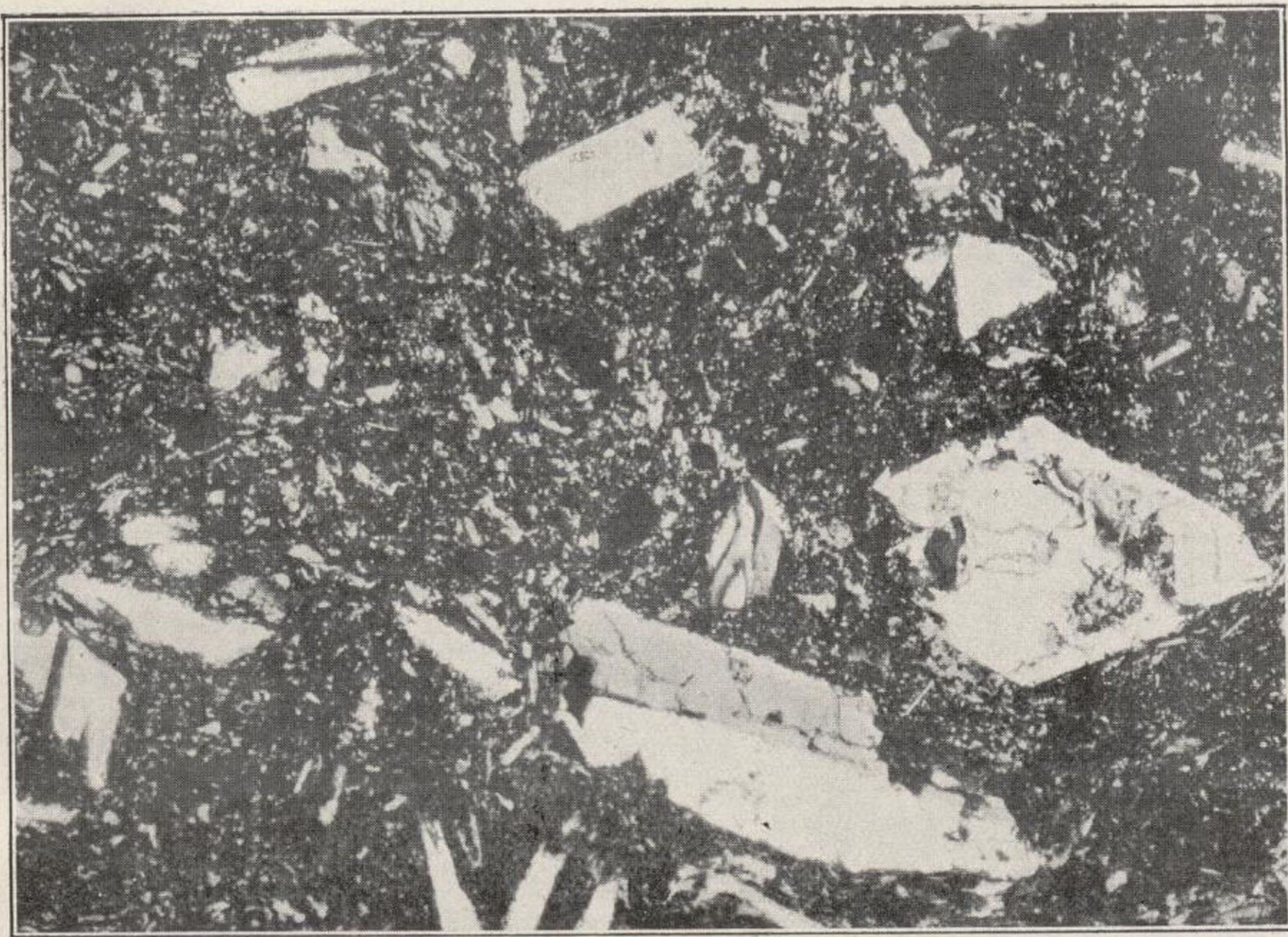
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz natural.—37 aumentos.



FOT. 13.—TRAQUI-ANDESITA DE LO ALTO DE LA ISLA

Pasta de textura traquítica que engloba cristales de feldespato plagioclasa (7) y sanidino (3),
conteniendo éste inclusiones de muscovita (2). — Hay, además, augita (20) y oligisto (30).

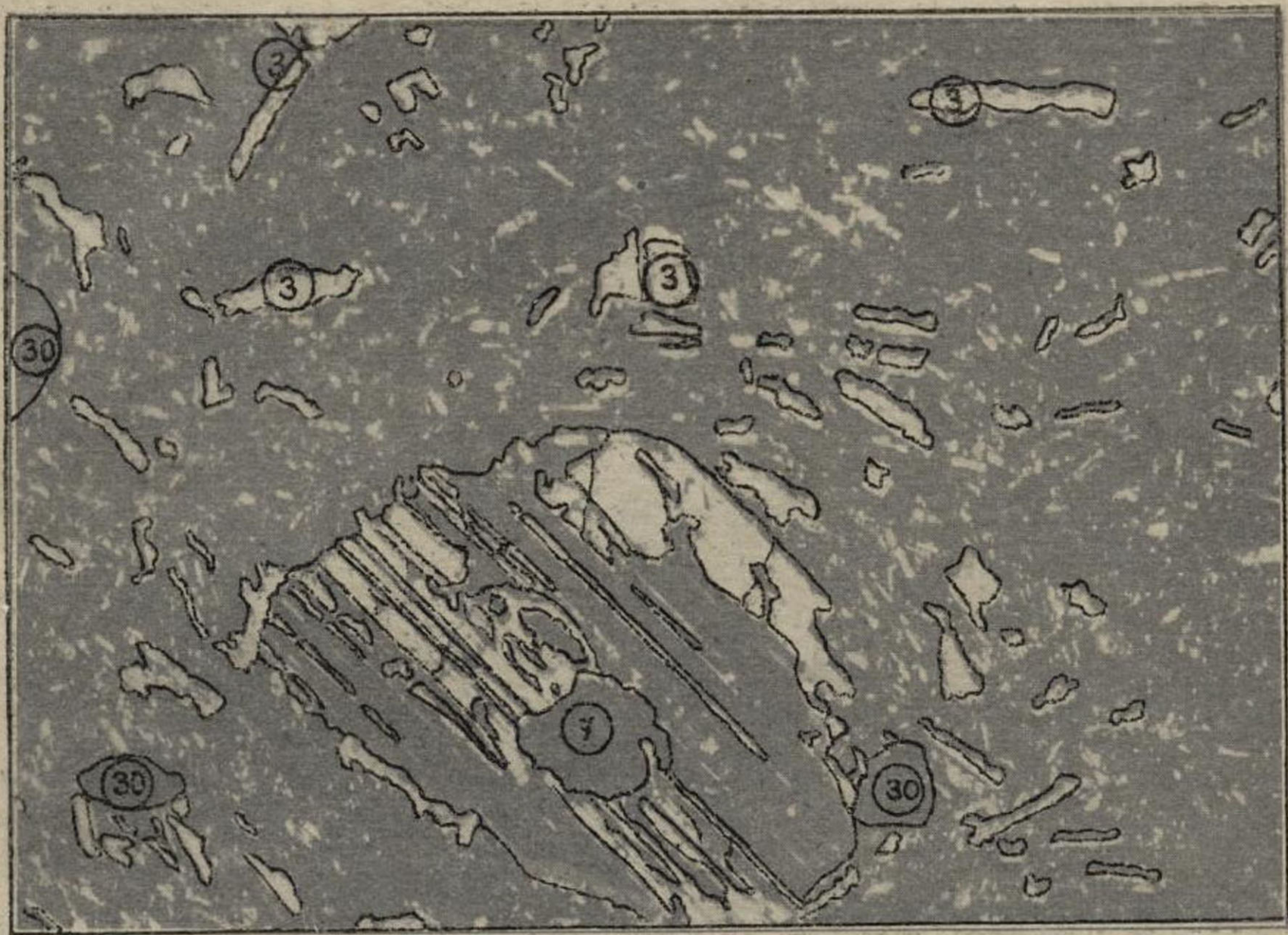
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—45 aumentos.



FOR. 13.—TRAQUI-ANDESITA DE LO ALTO DE LA ISLA

Pasta de textura traquítica que engloba cristales de feldespato plagioclasa (7) y sanidino (3), conteniendo éste inclusiones de muscovita (2). — Hay, además, augita (20) y oligisto (30).

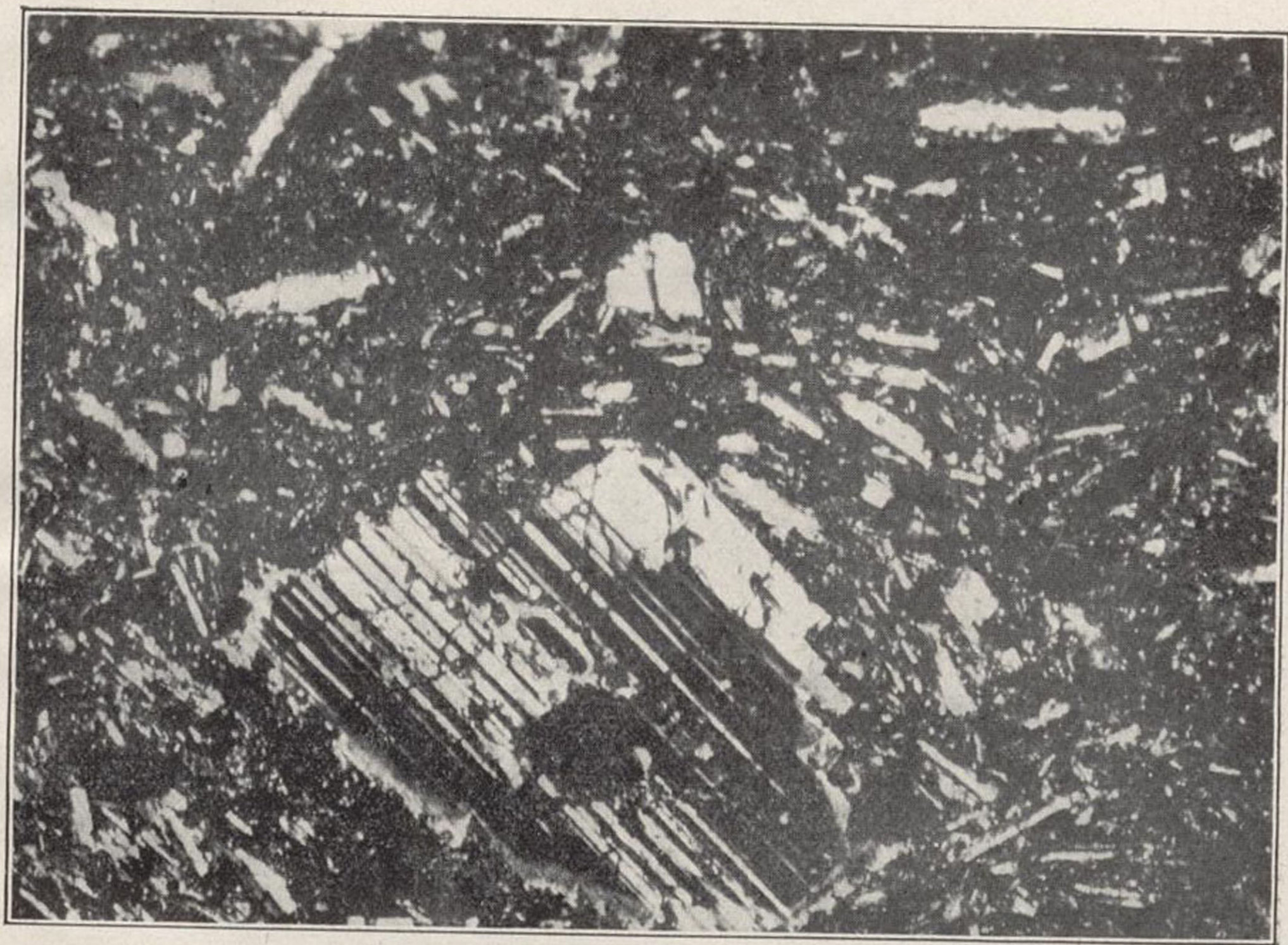
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—45 aumentos.



For. 14.—TRAQUI-ANDESITA DE LO ALTO DE LA ISLA

En la fotografía se distingue muy claramente la textura traquítica y un gran cristal de feldespato plagioclasa (7) maclado según la ley de la albita. Se ven también algunos pequeños de sanidino (3) y oligisto (30).

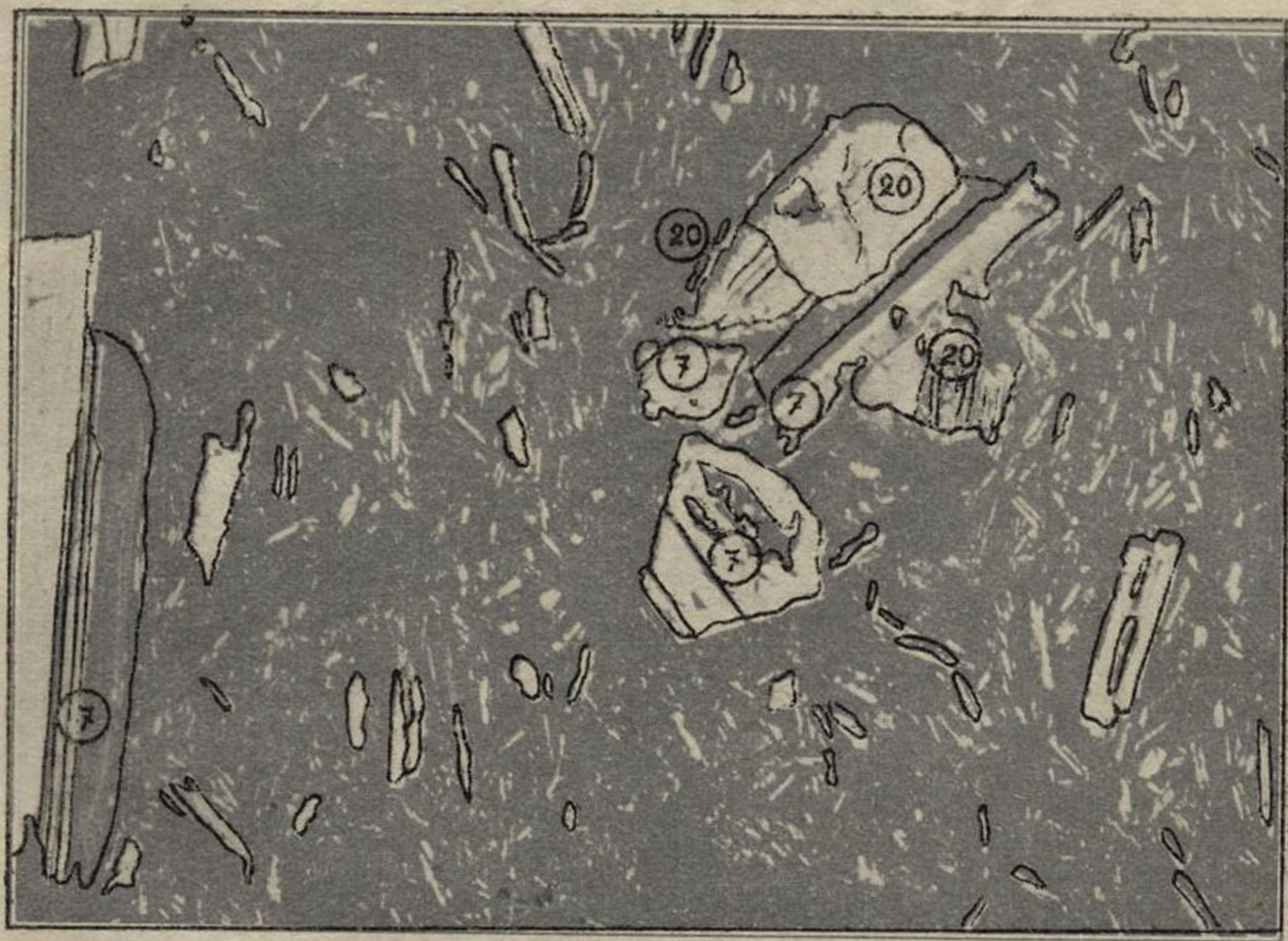
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—59 aumentos.



For. 14.—TRAQUI-ANDESITA DE LO ALTO DE LA ISLA

En la fotografía se distingue muy claramente la textura traquítica y un gran cristal de feldespato plagioclasa (7) maclado según la ley de la albíta. Se ven también algunos pequeños de sanidino (3) y oligisto (30).

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—59 aumentos.



For. 15.—TRAQUI-ANDESITA DE LO ALTO DE LA ISLA

Esta fotografía presenta una aglomeración de cristales de feldespato (7) y augita (20), destacándose en la pasta de estructura traquítica muy bien determinada.

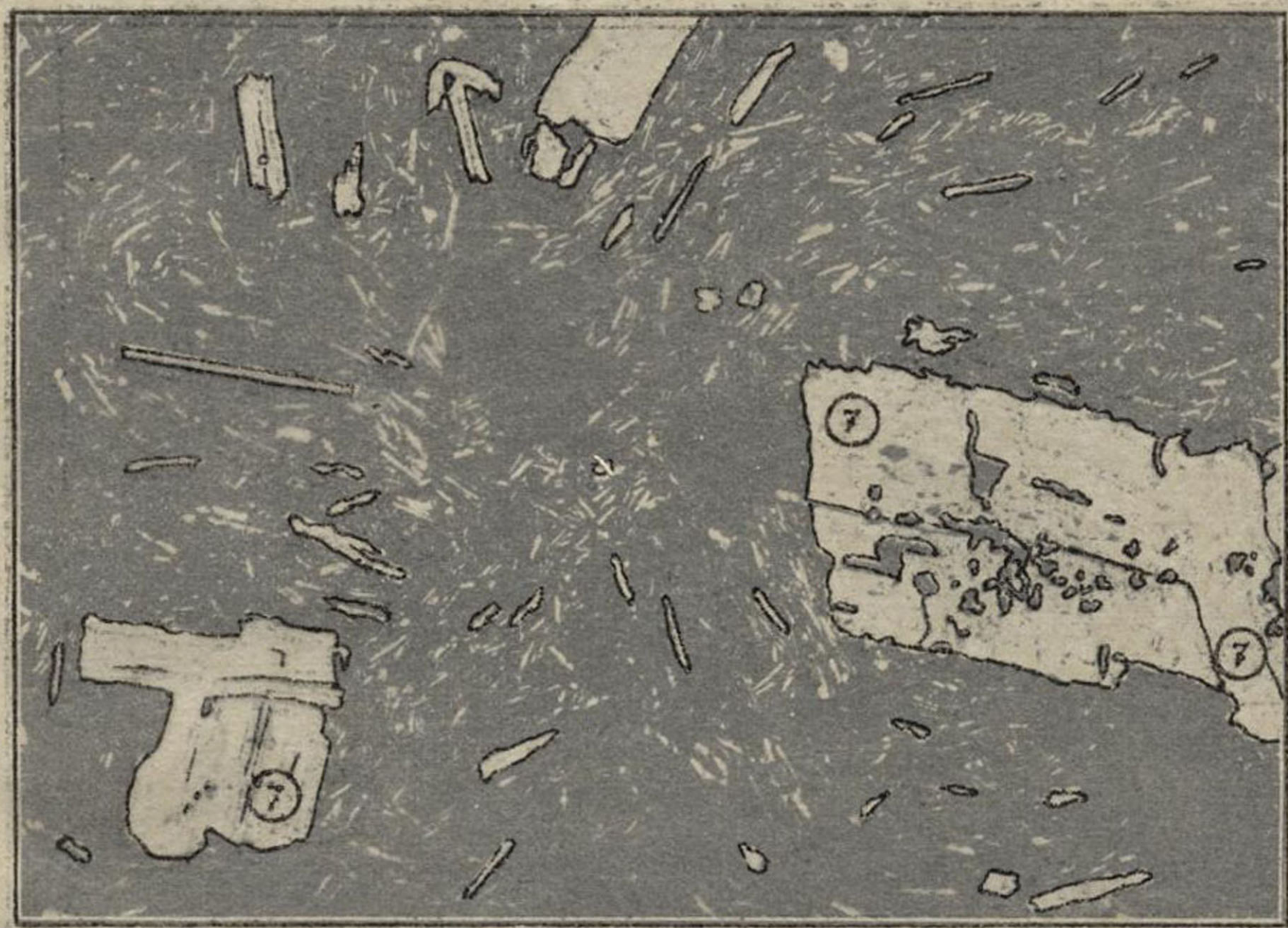
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm. — Luz polarizada. — 52 aumentos.



For. 15.—TRAQUI-ANDESITA DE LO ALTO DE LA ISLA

Esta fotografía presenta una aglomeración de cristales de feldespato (7) y augita (20), destacándose en la pasta de estructura traquítica muy bien determinada.

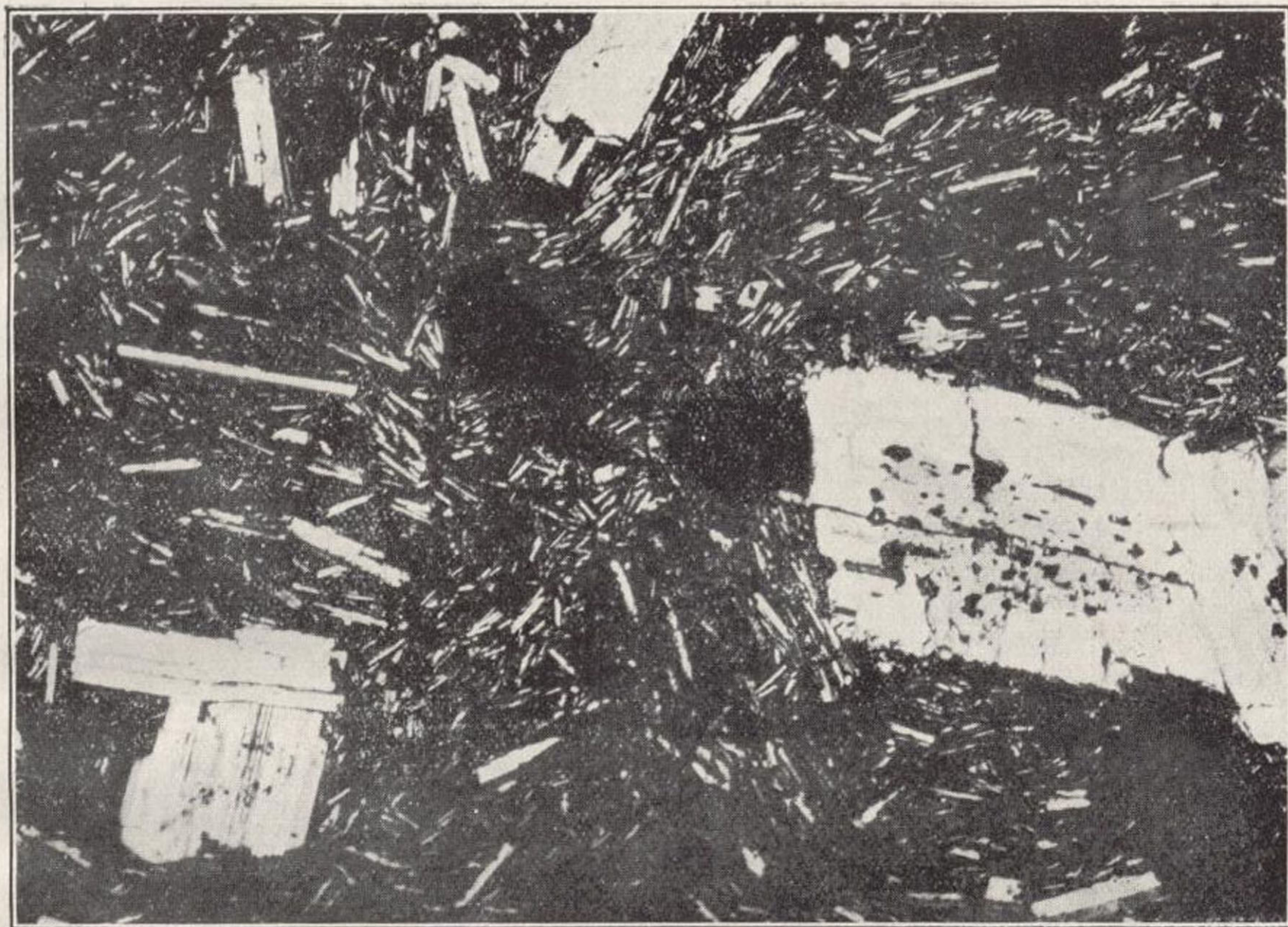
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm. — Luz polarizada. — 52 aumentos.



For. 16.—TRAQUI-ANDESITA DE LO ALTO DE LA ISLA

Se puede observar claramente en esta fotografía, cómo los microcristales alargados de la pasta presentan la macla de Calsbad.

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—37 aumentos.



FOT. 16.—TRAQUI-ANDESITA DE LO ALTO DE LA ISLA

Se puede observar claramente en esta fotografía, cómo los microcristales alargados de la pasta presentan la macla de Calsbad.

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—37 aumentos.

claramente de la hornablenda. En algunos ejemplares de la roca de la base (fot. 12) hemos visto hornablenda, relativamente abundante, de color verdoso, que la distingue claramente de la augita. Los cristales son prismas alargados, muy policroicos, aunque no tanto como los de la mica. El ángulo de extinción en las secciones prismáticas la diferencia fácilmente de la mica, así como también de la augita.

Hay también en la roca de la base algunos cristales, siempre escasos, de un piroxeno ortorrómbico, probablemente hyperstena, pues en la mayoría de ellos presenta un color rojizo muy característico.

Hay también magnetita, kaolín y algunos productos ferruginosos.

Por consiguiente, las rocas que constituyen la base de la isla del Congreso son andesitas, pareciendo existir dos variedades: una con piroxeno y biotita, y otra con estos mismos minerales y hornablenda.

Por encima de esta roca debieron circular en tiempos recientes las coladas ígneas que constituyen hoy, por enfriamiento, la roca que corona las alturas de la isla del Congreso. Examinada al microscopio (fots. 13, 14, 15 y 16) se observa que tiene una textura traquítica muy característica. Está formada por cristales de feldespato, alargados en forma de bastoncitos, presentando muy claramente muchos de ellos la macla de Calsbad. Forman a modo de requejeros que envuelven los fenocristales, dando clara cuenta de su origen fluidal. Acompañan a los microlitos feldespáticos, algunos microcristales de magnetita, de augita y de oligisto.

Los fenocristales no abundan, pero entre los que existen los hay muy sanos y conservando íntegras sus formas cristalinas. Existe sanidino con sus resquebraaduras característi-

cas; presenta la macla de Calsbad. Tiene algunas inclusiones de oligisto y productos ferruginosos, y se observan, sobre todo en las grietas, algunas alteraciones.

Existe también plagioclasa, que parece ser andesina básica con la macla de la albita; presenta inclusiones ferruginosas y algunas alteraciones en kaolín. Presentan los feldespatos la extinción zonar.

Los elementos ferruginosos escasean mucho. Sin embargo, la augita se presenta siempre, con preferencia en cristales pequeños. Hemos visto, no obstante, preparaciones en las que existen aglomeraciones de cristales de este mineral y de él con feldespato. Algunas veces este piroxeno se presenta maclado.

Es muy característico en esta roca el que toda ella se halle salpicada por cristallitos de oligisto, en general de color rojo fuerte, aunque los hay también rojo amarillentos. Presentan muy claras las formas cristalinas, y las secciones son exagonales, rómbicas y rectangulares. Es bastante policroico, y su origen parece secundario y debido a la acción de las fumarolas.

Existe también en esta roca magnetita de primera formación, kaolín y un poco de micacita, procedentes los dos últimos de la alteración de los feldespatos, y también diversos productos ferruginosos.

La roca, pues, del alto de la isla del Congreso es una traqui-andesita con piroxeno, tránsito a una andesita.

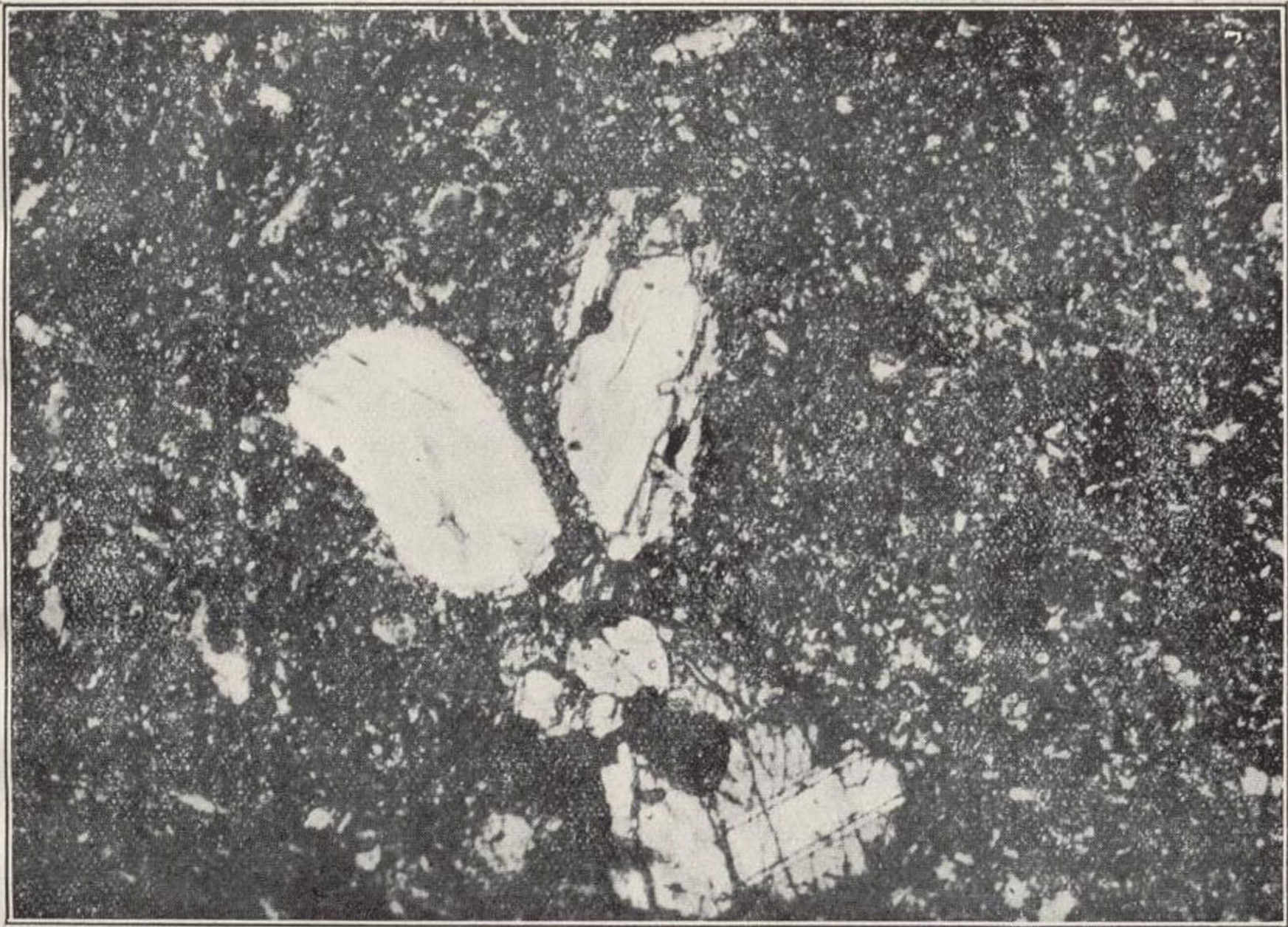
En una cueva situada en la orilla del mar, en el acantilado S. de la isla, se presenta una roca con bastante analogía con la que acabamos de describir, pero que, sin embargo, presenta algunas diferencias. La textura de la roca, aunque se ven en ella cristales alargados de feldespato, ya no es francamente traquítica (fots. 17 y 18). Además no existen los cristales de oligisto, que daban a la traqui-



For. 17.—ROCA DEL ACANTILADO S. DE LA ISLA

La fotografía presenta dos grandes cristales de augita (20), uno de ellos maclado, y uno de feldespato sanidino (3), englobados en una pasta microcristalina.

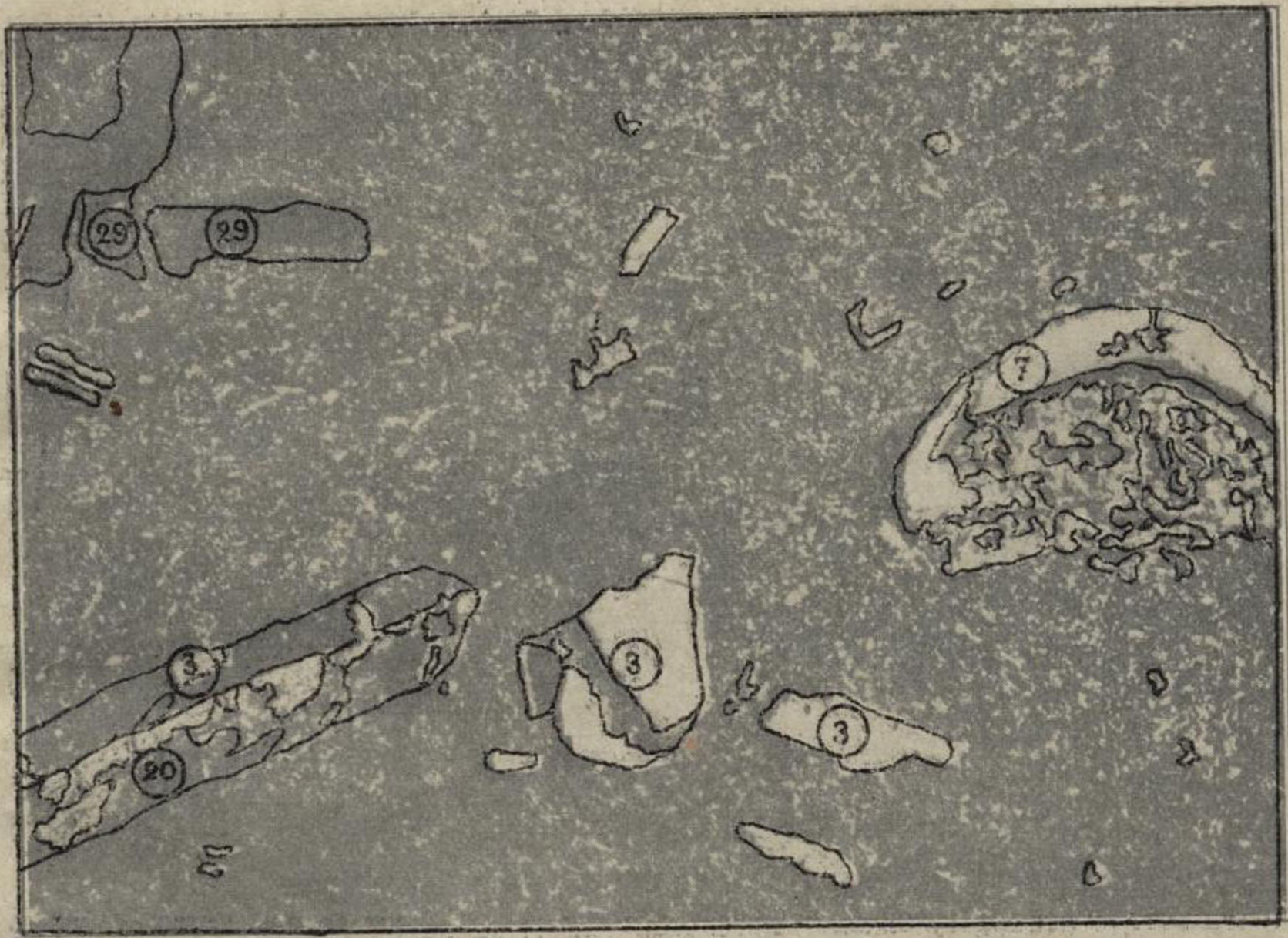
Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—59 aumentos.



For. 17.—ROCA DEL ACANTILADO S. DE LA ISLA

La fotografía presenta dos grandes cristales de augita (20), uno de ellos maclado, y uno de feldespato sanidino (3), englobados en una pasta microcristalina.

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—59 aumentos.



FOR. 18.—ROCA DEL ACANTILADO S. DE LA ISLA

Es la misma que la de la fotografía 17; pero esta preparación contiene, además, feldespato plagioclasa (7) y magnetita (29).

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—37 aumentos.



FOT. 18.—ROCA DEL ACANTILADO S. DE LA ISLA

Es la misma que la de la fotografía 17; pero esta preparación contiene, además, feldespato plagioclasa (7) y magnetita (29).

Datos ópticos: Objetivo planar 20 mm.—Luz polarizada.—37 aumentos.

andesita descripta un aspecto tan singular. Hay productos ferruginosos abundantes, que tal vez sean producidos por descomposición de la mica. La roca, microscópicamente, tiene el color pardo rojizo con fractura astillosa.

Atraviesa la isla un dique que, por alteración, presenta un color rojo vivo, debido a los hidróxidos de hierro, con algunas manchas blancas que parecen de kaolín. Tiene en la pasta partes vítreas y los fenocristales están alteradísimos, y se aprecia por sus formas y por los productos de la descomposición que debió existir feldespato y tal vez hornablenda. Como resultado de metamorfismo, se ven unas tierras amarillentas aluminosas que algunos de los que viven en las islas creían eran azufre.

De todas las manifestaciones anteriores, se deduce: que la isla Isabel II está constituida por andesitas piroxénicas, presentando en la parte NE. de la isla la variedad con hyperstena, aunque la textura y demás cualidades de la roca sean idénticas. La isla del Rey está constituida también de andesita piroxénica, de la variedad que contiene hyperstena; y por último, en la isla del Congreso la roca de la base está también constituida por una andesita piroxénica con hyperstena, pero también tiene hornablenda, y la roca que forma las cumbres de esta isla es una traqui-andesita piroxénica. Por consecuencia, las rocas de las Islas Chafarinas pertenecen al grupo andesítico (1), tal como lo hemos definido en otro trabajo anterior, o sean rocas eruptivas con textura porfiroide, con gran predominio de feldespatos y muy modernas. Dentro de este gran grupo, hicimos otras divisiones que comprendían todas las rocas que hemos hallado en la zona recorrida de nuestro Protectorado en Marruecos.

(1) *Estudios relativos a la Geología de Marruecos.*

De las rocas halladas en las Chafarinas, todas las encontradas en las islas Isabel II y Rey, y las de la base de la del Congreso, pertenecen al subgrupo de las andesitas propiamente dichas, aunque presentan una variedad muy interesante que luego haremos resaltar. La roca de la parte alta de la isla del Congreso corresponde al grupo de las traquiandesitas, aunque las rocas examinadas marquen un tránsito a las andesitas propiamente dichas.

Las rocas del subgrupo de las andesitas propiamente dichas tienen textura pilotáxica o hyalopilitica, con predominio de plagioclasa en la pasta y en los fenocristales. Todos estos caracteres tienen las rocas de las Chafarinas, y a la que más se aproximan, de las encontradas por nosotros en Marruecos, es a las piroxénicas de los Altos del Gurugú, del Atalayón, de Punta Cárcel, y la que presenta anfíbol tiene mucha semejanza con la hallada en Sidi Musa.

La densidad es un carácter que presentaban las rocas de Marruecos que confirmaba la división en subgrupos, que habíamos hecho atendiendo a los caracteres de textura, elementos componentes, etc. La densidad media de las andesitas piroxénicas de Marruecos es de 2,68. Nosotros la hemos medido en varios ejemplares de las Chafarinas, que han dado el resultado siguiente:

| | |
|---|------|
| ISLA ISABEL II: | |
| Andesita piroxénica con mica..... | 2,64 |
| » » » hyperstena..... | 2,36 |
| ISLA DEL REY: | |
| Andesita piroxénica con hyperstena..... | 2,45 |
| » » » » | 2,45 |
| » » » » | 2,48 |
| ISLA DEL CONGRESO: | |
| Andesita piroxénica con hornablenda. | 2,85 |

La media es 2,55, más baja que la media de Marruecos, siendo curioso observar que cuanto más hyperstena contiene una roca, menos densidad alcanza. La presencia de este mineral diferencia a las rocas de las Islas Chafarinas de todas las de la zona española que nosotros hemos reconocido. Nosotros, en el Gurugú y en otras zonas, habíamos visto, aunque escaso, algún cristal de enstatita, pero nunca habíamos observado la presencia de ningún otro piroxeno ortorrómbico.

El volcán de Tifarouine, descrito por Gentil en su obra *La cuenca de Tafna*, está constituido también por andesitas piroxénicas, y a veces con biotita y anfíbol que tiene mucha semejanza con las rocas de las Islas Chafarinas, que se acentúa aún más considerando que allí también se presenta hyperstena.

Las diferencias de las andesitas que se hallan en las tres islas son pequeñas, y es sabido que algunas de ellas se presentan en rocas de una misma erupción, porque dependen de las distintas fases por que pasa la misma, por las diferentes circunstancias físicas en que se realiza el enfriamiento y por los distintos fenómenos de metamorfismo.

Las rocas de Chafarinas se debieron enfriar bastante lentamente, como parece indicarlo la textura, en general microcristalina, de la pasta, así que debieron ser erupciones emergentes y no submarinas, como algunas de la zona N. de Marruecos. Indudablemente por esta causa y por los acantilados con señales de desgajamiento que presentan las islas del Congreso e Isabel II, parece lógico suponer que las islas debieron estar unidas y alcanzar una altura sobre el mar bastante mayor que la que tienen ahora. Posteriormente, hundimientos que debieron producirse y la erosión separaron a unas islas de otras y las dieron el relieve actual.

La roca del alto de la isla del Congreso corresponde al grupo traqui-andesítico, pero ni por su textura ni por su abundancia de fenocristales está claramente comprendida en este grupo, siendo más bien un tránsito a las andesitas propiamente dichas. Tiene semejanza esta roca con otras halladas en diques en el Gurugú, y sobre todo con algunas halladas en Punta Cárcel. Esta roca se extendió encima de la andesita piroxénica, análogamente a lo que pasa en la zona de Melilla, indicando claramente que salió a la superficie posteriormente a las andesitas.

La densidad de las traqui-andesitas de las Chafarinas también indica que éstas no son características de este subgrupo, habiéndolas incluido porque a las rocas en él comprendidas son a las que más se les parece. La densidad media que nosotros hemos asignado en nuestro trabajo acerca de la geología de la zona española de Marruecos a las rocas del grupo traqui-andesítico, es de 2,32, y los dos ejemplares de la isla del Congreso nos dieron los resultados siguientes:

| | |
|-----------|------|
| 1.º | 2,54 |
| 2.º | 2,66 |
| 3.º | 2,76 |

Es decir, una densidad media de 2,65, o sea muy cerca de la densidad de las andesitas propiamente dichas.

En nuestro trabajo sobre Marruecos referimos las andesitas piroxénicas al plioceno superior o astiense, puesto que estaban superpuestas a las margas y arenas del plasesciense, y que posteriormente, sin que creamos que existiera solución de continuidad, debió seguir la erupción de traqui-andesitas. Por tanto, a las rocas análogas de Chafarinas debemos asignarles la misma edad.

Hemos manifestado antes la semejanza de las rocas de las islas con las de Tifarouine, a las que atribuye Gentil edad mioceno superior, pero nosotros, en otro lugar, indicamos que creemos que las rocas de este volcán y el Gurugú, y por tanto Chafarinas, son de erupciones contemporáneas, y sospechamos que la diferencia de edad que unos y otros asignamos a estas erupciones es debido al distinto criterio adoptado en la clasificación de los terrenos terciarios, que a todos nos han servido para determinar la época en que aquéllas se realizaron.

AGUSTÍN MARÍN

APÉNDICE

Proyecto de Reglamento para la investigación de aguas en la zona del Protectorado español en Marruecos.

Artículo 1.º Con objeto de fomentar la riqueza pública de la zona del Protectorado español en Marruecos, se procederá por el Majzen Jalifiano a efectuar investigaciones de aguas subterráneas en la referida zona.

Art. 2.º Con objeto de reglamentar la ejecución de los trabajos que se han de realizar para llevar a cabo las investigaciones a que se refiere el artículo anterior, se considerará dividida la zona del Protectorado español en dos regiones: primera, completamente pacificada, y segunda, aquella en que se considere aún necesaria la ocupación militar.

Art. 3.º Por el Excmo. Sr. Alto Comisario de España en Marruecos se fijarán siempre los límites y extensión de cada una de estas regiones.

Región completamente pacificada.

Art. 4.º En la región completamente pacificada, los Ingenieros del servicio de Minas del Protectorado serán los encargados de la ejecución material de los sondeos o de cualquier otra labor de investigación de aguas subterráneas que realice por su cuenta el Majzen.

Art. 5.º El Ilmo. Sr. Delegado de Fomento de los intereses materiales del Protectorado, previo informe del Servi-

cio de Minas y de la Comisión Geológica de Marruecos, fijarán los sitios en que han de ejecutarse los sondeos u otro trabajo de investigación de aguas subterráneas y la profundidad que debe alcanzar.

Art. 6.º La Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos, asesorará a la Superioridad en todo lo referente a a los estudios geológicos para la investigación de aguas subterráneas y remitirá al Ilmo. Sr. Delegado de Fomento todos los años, dentro de los tres primeros meses, como resultado de los estudios efectuados en la zona, un informe en que dará cuenta de los estudios hidrológicos que haya realizado el año anterior y propondrá los sondeos o trabajos de investigación que deba realizar el Estado en la zona de nuestro Protectorado en Marruecos y los datos que sobre ellos crea deba dar cuenta a la Superioridad, como profundidad a que se debe llegar, honduras probables de los distintos terrenos geológicos, etc.

Art. 7.º A la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos se le facilitará, en las visitas que haga a los trabajos de investigación de aguas, los materiales, rocas, aguas, etcétera, que juzgue necesarios para sus estudios de laboratorio y se le proporcionarán cuantos datos estime convenientes para su trabajo.

Art. 8.º Además de los trabajos que el Majzen realice directamente en beneficio general, podrá auxiliar a las entidades o particulares que intenten o emprendan alumbramientos de aguas por su cuenta, siempre que a juicio del Servicio de Minas de la zona y de la Comisión de Estudios Geológicos sea pertinente el hacerlos y ofrezcan probabilidades de éxito las labores proyectadas.

Cualquiera a quien interese la investigación de aguas subterráneas podrá solicitar el auxilio del Majzen, mediante instancia dirigida al Ilmo. Sr. Delegado de Fomento, en

la que se harán constar las circunstancias del caso y el fundamento de la demanda.

Art. 9.º El auxilio del Majzen será de dos clases: informativo y pecuniario.

Será informativo:

Cuando se trate de alumbramiento de aguas que se intenten con fin puramente particular, sin que de su éxito se pueda desprender un aumento grande en la riqueza en agua de la zona, ni sea el primero en una región no investigada anteriormente. La Comisión de Estudios Geológicos en Marruecos facilitará al solicitante los antecedentes de que disponga y puedan servir para esclarecer el asunto, y si el Ilmo. Sr. Delegado de Fomento lo estima conveniente, dispondrá que su personal examine sobre el terreno los puntos y circunstancias de la investigación y aconseje en informe, del que se entregará copia al interesado, en todo lo pertinente a su proyecto.

Será pecuniario el auxilio:

Cuando las Corporaciones traten de alumbrar aguas subterráneas destinadas a aplicaciones de interés general manifiesto, o se proyecten esos alumbramientos en regiones que no hayan sido investigadas anteriormente, el Majzen podrá contribuir a la ejecución de las obras con una subvención que no excederá del 50 por 100 del presupuesto total, y que será abonada a los solicitantes en la forma y plazos que se fijen por el Ilmo. Sr. Delegado de Fomento en cada caso.

Art. 10. Para la concesión del auxilio pecuniario señalado en el artículo anterior, será requisito imprescindible que el Servicio de Minas y la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos, mediante previos y razonados informes, pongan de manifiesto que la comarca donde se trata de alumbrar aguas subterráneas reúne condiciones para espe-

rar un resultado favorable; estudie el proyecto y presupueste de la obra, y emita su parecer acerca de la cuantía y condiciones del auxilio con que el Majzen podrá ayudar a los solicitantes.

Art. 11. Una vez concedido el auxilio, los trabajos habrán de emprenderse por el concesionario en forma y tiempo que den garantías bastantes de la debida aplicación a las cantidades concedidas.

Art. 12. Las concesiones de auxilio caducarán:

1.º Por abandono que de ellas haga el concesionario.

2.º Cuando los trabajos no se emprendan en el plazo señalado, o cuando no se ejecuten en las condiciones establecidas.

El expediente de caducidad se incoará por solicitud del concesionario o por denuncia del Servicio de Minas de la zona.

Los trabajos ejecutados en estas concesiones caducadas quedarán de la completa propiedad del Majzen, el cual podrá utilizarlos según las condiciones que en cada caso particular establezca.

Región en que se considera aún necesaria la ocupación militar.

Art. 13. En esta región, el Cuerpo de Ingenieros Militares será el encargado de la ejecución material de los sondeos o de cualquier otra labor de investigación de aguas subterráneas que se realice.

Art. 14. Al Excmo. Sr. Alto Comisario o a la persona en que él delegue, asesorado por la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos y por el Jefe militar del Servicio de Sondeos, le corresponderá fijar en el sitio en que se han de realizar los sondeos u otro trabajo de investiga-

ción de aguas subterráneas y la profundidad que deben alcanzar.

Art. 15. La Comisión de Estudios Geológicos tendrá, respecto a la región en que se considera aún necesaria la ocupación militar, las mismas obligaciones y los mismos derechos que en la zona completamente pacificada, según se determina en los artículos 6.º y 7.º de este Reglamento.

Art. 16. En esta región, análogamente a la completamente pacificada, el Majzen podrá auxiliar a las entidades y particulares, ya informativamente o pecuniariamente, siguiéndose en ambos casos la misma tramitación, o sea la señalada en los artículos 8.º al 12, ambos inclusive, de este Reglamento, con la diferencia de que en la región donde se considera aún necesaria la ocupación militar, será preciso para tramitar el expediente, el informe previo favorable del Jefe militar de Sondeos.

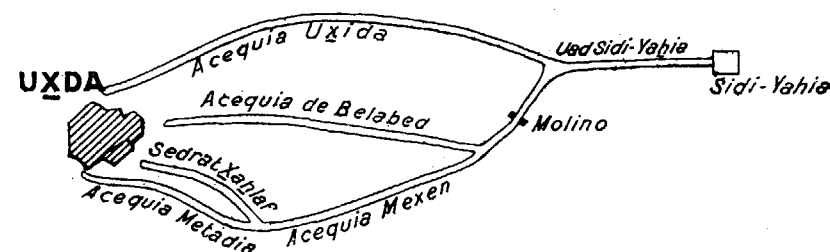
Art. 17. En los presupuestos correspondientes del Majzen, se consignarán los créditos necesarios para la ejecución de los servicios que se expresan en este Reglamento.

Art. 18. Se publicarán Reglamentos especiales referentes a la organización para la ejecución material de los sondeos, conteniendo programa de trabajos, contabilidad, pagos, inventarios, presupuestos, etc.

Régimen de las aguas de Uxda.

El manantial de Sidi-Yahia proporciona el agua necesaria para el riego de las huertas, que es conducida por canales descubiertos, penetrando en la villa sólo una pequeña cantidad, que es utilizada. El arroyo de Sidi-Yahia tiene cerca de 3 metros de ancho y se divide en dos canales en el lugar denominado Aguedal, en donde existe una presa partidora llamada Guellet el Kuades (depósito de los con-

ductos), que asegura la repartición conveniente del agua. El canal del S. o acequia Mexen, es el más importante y está al mismo nivel que el arroyo, recibiendo los dos tercios de su caudal. El canal del N. o acequia Uxda, está a un metro más bajo de nivel y recibe el tercio restante (1).



Uxda riega las huertas del E. y NE. hasta Bab-el-Jemis y la kobba de Sidi Tumi. Mexen riega las del S.; se divide a su entrada en el olivar, dando nacimiento a la acequia Belabed, que surte de agua a las huertas del centro; en su extremo, el Mexen se subdivide en dos ramas secundarias: Sedret Xahlaf, que surte a la ciudadela con ayuda de turnos de agua instituidos en habices, y Metadia, que conduce el agua hasta los grupos de huertas del O.

El caudal de Sidi Yahia está dividido en un número fijo de partes, llamadas cuartos. Un cuarto de agua es, en principio, igual al tercio del caudal total, proporcionado cada diez y siete días durante un cuarto de día o un cuarto de noche; hay, por lo tanto, en total 408 cuartos: 136 por Uxda y 272 por Mexen. Estos 408 cuartos, pertenecen parte a los bienes habices y parte a particulares. La propiedad del agua es completamente independiente de la de la tierra; se pueden poseer partes de agua sin tener huertas, habiendo unos 150 propietarios de partes de agua.

(1) Esta relación es la admitida por los indígenas; en realidad no es exacta; los dos canales reciben sensiblemente: Mexen 13,20 y Uxda 7,20.

Para la distribución, la unidad primitiva del cuarto tiene múltiplos y submúltiplos, que son: el medio día o doble cuarto, el medio cuarto u octavo de día, el cuarto de cuarto o diez y seis avo de día, llamado también jarruba. Los distintos cuartos de agua, aunque supuestos iguales, tienen en realidad diferencias notables entre sí. Estas diferencias son debidas a dos causas: los canales no tienen una sección uniforme, y la duración de su disfrute varía según los cuartos; existen además grandes pérdidas debidas a defectos de la canalización. Por consiguiente, es necesario, para definir un cuarto de agua, indicar el nombre del canal al cual pertenece y la hora a que corresponde.

El cuadro siguiente da los nombres de los cuatro cuartos de día y los cuatro cuartos de noche, así como su valor aproximado:

| Nombres de los cuartos. | Límites aproximados. | Duración media. |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| <i>Cuartos de día:</i> | | |
| Etnaxen kdem (12 pies) | 6 de la mañana a 8 $\frac{1}{2}$ | 2 h. $\frac{1}{2}$ |
| Tlet kdam (3 pies) | 8 $\frac{1}{2}$ al dohor (12) | 3 h. $\frac{1}{2}$ |
| Dohor | Dohor al asser (4) | 4 h. |
| Asser | Asser al mogreb (7) | 3 h. |
| <i>Cuartos de noche:</i> | | |
| Mogreb | Mogreb al euxa (8 $\frac{1}{2}$) | 1 h. $\frac{1}{2}$ |
| Regda | Euxa a 10 h. | 1 h. $\frac{1}{2}$ |
| Dai | 10 h. al feyer (4 $\frac{1}{2}$) | 6 h. $\frac{1}{2}$ |
| Kornifa | Feyer a 6 del a mañana | 1 h. $\frac{1}{2}$ |

Siendo desiguales los cuartos de agua, ha sido necesario establecer un turno para que unos propietarios no sean más favorecidos que otros. El poseedor de un cuarto recibe en ocho períodos de diez y siete días los cuatro cuartos de

día y los cuatro cuartos de noche, en el orden siguiente: etnaxen kdem, asser, regda, dai, kornifa, mogreb, dohor, tlet kdam.

La mayor parte de los cuartos empiezan y terminan a las horas de oración; la llamada del almuédano sirve de señal para las maniobras del agua. El principio del etnaxen kdem se determina basándose sobre la longitud de la sombra que proyecta un hombre colocado al sol, cuando la sombra es de 60 a 70 pies; según la distancia que hace falta recorrer para ir a cortar el agua, se da el turno; el nombre de este cuarto no corresponde, por lo tanto, a la medida. Lo mismo sucede para el comienzo del tlet kdam (3 pasos), que corresponde a 8 pies de sombra. Los días que no hay sol se emplea el reloj. El término del regda lo anuncia el Kaid-el-ma, que mira la hora en la Mezquita y la hace gritar en la puerta de Sidi-Abd-el-Uahab.

Como hemos dicho, el turno de agua vuelve cada diez y siete días en un orden determinado, y, si se deja pasar, se pierde sin ninguna compensación.

Las autoridades pueden privar a los propietarios de una parte de sus derechos por el uso de la hedima, que es el empleo de un día de agua en beneficio de otros individuos. Existían antes muchos abusos, porque el amel recurría a menudo a la hedima para indemnizar a los cultivadores, a quienes tomaba el agua para regar las tierras del Majhzen; los xiujs de la villa hacían otro tanto.

La vigilancia del servicio de aguas está encomendada a un administrador llamado Kaid-el-ma, que tiene a su cargo la conservación de los canales, la regularidad de las maniobras y la resolución de los litigios. Su retribución consiste en una hedima en primavera y otra en otoño, que él transforma en dinero, vendiendo el agua.

La propiedad de un cuarto de agua vale, por término me-

dio, 500 pesetas. Los propietarios que disponen de más agua que la que necesitan, alquilan el exceso. La bolsa de las aguas tiene lugar al lado del zoco, en donde desemboca la calle de la Mezquita; el que quiere ceder (vender o arrendar) anuncia el tiempo que cede, el nombre del turno y el del canal a que pertenece. Los solicitantes hacen sus ofertas y el agua es adjudicada al mejor postor. El adquirente no tiene más que irse cerca de su huerta y esperar la llegada del agua; si no llega en el momento designado y en la cantidad correspondiente, lo hace constar y el delincuente es perseguido. Los precios de arriendo de un turno de agua son variables; durante los años secos llegan a 80 pesetas para Uxida y 90 para Mexen, pujándose entonces mucho; pero cuando los años son lluviosos, los precios descienden a cifras muy inferiores.

EXCURSIÓN A XEXAUEN ⁽¹⁾

El deseo natural de descorrer el misterioso velo en que ha estado envuelta toda la zona de Xexauen, la más irreductible de Marruecos, y el interés y actualidad que podría tener dar una impresión de su constitución geológica, fueron motivo de que la Superioridad me comisionase para hacer una rápida expedición, llevada a cabo a fines del año pasado. Todas las dificultades materiales que ofrecía la excursión a aquel territorio, me fueron prontamente allanadas por la amabilidad del Alto Comisario, Excmo. Sr. General D. Dámaso Berenguer, con quien cumplo un deber de gratitud al demostrarle mi profundo agradecimiento por sus bondades.

Tropecé, sin embargo, con una dificultad insuperable de carácter técnico, que consistió en la falta de un plano de la zona recorrida, no alcanzando a esta región el croquis del Estado Mayor que nos ha servido para hacer los estudios en el resto de la zona ocupada. Sólo existe un croquis hecho

(1) Cuando se habían dado a la imprenta las cuartillas de los trabajos de Marruecos que se insertan en este tomo, ocurrió el feliz acontecimiento de la ocupación por nuestro ejército de la ciudad de Xexauen, de tanta importancia desde los puntos de vista militar y político. Como se puede deducir de los trabajos insertos en este tomo, también el estudio del terreno ocupado tiene gran interés geológico, y por ese motivo la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos creyó conveniente comisionar al Ingeniero de la misma D. Javier Miláns del Bosch, para que visitara la sagrada ciudad y rápidamente redactara la pequeña nota, impresión de su viaje, que se incluye en este tomo y que puede servir de orientación a los que recorran la comarca ocupada. Más adelante haremos con detenimiento el estudio de toda la zona de Xexauen, uniéndolo a los que llevamos realizados en las zonas de Tetuán y Larache.

con los preciosos datos recogidos por la aviación, y a él me tengo que limitar forzosamente.

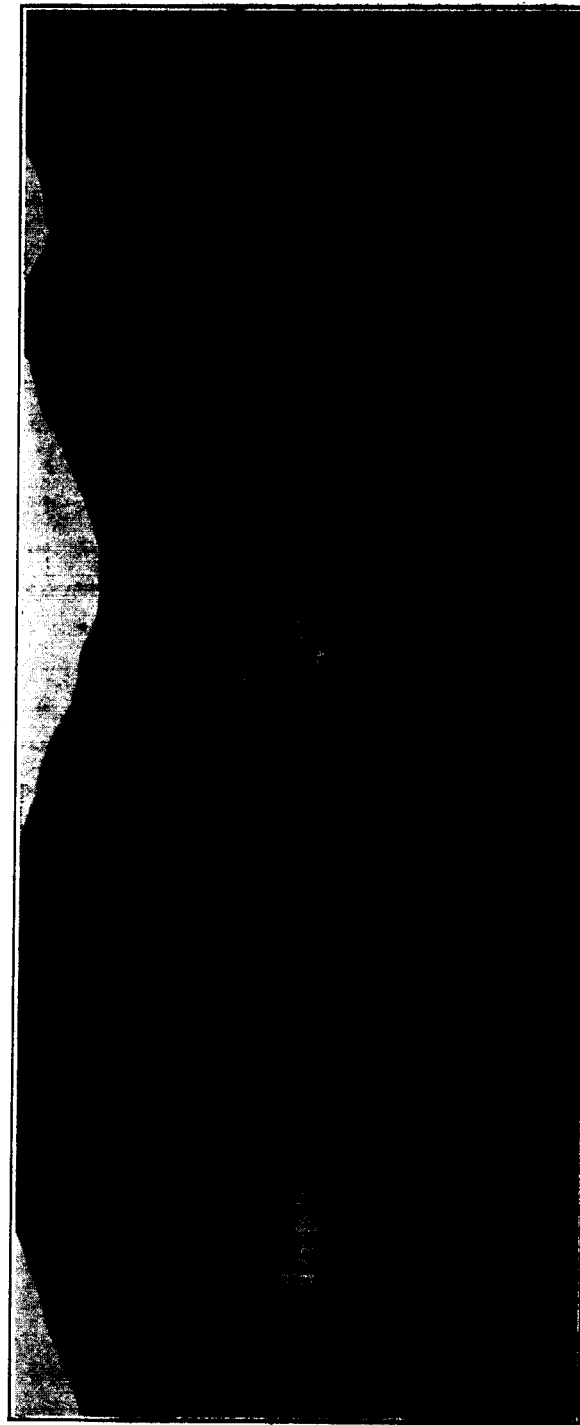
Las circunstancias naturales consecuencia de una reciente ocupación por la fuerza de las armas, así como la premura del tiempo, fueron causa de que me sujetase a hacer el recorrido sin apartarme del camino, limitando mis observaciones a la faja de terreno que éste atraviesa y a aquel en el cual está asentada la ciudad.

De las varias misiones y exploradores que han recorrido el N. de Marruecos, sólo el Vizconde Ch. de Foucauld, en el año 1883, llegó al territorio de Xexauen y entró al parecer en la ciudad, favorecido por el disfraz de hebreo con que hizo el viaje desde Tetuán. Es de tradición la intransigencia de sus habitantes, y aun recuerdan sus antiguos moradores el suplicio de un cristiano español que, por el año 1865, se aventuró a penetrar en ella. Como consecuencia de su viaje, Foucauld publicó en el año 1887 un interesante itinerario Tetuán-Xexauen (1), en el que encuentro ciertas discrepancias en el nombre de algunos ríos. Esto no me causa gran extrañeza, pues frecuentemente nos ha ocurrido ver que no están de acuerdo los mismos indígenas respecto a los nombres geográficos de ríos y montañas. Siguiendo la pauta establecida en los trabajos de nuestra Comisión, acepto los que figuran en los planos y documentos del Estado Mayor del ejército.

El camino que seguí desde Tetuán, no es exactamente, por razones de estrategia militar, el mismo que el utilizado por los moros, si bien se aparta poco de él. Cruza territorio de tres cabilas distintas: los Beni Hhozmar, Beni Hassan y Ajmas. Las dos primeras ya completamente sometidas y la tercera aun rebelde.

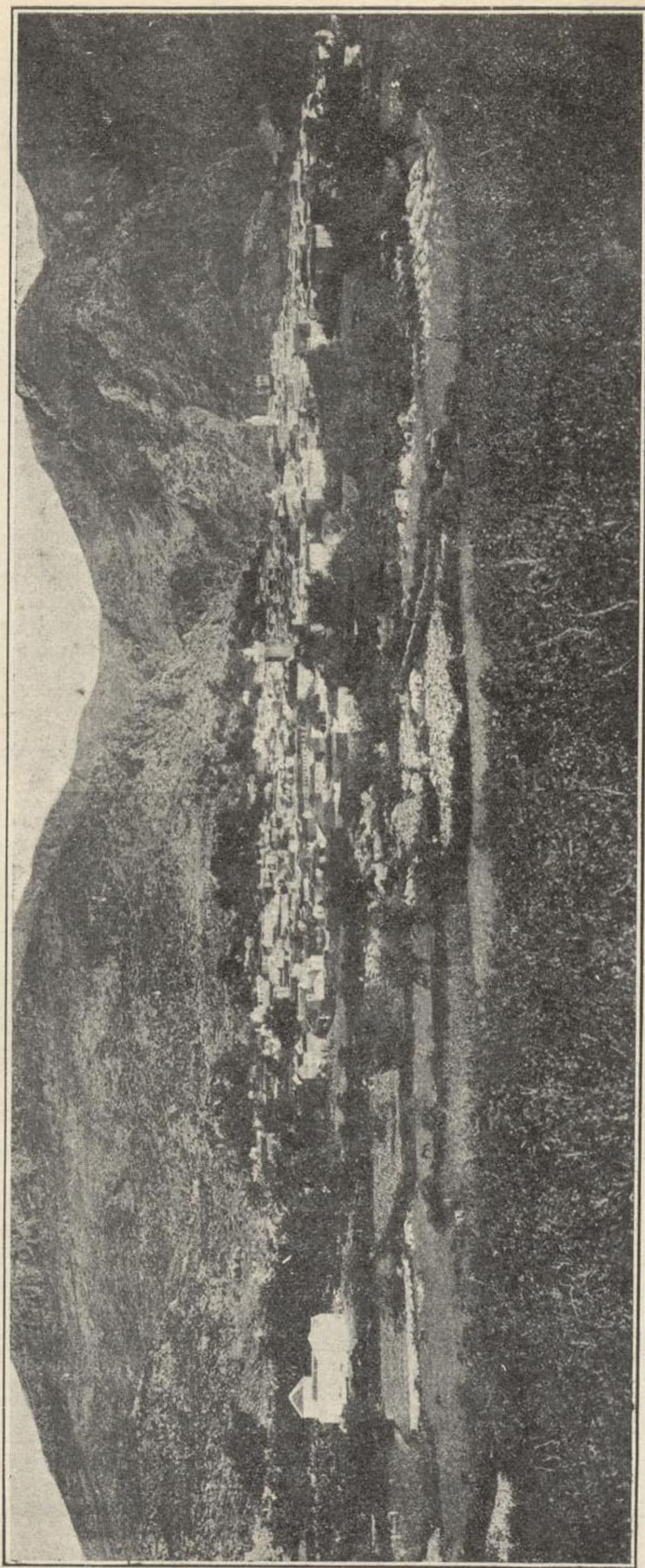
Se sale por la carretera de Laucien, que sigue el valle

(1) *Reconnaissance au Maroc. Paris, 1887.*



VISTA GENERAL DE XEXAUEN

En el fondo, los macizos jurásicos del Kaláa y Magó. En el centro, el torrente de Ras-el-Má, en el cual nacen los manantiales.



VISTA GENERAL DE XEXAUEN

En el fondo, los macizos jurásicos del Kaláa y Magó. En el centro, el torrente de Ras-el-Má, en el cual nacen los manantiales.

del río Martín, hasta la confluencia de este río con el Hayra, en donde se toma la dirección S., remontando el valle de este nombre y elevándose algo, para pasar por Dzar Ben Karrik, poblado que fué durante mucho tiempo guarida del Cherif Raisuni y su gente, y que es hoy un montón de ruinas. Sigue el camino elevándose suavemente, bordeando por Poniente la sierra de Beni Hhozmar, hasta alcanzar al lado de Dzar Zinat unos 250 metros sobre el nivel del mar, desde donde empieza a descender para caer en el valle del río Nahla, cuyo curso próximamente sigue en una extensión de 6 kilómetros, cruzándolo cuatro veces. En seguida se entra en la cabila de Beni Hassan y se empieza a subir por las lomas que conducen al zoco del Arba de Beni Hassan, situado a 650 metros sobre el nivel del mar. Estas alturas que cierran el valle, constituyen la divisoria N.-S. de aguas. En sus laderas septentrionales nace el Nahla, que vierte en el Hayra, y en las meridionales el Mitzal, que lo hace en el Lau. Continúa el camino por el valle, pasando junto al morabito de Sidi Mohamed el Hach, y empieza luego a ganar altura, corriéndose algo hacia el E. para pasar a Levante de la montaña de Sarkia Seruta. Desciende de nuevo al extenso llano que constituye el valle donde confluyen los ríos Mitzal y Lau, a 250 metros sobre el nivel del mar, y pasado éste, después de cruzar los dos ríos, empieza ya la ascensión en terreno de los Ajmas por las estribaciones del monte Kaláa, donde a 550 metros sobre el nivel del mar y al volver un recodo del camino, se presenta completamente a nuestra vista la célebre ciudad del misterio. Ésta está situada en un rincón entre los macizos calcáreos del Yebel Kaláa y Yebel Magó, que son en realidad alturas de una misma sierra divididas por un torrente en donde nacen unos abundantes manantiales que abastecen la ciudad y sus huertas. Por estos macizos queda oculta la ciudad al viajero, hasta que

de pronto aparece a una distancia de 200 metros. Por Levante está apoyada en dichos macizos, de escarpados violentísimos, y por Poniente se extienden las huertas y fértiles tierras cultivadas hasta el valle.

Tres edades geológicas distintas entran en la constitución del terreno descrito: la secundaria representada por el jurásico, la terciaria por el numulítico y la cuaternaria por el aluvial.

La formación jurásica está constituida por la imponente sierra caliza que atraviesa los territorios de Beni Hhozmar y Beni Hassan, y después de la rotura correspondiente al Uad Lau, toca a Xexauen y tuerce ya al E. en terrenos de Ajmas y Beni Zeyyel, con dirección al Rif. Esta sierra no es más que el último trozo, de dirección aproximada N.-S., correspondiente a la cordillera Rifeña, tantas veces aludida por nosotros; así es que Xexauen se puede considerar que está situada precisamente en el ángulo que esta cordillera forma al abandonar esta dirección dominante en la Península Norte-Marroquí, para seguir sensiblemente paralela a la costa hasta cerca del Cabo Tres Forcas. De este eje principal se destaca en Xexauen un contrafuerte que cruza Beni Zeyyel y Beni Ziat en dirección NE. y llega al mar, proporcionando al Uad Lau una margen derecha de altos escarpes. En territorio de los Beni Hassan está la famosa altura del Yebel Kelti o monte Anna, de más de 2.000 metros. El camino sólo toca a la sierra en las proximidades de Dxar Zinat, en Beni Hhozmar, y ya en Xexauen. En el resto del recorrido pasa a Poniente de ella. Las calizas, completamente desnudas y cortadas a pico en las crestas superiores, quedan ocultas desde media altura por el eoceno, que en laderas de suaves pendientes y muy pobladas descienden hasta el valle. Como ocurre en la sierra del Hhaus, son muy abundantes las fuentes en toda esa línea de poblados. Es muy

difícil ver la estratificación, y solamente se observa ésta en unos bancos delgados y margosos infrayacentes a la masa principal de caliza. A la entrada de la ciudad y en unas pequeñas cavernas situadas a la izquierda y en lo alto del camino, pueden verse estos bancos que, con dirección aproximada N.-S., tienen un buzamiento de unos 20° al E. En otros sitios de los alrededores de la ciudad he comprobado también el mismo buzamiento, que al parecer es el predominante en la localidad.



Cresta de caliza jurásica en el Yebel Kaláa.

Las margas son de varias clases. Hay unas blanquecinas de grano finísimo y otras más arcillosas y toscas de un color ligeramente rojizo. En las primeras encontré, junto a los manantiales, dos ejemplares de Belemnites, mal conservados e imposibles de clasificar. Pero este hallazgo hace concebir fundadas esperanzas para el porvenir.

El agua nace en el contacto de las calizas con las mar-



Cresta de caliza jurásica en el Yebel Kaláa.

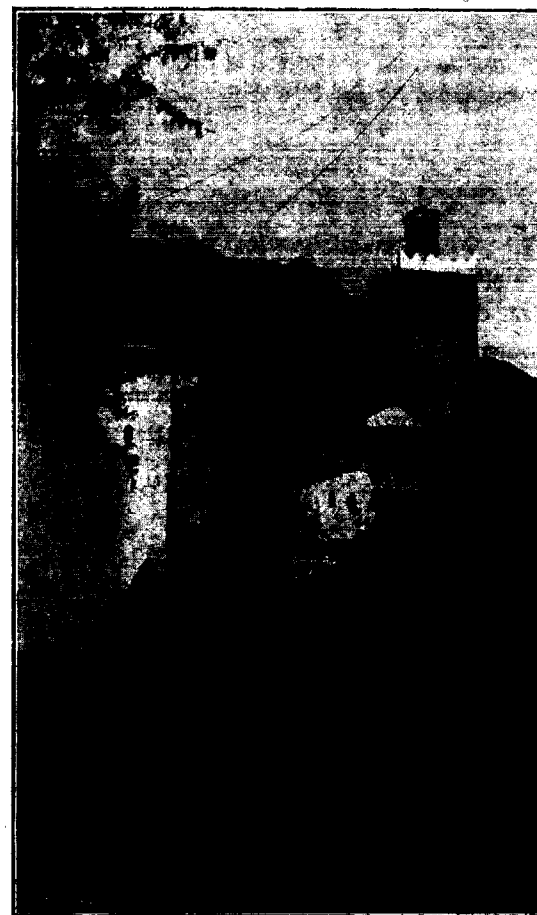
gas; es muy abundante, mueve una docena de molinos a muy poca distancia de su nacimiento y la pendiente del torrente es muy apropiada para aprovechar su energía con poco gasto.

Penetrando por una grieta natural abierta en la montaña, se puede comprobar, arrojando una piedra, la existencia en el interior de ella de un gran volumen de agua almacenada.

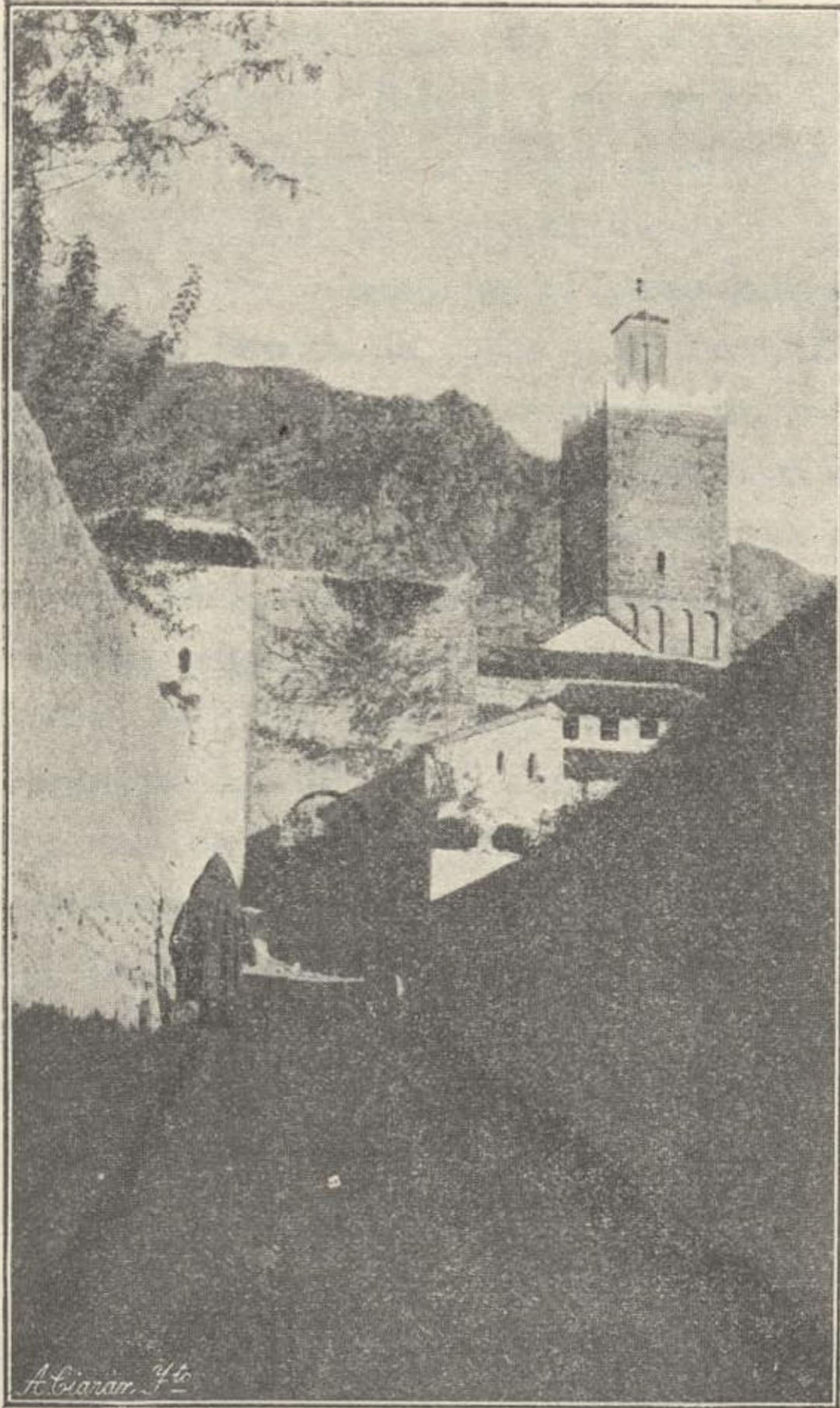
La caliza que he visto, es de caracteres análogos a las estudiadas de las sierras del Hhaus y Musa, por lo que no me paro a describir sus variedades.

Abundan por la falda S. del Kaláa unos cantos sueltos de una arenisca oscura muy micácea. Hay un cementerio moro en que cada tumba tiene clavada verticalmente una losa de esta roca. Ignoro dónde estarán los bancos de esta formación. El aspecto es parecido a la arenisca triásica, pero lo probable es que sea eocena. Nada puedo, sin embargo, asegurar.

El eoceno ocupa una gran extensión en esta región. Se apoya en todo el recorrido por el E. sobre las calizas de la sierra jurásica, y oculto sólo en los valles por el aluvial, se extiende a Poniente, al parecer en todo el terreno que a simple vista puede distinguirse con algún detalle. Este terreno, al principio en Beni Hhozmar, es inculto y muy cerrado, quedando el río Hayra encajonado entre la sierra por el E. y una serie de altas crestas cubiertas de salvaje vegetación por el O., pero al formar el valle del Nahla y a medida que se avanza, el paisaje va ensanchándose, y hacia el O. se convierte en un terreno suavemente ondulado cubierto de tierras laborables, presentando desde que se entra en la cabila de Beni Hassan un aspecto de lozanía y riqueza que conserva sin interrupción hasta Xexauen. Detrás de estas lomas aparecen las grandes alturas del Yebel Alam, en Beni Aros, y Yebel Suguna, en Ajmas. Ni aun con gemelos



Una calle de la ciudad.



A. Girard. 2/10

Una calle de la ciudad.

se puede distinguir con claridad la naturaleza del terreno que constituye estas montañas, por el momento inaccesibles, pero es muy posible que, siguiendo la configuración y tectónica de la parte N. de la Península, sean una continuación del cordón de areniscas oligocenas formado por los Yebel Zemzem, Behrurí y Behma. Como en ella, la dirección general de valles y pliegues es aproximadamente la N.-S.

El numulítico que se atraviesa siguiendo el camino, está constituido en su mayor parte por el tramo margoso con intercalaciones de bancos de caliza y arenisca. Está sumamente plegado y trastornado, por lo que los buzamientos e inclinaciones son muy variables, llegando en algunos sitios a casi la vertical. Sin embargo, parece que predomina el buzamiento hacia el E. Las margas son en general bastante arcillosas, estando entonces estratificadas en delgadísimos lechos, pero hay otras más silíceas cuyas capas alcanzan espesores de 50 y más centímetros. Las areniscas predominantes son blandas y terrosas, aunque hay algunos bancos tan silíceos que pasan a ser casi cuarcitas. La caliza es de dos clases. Existe una de grano fino y de dos tonos de color gris, como es tan frecuente en el eoceno, y hay también la de grano grueso con numulitos que llega en algunos casos a ser un verdadero conglomerado. En el valle del río Mitzal, cerca del morabito de Sidi Mohamed el Hach, encontré unos cantos sueltos de la numulífera.

El cuaternario de los valles está en su mayor parte constituido por aluviones antiguos, pedregosos algunas veces, compuestos de cantos de la caliza del secundario y terciario, pero por lo general casi exclusivamente arcillosos. Ocupa en conjunto una considerable extensión, y constituyen un terreno de excelente calidad para el cultivo.

Debo hacer constar que no sería imposible existiera alguna manchita cretácea en el terreno recorrido. Sólo cuan-

do se haga el estudio detenidõ que permita el hallazgo de fósiles podrá comprobarse su existencia.

La zona recientemente ocupada, por su constitución orográfica y geológica, es en líneas generales una continuación de la zona estudiada al N. de la Península, con la sola diferencia, en cuanto a la orografía, de que las alturas van aumentando considerablemente, como lo demuestra el ver que en la cordillera Rifeña se ganan desde el Yebel Musa al Yebel Kelti más de 1.200 metros.

J. MILÁNS DEL BOSCH

NOTA ACERCA DE LOS YACIMIENTOS
DE LIGNITOS Y PIZARRAS BITUMINOSAS

DE

RUBIELOS DE MORA (Teruel)

POR

JUAN GAVALA

Ingeniero de Minas.

NOTA ACERCA DE LOS YACIMIENTOS
DE LIGNITOS Y PIZARRAS BITUMINOSAS
DE
RUBIELOS DE MORA (Teruel)

Aprovechando una rápida visita girada en el verano último a determinadas concesiones mineras del término de Rubielos de Mora, recogimos una porción de datos relativos a la geología de aquella comarca, que consideramos de interés dar a la publicidad.

No pretendemos hacer un estudio acabado de la cuenca de Rubielos, y por ello no nos detenemos a examinar algunas noticias que con anterioridad se han publicado sobre la misma región y que llegan a nuestro conocimiento después de redactada esta nota; por ello nos limitaremos a consignar aquí el resultado de nuestras propias observaciones, con lo que facilitaremos la tarea de quien trate de hacer más adelante un estudio completo de esta interesante zona.

Nuestro objeto, al visitar la región de Rubielos, era poder formar juicio sobre los extremos siguientes:

1.º Posibilidad de encontrar petróleo líquido dentro del perímetro de la cuenca minera a profundidades superiores a las alcanzadas con las labores realizadas hasta el día, y en cantidad suficiente para permitir su explotación metódica por sondeos.

2.º Importancia industrial de los yacimientos de lignitos y de las capas de pizarras bituminosas que afloran en va-

rios parajes de la cuenca, y que han sido y son actualmente objeto de explotación.

Para dictaminar sobre este último punto, nos hubiera bastado reconocer la cuenca minera propiamente dicha y examinar las capas que constituyen la gran masa de rocas terciarias en que radican tanto los lignitos como las pizarras bituminosas; mas para emitir un juicio fundamentado acerca del primero, el más interesante, nos vimos precisados a extender nuestros reconocimientos a parajes bastante alejados de los bordes de la cuenca, a fin de determinar qué capas encontraría la sonda una vez pasadas las que las labores mineras han puesto ya de manifiesto, y la naturaleza, composición y espesores relativos de las mismas hasta profundidades prácticamente asequibles a la explotación por sondeos.

Era, además, cuestión de capital importancia para nuestro objeto, dilucidar si el petróleo contenido en las pizarras bituminosas de Rubielos se había formado en el seno de estas rocas o procedía, por el contrario, de capas más profundas; ya que en el primer caso no habría fundamento para confiar en la existencia de masas de dicho combustible en las capas del terreno subyacente, mientras que en caso de constituir dichas pizarras un yacimiento secundario o de impregnación, hubiera sido lógico suponer la existencia en profundidad de masas de petróleo no descompuesto. Y para juzgar con conocimiento de causa nos era indispensable un amplio reconocimiento de la comarca. He aquí, a grandes rasgos, el resultado de nuestras investigaciones.

Terrenos de la base.—Las capas de pizarras bituminosas y de lignitos que desde hace bastantes años se explotan en Rubielos, forman parte integrante de una serie potente de sedimentos de la época terciaria que rellenan una depresión

formada por hundimientos de las capas cretáceas que forman el subsuelo de esta parte de la provincia de Teruel. La depresión, ocupada en aquella época por un lago, fué rellenándose poco a poco con materiales detríticos, dando origen, con el tiempo, a las rocas que ahora se ofrecen a nuestra vista; en tanto que movimientos ulteriores del terreno, desviaron las capas de la posición horizontal en que se depositaron, haciéndolas aparecer hoy, en los bordes de la cuenca sobre todo, con inclinaciones bastante fuertes.

La depresión en que se depositaron las capas terciarias se formó, como acabamos de decir, por hundimiento de las capas cretáceas, y este hundimiento tuvo lugar, como más adelante pondremos de manifiesto, a lo largo de una faja orientada de E.-NE. a O.-SO., y cuyo eje pasa al N. de la población de Rubielos.

El contraste de aspecto entre las capas terciarias y las cretáceas es bien manifiesto, por lo que la línea divisoria de las dos formaciones se sigue fácilmente con la vista al recorrer la carretera que va de la Venta del Aire a Nogueruelas. Los depósitos terciarios forman lomas redondeadas de poca altitud, como Cerro Porpol, los Cerros del Rull, la Loma del Calvario, el Ballester, etc., en tanto que las rocas cretáceas originan, ya altas mesetas, como la Muela de la Jordana y la Muela Alta, cuando las capas están horizontales, ya montes abruptos, como el Más Blanco, el Alto de Santa Bárbara, Las Cruces, y los restantes que rodean la campiña de Rubielos, cuando, por el contrario, se encuentran levantadas.

Bordes de la cuenca.—El hundimiento de las capas cretáceas que dió origen a la cuenca terciaria lacustre, se acusa de manera indubitable por todo el contorno de la misma. Al pie de la Muela de la Jordana, de la Muela Alta,

de Las Cruces, etc., alturas que limitan la depresión y que están formadas por capas de calizas y margas cretáceas sensiblemente horizontales, los estratos de la misma edad buzan fuertemente hacia el centro de la cuenca, acusando el hundimiento de toda la zona ocupada por los depósitos terciarios.

Secciones transversales de la cuenca.—En el kilómetro 22 de la carretera de Nogueruelas, donde se halla edificada la Ermita del Carmen, comienza a dibujarse la línea de fractura que sirve de límite septentrional a la cuenca de

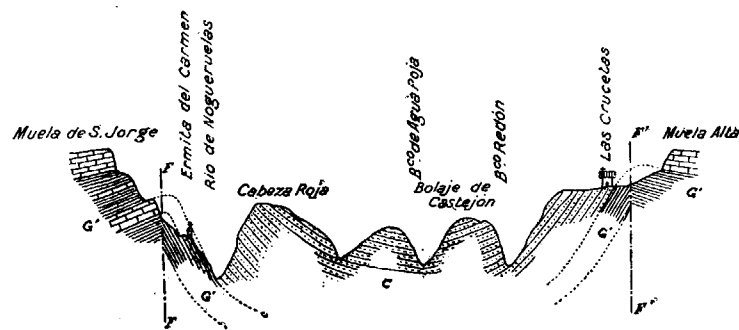


FIG. 1.^a—SECCIÓN DE LA CUENCA DE RUBIELOS EN SU EXTREMO NE.
G'. Urgo-aptense.—C. Cenomanense.—F' F. Fallas.

Rubielos. A unos 50 metros sobre la carretera, y a la izquierda de la misma, las capas que forman la Muela de la Jordana, asoman en la ladera del monte en posición casi horizontal, en tanto que en las inmediaciones de la carretera las mismas capas buzan 75° al SE., y los techos o planos superiores de los estratos determinan una serie de rapidísimos taludes que se escalonan entre la carretera y el río. Estas capas contienen fósiles del Cretáceo inferior (tramo Urgo-aptense), y sobre ellas descansan en la orilla opuesta del río de Nogueruelas una serie de areniscas feldespáticas o arcosas, amarillentas, rojizas y blancas, con nódulos ferruginos-

sos, que alternan con lechos de arcillas y que corresponden al Cretáceo superior (Cenomanense). Estas últimas capas forman el monte llamado Cabeza Roja, y los que más a Levante se extienden hasta Las Cruces, en la vertiente NO. de la Muela Alta. En el corte de la figura 1.^a se representa la sucesión de capas que forman el subsuelo de esta parte del término de Rubielos, con sus buzamientos, fallas, etc.

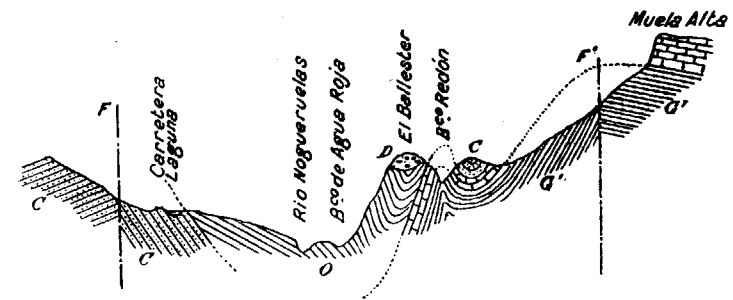


FIG. 2.^a—CORTE DE LA CUENCA DE RUBIELOS POR EL BALLESTER.
G'. Urgo-aptense.—C. Cenomanense.—O. Oligoceno.—D. Diluvial.

El extremo SE. del corte corresponde a la vertiente NO. de la Muela Alta, donde se acusa también, por el cambio de inclinación de las capas, la fractura $F' F'$ que limita por el SO. la faja hundida. En la zona por donde está trazado este perfil, la denudación ha barrido los sedimentos terciarios, que sin duda en un tiempo cubrieron estos parajes, y se ofrece a la vista el fondo desnudo de la cuenca, formado por las capas de areniscas del Cretáceo superior.

El borde septentrional de la cuenca terciaria, que hemos visto que comienza a dibujarse en el kilómetro 22 de la carretera a Nogueruelas, continúa con rumbo al SO., siguiendo aproximadamente el trazado de la carretera, hasta las inmediaciones del kilómetro 20, desde donde sigue después arrumbándose al O. al pie de la Muela de la Jordana. Un corte trazado entre la Laguna o pantano inmediato a la carretera y situada entre los kilómetros 19 y 20, y la cumbre

de la Muela Alta, acusa la sucesión de estratos que dibujamos en la figura 2.^a

Forman aquí el fondo de la cuenca las areniscas del Cretáceo superior en el borde NO., y las margas y calizas del Cretáceo inferior en el borde SE.; pero la presencia de un retazo aislado de areniscas entre el Ballester y la Muela Alta, hace suponer que también aquí los primeros estratos terciarios se asientan en toda su extensión sobre estas rocas, que serían alcanzadas seguramente en profundidad por un sondeo que se practicara en el centro de la cuenca.

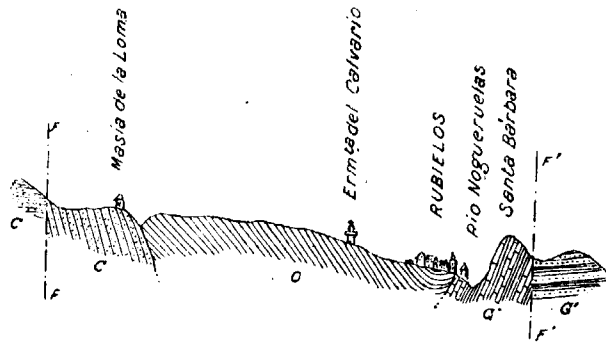


FIG. 3.^a.—CORTE DE LA CUENCA DE RUBIELOS POR EL CALVARIO.
G'. Urgo-aptense.—C. Cenomanense.—O. Oligoceno.

Por lo que se refiere a las capas terciarias, aun sin entrar en detalles que más adelante expondremos, se aprecia que su régimen es muy regular y forman en conjunto un amplio sinclinal o fondo de barco, pues los lechos buzan con pendiente contraria en los dos bordes de la cuenca. El buzamiento del Terciario se va acentuando a medida que nos acercamos al borde SE., y en el Barranco de Agua Roja, como en el Alto del Ballester, se inclinan fuertemente los estratos, estando sin duda relacionado este accidente tectónico con el brusco pliegue anticlinal que las capas cretáceas describen en el Barranco Redón. Como en el perfil de la figura 1.^a, hemos dibujado en éste las dos fallas

que limitan la zona hundida donde se depositaron las capas terciarias.

Si trazamos otro corte transversal de la cuenca más hacia Poniente, a lo largo, por ejemplo, de la Loma del Calvario para terminar en la villa de Rubielos, se obtiene otro perfil muy semejante al anterior, que dibujamos en la figura 3.^a

En esta parte de la cuenca, las capas terciarias se asientan sobre las areniscas del Cretáceo superior en el borde N., y sobre las margas y calizas del Cretáceo inferior en el bor-

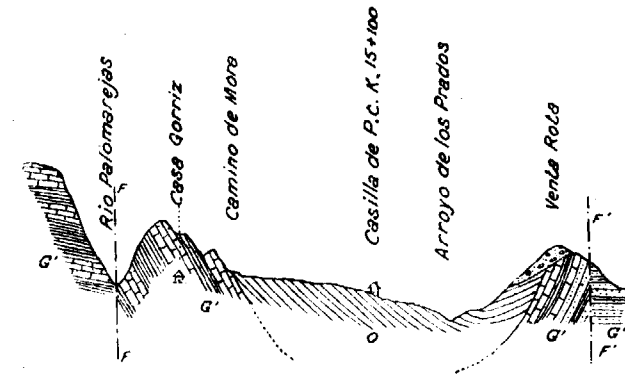


FIG. 4.^a.—CORTE DE LA CUENCA DE RUBIELOS POR LOS PRADOS.
G'. Urgo-aptense.—O. Oligoceno.

de S. Las primeras deben acuñar en profundidad, y aun en la zona en que afloran a la superficie presentan un espesor mucho más reducido que el que tienen en los parajes situados más al E., como en Cabeza Roja, Las Buitreras, Bolaje de Castejón, etc.

Otro corte interesante que pone de manifiesto la constitución de la cuenca de Rubielos es el que representamos en la figura 4.^a, trazado paralelamente al río Palomarejas o de las Balagueras, pasando por la Casilla de Peones camineros del kilómetro 15,100, punto con el que están relacionados los de partida de varias minas.

Como en este perfil se pone de manifiesto, las capas terciarias descansan en toda su extensión sobre las margas y calizas del Cretáceo inferior, y forman, como siempre, un amplio sinclinal cuyo eje está próximo al borde meridional de la cuenca.

Por último, el corte de la figura 5.^a, trazado al O. de río Estrecho, entre Las Cruces y Cerro Porpol, prueba una vez más la gran regularidad de toda la formación.

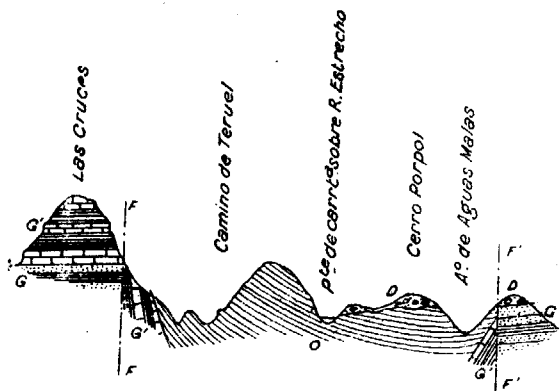


FIG. 5.^a.—CORTE DE LA CUENCA DE RUBIELOS POR CERRO PORPOL.
G. Infracretáceo inferior. G'. Urgo-aptense.—O. Oligoceno.—D. Diluvial

Como en el corte de la figura 4.^a, se ve en éste que las capas terciarias descansan sobre las rocas del Cretáceo inferior, que a su vez, como en los mismos perfiles se indica por un signo distinto, se apoyan en una serie de areniscas de grano grueso que alternan con margas verdes y moradas, de las que luego hablaremos. También en el perfil de la figura 5.^a se destaca el sinclinal formado por las capas terciarias, cuyo eje pasa por Cerro Porpol, por lo que los estratos presentan en este lugar una inclinación muy reducida. Esta se acentúa, cambiando de sentido, en la margen derecha del Arroyo de Aguas Malas, donde asoman bancos de areniscas calíferas de la formación terciaria descansando sobre las margas cretáceas, y cubiertas en parte por depósitos modernos.

Manto de conglomerados modernos.—Al O. de la carretera de la Venta del Aire a Noguerauelas, tanto las rocas terciarias, como las cretáceas que forman las orillas de la cuenca, quedan ocultas bajo una masa potentísima de conglomerados, areniscas y tierras arcillosas modernas, que aunque parecen corresponder a la época diluvial, bien pudieran representar un depósito continental plioceno. Por debajo de este manto de acarreo se prolonga la cuenca terciaria, pues en la vaguada del río del Hocino, que corre a unos cuatro kilómetros a Poniente de río Estrecho, y en la vertiente oriental del valle, asoman de nuevo calizas y margas del Cretáceo inferior, que por su dirección y buzamiento se ve que son prolongación de las de Las Cruces, y más al S., en el paraje llamado Fuente del Olmo, las capas del Terciario lacustre. El borde meridional de la cuenca no está al descubierto en el valle del Hocino; las capas oligocenas desaparecen en los cerros de El Calderón bajo el manto de conglomerados y areniscas modernas, que buzan al SO. Por el

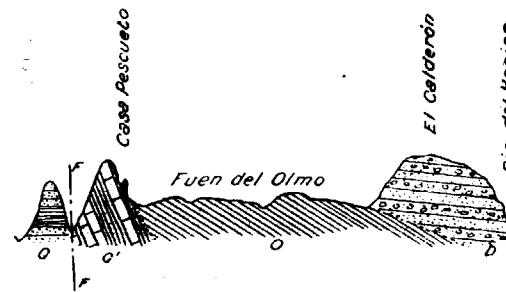


FIG. 6.^a.—CORTE DE LA CUENCA DE RUBIELOS EN SU EXTREMO O.
G. Infracretáceo inferior.—O. Oligoceno.—D. Diluvial.

otro lado del río, la cuenca terciaria se prolonga muy poco, porque las capas infracretáceas se doblan hacia el S. describiendo un arco y cerrando la zona de depresión, como la cierran en Cabeza Roja y el Bolaje de Castejón las areniscas del Cretáceo superior. La figura 6.^a indica la estructura de la cuenca en su extremo occidental.

Límites de la formación terciaria.—En el mapa geológico del término de Rubielos que acompaña a esta nota se dibuja con tintas amarillas la faja de capas terciarias, cuya limitación exacta es como sigue: Si tomamos como punto de partida el extremo S. de la Laguna inmediata a la carretera de Noguieruelas en el kilómetro 19,500, el borde septentrional está marcado por una línea que va desde allí a la Masía de la Loma; de ésta a la Masía de las Balagueras, en el camino de Mora, y de aquí a Casa Pescueto en el valle del Hocino, siguiendo la vertiente S. de Las Cruces. Por el O. debe considerarse limitada la cuenca en el cauce de este río. El borde meridional está marcado por una línea trazada desde el Calderón al kilómetro 11,800 de la carretera de la Venta del Aire; sigue la divisoria de terrenos el barranco de Aguas Malas, hasta la confluencia del río Palomarejas con el río Estrecho, para remontar después el curso del primero en unos 800 metros y desde el punto así determinado seguir en línea recta a la población de Rubielos. El borde oriental remonta el curso del Noguieruelas hasta unos 100 metros aguas abajo de su confluencia con el Barranco Redón; desde este punto en línea recta a Fuente Redón, para seguir luego el barranco arriba hasta el extremo N. de la Loma del Ballester. Por último, el borde N. sigue el arroyo que separa el Ballester del Bolaje de Castejón hasta su confluencia con el arroyo de Agua Roja, baja después por este arroyo unos 600 metros, y, por último, va en línea recta a la confluencia del Arroyo del Molino con el río de Noguieruelas. Por fin, sigue el cauce del Arroyo del Molino en 200 metros, yendo después recto al punto de partida.

La cuenca, así circunscrita, tiene una longitud de 10 kilómetros, de los cuales cuatro están cubiertos por los conglomerados modernos. Su anchura es variable: entre la po-

blación de Rubielos y el río de las Balagueras es de 2 kilómetros; más al O. se ensancha algo, alcanzando 3 kilómetros a la altura de Cerro Porpol, para disminuir de nuevo al acercarse al valle del Hocino, donde la faja visible de depósitos terciarios no llega a kilómetro y medio. También se estrecha bastante la cuenca en su extremo oriental, no pasando de un kilómetro en el Ballester. Puede tomarse sin grande error la cifra de 2 kilómetros para anchura media, con lo que resulta para la cuenca una superficie de 20 kilómetros cuadrados, de ellos, ocho cubiertos por los conglomerados modernos. Como luego veremos, la zona que presenta interés industrial tiene una superficie mucho más reducida (1).

Volviendo a los terrenos que sirven de fondo a la cuenca o de asiento a las capas terciarias, ampliaremos algunos de los datos ya consignados acerca de ellos.

Espesores de los terrenos cretáceos.—Las capas de areniscas del Cretáceo superior que sirven de *substratum* a las capas oligocenas en el extremo E. de la cuenca, tienen alrededor de 150 metros de espesor, como es fácil comprobarlo en el corte natural que presenta el cerro llamado Cabeza Roja en la ladera que vierte al río de Noguieruelas, y en las escarpas que dominan los orígenes del Barranco Redón al O. de la Masía de Las Crucetas.

Debajo de las areniscas cenomanenses vienen las calizas y margas del Cretáceo inferior que forman las Muelas, Las Cruces, el Más Blanco, el Alto de Santa Bárbara, el Cantalar, etc. Estas capas tienen, por término medio, 250 metros de espesor. Donde mejor puede esto apreciarse es en la

(1) Las capas terciarias de Rubielos parecen corresponder a la época oligocena; así, al menos, lo hace sospechar el aspecto general de la fauna fósil en ellas encerrada. Provisionalmente clasificaremos, pues, como oligocenas las capas en cuestión, en espera de que un estudio más detenido de los restos de moluscos recogidos nos permita sentar conclusiones definitivas a este respecto.

Loma de la Torre de los Trillos o en Loma Plana, a orillas del río Palomarejas, pues como las capas están horizontales en todos estos montes, su altura mide exactamente el espesor del terreno que los forma.

Debajo de las calizas y margas del Cretáceo inferior (Urgo-aptense) viene una serie muy potente de areniscas silíceas de grano grueso que alternan con lechos de margas verdes y moradas, y que por su aspecto especial forman un conjunto que se reconoce a gran distancia. Ocupa este terreno, base del Cretáceo inferior, toda la superficie que en el mapa se dibuja de verde oscuro. En todas partes donde se le ve asomar están los estratos en posición próxima a la horizontal, por lo que su espesor puede medirse con gran exactitud; así, por ejemplo, desde el vértice topográfico Matanzas hasta el lecho del río del Hocino se suceden sin interrupción los bancos de areniscas silíceas y las margas verdes y moradas que integran este terreno, y como el desnivel es de 220 metros, esta cifra representa también el espesor del tramo en cuestión.

A dos kilómetros al S. de Rubielos, en las lomas de los Torones y de la Higuera, separadas por el río de Nogueuelas, se miden espesores de areniscas y margas moradas hasta de 130 metros, pero por debajo del nivel del río debe haber todavía un espesor grande de rocas análogas. No es, por lo tanto, aventurado fijar en 200 metros el espesor medio del tramo de areniscas infracretáceas.

Vemos, en consecuencia, que los terrenos cretáceos de Rubielos sobre que se asientan las capas oligocenas, suman el espesor total siguiente:

| | |
|---|--------|
| Areniscas y arcillas cenomanenses | 150 m. |
| Calizas y margas del Urgo-aptense | 250 » |
| Areniscas y margas moradas de la base | 200 » |
| TOTAL | 600 m. |

El perfil que dibujamos en la figura 7.^a, indicando la sucesión de los terrenos infracretáceos, tal como aparece entre los valles del Palomarejas y del río Estrecho, es confirmación de lo que queda expuesto.

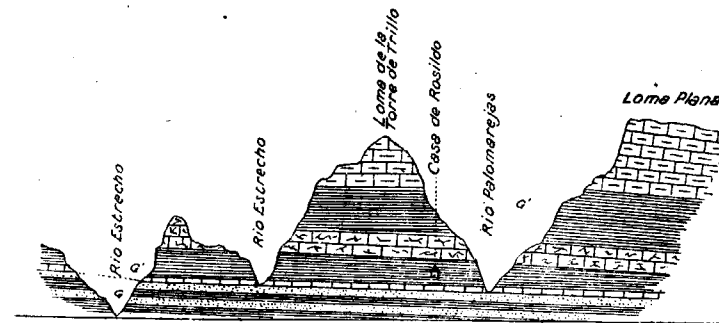


FIG. 7.^a - CORTE DE LOS TERRENOS INFRACRETÁCEOS DE RUBIELOS.

G. Infracretáceo inferior. - G'. Urgo-aptense.

Terrenos inferiores al Cretáceo.—Bajo de los terrenos cretáceos de esta parte de la provincia de Teruel, yace el terreno jurásico, que asoma a la superficie al SO. de Rubielos, en los términos de Valbona, Albentosa y Sarrión, y en los altos macizos montañosos de Camarena y Jabalambre, con espesores enormes. Descontando, pues, las capas del Oligoceno lacustre, de las que nos ocuparemos a continuación con todo detalle, pero de las que podemos asegurar desde ahora que tienen un espesor mínimo de 300 metros, resulta que un sondeo practicado en el centro de la cuenca de Rubielos, aun alcanzando 1.000 metros de profundidad, no cortaría más terrenos que los cretáceos que se muestran a la observación directa en los alrededores de la cuenca; a lo sumo, la sonda se internaría en la masa de estratos jurásicos, pero sin lograr atravesarla.

Imposibilidad de encontrar petróleo en profundidad.—Con estos datos, forzoso es confesar que no hay probabilidad alguna de encontrar petróleo a profundidad en la cuenca de Rubielos de Mora, toda vez que en ninguno de los terrenos que la sonda habría de atravesar, una vez pasado el Terciario lacustre, hay el menor indicio de dicha substancia.

En las capas del Cretáceo superior, las únicas manifestaciones de combustibles minerales que se encuentran son unas vetas estrechas de lignito intercaladas en las arcillas que alternan con los bancos de areniscas, y que han dado lugar a algunos trabajos de reconocimiento, practicados sin éxito, en el Barranco de San Pedro y en el Bolaje de Castejón.

Sin duda los investigadores, dada la proximidad de estos parajes al Arroyo del Molino, donde afloran las capas de carbón del Oligoceno, creyeron encontrar en ellos la misma formación, pero es lo cierto que se trata de yacimientos totalmente independientes, y que los del Cretáceo, en Rubielos, no tienen interés industrial.

Las capas de calizas y margas del tramo Urgo-aptense son de formación marina, como lo demuestran los innumerables fósiles que contienen: *Orbitolinas*, *Terebratulas*, *Ostrea*, *Requienia*, etc., y tampoco son petrolíferas. Otro tanto puede decirse de los estratos jurásicos, y en cuanto a las arenas y margas de la base del Infracretáceo, están de manifiesto en muchos kilómetros cuadrados en los alrededores de Rubielos, y en ninguna parte aparecen impregnadas de petróleo ni de asfaltos. Puede asegurarse, en consecuencia, que un sondeo practicado en Rubielos de Mora no tiene probabilidad alguna de encontrar petróleo en las capas profundas del subsuelo. El aceite mineral que contienen las pizarras bituminosas, que luego describiremos, se debió

formar en la misma masa de la roca, por descomposición de restos orgánicos, vegetales principalmente; si hubiera procedido de capas más profundas, los primeros estratos que se hubieran impregnado de petróleo habrían sido las arenas calíferas o molasas terciarias que, como a continuación se verá, yacen bajo las pizarras, y en estas rocas no se ve el menor indicio de dicha substancia ni de productos de su descomposición.

Composición de los depósitos terciarios.—Réstanos ahora examinar el terreno Oligoceno lacustre, o sea el conjunto de capas que rellena la depresión cretácea de Rubielos.

En los perfiles dibujados en las páginas anteriores se ha hecho notar la gran regularidad que en su conjunto presenta la formación terciaria, la cual describe un amplio sinclinal, sin dislocaciones, roturas ni fallas que interrumpen la continuidad de los estratos; pero al examinar detenidamente la sucesión de capas, se aprecia una gran variedad en su composición, según el punto en que la observación se haga, y los tres tramos o niveles que en cualquier sección transversal de la cuenca cabe distinguir atendiendo a la naturaleza de las rocas, presentan caracteres distintos según se estudien en un extremo u otro de la misma. Así, en el extremo oriental, el tramo inferior consta de una alternancia de areniscas calíferas o molasas y arcillas, entre las que se intercalan capas de combustible; el tramo medio es esencialmente arcilloso, y en su masa se presentan algunos lechos de pizarras bituminosas, y el superior es calizo-arenoso y a él corresponde la gran masa de molasas del Ballester.

Hacia el centro de la cuenca, en la Loma del Calvario, el tramo inferior está representado por arenas sueltas y arcillas grises; el tramo medio por arcillas rojas y verdes, arenas

blancas y algunos bancos de molasas, y el superior por margas grises con lechos de pizarras bituminosas.

En el extremo occidental, entre los valles del Palomarejas y el río Estrecho, el tramo inferior está formado por un espesor considerable de arenas arcillosas rojizas y verdes; el tramo medio por margas y arcillas rojas y verdes seguidas de bancos alternantes de molasas y arcillas grises, y el superior por arcillas grises y margas con intercalaciones de pizarras bituminosas.

Clasificación de los depósitos oligocenos.—De la comparación de estas tres secciones transversales de la

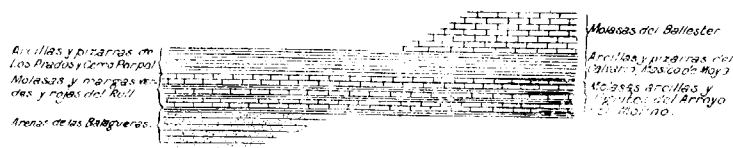


FIG. 8.^a.—CORTE ESQUEMÁTICO DE LA CUENCA OLIGOCENA DE RUBIELOS.

cuenca, se deduce que el tramo más constante en sus caracteres generales es el de las arcillas grises y pizarras bituminosas, y por su continuidad de un extremo a otro de la formación debe tomarse como nivel de referencia al clasificar los restantes por orden cronológico. Por encima de ese horizonte de comparación se encuentran las molasas del Ballester, formando un tramo, el más alto de la formación oligocena de Rubielos, que sólo se encuentra en el extremo oriental de la cuenca, y en cambio, las arenas rojizas de las Balagueras sólo se han formado en el extremo occidental y constituyen el tramo más antiguo. Si prescindimos de estas dos series de depósitos, que carecen en absoluto de valor industrial, podemos agrupar las capas oligocenas en dos tramos, como esquemáticamente indicamos en la figura 8.^a:

uno, el inferior, de depósitos principalmente arenosos, con intercalaciones de margas y arcillas, que es el que en el extremo oriental de la faja terciaria encierra las capas de lignito, y otro, el superior, de rocas arcillosas que, todo a lo largo de la cuenca, pero de preferencia en su mitad occidental, contiene lechos de pizarras bituminosas.

Expuestos estos antecedentes de carácter general, describiremos con algún detalle, la formación oligocena, empezando por el extremo E. de la cuenca.

Zona lignífera.—El Arroyo del Molino, que, como ya se dijo, sirve de límite entre las formaciones cretácea y oligocena desde 300 metros antes de verterse en el río de Noguera, presenta en la margen derecha un corte muy interesante de las capas más antiguas del Oligoceno lacustre en esta región de la cuenca. El río de Noguera, en el trayecto comprendido entre el Arroyo del Molino y el de Agua Roja, y después este último en más de 800 metros, ofrecen a lo largo de sus márgenes cortes sucesivos de las capas terciarias, que permiten reconstituir con exactitud el orden de sucesión de las mismas, sus espesores y sus buzamientos.

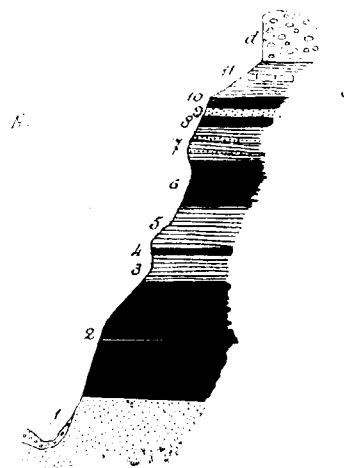


FIG. 9.^a.—CORTE DE LA BASE DEL OLIGOCENO EN EL ARROYO DEL MOLINO.

En el Arroyo del Molino, el corte natural a que acabamos de aludir, es el que se representa en la figura 9.^a

La sucesión de capas es como sigue:

1. Arenas cubiertas en la parte inferior por los acarrees del río, y cuyo espesor no es posible determinar por esta circunstancia.
 2. Capa de lignito de 2^m,30 de espesor. A 1^m,30 del muro tiene esta capa una intercalación de arcilla fosilífera de cinco centímetros de espesor, por lo que el espesor de carbón utilizable queda reducido a 2^m,25.
 3. Capa de arcillas calíferas con fósiles, de 0^m,70 de espesor.
 4. Veta de lignito de 0^m,15.
 5. Arcillas con fósiles en 1^m,20 de espesor.
 6. Capa de lignito de 1^m,20.
 7. Capa de arenas y arcillas arenosas con fósiles, de 0^m,70 de espesor.
 8. Veta de carbón de 0^m,25.
 9. Lecho de arcillas y arenas fosilíferas de 0^m,20.
 10. Veta de carbón de 0^m,20.
 11. Arcillas y pizarrilla blanca, molasas, etc.
- (d) Depósito diluvial.

Todo este conjunto de capas buza de 10 a 12° al SE. El corte en cuestión se halla visible en la barranca de la margen derecha en unos 30 metros de longitud, y en tan corto trayecto se nota ya alguna irregularidad en los lechos de carbón y en las capas estériles, desarrollándose más la molasa hacia el O. a expensas de las arcillas, pero el espesor total de combustible no sufre modificación sensible.

En la confluencia del Arroyo del Molino con el río de Noguera, los derrubios ocultan el terreno virgen, y aguas arriba de este punto, en las dos márgenes del río, sólo se ven masas de arcillas muy revueltas, correspondientes sin duda a la zona de contacto del Oligoceno con el Cretáceo, pero las capas características de este último no asoman hasta unos 150 metros aguas arriba de dicha confluencia.

Pasado el Arroyo del Molino, en la margen derecha del río, siguen mostrándose los afloramientos del Oligoceno, que permiten seguir paso a paso la sucesión de capas de este terreno. Los lechos de molasa y pizarrilla blanca que figuramos con el número 11 en el corte de la figura 9.^a, y

entre los cuales se intercalan dos vetas de lignito, vuelven a aparecer en la margen derecha del Noguera, pero con la diferencia de que las vetas de carbón tienen en este último punto 50 y 60 centímetros de espesor respectivamente.

En una galería abierta en la ladera para la explotación de estas capas, se aprecia el corte de la figura 10, en el que representan:

- 6 Capa de lignito.
- 7 Capa de arcillas de 0^m,70.
- 8 Capa de carbón de 0^m,40.
- 9 Capa de caliza arcillosa fosilífera de 0^m,50.
- 10 Capa de carbón de 0^m,60.
- 11 Capa de molasa del techo, de 0^m,50.

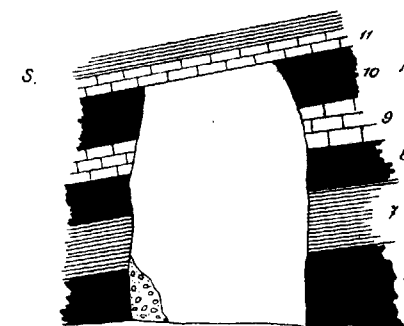


FIG. 10.—GALERÍA ABIERTA EN LAS CAPAS DE LIGNITO QUE ASOMAN EN EL RÍO DE NOGUERUELAS.

Conservamos en este corte la numeración del anterior para que se pueda establecer la correspondencia entre uno y otro.

Las capas buzan en el corte de la figura 10 unos 20°, es decir, con mayor inclinación que en el Arroyo del Molino, y aun se acentúa este buzamiento más y más en las capas superiores hasta llegar a 40°, como en seguida veremos.

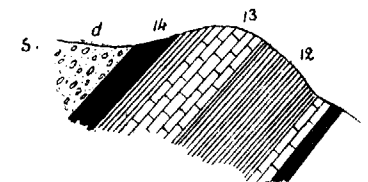


FIG. 11.—CORTE DEL TERRENO EN LA MARGEN DERECHA DEL RÍO DE NOGUERUELAS.

Sobre la capa de molasa que sirve de techo al socavón del corte anterior sigue la serie de estratos que dibujamos en la figura 11, y que se destacan en un corte natural del terreno.

En este corte, los números corresponden a las capas siguientes:

12. Banco de margas y arcillas grises de 3 metros de espesor.
13. Moladas y margas alternantes, 2m,50.
14. Capa de lignito de 0m,80.
- (d) Diluvial.

Cerca de la entrada del socavón de la figura 10, y con rumbo de NE. a SO., pasa una falla que produce un salto en los estratos, circunstancia que se aprecia porque la capa de carbón (14) se encuentra al SE. de la línea de fractura un metro más alta. Veinte metros más al S. otra falla produce un salto análogo. En el último de sus afloramientos, el carbón de esta capa, que buza unos 15°, tiene por techo un banco de moladas de dos metros de potencia con muchos fósiles, entre ellos grandes *Planorbis*.

Las capas que vienen encima de esas moladas, con un espesor de 7 a 8 metros, están cubiertas por la tierra vege-

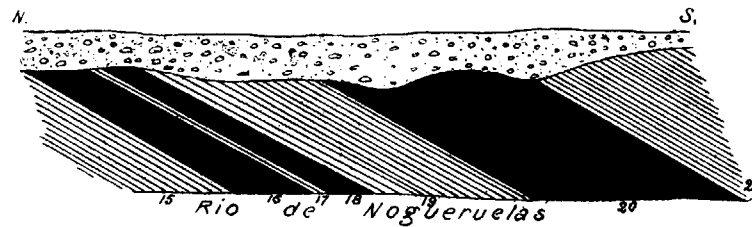


FIG. 12.—CORTE DE LAS CAPAS DE LIGNITO EN EL CAUCE DEL RÍO DE NOGUERUELAS.

tal, circunstancia que nos induce a suponer que se trata de bancos arcillosos, análogos a los que cubren las últimas capas del tramo. Los afloramientos de las capas superiores a estas supuestas arcillas, entre las que acaso se encuentre alguna capa de carbón, se presentan en la margen izquierda del río y tienen los espesores que se indican en el corte de la figura 12.

En este corte representan:

15. Los bancos desconocidos, en 7 metros de espesor.
16. Capa de lignito de 0m,80 al menos, pues el muro no es visible.

17. Veta de arcilla de 0m,20.
18. Capita de carbón de 0m,25.
19. Arcillas grises veteadas, en 3m,50.
20. Capa de carbón de 3m,80.
21. Arcillas análogas a (19).

Todas estas capas buzcan 40° al SE. y se arrumban al N. 30° E. A la capa de carbón marcada (20) sigue un espesor considerable (70 a 80 metros) de arcillas pizarreñas con delgados lechos teñidos alternativamente de gris claro y gris oscuro, que comunican al conjunto un veteadado característico. Estas arcillas continúan aflorando en el fondo del río, sin interrupción apenas, hasta la confluencia con el Barranco

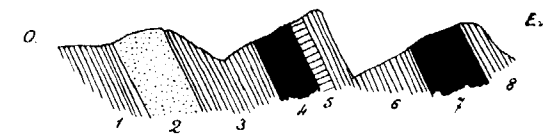


FIG. 13.—CORTE NATURAL EN EL CAUCE DEL BARRANCO DE AGUA ROJA.

de Agua Roja, donde se les sobreponen unas margas arcillosas rosadas y verdes que allí tienen poco espesor, pero que en otros parajes de la cuenca lo tienen enorme, como ya indicaremos. Encima de las margas rosadas vienen, por último, unos lechos de arcillas arenáceas alternando con vetas delgadas de pizarras bituminosas, que presentan afloramientos en el Masico de Moya y en la margen izquierda del río de Nogueruelas, en la sección de éste comprendida entre el Barranco Redón y el Más Blanco.

El haz de capas de lignito no continúa desde el río Nogueruelas hacia Levante con el desarrollo indicado en los cortes anteriores, pues en el Barranco de Agua Roja sólo afloran dos capas de combustible de 20 y 35 centímetros de espesor, en la posición que indica el corte de la figura 13.

Aquí representan:

1. Arcillas grises.
2. Capa de arenisca ferruginosa de 0^m,40.
3. Arcillas grises en 0^m,60.
4. Capita de carbón de 0^m,25.
5. Aglomerado de conchas de 0^m,10.
6. Banco de arcilla gris de 0^m,60.
7. Capa de carbón de 0^m,35.
8. Arcillas grises.

Al muro de la primera capa de carbón, y en un cortado de la margen derecha del Barranco, se miden hasta 50 metros de espesor de arcillas veteadas de gris claro y gris oscuro, con intercalaciones de areniscas y pizarrillas en capas de 20 a 60 centímetros, que se corresponden indudablemente con el haz de capas arcillosas que asoma en el río de Noguerauelas al techo de la última capa de carbón. Esto indica que las capas de lignito del Barranco de Agua Roja pertenecen a un horizonte geológico superior al del Arroyo del Molino y río de Noguerauelas. Tampoco las capas de carbón del Barranco de Agua Roja continúan por el O. hasta el río, siendo muy probable que acuñen por ese lado a poca distancia de los afloramientos, porque labores hechas con intención de cortarlas a unos 100 metros aguas abajo de aquéllos han resultado ineficaces.

Las capas del Barranco de Agua Roja se han explotado con galerías y planos inclinados hasta unos 40 metros de profundidad, pero actualmente los trabajos están abandonados y las labores hundidas.

Corte transversal de la cuenca terciaria en su extremo E.—En la figura 14 damos un perfil completo de la parte de que estamos tratando de la cuenca oligocena.

Desde la base de la formación hasta la última capa de carbón del río Noguerauelas hay un espesor total de 31 me-

tros, con una potencia de carbón de 10^m,10. A la última capa de carbón sigue un nivel de arcillas de unos 80 metros, en cuya parte superior se encuentran las dos capas de carbón de Agua Roja. Después vienen arcillas arenosas con algunos lechos de pizarras bituminosas que con espe-

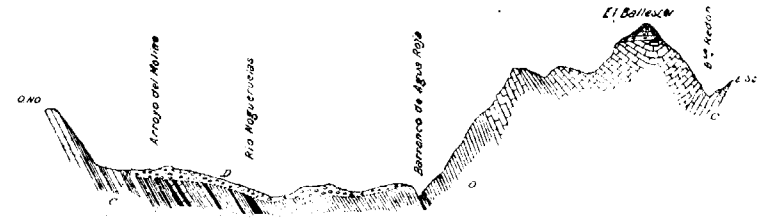


FIG. 14.—CORTE TRANSVERSAL DE LA CUENCA TERCIARIA EN SU EXTREMO E.

C. Cenomanense.—O. Oligoceno.—D. Diluvial.

sor de 60 metros aproximadamente afloran en la margen derecha del Barranco de Agua Roja y en el Masico de Moya, y por último, las molasas del Ballester con unos 120 metros de espesor. La potencia total del Oligoceno lacustre es, por lo tanto, en esa parte, de unos 290 metros, que se distribuyen del modo siguiente:

| | |
|---|--------|
| Tramo inferior o lignitifero | 110 m. |
| Tramo medio o de las pizarras bituminosas | 60 » |
| Tramo superior o de las molasas | 120 » |
| TOTAL | 290 m. |

El tramo medio puede seguirse sin solución de continuidad por sus afloramientos desde el Bolaje de Castejón a la margen izquierda del Barranco de Agua Roja, primero, y la de la misma orilla del río de Noguerauelas, después, hasta la población de Rubielos.

Extensión del tramo lignífero.

El tramo superior o de las molasas comienza igualmente en el Bolaje de Castejón, pero termina, con la Loma del Ballester, en el Barranco Redón; en cambio, el tramo inferior, que es aquí el único interesante por las capas de combustible que encierra, se prolonga muy poco a Levante del río de Noguerauelas, debido a que las capas cretáceas del Plamirón avanzan mucho hacia el S. y forman a modo de un espolón que estrecha la cuenca oligocena, como se pone de manifiesto en el corte de la figura 15, trazado normalmente al Barranco de Agua Roja en su confluencia con el Barranco Molés.

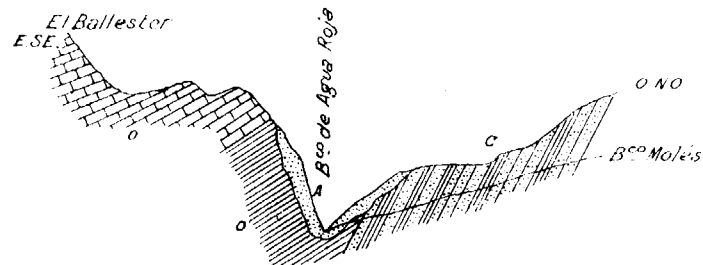


FIG. 15.—CORTE NORMAL AL BARRANCO DE AGUA ROJA, FRENTE AL BARRANCO MOLÉS.

C. Cenomanense.—O. Oligoceno.—A. Aluvial.

También en el camino de Rubielos a Linares, a unos 100 metros al N. del Corral del Llano del Plamirón, hay pruebas de ese estrechamiento por un asomo del Cretáceo que se encuentra en prolongación de las capas del Barranco Molés. Este asomo es de las mismas areniscas que forman los cerros donde se hallan los caseríos del Plamirón y del Bolaje de Castejón; estos nombres deben, pues, desaparecer de la lista de los parajes situados en los yacimientos de carbón

del término de Rubielos, a menos que se consideren como tales yacimientos las pequeñas vetas contenidas en las arcillas cretáceas y que son en absoluto inexplotables.

El mismo exiguo desarrollo del tramo lignífero a Levante del río Noguerauelas, donde seguramente no se extiende más de 200 metros, parece tener por la parte de occidente en dirección a la carretera y al arroyo de San Pedro, pues ni en los desmontes de aquella ni en el cauce de éste se ven afloramientos de las rocas que acompañan al carbón, sino una serie no interrumpida de margas arenosas verdes y rojas (trincheras de las inmediaciones del kilómetro 19) que después asoman también en la Loma del Calvario sin el menor indicio de lignitos. Es, pues, indiscutible que el tramo lignífero es una formación accidental del Oligoceno de Rubielos, cuyas capas tendrán como máximo un recorrido de 600 a 700 metros, ampliamente limitada en sus extremos por la carretera y el Barranco de Aguas Rojas.

La zona más interesante del tramo lignífero, donde se presentan las capas de combustible en su mayor desarrollo, corresponde a la mina «Julia», pero los lechos de carbón rebasan seguramente por el SO. el límite de esta concesión, y, atravesando la demasia comprendida entre ella y la «Matilde», penetran en esta última. Además, dentro del perímetro de la «Matilde» se deben encontrar también, en profundidad, las capas que hoy se explotan en la «Julia», y aun cuando la pendiente de los estratos es bastante fuerte, la proximidad del borde S. de la cuenca terciaria debe limitar dicha profundidad, que probablemente no pasará de 200 metros.

Un pozo de exploración abierto en la «Matilde» cerca de la carretera, sólo cortó hasta la profundidad alcanzada de 20 metros margas rojizas y verdes que parecen indicar ya un

cambio desfavorable en la composición de los estratos, pero a pesar de esta indicación, contraria por lo que al punto donde se hizo el reconocimiento se refiere, un sondeo que se practicara en su límite N., casi seguramente revelaría la existencia del carbón en cantidades explotables.

Por los datos que quedan consignados se comprende que los depósitos lignitíferos de Rubielos de Mora tienen importancia muy limitada, y aun suponiendo que las capas de carbón tengan el recorrido que les hemos supuesto y que se prolonguen en profundidad en el sentido del buzamiento hasta el borde meridional de la cuenca oligocena, la superficie proyectada del haz de capas no pasaría de 700×800 metros, ni la superficie real, teniendo en cuenta el buzamiento, de 700×1.000 , ó sea de 700.000 metros cuadrados. Con esta superficie y el espesor que tienen las capas en los afloramientos, y sin contar con las esterilizaciones, fallas, etcétera, tan corrientes en esta clase de yacimientos, sólo se obtiene un volumen de 7.000.000 de metros cúbicos. Y todavía, por falta de reconocimientos en profundidad, ha de rebajarse esa cifra a la mitad, resultando como contenido probable de la cuenca lignitífera de Rubielos unos 3.500.000 toneladas, distribuidas entre las concesiones «Julia» y «Matilde» y la demasía intermedia.

Para los efectos de la extensión del tramo lignitífero, la cuenca lacustre debe considerarse terminada en una línea que pase por el Masico de Moya con rumbo NE.-SO., pues en este punto asoman unos crestones de caliza infracretácea con fuerte buzamiento al SE., y entre la Masía y el Barranco Redón también sobresalen al través de las arcillas oligocenas crestones cretáceos, y aun cuando es indudable que el tramo superior del Terciario se ha depositado sobre estas rocas cretáceas que ahora aparecen envueltas por las arcillas, el fondo de la cuenca, según demuestran esos mismos

asomos, debe estar muy somero y es difícil que haya podido depositarse el tramo inferior.

Las capas de pizarras bituminosas que asoman en las orillas del río de Nogueruelas se prolongan hacia el O. y cruzan el pueblo de Rubielos, edificado en parte sobre estas capas, y en parte sobre las calizas infracretáceas. En algunos pozos abiertos en las casas en busca de agua potable, se han cortado vetas de mineral bituminoso.

Pasemos ahora a estudiar la región central de la cuenca.

La Loma del Calvario, en su vertiente occidental, presenta un corte muy interesante del conjunto de la formación

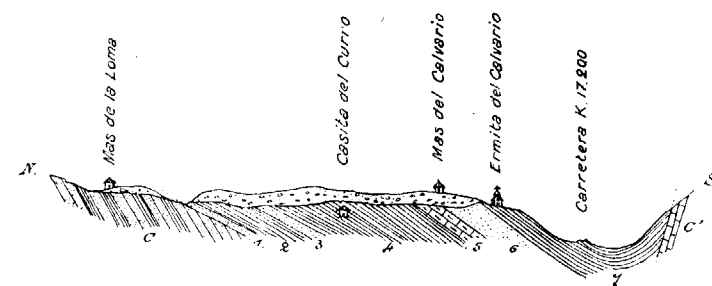


FIG. 16.—CORTE DE LA CUENCA OLIGOCENA EN LA LOMA DEL CALVARIO.

oligocena. La Masada de la Loma, situada en el extremo N. de la misma, está edificada sobre las areniscas del Cretáceo superior, cuyos bancos buzanan al SE. Unos 150 metros más al S., interrumpe la línea de vertientes de la Loma un pequeño collado donde nace un regajillo que corre hacia Poniente siguiendo precisamente el contacto del Cretáceo con el Oligoceno, y en cuya margen izquierda quedan al descubierto las primeras capas de este último terreno. Forman éstas, una masa de arenas de grano grueso en cuya parte inferior se intercalan lechos de otras más finas cuajadas de fósiles lacustres. Son estas capas las que se designan con el número 1 en el corte de la figura 16, y sobre ellas se

desarrolla toda la serie de estratos que indicamos a continuación:

2. Arcillas grises y margas, 60 metros.
3. Arenas blancas, que parecen corresponder a una formación de dunas continentales, 20 metros.
4. Margas y arcillas arenosas, rojizas y verdes, 80 metros.
5. Moladas, 10 metros.
6. Arcillas arenosas de color gris, 40 metros.
7. Arcillas puras y pizarras bituminosas, 120 metros.
- C. Cretáceo superior.
- C'. Cretáceo inferior.

Las capas buzan normalmente alrededor de 20° al SE., pero algunos lechos, por efecto de pequeños trastornos locales, presentan inclinaciones mucho más pronunciadas.

Las Moladas (5) afloran debajo de la Masada del Calvario; las capas de arenas blancas (3), unos 200 metros al N. de la Casita del Curro, y las pizarras bituminosas, delante de la Ermita.

Como se ve, todo el tramo inferior del Oligoceno es en esta parte completamente estéril, no presentándose entre las capas clásticas de la base ni un solo afloramiento de carbón. Tampoco parecen tener gran desarrollo en esta parte de la cuenca los lechos de pizarras bituminosas, ni las que existen deben tener gran cantidad de materias destilables, dada la rigidez de las hojas resultantes de la exfoliación de la roca.

Entre la Ermita del Calvario y la carretera, el tramo superior o de las pizarras continúa hacia el S., aunque oculto por las tierras de labor, y sus capas llegan hasta la base del Cantalar, en donde asoman las calizas infracretáceas. Unos 600 metros de anchura tiene en estos parajes el haz de capa en que se intercalan los lechos de pizarras bituminosas.

A Poniente de la Loma del Calvario, la formación oligocena queda oculta largo trecho por los depósitos aluviales

de la vega que en Rubielos llaman «El Pago», y sólo se presentan algunos afloramientos a lo largo del arroyo que cruza la carretera en el kilómetro 16. Unos metros aguas abajo del puente asoman arcillas con pendiente de 20° al S. que alternan con lechos de pizarrilla negruzca y otros muy delgados de areniscas ferruginosas. Aguas arriba de la carretera, todos los asomos que se observan son de margas arenosas rojizas y verdes, rocas que parecen predominar en el tramo inferior a medida que se camina hacia Poniente. A la izquierda del camino de Mora sobresale, en el llano, un cerrito formado por las mismas margas rojizas, sobre el que está edificada la Ermita de los Mártires.

Las moladas de la Masada del Calvario se extinguen en la base misma de la Loma, quedando sustituidas por las margas rojizas y verdes en toda la llanura de «El Pago», y no vuelven a desarrollarse sino mucho más al O. en los Cerros del Rull, que separan las aguas del río de las Balagueras y las de río Estrecho y forman otra loma análoga por su aspecto topográfico y su constitución geológica a la Loma del Calvario. Entre estas dos eminencias del terreno la composición de las capas terciarias es esencialmente margo-arcillosa, y la formación carece de interés desde el punto de vista industrial.

El límite del tramo inferior con el de las pizarras bituminosas coincide muy aproximadamente en esta región central de la cuenca de Rubielos con el trazado de la carretera, quedando la zona estéril al N. de la misma, en tanto que al S., y especialmente a orillas del Arroyo de los Prados, hay bastantes afloramientos de pizarras bituminosas. También tiene aquí una anchura media de 600 metros la faja de terreno formada por estas capas.

Veamos, por último, la constitución de la cuenca en su parte occidental.

Entre el curso del río Estrecho y el del río Palomarejas, la formación oligocena penetra hasta el pie de las alturas cretáceas formando una ensenada cuya convexidad mira hacia el N. Después de describir este entrante, se repliega de nuevo hacia el S. la formación para continuar por la falda de Las Cruces y salvar la divisoria del río del Hocino a 1.500 metros al S. del vértice «Matanzas». Las capas se orientan sensiblemente de E. a O. en las márgenes del río Estrecho, y su composición es muy semejante a la que ostentan en la Loma del Calvario, salvo en la ensenada de las Balagueras, donde se desarrolla una masa de arenas rojizas y arcillas verdosas en estratificación confusa que forman por esta parte el nivel inferior del Oligoceno lacustre. Tiene este depósito arenoso más de 50 metros de espesor, y de N. a S. ocupa un kilómetro de extensión, desde la Masía de las Balagueras hasta cerca del camino de Rubielos a Teruel, senda que, como se ve en el mapa, cruza los cerros del Rull y los ríos Estrecho y Palomarejas, aguas arriba de la carretera.

Las capas de arena tienen, como decimos, estratificación confusa, pero la inclinación es pequeña, a lo sumo de 10 a 12° dondequiera que puede reconocerse. Unos 200 metros antes de llegar al camino de Teruel, cuando se viene de las Balagueras, se aprecia mejor la estratificación de las arenas rojizas, debido a unas capitas de arcillas grises y a delgados lechos de areniscas ferruginosas que se intercalan en la masa de las pizarras y marcan un buzamiento de 20° al S.

A poco de pasar el camino de Teruel se corta un banco de molasas de 3 metros de grueso, análogas a las del Ballester, seguido de arcillas grises y arenas arcillosas rojizas con espesor de 10 metros. Este primer banco de molasas buza 40° al S., y el mismo buzamiento ostentan las capas que le siguen hasta las proximidades de la carretera, donde los estratos vuelven a acercarse a la horizontal.

En los cerros del Rull y en el cauce de río Estrecho quedan al descubierto las capas de la formación oligocena a partir de las arenas inferiores, con la sucesión que se indica en el corte de la figura 17.

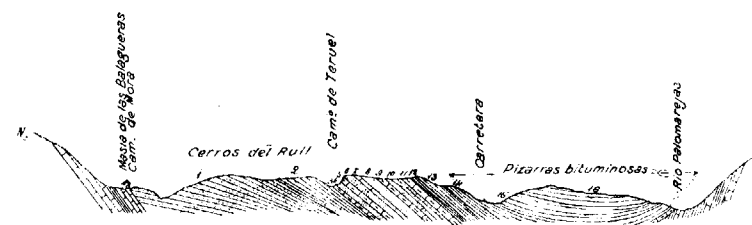


FIG. 17.—CORTE DE LA CUENCA OLIGOCENA POR LOS CERROS DEL RULL.

En este corte, las capas marcadas con los números, 1, 2, 3 y 4 son respectivamente las arenas rojas de la base, las arenas rojizas con intercalaciones de arcillas grises, las molasas, y las arcillas grises y arenas rojizas ya descritas. Los restantes números corresponden a las capas siguientes:

5. Molasas sin fósiles, 2 metros.
6. Arcillas y arenas rojizas, 10 metros.
7. Molasas, 0^m,50.
8. Arenas rojas y margas grises, 20 metros.
9. Molasas compactas con fósiles, 2 metros.
10. Arcillas blanquecinas y arenas rojizas, 40 metros.
11. Caliza blanca terrosa con grandes *Bivalvas* y *Planorbis*, 5 metros.
12. Pizarra calífera blanca, 4 metros.
13. Arcillas grises, 50 metros.
14. Arcillas calíferas blancas, alternando con arcillas grises, 30 metros.
15. Arcillas grises con vetas de pizarras bituminosas, 60 metros.
16. Pizarras bituminosas de Cerro Porpol y arcillas grises, 30 metros.

El espesor total de la formación oligocena en esta parte de la cuenca pasa, como se ve, de los 400 metros, pero las primeras capas de arcillas que contienen pizarras bituminosas no afloran hasta unos 100 metros a la izquierda de la

carretera, en un regajo que desemboca en río Estrecho junto al puente del kilómetro 14.

Todas las capas que se representan en el corte de la figura 17 se orientan de E. a O. hasta el cauce del río Estrecho; pasado este curso de agua se inflexionan al S., dirigiéndose al O.-SO. paralelamente a la línea de cumbres de Las Cruces, y con este nuevo rumbo se prolongan hasta el río del Hocino.

En la enfilación del banco de molasa señalado (7) en el corte, y en la margen derecha del río Estrecho, dentro de la concesión «Julia», se hizo un pozo de reconocimiento de 20 metros de profundidad, que sólo pudo cortar, como es natural y como lo atestigua la escombrera, las capas del nivel (6). Además, desde el fondo de un barranco inmediato se abrió una galería para calar al pozo, pero se interrumpió el trabajo antes de que las labores se comunicaran.

La línea divisoria entre el tramo de las molasas, arcillas grises y margas rojizas (capas 4 a 14 de la figura 17), y el de las pizarras bituminosas (15 y 16) sigue con bastante aproximación el trazado de la carretera entre los kilómetros 13 y 14, así es que toda la zona que queda al N. de la misma es completamente estéril.

A pesar de que la constitución geológica de esta parte de la cuenca es sencillísima y de que *todas* las capas están al descubierto a lo largo del cauce del río Estrecho, se situó un pozo de reconocimiento en la concesión «Julia», a la derecha del camino de Teruel y a unos 700 metros a Poniente de río Estrecho. Alcanzó este pozo 80 metros de profundidad y sólo cortó, como se podía prever, las capas que están al muro de la marcada (3) en el corte de la figura 17. Fué ésta una labor del todo inútil e innecesaria, porque las capas que el pozo atravesó y las que le siguen en orden descendente hasta el Cretáceo están bien de manifiesto en los

cortes naturales del terreno, donde se pueden reconocer sin el menor gasto y con muchísima más comodidad que en una labor subterránea. Y ese reconocimiento demuestra que, desde el punto donde el pozo se emboquilló hasta la base de la formación, no hay un solo lecho de pizarras bituminosas.

Pizarras bituminosas.

Al S. de la carretera de la Venta del Aire, las capas de arcillas y pizarras bituminosas atenúan poco a poco su buzamiento, y a unos 100 metros de distancia de la misma sólo se inclinan ya unos 5°. Con menor inclinación aún llegan a Cerro Porpol, cambiándose el sentido del buzamiento en el interior de este montículo, cuya cumbre se eleva a 100 metros sobre el río.

Cerro Porpol está limitado por el S. por el Barranco de Aguas Malas, y por el N. por otra barrancada profunda que arranca del puente del kilómetro 13 de la carretera; su base está formada por capas de arcillas y pizarras bituminosas, y la parte superior por capas de los conglomerados modernos que tanto abundan por esta parte de la cuenca de Rubielos, siendo las capas que coronan a Cerro Porpol una de las avanzadas de la enorme masa que se desarrolla más al O. en dirección del valle del Hocino.

En Cerro Porpol tiene montada una explotación de pizarras bituminosas una casa de Barcelona, así como una batería de hornos destilatorios. Aun cuando son varios los niveles de pizarras bituminosas que en este punto se encuentran, las explotaciones radican en un haz de capas que rinden un espesor útil de un metro, llevando el arranque en galería de dos metros de altura; la capa más importante, la más inmediata a la solera de la galería, mide 70 centímetros de espesor. Las pizarras son extremadamente foliadas y al-

gunos lechos están tan cargados de substancias bituminosas, que las hojas pueden arrollarse alrededor de una superficie cilíndrica de poco diámetro sin que se rompan, pero la generalidad de las capas que se consideran beneficiables tienen mucha menor riqueza. El color de todas estas pizarras es gris verdoso claro cuando están secas.

Los niveles inferiores al plano de las galerías se han reconocido por medio de un pozo de 75 metros de profundidad, y aun cuando no tenemos datos exactos de las capas de mineral cortadas, por manifestaciones de obreros que trabajaron en la labor, parece deducirse que su espesor total sumaba 14 metros. Sin ser absurda esta cifra, nos parece exagerada, y la consignamos con toda reserva; es posible, además, que muchas de las vetas cortadas estén distantes entre sí y su espesor no permita su explotación aislada. Por ello no creemos que se deba contar con un espesor aprovechable, aun siendo cierta la cifra antes indicada, de más de 10 metros.

El pozo de reconocimiento de Cerro Porpol cortó en sus últimos metros unos bancos de molañas, de las cuales se ven señales en la escombrera, y con ellos un nivel acuífero que hizo subir las aguas en el pozo hasta 5 ó 6 metros de la superficie. Es este un dato que debe tenerse en cuenta para futuras investigaciones, y convendrá en lo sucesivo detener las labores a más alto nivel para evitar la afluencia de agua y los consiguientes trastornos y gastos; además de que en las capas que anteceden a las areniscas no cabe esperar ya capas de mineral.

Las capas de Cerro Porpol continúan hacia el E. con aspecto análogo hasta el Más de los Terreros y la Partida de los Prados, y en el extremo occidental del Alto de la Venta Rota describen las pizarras un sinclinal análogo al de Cerro Porpol. Todos estos afloramientos están comprendidos den-

tro de la mina «Rápida», cuyo perímetro se ajusta bastante bien a los linderos del tramo explotable de la formación oligocena, salvo en el ángulo SE. en que cubre unas cuantas hectáreas en donde sólo asoman capas cretáceas. (Véase el mapa.) Es indudable que la designación de esta mina se ha hecho por persona perita, que ha estudiado de antemano la disposición de la cuenca.

Por el S. está limitada en esta zona la formación pizarrena por el Arroyo de Aguas Malas, pasando también la línea límite por la Masía de Los Pilares, donde asoman capas de pizarra arenosa amarillenta con buzamiento de 25° al N., idénticas a las que se ven en la base del tramo en la otra rama del sinclinal (kilómetro 13 de la carretera). La formación oligocena termina un poco más al S., en la línea de vertientes donde está situado el Más del Cerrito, edificado en capas cretáceas.

Por el O., el tramo de pizarras bituminosas que forma el Cerro Porpol se interna, pasada la carretera, y bajo la gran masa de conglomerados modernos, en la concesión «Julia», lindante con la «Rápida» por ese rumbo.

No nos ocuparemos de la composición de la cuenca en el valle del Hocino, por tratarse de una zona alejada de la que directamente nos interesa, pero en líneas generales puede decirse que no tienen allí las pizarras bituminosas gran desarrollo y que la mayor parte de los sedimentos oligocenos corresponden al tipo de las margas arenosas rojizas. En cuanto a la zona intermedia, es decir, a la cubierta por los conglomerados modernos, claro es que no cabe emitir juicio fundamentado acerca de su composición. Sólo cabe asegurar la continuidad de la formación, y las conjeturas que se hagan respecto al régimen de capas serán tanto más fundadas cuanto más cerca de la parte estudiada se encuentre la zona de que se trate. A más de un kilómetro de la ca-

retera sería muy aventurado hacer extensivos los datos que la observación suministra en Cerro Porpol.

De lo expuesto en las páginas que anteceden, se deduce que la formación de pizarras bituminosas comienza en el Macico de Moya y debe considerarse terminada a un kilómetro al O. de la carretera de la Venta del Aire. En este trayecto, que mide 6.500 metros, pueden distinguirse dos zonas: una, correspondiente a la mitad oriental, donde las labores de reconocimiento efectuadas en épocas diversas no han tenido resultado satisfactorio, pues unas veces se ha encontrado poco mineral y otras mineral de poco valor; creemos, por lo tanto, que al tratar del valor industrial de la cuenca de Rubielos debe descontarse esta mitad oriental, donde difícilmente podría montarse una explotación remuneradora. Otra, correspondiente a la mitad occidental, donde tiene la faja pizarreña entera una anchura de 700 metros y la parte verdaderamente rica unos 400, y suponiendo que las capas de Cerro Porpol se extiendan hacia el O. con los espesores ya indicados, se obtiene una cantidad de mineral aproximada a $400 \times 3.000 \times 10 = 12.000.000$ de metros cúbicos, equivalentes en números redondos a 24.000.000 de toneladas. Consideramos sólo una longitud de capas de 3.000 metros, para tener en cuenta la gran parte de formación desaparecida por denudación entre los cauces de río Estrecho y el río Palomarejas al S. de la carretera. Suponiendo una riqueza media en aceites del 4 por 100, los 24.000.000 de toneladas de mineral representan un total de 960.000 toneladas de petróleo bruto.

Ya se comprende por estas cifras que la riqueza minera de la cuenca de Rubielos es muy inferior a lo que se ha supuesto, sobre todo si se tiene en cuenta que los lignitos son de mala calidad y que las pizarras bituminosas tienen una porción muy reducida de aceites minerales.

Los lignitos, gracias a la elevación de precios de los combustibles durante la guerra, y a que el arranque ha podido hacerse en condiciones económicas por la favorable disposición de las capas, se continúan explotando todavía a pesar de su mala calidad; en cambio el beneficio de las pizarras bituminosas no ha resultado productivo y ha habido que suspender los trabajos.

A este fracaso ha debido contribuir la mala disposición de todas las instalaciones, que por fuerza ha tenido que ser siempre un obstáculo para la buena marcha del negocio. Así, la destilería se construyó en la parcela de terreno donde la explotación minera había de ser más intensa, y habiendo de recurrir al sistema de laboreo por hundimiento para que el arranque resultara económico. Además, la gran altura de la batería de hornos sobre el valle obligaba a elevar inútilmente no sólo las zafras, sino también el agua para la refrigeración, siendo así que con una elección acertada del emplazamiento de la fábrica se hubieran eliminado estos graves inconvenientes.

Pero si la cuenca de Rubielos tiene escaso interés desde el punto de vista industrial, lo tiene muy grande desde el punto de vista geológico, porque su estudio permite fijar la edad de los distintos movimientos del suelo que de manera tan patente han dejado impresa su huella en los estratos cretáceos y terciarios, así como deducir consecuencias de gran valor por lo que respecta a la historia geológica de los macizos montañosos de esa parte de la provincia de Teruel.

El hundimiento marcadísimo de una gran dovela cretácea, la falta de depósitos numulíticos, el relleno oligoceno de la primitiva depresión, el levantamiento energético de los estratos terciarios en los bordes de la faja hundida, la ausencia de sedimentos miocenos y pliocenos y la masa enorme de depósitos cuaternarios que terminó de rellenar la

cuenca y desbordó sus orillas, son datos todos que se prestan a consideraciones muy interesantes respecto al pasado de la comarca. Pero nos saldríamos de los límites de una nota como la presente si entráramos en este terreno, aparte de lo peligroso que resulta generalizar, basándose en datos de carácter puramente local, aun cuando hayan sido registrados concienzudamente.

JUAN GAVALA

Madrid, Octubre, 1920.

EL CUATERNARIO
DE LAS
CANTERAS DE VALLECAS (Madrid)
POR
HUGO OBERMAIER.-PAUL WERNERT
JOSÉ PÉREZ DE BARRADAS

EL CUATERNARIO

DE LAS

CANTERAS DE VALLECAS (Madrid)

Una excursión geológica efectuada en el mes de Octubre de 1919, por el valle del Manzanares, nos deparó una serie de descubrimientos interesantes, de los que vamos a dar noticia en la presente nota.

Comenzó la excursión con la visita a los yacimientos de *El Almendro* y de *La Gavia*, en los cuales recogimos algunos sílex tallados. Después fuimos a ver la renombrada *cueva de la Magdalena*, y subimos al cerro que se alza detrás de la misma. En su cúspide encontramos restos de cerámica primitiva dispersos sobre el suelo, que estaba formado por margas yesíferas. Desde la referida altura, en cuyo lado E. hallamos vestigios de una *fortificación*, tal vez pre-romana, nos dirigimos hacia unas lejanas canteras, para lo que atravesamos una extensa y uniforme llanura, formada al principio por margas o tierras con yeso, y después por tierra rojiza de aspecto cuaternario, materialmente sembrada de pedernales tallados, con facies del paleolítico inferior. Entre ellos mencionaremos un núcleo de doble pátina y de forma semicircular, y por lo tanto con talón; un fragmento (punta) de un hacha tallada por ambas caras, con aristas muy gastadas y filos cortantes poco sinuosos (fig. 2.^a), y una faedera de tipo musteriense, con plano de percusión transversal y retocado.

Las canteras que desde lejos habíamos visto, eran las grandes e importantes explotaciones de yeso situadas al S. de Vallecas, a cuyo pueblo están unidas por un ferrocarril de vía estrecha (lámina I).

Continuando después por la vía, vimos otras canteras y trincheras de verdadero interés geológico, por lo que nos decidimos a estudiar detenidamente esta zona.

A media hora de la última trinchera, llegamos a Vallecas, desde cuyo pueblo puede visitarse cómodamente la zona que nos ocupa.

* * *

La cantera que primero se ve, al seguir la vía de la maquinilla viniendo de Vallecas, está situada a la derecha de la tercera trinchera. Forma un circo, con una entrada enmarcada por altos mogotes y por algunos cortes pequeños. Estaba abandonada. La mayor parte de su corte está constituido por un zócalo de arcilla gris con yeso, cuya superficie es muy irregular por efecto del desgaste o disolución. Llenan estas desigualdades o bolsones las siguientes capas cuaternarias:

- a) Tierra vegetal.
- b) Faja de descalcificación, de color oscuro, y formando canutos.
- c) Arena arcillosa amarilla loessoide, con concreciones de calizas y sílex tallados. Su superficie de separación con el estrato b) es horizontal. De 1 a 4 metros de espesor.

Los sílex se encuentran generalmente en los frentes E. y N. de la cantera principal, y especialmente en la parte media de la zona b) y casi en contacto con el nivel c), sin que por eso neguemos su existencia en otros frentes.

De los pedernales recogidos, en parte *in situ*, describiremos: un gran núcleo piramidal alargado, con talla bifacial

Canteras.

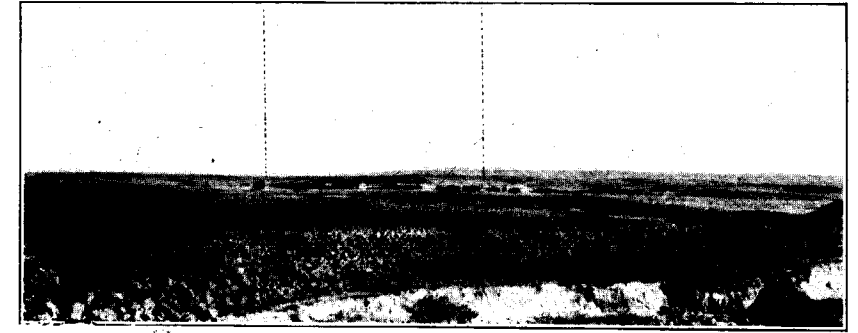


FIG. 1.ª - Vista general de las Canteras de Vallecas (Madrid).

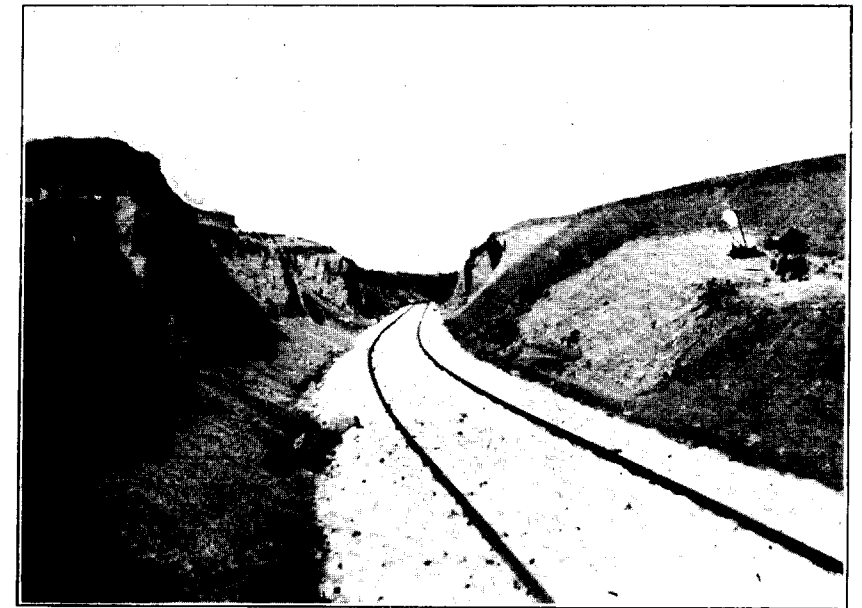


FIG. 2.ª - Vista de la trinchera principal del ferrocarril de las Canteras de Vallecas (Madrid).

(Fotografías de H. Obermaier.)

Canteras.

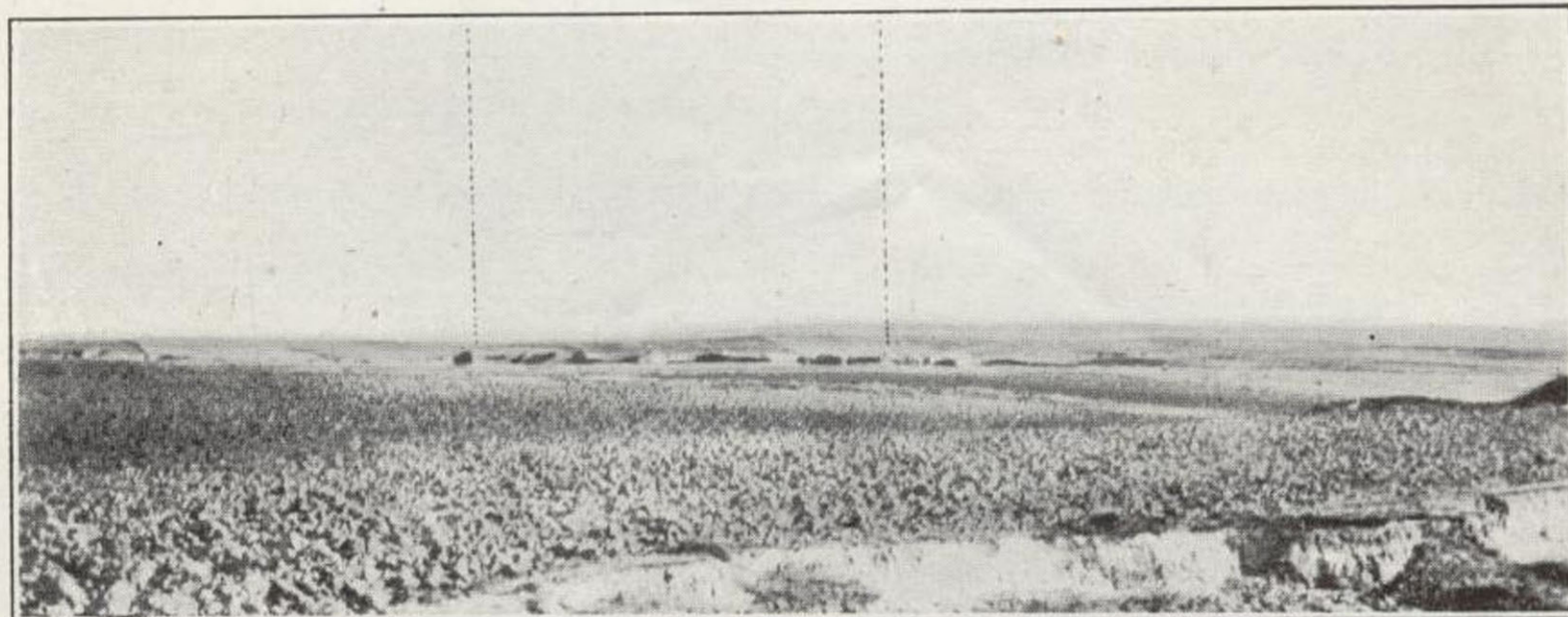


FIG. 1.^a—Vista general de las Canteras de Vallecas (Madrid).

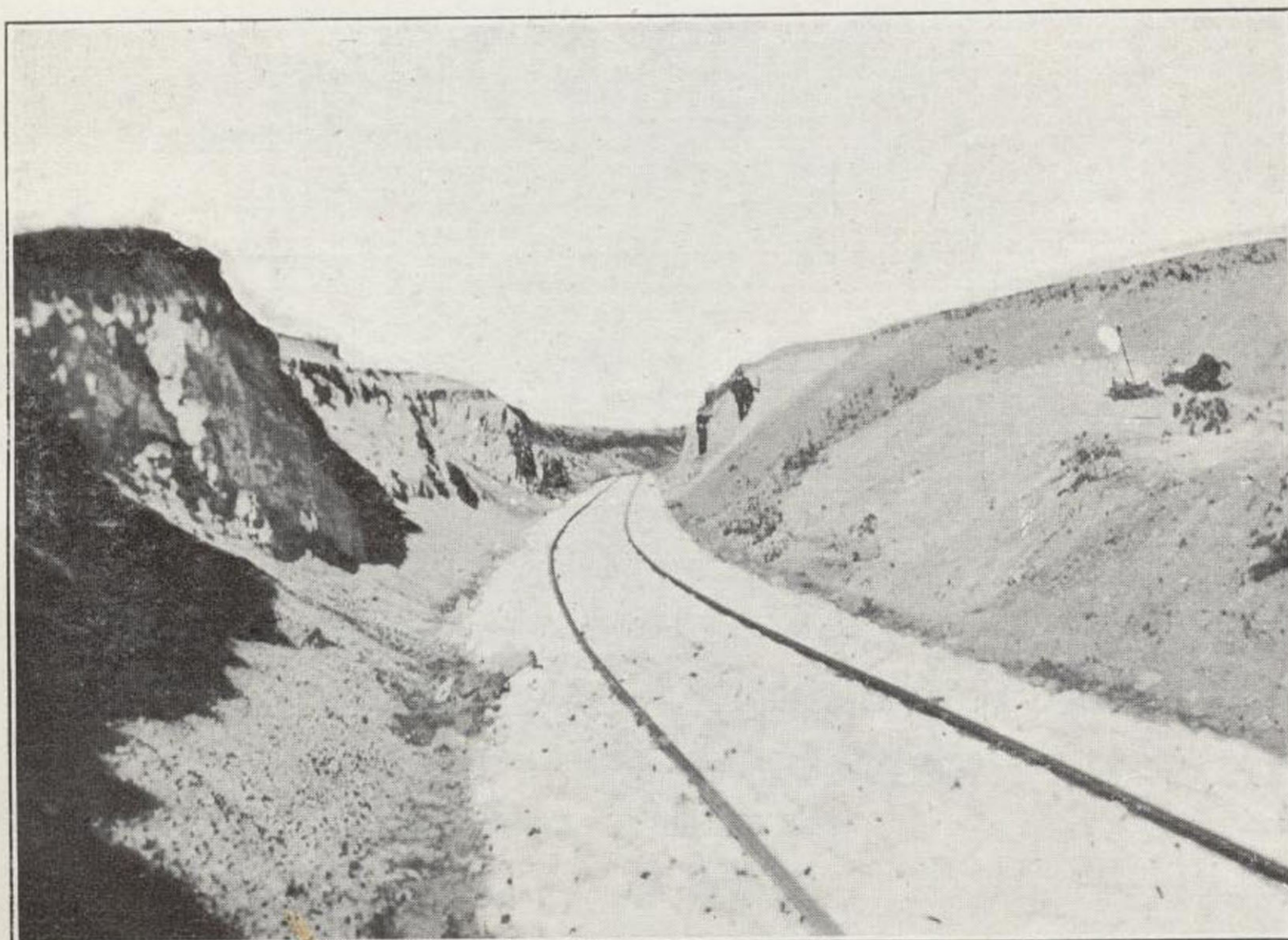


FIG. 2.^a—Vista de la trinchera principal del ferrocarril de las Canteras de Vallecas (Madrid).

(Fotografías de H. Obermaier.)

y repetidas huellas de uso; dos raederas sobre lasca con plano de percusión basal y de forma casi congruente, y con retoques en el plano de percusión. Estos hallazgos parecen ser de edad musteriense.

A la derecha de la entrada de la cantera principal, el cuaternario adquiere un espesor de 7,50 metros, y lo forman los siguientes estratos (figura 1.^a):

a) Tierra vegetal, 30 centímetros.

b) Tierra de descalcificación, canutilada, de color pardo oscuro, 70 centímetros.

c) Capa amarilla, formada por arcilla, poca arena y caliza, la que forma concreciones esféricas en su base. Es bastante canutilada todavía. Sin fósiles al parecer. 1,70 metros.

d) Arcilla verdoso-amarillenta, de composición análoga a la anterior, pero es más arenosa. 1,30 metros.

e) Marga verdosa con yeso pulverulento, muchas concreciones de caliza y materiales terciarios arrastrados. 1,30 a 4 metros.

f) Yesos terciarios.

Hemos encontrado en los estratos d) y e) pedernales tallados.

En el nivel c)—del corte de la izquierda, o sea el opues-

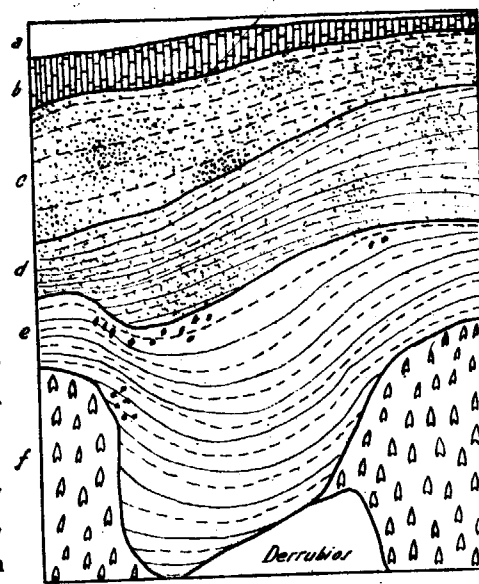


FIG. 1.ª—Corte de los estratos pleistocenos de una de las Canteras de Vallecas (Madrid).

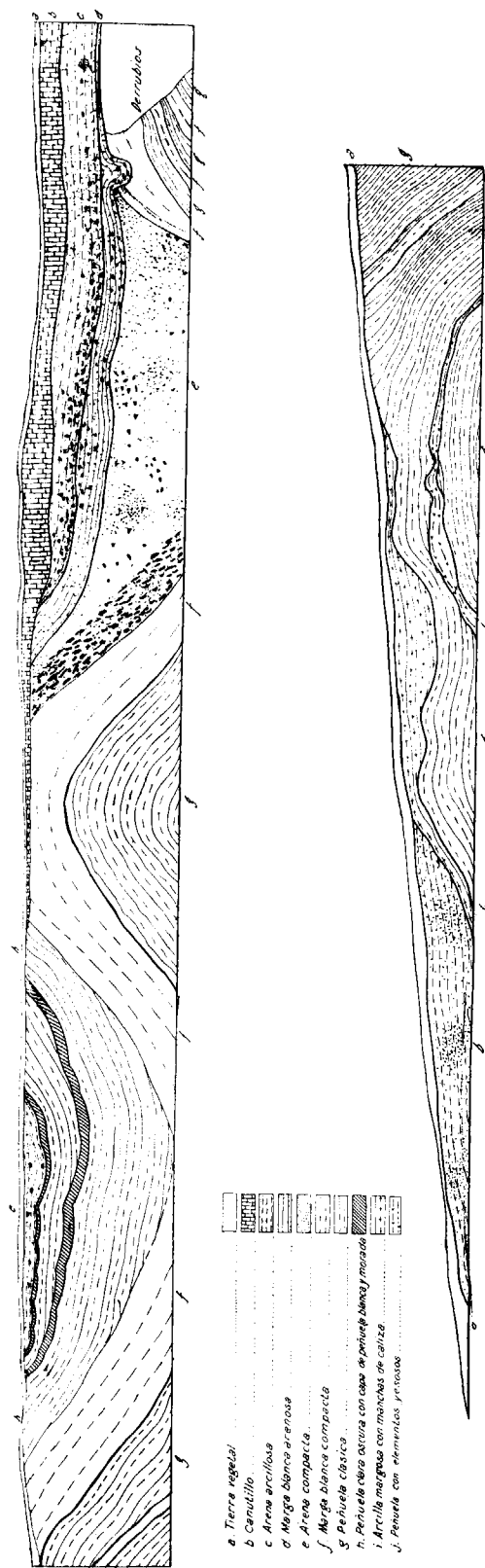
to al anterior—hemos hallado, además de mucho material amorfo y completamente inutilizable, tres ejemplares de algún interés. Están tallados y completamente descortezados.

Citaremos primero una azuela alargada, que muestra un borde cortante muy sinuoso, a la vez que muchas huellas de uso en todo este contorno, dando la impresión de un hacha de tipo muy primitivo (fig. 3.^a). Igual sucede con otro ejemplar, muy grande y cordiforme, también con bordes muy sinuosos y mucha huella de uso; además conserva en la cara inferior una gran porción de la corteza del sílex, y en la opuesta una cresta o arista principal que parte de un talón toscamente preparado. El tercer ejemplar muestra, como los anteriores, mucha pátina y suavización de aristas, y es un instrumento cortante; está tallado por las dos caras.

Las canteras restantes no ofrecen interés; está formado su corte por margas yesosas y los estratos *a*), *b*) y *c*) precitados.

La última cantera, única en explotación, ofrece un corte de gran altura de margas yesosas, cubiertas por alguno que otro estrato cuaternario de pequeño espesor.

Al final de la vía férrea, delante de la bifurcación de la vía principal con otra secundaria, y frente a una casa, se presenta un interesante depósito de 2 metros de espesor medio, sobre los yesos. Dicho depósito, que es de color amarillo, tiene una zona de descalcificación de color rojizo y se parece al estrato *c*) precitado. Contiene arcilla, arena de composición igual a la del cuaternario del N. de Madrid, principalmente cuarzo, caliza y muchas concreciones de caliza de 1 ó 2 centímetros cúbicos. Es de gran interés la circunstancia de ofrecer sílex tallados en todo su espesor, como también bastantes conchas de un *Helix* afine al *Helix hispida*.



Esquema geológico del corte W de la trinchera principal del ferrocarril de las Canteras de Vallecas (Madrid).—Los puntos negros representan los hallazgos paleolíticos.
Escala horizontal: 1 cm. = 3 ms. Escala vertical: 2 cm. = 3 ms.

Entre los pedernales, señalaremos un típico núcleo biconvexo, un núcleo plano, un fragmento de núcleo biconvexo quemado, como demuestran sus resquebrajaduras producidas por el fuego, y algunas lascas. El ejemplar más clásico es una porción de un hacha tosca, con la punta fracturada. Es gruesa, de talla bifacial, con retoques en sus bordes, que son poco sinuosos, y aristas muy suavizadas.

* * *

Partiendo de las canteras en dirección a Vallecas por la vía férrea de la maquinilla, encontramos, no lejos de la cantera primeramente descrita, una extensa trinchera de unos 4 metros de anchura, de la que describiremos solamente el lado izquierdo, por ser el más instructivo. (Véase lámina II.)

Principia el corte de la trinchera por una arcilla arenosa de color amarillo, tal vez de origen eólico, e idéntica por todos sus caracteres al piso c) de las canteras. Las muñequillas o concreciones tienen el tamaño de un garbanzo y son comparables con las *poupées* del loess. Contiene escasos sílex tallados y es indudablemente de edad pleistocena. La tierra vegetal que la cubre es de color oscuro, y contiene sílex tallados, los que pueden recogerse también en la superficie del terreno. A los 20 metros de la entrada empieza a desaparecer la arcilla arenosa, y asoma un anticlinal ligeramente arqueado de arcilla margosa verde oscura (peñuela), con vetas blancas de caliza y de yeso. Este es abundante y pulverulento. La parte superior de esta arcilla es más blanquecina, por contener mayor cantidad de caliza.

Diez metros más lejos hay una pequeña depresión debida a un sinclinal formado por la peñuela, con pocos detritus de yeso, volviendo más adelante a formarse un anticlinal

con peñuela verde-azulada característica, cuyos estratos superiores contienen mucho yeso. Encima se manifiesta arcilla margosa de claro aspecto cuaternario con concreciones de caliza. En estos 30 metros faltan silex tallados.

Sucedan al anticlinal capas inclinadas alternantes de margas verdes, unas poco consistentes y otras muy compactas. A estos estratos está superpuesto un grueso banco de caliza blanca muy consistente, dura en su parte media y algo más blanda en sus porciones superior e inferior.

Cubre a este banco de caliza, formando un sinclinal, otra vez margas verdoso-azuladas, con estratos de margas blancas o de caliza y de peñuela violáceo-oscuro. La última capa está formada por arcilla arenosa de edad cuaternaria, como acreditan los silex tallados que contiene.

A los 75 metros de la entrada vuelve a aparecer un anticlinal semejante al anterior, formado también por peñuela verde con bandas compactas y por caliza o margas blancas, cuya parte superior se halla sustituida a los 90 metros por una faja de arena rubia, con mucho cemento calizo y enorme cantidad de pedernales tallados artificialmente o fracturados por causas naturales. (Véase lámina III.)

Más adelante, entre los 90 metros y los 105, el corte manifiesta arenas rubias que pasan insensiblemente en su parte superior a margas blancas arenosas, a la que cubre, más o menos horizontalmente, arcilla arenosa con concreciones pequeñas de caliza. La parte superior de estas arcillas tiene color oscuro, debido a la descalcificación. Todos estos estratos, y también la tierra vegetal, contienen silex tallados, extraordinariamente abundantes en las arenas rubias y en la base de la arena arcillosa superior.

A los 105 metros reaparecen, en la base, margas blancas alternantes con capas de peñuela, cubiertas por la precipitada arcilla arenosa que contiene muchos silex tallados.



FIG. 1.º—Pequeño anticlinal de materiales terciarios y cuaternarios. Los puntos negros representan los paleolitos antes de proceder a su extracción.

(Fot. H. Obermaier.)

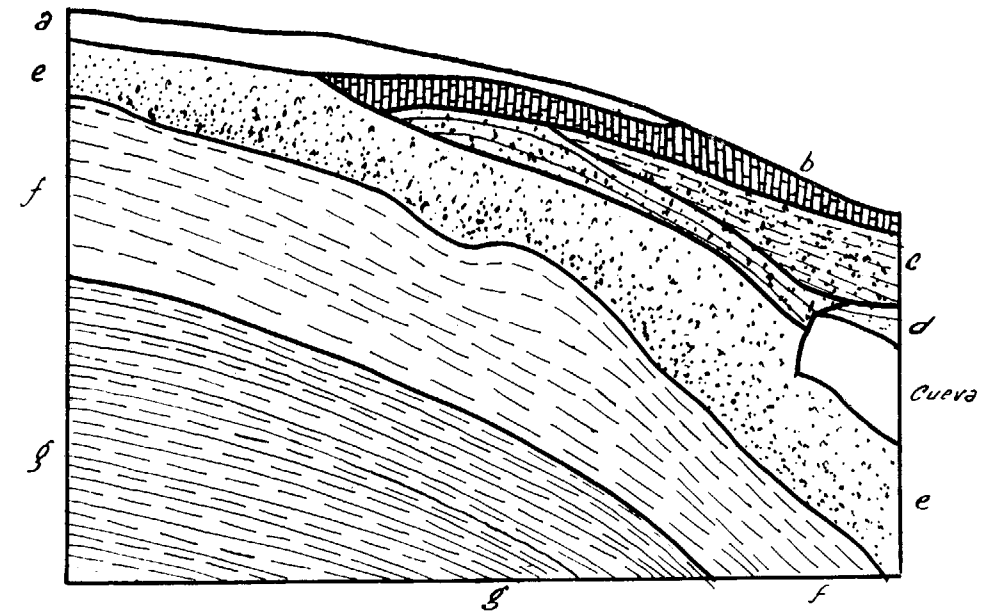
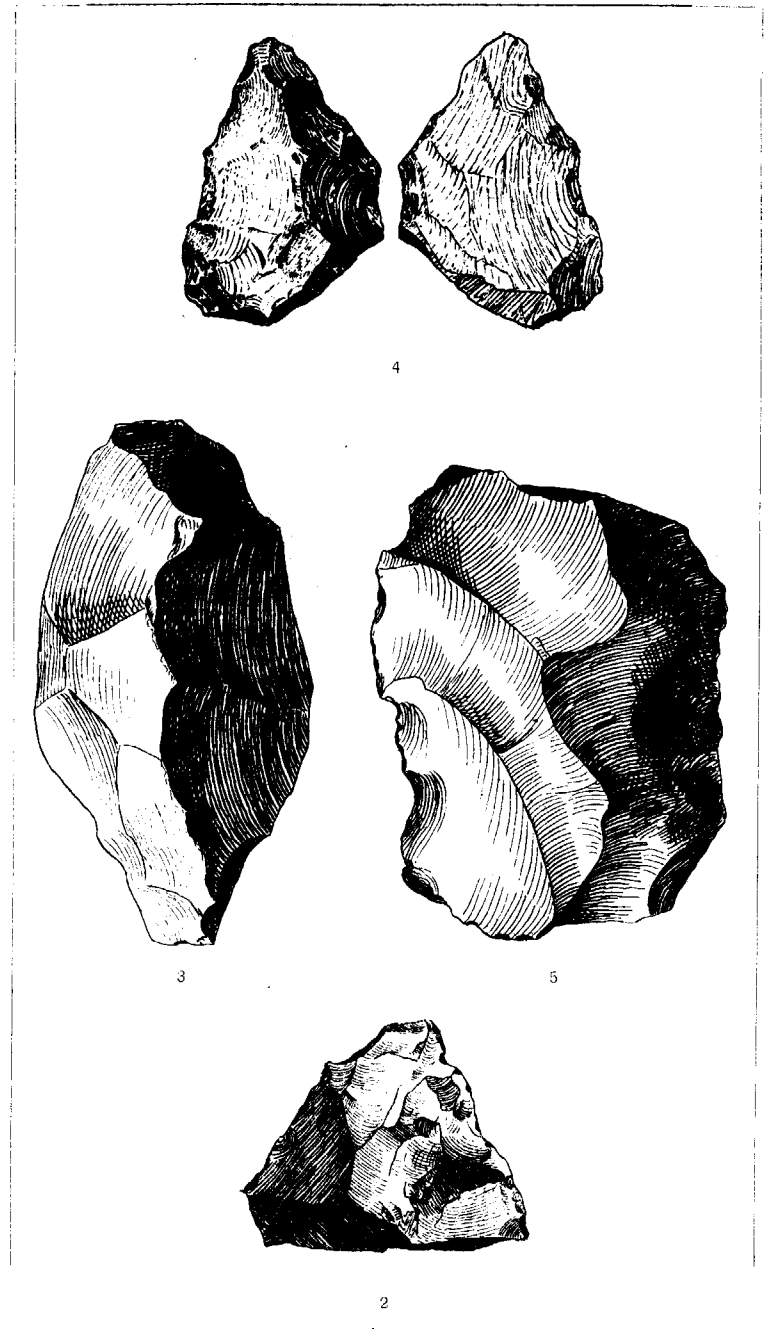


FIG. 2.º—Explicación de la figura 1.º: a, Tierra vegetal; b, Arcilla acanutillada; c, Arena compacta rubia; d, Margas blancas arenosas; e, Arena compacta; f, Margas blancas compactas; g, Peñuela.



FIGS. 2.^a a 5.^a—Silex tallados de los estratos pleistocenos de las Canteras de Vallecas (Madrid) y sus inmediaciones (núm. 2); medio tamaño natural.

El resto de la trinchera está formado por los siguientes materiales, de abajo a arriba: marga verdosa o peñuela, marga blanca, caliza y peñuela azulada (estos estratos no contienen sílex tallados); marga blanca, marga gris verdosa, arenas rubias, arcillas arenosas amarillentas y tierra vegetal, todos con sílex tallados. Forman anticlinales y sinclinales.

La trinchera siguiente dista de la anterior unos 300 metros, y está formada por arenas rubias con manchas calizas y con algunos sílex tallados.

Estos mismos materiales, pero con abundantes sílex tallados musterienses, suprayacentes a margas verdosas o peñuela, forman la siguiente trinchera, que es la primera que se encuentra viniendo desde Vallecas. La parte inferior de las arenas rubias, en esta trinchera, contiene detritus calizos y margosos y es de color verdoso.

* * *

La capa más inferior con industria paleolítica determinable es la *marga gris verdosa*, que en la parte media de la trinchera tercera a partir de Vallecas, forma una capa de mediano espesor que rellena las desigualdades del estrato infrayacente formando bolsones. De esta marga procede, entre otros sílex, un fragmento de hacha con talla bifacial, de marcado carácter *Achelense* (fig. 4.^a).

* * *

Las *arenas rubias compactas*, que forman parte del anticlinal, contienen gran número de pedernales en fajas paralelas al arco del mismo, además de otros distribuidos en todo el espesor del depósito.

No es de extrañar, dada la abundancia de silex tallados, que en el arco del anticlinal se hayan formado *eolitos*, incluso con los paleolitos, al producirse el fenómeno geológico del plegamiento. De todos modos, pudimos observar cómo los silex tallados con frecuencia hacían presión unos sobre otros, ocasionándose nuevas fracturas naturales.

Los *paleolitos* encontrados merecen en absoluto este nombre, pues no sólo se señala en ellos la identidad de técnica de desbastamiento, sino también la repetida aparición de formas intencionalmente obtenidas.

El conjunto de los ejemplares que hemos recogido produce, a primera vista, una impresión desconcertante.

La diversidad del estado morfológico de estos ejemplares, nos lleva al establecimiento de tres grupos: *a)*, *b)* y *c)*.

a) Contiene aquellos silex que no sólo están muy patinados, sino que muestran además una extremada suavización en las aristas. Este grupo se compone exclusivamente de pedernales, cubiertos casi siempre por una fina película arcillosa, y escasas concreciones calizas. La técnica de desbastamiento parece primitiva, habiendo puntas, raederas y otros útiles.

b) Este segundo grupo es el más numeroso. Está formado principalmente por silex y dos cuarcitas, que ponen de manifiesto haber sido llevadas allí por los hombres. Todos estos útiles muestran, por lo regular, mediana suavización de las aristas, y casi todos han sido obtenidos por desbastamiento primitivo. Presentan concreciones abundantes de caliza y películas arcillosas, siendo ejemplar típico en este punto una de las cuarcitas. Mencionaremos la existencia de esbozos de hachas, núcleos amorfos, lascas grandes y pequeñas (fig. 5.^a), aprovechadas y adaptadas como raederas, cuchillos, raspadores, perforadores, etc. Llamaremos la atención sobre la talla bifacial de las hachas, que tienen



FIG. 1.—Vista del corte E de la trinchera principal del ferrocarril de las Canteras de Vallecas. Los puntos negros representan los paleolitos antes de proceder a su extracción.
(Fot. H. Obermaier.)

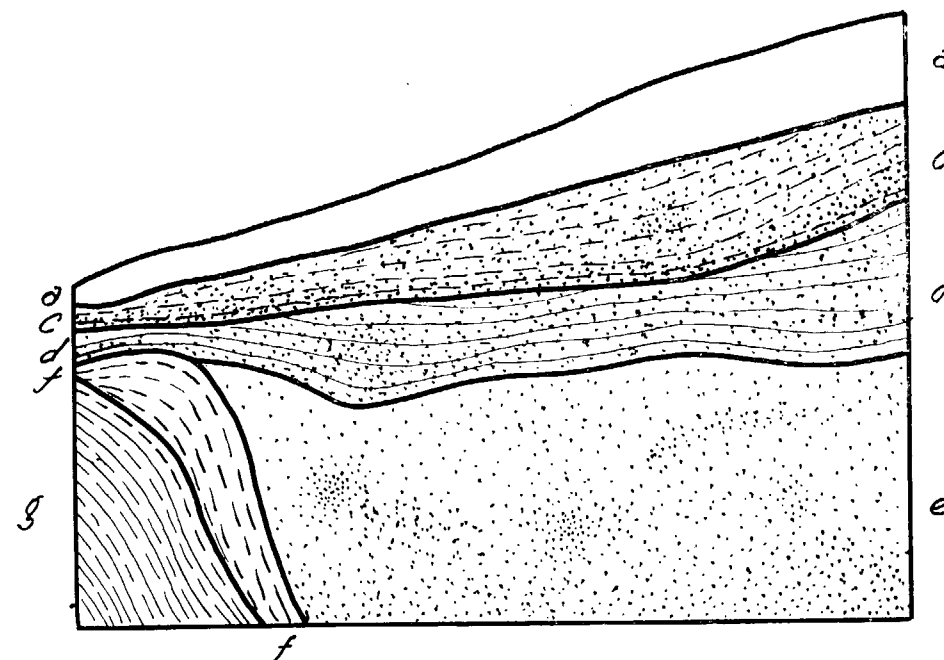


FIG. 2.—Corte explicativo de la figura 1.ª: a, Tierra vegetal; c, Arena arcillosa; d, Marga blanca arcillosa; e, Arenas rubias; f, Marga blanca inferior; g, Peñuela.

forma subtriangular y muestran huellas de uso en su punta y bordes cortantes fuertemente suavizados (fig. 6.^a), y consignaremos el hallazgo de una especie de cincel, buril y raedera en una gruesa lasca triangular, del tipo de Levallois y de desbastamiento primitivo (fig. 7.^a).

c) El conjunto tercero comprende escaso número de sílex de aristas cortantes, con abundantes concreciones y películas arcillosas. El carácter del desbastamiento es más bien primitivo. Comprende cuchillos, raederas y algún otro instrumento sobre lasca.

Estos tres grupos, que hemos formado ateniéndonos al diferente estado de conservación y al aspecto morfológico, no son de mayor antigüedad unos que otros. Tal vez se trate, en cuanto a los útiles del primer grupo, de documentos tipológicos de superficie expuestos más tiempo a los agentes atmosféricos que los del segundo grupo, mientras que los representantes del tercero quedaron inmediatamente cubiertos por las arenas.

Cronológicamente, nos parecen atribuibles a un *período de tránsito al Musteriense*.

* * *

En la *arena arcillosa superior* se halla distribuido el material lítico sobre los dos cortes de la trinchera, y especialmente en el de la derecha (lámina IV).

El aspecto que ofrece el conjunto recogido es muy heterogéneo. En efecto, se nota la existencia de *un lote*, relativamente reducido, de piezas de pequeño tamaño y de aristas cortantes muy agudas; *otro*, mucho mayor, comprende los útiles de mayor tamaño y una serie de instrumentos de medianas dimensiones que presentan como carácter común una suavización parcial de sus aristas; y un *tercero*, menos

numeroso, que ofrece como caracteres morfológicos formas aplanadas, de aristas tan atenuadas que dan la impresión de haber sido rodadas las piezas y de tacto untuoso.

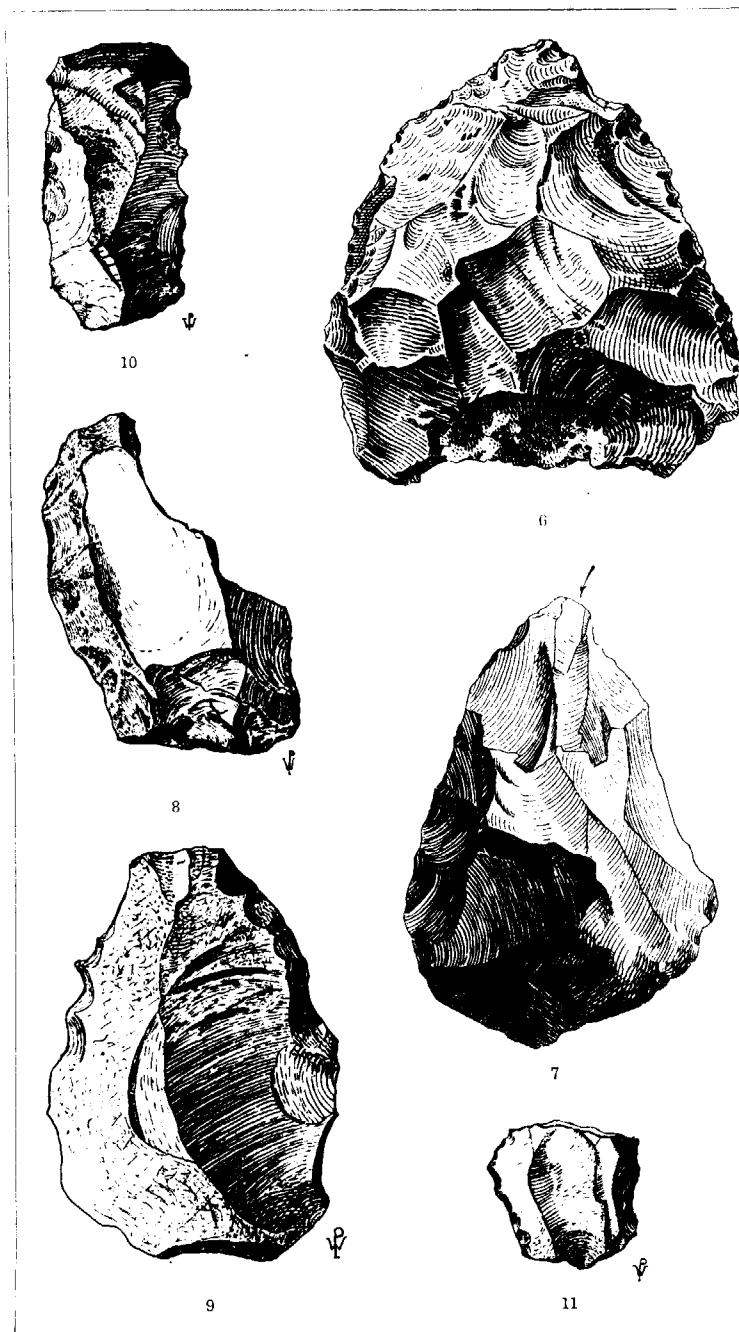
En diversos ejemplares de los tres lotes se observa la misma pátina blanco azulada y abundantes concreciones calcáreas que alcanzan espesores de varios milímetros. El material es sílex; hay un trozo de cuarcita.

a) El grupo de sílex, de aristas más suavizadas, se compone de raederas y un instrumento cortante, evidenciándose el carácter primitivo del desbastamiento por el estado casi intacto del plano de percusión y la conservación de un dorso de protección natural (fig. 8.^a).

b) En cuanto al grupo segundo, muestran los retoques de las piezas distinto estado de conservación. Comprende este grupo núcleos grandes, hachas voluminosas, lascas del tipo de Levallois (fig. 9.^a), raederas análogas a las del grupo a), cuchillos con retoque alterno, útiles de doble uso, etc. El procedimiento de desbastamiento aparece proporcionalmente más evolucionado que en el grupo a), pues muestran los útiles con mayor frecuencia retocado el plano de percusión.

c) El tercer grupo comprende útiles cortantes, un perforador, cuchillos (fig. 10), puntas y raederas, todo ello sobre lasca. El procedimiento de desbastamiento es el más adelantado, pues a más del clásico retoque del plano de percusión, muestran la mayoría de los pedernales el adelgazamiento basal de la cara superior (fig. 11).

Resumiendo, ¿forman los tres grupos un conjunto industrial único o forman tres fases distintas? En primer lugar, puede afirmarse, como hemos hecho para la tipología de las arenas rubias, que los sílex expuestos en la superficie del terreno a las acciones atmosféricas, sufren una suavización o desgaste de sus filos y aristas. En segundo lugar, no hay



Figs. 6.^a a 11. - Sílex tallados de los estratos pleistocenos de las Canteras de Vallecas (Madrid); medio tamaño natural.

ningún dato estratigráfico para hablar de grupos industriales más antiguos, pues sílex de un grupo aparecían mezclados con los de otros, tratándose por lo tanto de grupos de sincrónica edad *Musteriense*. Es, pues, una industria más moderna, tanto por su tipología como por su estratigrafía, que la procedente de las arenas rubias y de las margas grises verdosas, estando representadas, por lo tanto, en la trinchera principal del ferrocarril de las canteras de Vallecas, diversas fases paleolíticas, desde el achelense hasta el final del musterense.

* * *

Los cortes de los terrenos anteriormente estudiados, suscitan varias cuestiones de interés.

Una de ellas es la existencia de depósitos terciarios y cuaternarios plegados, con sinclinales y anticlinales bien manifiestos, aunque de reducidas dimensiones.

Anomalías de esta índole en la proverbial horizontabilidad del terciario, habían sido señaladas por D. Casiano de Prado (1), que cita la existencia de capas inclinadas de calizas, arcillas y yesos, donde son más marcadas, presentando ondulaciones o pliegues que pueden atribuirse al asiento desigual del terreno, entre Valdemoro y Esquivias, cerca de Torres y de Campo Real, en los cortes del ferrocarril de Aranjuez, Getafe, Arganda, etc.

D. de Cortázar y C. Castel, en sus estudios geológicos de las provincias de Cuenca y Guadalajara, citan capas terciarias inclinadas.

También E. H.-Pacheco y J. Royo (2), mencionan capas

(1) C. de Prado: *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*. - Junta general de Estadística. Madrid, 1894, páginas 136-39.

(2) E. Hernández-Pacheco y J. Royo Gómez: *Mineralogía, geología y prehistoria del Cerro de los Angeles (Madrid)*. - «Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural». Tomo XVI, 1916, páginas 533-[536]-539. Madrid.

fuertemente inclinadas u onduladas de marga en las canteras del Cerro de los Angeles, inclinación producida, según ellos, por la redisolución de capas yesosas. Todos los casos citados, incluso el estudiado por nosotros en las trincheras del ferrocarril de las canteras de Vallecas, son fenómenos locales que reconocen por causa la formación de yeso por hidratación de la anhidrita, por redisolución por las aguas, o por ambas conjuntamente.

No es posible relacionar todos estos fenómenos entre sí, como intenta J. Royo (1) al argumentar la hipótesis de que el terciario continental de la submeseta del Tajo está plegado por efecto de un gran movimiento tectónico postmioceño, o quizá plioceno.

Como podemos citar buen número de ejemplos de estratos terciarios plegados, omitiremos su referencia. No ocurre igual con el cuaternario, del que en España no conocemos ninguna alteración en su formación, por lo que referiremos los pocos casos conocidos del extranjero, y que aunque reconozcan un origen diferente al nuestro de Vallecas, se asemejan bastante.

Empezaremos citando las modificaciones introducidas en los estratos cuaternarios por la existencia de fallas, debidas a movimientos de hundimiento regional, como ocurre, por ejemplo, en el valle del Rhin (2), y a hundimientos locales, como los observados por F. Ameghino y G. de Mortillet (3) en los cortes cuaternarios de los alrededores de París.

En estos cortes señaláronse, además, pruebas induda-

(1) J. Royo: *Datos para la geología de la submeseta del Tajo*.—«Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural». Tomo XVII, 1917, páginas 519-27.

(2) L. van Werveke: *Die Entstehung des Rheintales*.—Aufsätze aus den Mitteilungen der philomath. Gesellschaft in Elsass-Lothringen.—Zur. 38 allg. Vers. d. d. anthr. Ges., 1907, pág. 17.

(3) G. et A. de Mortillet: *Le Préhistorique. Origine et antiquité de l'homme*. 3.ª ed., 1900, pág. 501, figs. 101 y 102.

bles de movimientos de levantamiento que tuvieron lugar en pleno cuaternario (1).

Fenómenos análogos, pero de mayor amplitud, han sido señalados en Túnez, en donde se han indicado, en Meda, capas verticales de conglomerados cuaternarios, con industrias del paleolítico inferior, levantadas muy lentamente en época posterior al chelense, como lo prueba su denudación vertical por el Ued Baiesch (Gafsa) (2).

Análogos movimientos han sido citados por E. Koken en la región de la Saltrange (India inglesa) (3), donde perduraron en la época del cuaternario superior, dándose el caso de hallarse inclinados no sólo conglomerados, sino hasta loess, cerca de Katwaihi. El ejemplo más interesante, por su analogía con el corte de la trinchera principal de Vallecas, es el que se presenta cerca de Daodkhel en el cuaternario superior, no trastornado y horizontal, que yace superpuesto a otro más antiguo e inclinado. Es tanto más importante este corte cuanto que el cuaternario superior contiene las rocas de la Saltrange, mientras el cuaternario inferior, inclinado y discordante con aquél, contiene las rocas cristalinas de la terraza alta del Indus.

Desde luego descartamos los fenómenos de plegamiento debidos a la presión efectuada por los frentes de hielo, en el avance de los glaciares, fenómenos de los que se han observado tantísimos ejemplos actuales y pleistocenos (4), pero cuya aplicación no puede admitirse para estas inmediaciones de Madrid, puesto que es harto sabido por las ob-

(1) G. et A. de Mortillet: *Musée préhistorique*.—2.ª ed., Paris, 1903, lám. V, figura 33.

(2) E. Koken: *Das Diluvium von Gafsa (Südtunesien) und seine prähistorischen Einschlüsse*.—Neues Jahrb. für Mineral. Geol. u. Paläont. 1909, tomo II, páginas 1-18, fig. 1.ª

(3) E. Koken: *Das Diluvium im Gebiete der Saltrange (nordwestliches Indien)*. Centralblatt f. Mineralogie. 1903, págs. 433-9.

(4) J. Geikie: *The great Ice Age and its relation to the antiquity of Man*.—3 ed., 1894, págs. 358, 426-29, fig. 64, etc.

servaciones y los estudios de A. Penck, C. de Mazarredo, y principalmente por H. Obermaier y J. Carandell, que los glaciares de la Sierra del Guadarrama quedaron circunscritos a la alta región alpina y nunca llegaron a la llanura de la meseta.

Un corte que guarda evidentes analogías con el de la entrada de la cantera I, aunque nada tiene que ver con los plegamientos cuaternarios, es el señalado por E. Koken en las canteras de yeso de Thiede, célebres por los estudios de A. Nehring sobre los restos de fauna esteparia pleistocena procedentes de los bolsones de lehm-loessoide y otros materiales cuaternarios. El corte figurado por E. Koken (1) presenta, enmarcados por el yeso, los siguientes depósitos, a partir de la base: arena arcillosa estratificada, arenas muy finamente estratificadas, arenas estratificadas y detritus arcillosos con *Helix*.

En conjunto, el pleistoceno de las trincheras del ferrocarril de las canteras de Vallecas, se asemeja por su estratigrafía y por la tipotecnia del material lítico, al yacimiento de Olivar de la Granja, en el valle del arroyo Culebro, reconocido por José Pérez de Barradas y Paul Wernert en una excursión por el valle inferior del Manzanares.

El corte del referido yacimiento está formado por arenas rojizas en la base, arenas blancas con caliza, arenas rojas limosas, arcilla acanutillada y tierra vegetal, encerrando sus estratos de base una industria musteriense igualmente atípica.

Los estratos arcillosos amarillos de las canteras y trincheras de Vallecas son parecidos a las tierras arcillosas loesoides que cubren las arenas, gravas y gravillas musterienses de El Sotillo, Portazgo (2), Vaquerías del Torero, etc., y

(1) E. Koken: *Diluvialstudien*, fig. 9.^a—Neues Jahrb. für Mineralogie. 1909, tomo II, págs. 57-90.

(2) P. Wernert y J. Pérez de Barradas: *Yacimientos paleolíticos del Valle del Manzanares*.—Memoria núm. 33 de la Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades. Madrid, 1921, págs. 34 a 90, láminas 1-3 y 5-11.

los arenosos no discrepan mucho de los del yacimiento de La Gavia (1).

Por otra parte, la industria atípica de Vallecas es análoga a la de los yacimientos de superficie (2), los que en muchos casos pueden explicarse como producto de la erosión de estratos pleistocenos, por lo que aparecen al aire libre y esparcidos por el suelo grandes cantidades de sílex más o menos tallados, productos de talleres paleolíticos.

* * *

Para terminar, haremos una breve reseña de la historia geológica de la zona que nos ocupa.

Hasta mediados del musteriense, los estratos estarían indudablemente horizontales y concordantes, no cabiendo duda alguna que el movimiento del terciario y cuaternario tuvo lugar después de depositarse encima de las margas o peñuelas las arenas rubias inferiores, con su potente depósito de industria paleolítica.

Es necesario admitir, además, que estas arenas debieron estar cubiertas por otra capa protectora, que no sería la de las arcillas superiores, pues éstas están adosadas y concordantes con el desnivel. Es de suponer el citado estrato de protección, porque si no hubieran sido derrubiasdas las arenas rubias, y los sílex se hubieran depositado al pie del anticlinal, formando un cono, y no se presentarían formando una faja de espesor uniforme.

Por lo tanto, debe atribuirse el movimiento de plegamiento a una época que se intercalaría en el intervalo que

(3) J. Pérez de Barradas y P. Wernert: *El nuevo yacimiento paleolítico de La Gavia (Madrid)*.—«Coleccionismo». Año 1921, núm. 99, págs. 55 y 56. Madrid.

(4) J. Pérez de Barradas: *Nuevos yacimientos paleolíticos de superficie de la provincia de Madrid*.—«Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural», tomo XIX, 1919, págs. 212-16.

media entre los períodos a que corresponden los dos conjuntos industriales, presentados superpuestos en el corte de la trinchera principal, que corresponde, como hemos dicho, a la aparición del musteriense y a su fase final.

Hemos de admitir que el estrato infrayacente, privado de humedad (anhidrita) por los efectos atmosféricos de calor, a los que estuvo expuesta su superficie largo tiempo, sufriría por una nueva absorción de agua un aumento en su volumen (1) con anterioridad al musteriense superior, ocasionando las alteraciones tectónicas locales que hemos estudiado y que ofrecen interés manifiesto para la geología del cuaternario matritense.

HUGO OBERMAIER

PAUL WERNERT

JOSÉ PÉREZ DE BARRADAS

(1) S. Calderón: *Nota sobre la absorción y pérdida del agua en el yeso*.—*Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, tomo XI, 1911, págs. 256 y siguientes (260).



LOS ALUMBRAMIENTOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

EN LAS

MANCHAS TERCIARIAS QUE RODEAN LA BAHÍA DE CÁDIZ

POR

JUAN GAVALA

Ingeniero de Minas.

LOS ALUMBRAMIENTOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

EN LAS

MANCHAS TERCIARIAS QUE RODEAN LA BAHÍA DE CÁDIZ ⁽¹⁾

En la provincia de Cádiz, a semejanza de lo que ocurre en gran parte de Andalucía, los manantiales que merecen el calificativo de caudalosos y que alimentan de modo permanente las corrientes superficiales, son los que brotan al pie de los macizos de calizas secundarias; y es lógico que así ocurra, toda vez que estas rocas cubren grandes extensiones, se hallan muy resquebrajadas, cruzadas en diversos sentidos por grandes líneas de fractura, y forman, por lo general, sierras elevadas, donde las precipitaciones atmosféricas alcanzan una intensidad muy superior a la media de las comarcas limítrofes.

La abundancia de elemento tan necesario para la vida, ha congregado en derredor de los agrestes promontorios jurásicos numerosos núcleos de población, y por lo que respecta a la provincia de Cádiz, trece de sus cuarenta y dos pueblos están reclusos en el extremo NE. del territorio, que es por la composición del suelo la región más pobre, y tan apiñados se encuentran, que apenas cubren con sus términos una décima parte de la superficie total de la provincia.

La gran distancia que separa las manchas jurásicas, donde radican los manantiales permanentes, de los pueblos

(1) Este trabajo fué leído por su autor en el Congreso de Ingeniería, celebrado en Madrid en Octubre de 1919, y sus conclusiones fueron aprobadas por unanimidad.

enclavados en la faja costera gaditana, ha sido siempre un serio obstáculo para el abastecimiento de aguas de los mismos, y cuando en Jerez de la Frontera, única población de esta parte de la provincia que cuenta con un caudal abundante de aguas potables, se pensó en establecer dicho servicio a base de manantiales reconocidos, fué preciso recurrir a los de Tempul, situados en la vertiente N. de la Sierra de las Cabras, que a pesar de ser la avanzada del macizo jurásico que más se acerca al mar, dista, sin embargo, de aquella ciudad más de 50 kilómetros.

Si se exceptúa la región formada por las calizas del Jura, los terrenos de la provincia de Cádiz no se prestan, por su constitución geológica, a que las aguas infiltradas se reúnan en grandes mantos capaces de alimentar manantiales importantes. Al pie de las sierras jurásicas se extiende por el SO., hacia la costa, un país ligeramente quebrado, con altitudes que rara vez exceden de los 200 metros, formado por capas triásicas, cubiertas de vez en cuando por sedimentos de la época terciaria. Por el S. sucede a las sierras calizas un terreno áspero y montañoso, con cumbres que se mantienen por largo trecho entre 600 y 800 metros, y que está constituido exclusivamente por capas numulíticas y oligocenas, impermeables en su mayoría.

Esas diferencias en la constitución geológica del subsuelo divide a la provincia de Cádiz en dos partes esencialmente distintas por sus características geográficas, que quedan separadas por el valle del Barbate. Entre este río y el Hozgarganta, afluente del Guadiaro, queda comprendida la región donde predominan los terrenos impermeables, y la consiguiente escasez de manantiales es causa, sin duda, de que no se haya formado en tan dilatada superficie ningún núcleo de población. En cambio, a Poniente del río Barbate, se hallan enclavados veintiún pueblos, y la situación de

todos ellos, como puede verse sobre un mapa geológico de la provincia, está relacionada íntimamente con los isleos de las formaciones neogenas. Sobre las calizas toscas del Mioceno medio se hallan edificadas: Espera, Villamartín, Bornos, Arcos, Medina Sidonia, Casas Viejas, Vejer y Conil; y en las inmediaciones de algún retazo mayor o menor de estas rocas y surtiéndose con las aguas que entre ellas surgen: Puerto Serrano, Algar, Barbate y el Puerto de Santa María. Sobre las arenas o las calizas conchíferas del Plioceno se encuentran: Jerez de la Frontera, que durante muchos años utilizó para su abastecimiento aguas de esta procedencia, Chipiona, Rota, Sanlúcar, Puerto Real, San Fernando y la misma capital. Únicamente Alcalá de los Gazules y Paterna se hallan edificadas sobre suelo triásico y a bastante distancia de afloramientos neogenos; por ello las aguas de que se surten sus habitantes son muy escasas y de pésima calidad.

Ninguna formación de las que integran el subsuelo gaditano suministra aguas de calidad tan excelente como las que proceden del Mioceno medio, y así lo atestiguan los manantiales de Bornos, Espera, Vejer, Casas Viejas y Puerto de Santa María; pero también reúnen excelentes condiciones de potabilidad muchas de las que se alumbran en las capas pliocenas, como las de los Albarizones, en Jerez, y las de las Mesas de Asta, entre esta población y Trebujena.

Los demás terrenos que cubren al Trías, formando manchas de mayor o menor extensión, son en conjunto impermeables y nunca dan origen a manantiales de consideración.

Por la proximidad de la mayoría de las poblaciones gaditanas a las manchas neogenas, casi todas cuentan, si no con abastecimientos abundantes, al menos con la cantidad de agua precisa para las necesidades más ineludibles de la

vida; pero no toda el agua que esas manchas producen se emplea en tales suministros, pues una gran parte de la que procede de los macizos permeables del interior de la provincia se consume en el riego de huertas. Así ocurre en Bornos y en Arcos, en la Sierra de Aznar y en las Mesas de Asta, etc., y así ocurría con varios de los manantiales de la Piedad, en el Puerto de Santa María, antes de adquirirlos la ciudad de Cádiz para su consumo.

Pocas y de escasa importancia son las obras de alumbramiento que hasta el presente se han llevado a cabo para aprovechar, en la medida de lo posible, el agua que en las manchas neogenas de la provincia de Cádiz se almacena, y esta falta de labores subterráneas, sensible en todos los casos, se hace más patente en las manchas que bordean la costa, pues gran parte del agua que en ellas se infiltra corre al mar sin que nadie la utilice.

En cambio, en las manchas miocenas del interior, asentadas todas ellas sobre rocas impermeables del Numulítico, el Oligoceno o el Triás, y aisladas por fajas más o menos extensas de estos mismos terrenos, todas las aguas infiltradas surgen al exterior, aunque no siempre en condiciones ventajosas para su aprovechamiento.

La gran distancia a que se encuentran, como antes se dijo, las poblaciones más importantes de la provincia, de los macizos jurásicos (80 a 90 kilómetros), y a más de esto, la utilización de que son objeto las aguas que de ellos proceden por parte de los habitantes de los pueblos enclavados en sus contornos, obliga a buscar la solución de los problemas de abastecimiento de aguas que en la provincia de Cádiz se plantean, en las manchas neogenas, y por lo que respecta a las poblaciones de la bahía, en las que se extienden a lo largo de la costa entre Rota y San Fernando. A nuestro juicio, el abastecimiento del Puerto de Santa Ma-

ría, Puerto Real, San Fernando, La Carraca y Cádiz, que cada vez se presta en peores condiciones debido al poco rendimiento de las obras de alumbramiento a él afectas, puede hacerse con la amplitud que reclaman las actuales necesidades de la vida y de la industria, ampliando esas obras y practicando otras nuevas en cuencas hasta ahora improductivas.

Descripción geológica de los terrenos que rodean la bahía de Cádiz.

La faja de terrenos secundarios que en Andalucía corre al S. de la gran falla del Guadalquivir, penetra en la provincia de Cádiz entre la Sierra de Gibalbín y Ubrique, predominando en su composición capas muy plegadas del Triás superior, y retazos de calizas liásicas y jurásicas. Estas últimas rocas forman, en el extremo NE. de la provincia, la Serranía de Grazalema, pero pasado este gran macizo montañoso sólo se destacan manchas aisladas de las mismas, como las de las sierras de las Cabras, Valleja y del Valle, y pequeños mogotes, como el Monte Berrueco, Peña Arpada, etc., en el término de Medina Sidonia. En el centro de la provincia, los sedimentos numulíticos y oligocenos reemplazan a las calizas secundarias, y el territorio se compone de un *substratum* general triásico, cubierto a trechos por restos de las mencionadas formaciones. En menor escala, y alternando con las manchas numulíticas, se presentan otras del Mioceno inferior y medio. Todo este conjunto de terrenos, constituyendo un verdadero mosaico, queda cubierto en las inmediaciones de la costa por una faja de depósitos pliocenos de 1 a 16 kilómetros de anchura, que debido a la especial contextura y distribución de los sedimentos más antiguos, se apoya unas veces sobre el Triás, otras

sobre el Numulítico, otras sobre el Oligoceno, otras, en fin, sobre el Mioceno.

En el Puerto de Santa María, en los confines de su término con el de Rota, a orillas del mar, forman las arenas arcillosas del Astiense un acantilado de 12 a 14 metros de elevación, limitado por el NO. por un asomo de arcillas numulíticas y por el SE. por otro muy reducido de arcillas blancas oligocenas. Por debajo de las arenas pliocenas debe pasar, por lo tanto, el contacto de esos dos terrenos, que más tierra adentro, hacia el Cortijo de la Negra, y una vez pasada la faja litoral de dunas, aparecen también en contacto. Al SE. del pequeño asomo oligoceno de la costa, vuelve a aparecer el Plioceno en los riscos de Fuenterrabía y en los acantilados de Sardiné, quedando oculto por las dunas entre este último punto y el Castillo de Santa Catalina, donde de nuevo aflora, así como en el lugar llamado la Herradura. Por la parte de tierra, la formación pliocena se extiende desde el primer asomo indicado en dirección al Cerro de las Cabezas, destacándose el contacto con el Oligoceno en la Viña de la Atalaya; desde aquí se dirige a Levante hasta el Cortijo de la Florida, y después al N. hasta la Laguna Juncosa. Al llegar a este punto, las arenas astienses dejan de apoyarse en el Oligoceno para hacerlo sobre la caliza tosca del Helvético: el contacto de estos dos últimos terrenos corre aproximadamente de O. a E., al pie de la Sierra de San Cristóbal, hasta la Huerta de los Abades, a orillas del Caño de la Piedad.

El estuario del Guadalete establece una solución de continuidad en la faja pliocena, no porque ésta quede oculta por las arcillas cuaternarias, sino porque las crecidas del río barrieron los sedimentos astienses antes de rellenar el estuario. En el borde izquierdo de éste, ya en término de Puerto Real, vuelve a aparecer la faja pliocena bordeando

los depósitos fangosos de la bahía, con una anchura media de 6 kilómetros, que conserva hasta el cauce del Arroyo Zurraque.

Por esta parte es donde presenta la formación pliocena mayor desarrollo, y se apoya casi constantemente sobre el terreno numulítico. Sólo al pie del Cerro de la Tinaja descansa sobre el Trías y en longitud no mayor de un kilómetro.

Al S. del Arroyo Zurraque continúa el Plioceno por los términos de Chiclana y San Fernando, pero con espesor bastante reducido, así es que para los efectos de nuestro estudio supondremos dicha formación limitada por el cauce del mencionado arroyo.

La mancha pliocena del Puerto de Santa María, la miocena de este mismo término y la pliocena de Puerto Real, dan origen a cuatro cuencas subterráneas de extraordinaria importancia que vamos a describir por separado.

Mancha pliocena costera del Puerto de Santa María.—La gran mancha pliocena del Puerto de Santa María ha de considerarse dividida en dos partes, para los efectos de la infiltración y almacenamiento de las aguas de lluvia, debido a la existencia de una divisoria topográfica que corta a la faja en el sentido de su anchura, coincidiendo con una zona donde los sedimentos se cargan de arcilla. Tal ocurre a lo largo de la carretera de Sanlúcar de Barrameda, entre la población del Puerto y el kilómetro 3. El primer trozo de esta carretera es sensiblemente paralelo a la dirección de la costa entre Sardiné y el Castillo de Santa Catalina, y en todo el espacio comprendido entre la carretera y el mar está el Plioceno cubierto por las arenas de las dunas litorales, resultando, en consecuencia, toda esta zona de una permeabilidad extraordinaria. Prescindiendo de la faja inme-

diata al mar en una anchura media de 800 metros, y suponiendo la cuenca de recepción limitada por el NO. por una línea que una a Fuerte Bermeja con la Viña de la Atalaya, y por el NE. por el borde de las dunas, mide su superficie 7.590.000 metros cuadrados.

Cuenca de la Piedad.—La mitad septentrional de la mancha pliocena del Puerto de Santa María forma un solo cuerpo con la miocena de la Sierra de San Cristóbal para los efectos de la circulación subterránea de las aguas de infiltración, porque las dos formaciones se encuentran en contacto directo y ambas están integradas por capas permeables. De la reunión de las dos manchas se origina una sola cuenca, que designaremos con el nombre de Cuenca de la Piedad, por ser ésta la denominación de sus manantiales.

La serie de terrenos permeables que componen esta cuenca se apoya por el N. y el O. sobre las albarizas del Oligoceno, rocas arcillo-calizas de color blanquecino y escasa tenacidad, que por su descomposición dan lugar a las tierras que en el país se destinan al cultivo de la afamada vid jerezana. Por el S. y por el E. quedan cubiertos por depósitos diluviales y aluviales, consistentes los primeros en arenas arcillosas de color amarillento rojizo y los segundos en los rellenos arcillosos del estuario del Guadalete. Esta Cuenca de la Piedad reviste, dado el objeto de este estudio, excepcional importancia, por ser la única donde se han hecho trabajos con vistas al aprovechamiento de las aguas subterráneas, y por ello nos detendremos más en su descripción.

En el kilómetro 632 de la carretera de Madrid a Cádiz, en el paraje llamado Las Cruces, se encuentra bien marcado el contacto de la caliza tosca helvética (permeable) con

la albariza oligocena (impermeable); a partir de este punto, sigue el contacto de ambos terrenos por la falda N. de la Sierra de San Cristóbal, que se arrumba en el Cerro llamado El Picacho de NO. a SE.; pero a poca distancia del punto que hemos tomado como de partida, comienza a intercarse entre los dos el Burdigaliense, cuyo contacto con el Oligoceno sigue en dirección al O. y después al SO. hasta el Cortijo de las Manoterías, donde vuelve el Helvético a sobreponerse al Oligoceno, resultando de este modo los sedimentos helvéticos desbordando sobre los burdigalienses en los dos extremos de la Sierra.

Entre la base de El Picacho, por su cara N., y el citado Cortijo de las Manoterías, el contacto del Helvético con el Burdigaliense va casi en línea recta siguiendo la divisoria de aguas.

En el Cortijo de las Manoterías, el Plioceno desborda, a su vez, la mancha miocena, y aparecen sus estratos descansando sobre las albarizas; la línea de contacto de ambos terrenos, que primero se dirige hacia el O. hasta la Laguna Juncosa, se dobla después en ángulo recto, quedando orientada de N. a S. durante más de dos kilómetros hasta el Cortijo de la Florida. A partir de este punto se orienta de nuevo al O. la mencionada línea de contacto, hasta que desaparece, según se dijo antes, bajo las arenas de las dunas en la Viña de la Atalaya.

En líneas generales, la línea de contacto de los terrenos permeables con los impermeables sobre que se asientan, describe un arco de círculo con su convexidad vuelta hacia el NO.

Las calizas del Helvético, y con ellas las arenas arcillosas del Burdigaliense que les son concordantes, buzan hacia el S., pero tanto en la parte O. de la Sierra, como en la de Levante, las capas se orientan hacia el Mediodía, y su bu-

zamiento, en consecuencia, se modifica sensiblemente, sien-
do al O.-SO. en Las Cruces y al SE. en las Manoterías. El
ángulo de inclinación varía, según los puntos, entre 30 y 40°.

Encima de las calizas helvéticas, en la falda meridional
de la Sierra, se encuentra el Plioceno. El contacto de estos
dos terrenos va desde la Huerta de los Abades hasta el ki-
lómetro 636 de la carretera del Puerto a Jerez, y desde allí
hasta el Cortijo de las Manoterías, aproximadamente de
E.-SE. a O.-NO. Al llegar a este punto, desborda, como ya
hemos dicho, la cuenca miocena y entra en contacto con el
Oligoceno.

Las capas pliocenas buzan entre 5 y 10° al S. en la fal-
da de la Sierra, y hacia Levante entre las Manoterías y La
Florida

El conjunto de capas permeables, que, como se ve, buza
hacia el centro del círculo que describe su contacto con el
terreno impermeable, se oculta por el SE., en virtud de esa
inclinación, bajo los depósitos cuaternarios a que ya se hizo
referencia. El contacto de la zona permeable con el cuater-
nario arcilloso pasa, a partir de la Huerta de la Leona, por
el pie del cerro de Las Cruces, la casa de bombas de la So-
ciedad de Aguas de Cádiz, el olivar del Madrugador, el
Rancho del Aceitero y la estación del ferrocarril. Si desde
este último punto trazamos una línea recta en dirección al
Cortijo de la Florida, tendremos circunscrita con bastante
exactitud la zona de alimentación de la cuenca subterránea
que nos ocupa.

Las áreas que dentro de esa zona cubre cada uno de los
terrenos enumerados, están representadas por las cifras si-
guientes:

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| Terreno Burdigaliense..... | 4.275.000 m ² . |
| Terreno Helvético..... | 6.131.250 » |
| Terreno Plioceno..... | 6.271.875 » |

Resultando, por lo tanto, para la cuenca de alimentación
o recepción de la subterránea una superficie de 16.678.725
metros cuadrados.

Claro es que no toda el agua que recoge esta superficie
pasa a alimentar el manto subterráneo en condiciones tales
que pueda ser captada mediante obras de alumbramiento.
Ante todo, la faja de terreno burdigaliense que corre parale-
lamente a su contacto con el Oligoceno, en una anchura de
500 metros, debe excluirse del cálculo anterior; el agua que
en ella se infiltra tiene tendencia a brotar a lo largo de dicho
contacto, y aun sin dar lugar a fuentes de importancia, aflo-
ran a la superficie un crecido número de metros cada día.
Para no pecar en nuestros cálculos por exceso, reduciremos
la superficie útil anteriormente calculada a la tercera parte,
es decir, a 1.425.000 metros cuadrados.

Por lo que respecta al Plioceno, precisa una reducción
del mismo orden, por la imposibilidad de hacer ninguna
obra importante cerca de su contacto con el Diluvial sin ex-
ponerse a la afluencia de aguas salobres, y gran parte de la
superficie que quede comprendida entre la galería colectora
que se construya y la marisma, debe considerarse perdida
para la evaluación del área disponible. Sólo debemos con-
tar, pues, con 2.090.625 metros cuadrados.

Las aguas de lluvia que se infiltran en esta cuenca tienen
tendencia a caminar hacia el S., una vez que alcanzan el
nivel hidrostático, por ser esa la inclinación general de los
estratos; y tanto las que penetran en el subsuelo en la zona
en que aflora el Burdigaliense, como las que penetran por
la que ocupa el Helvético, concluyen por afluir a las capas
pliocenas, que constituyen el único camino subterráneo que
pueden seguir en su marcha constante hacia el mar. Se ex-
ceptúan de esta regla las que se reúnen en el extremo orien-
tal de la Sierra de San Cristóbal, esto es, las que circulan

por ese borde de la capa acuífera, que a causa del rápido declive del terreno afloran en el valle de Sidonia o Sidueña, donde estuvo emplazada la primitiva población del Puerto, llamada Puerto de Menesteo.

El valle de Sidonia bordea un antiguo brazo del río Guadalete, llamado Caño de la Piedad, y en su margen derecha hubo en tiempos una ribera de huertas que se regaban con el agua de los manantiales de la Sierra, razón por la cual se conocen en la localidad estas fuentes con el nombre de manantiales de la Piedad.

No es aventurado suponer que la existencia de estos afloramientos de la capa acuífera subterránea fuera la causa de que en aquellos parajes se edificara la primitiva población del Puerto, y acaso en aquellas remotas edades conservara el Caño de la Piedad calado suficiente para que las embarcaciones pudieran acercarse al pie de la Sierra, como tampoco es extraño que al edificar la población moderna se pensara en conducir hasta ella las aguas de aquellos abundantes nacimientos, como se efectuó por los años de 1733, reinando Felipe V, según consta en una lápida colocada en el depósito construido a la entrada de la población, en el paseo de la Victoria.

No es este el momento oportuno para describir con detalle estas interesantes obras de captación y conducción, que, como otras muchas ejecutadas por aquella época, se basan en la sobreelevación del nivel acuífero por medio de presas enterradas, y que sólo en contadísimos casos dieron los resultados apetecidos.

Las construidas en derredor de los manantiales de la Piedad, fueron cimentadas sobre el relleno aluvial sobrepuesto a las calizas helvéticas, y no se concibe que pudieran surtir otro efecto que restablecer, o reparar en lo posible, el muro natural formado por las mismas arcillas diluvia-

les, desgarrado frente a los puntos de emergencia de las aguas. Rara vez, como decimos, consiguieron nuestros antepasados represar las aguas en el interior del terreno, y parece que en el Puerto no tuvieron mayor éxito, porque bien pronto el agua dejó de correr en cantidad necesaria por el acueducto construido al efecto, y fué preciso, según consta en documentos que obran en el archivo municipal, introducir en él aguas elevadas mecánicamente para que el surtido de la ciudad no se interrumpiese.

Las antiguas obras de alumbramiento llevadas a cabo en el valle de Sidonia para el abastecimiento de la ciudad del Puerto, constan de dos minados que forman un ángulo muy abierto, con su vértice en el origen del acueducto y con una longitud de un kilómetro aproximadamente. Además de estas galerías, en gran parte revestidas de sillería, se conservan grandes excavaciones rectangulares, llamadas en la localidad *salones* por su forma y aspecto, hechas sin duda con miras a aumentar la superficie filtrante, cosa innecesaria por la excesiva permeabilidad de la roca. Estas obras sólo tienen en la actualidad interés histórico, pues se quedaron en seco a consecuencia de una nueva galería que, a más bajo nivel, se hizo en el año 1910 bajo la dirección del autor de este trabajo, y que aumentó la producción, de 300 metros en veinticuatro horas, a 1.800, que es ahora el caudal disponible en estiaje.

Además posee el Puerto de Santa María, en la zona de la Piedad, tres pozos muy abundantes, llamados El Pico, La Noria y El Álamo, enlazados por canales cubiertos con los antiguos minados. El agua de estos pozos se elevaba antiguamente con malacates, para introducirlas en el acueducto cuando el caudal de los *salones* disminuía en años secos.

Después de terminadas las obras del Puerto, y construí-

do el soberbio acueducto que había de conducir las aguas a la ciudad, quedaron aún sin utilización dos manantiales situados a Levante del pozo de El Álamo, llamados de El Alcaide y de El Algarrobo, nombres que tomaban de las huertas en cuyo riego se empleaban sus aguas, y que fueron adquiridos más tarde por el Ayuntamiento de Cádiz para incorporarlos a sus obras de abastecimiento.

Los nuevos minados del Puerto, los pozos de El Pico, La Noria y El Álamo, y los manantiales de El Alcaide y El Algarrobo, constituyen en consecuencia los únicos aprovechamientos apreciables de que son hoy por hoy objeto las aguas que se almacenan en la Sierra de San Cristóbal. No son, sin embargo, las reseñadas las únicas obras que al pie de la Sierra existen. La primera vez que se intentó abastecer a Cádiz con aguas de la Sierra de San Cristóbal, la Compañía «The Cadiz water works C^o Ltd.» hubo de practicar en el borde de la marisma, delante de la Viña de San Antonio y del Pinar de Coy, unas galerías a muy bajo nivel, que si bien cortaron el manto de agua procedente de la Sierra, hicieron aflorar algunas venas de agua salada, cuyo origen no se ha podido determinar de manera indubitable, pues mientras algunos suponen que procedían directamente del mar, que en las pleamares vivas inunda los caños de la marisma inmediatos al emplazamiento de las obras, no falta quien suponga que se trata de aguas estancadas en las capas inferiores del relleno aluvial, que acaso en gran parte descansan sobre los estratos triásicos, de cuyo terreno se ve un asomo bien definido al pie del cerro Las Cruces.

Sea una u otra la causa de la afluencia de las aguas saladas a las galerías de la Compañía inglesa, es lo cierto que cuantos trabajos posteriores se intentaron para aislarlas de las dulces fracasaron y hubo necesidad de abandonar todos los trabajos realizados.

Los derechos de la Compañía inglesa fueron adquiridos posteriormente por el Ayuntamiento de Cádiz, que sacó a concurso la ejecución de un nuevo plan de obras que asegurase para el porvenir el suministro de la capital, y hecha la concesión a la actual Sociedad de aguas potables, procedió ésta a construir nuevas galerías y pozos a nivel muy superior al de las obras antiguas, pues según se hacía constar en el proyecto, la rasante de las primeras había de quedar a un metro sobre el nivel de las mayores pleas. El plan de obras realizado consiste, en esencia, en un pozo de concentración situado a pocos metros de distancia del de la Compañía inglesa y en 2.212 metros de galería, donde se recogió el agua de los manantiales El Algarrobo y El Alcaide, y algunos veneros que brotaban entre las grietas del muro de contención de los minados del Puerto, pero el efecto de la obra como galería filtrante puede considerarse nulo, porque toda ella quedó abierta en las arcillas aluviales de la marisma.

Estas obras, no obstante su escaso rendimiento, perjudicaron notablemente las primitivas del Puerto de Santa María, hasta el punto de que a los pocos años, el descenso producido en el nivel hidrostático había reducido el gasto de aquéllas casi a cero.

El aumento constante del consúmo y la disminución, también constante, del caudal alumbrado, fué causa de que pasados algunos años la Sociedad de Cádiz se viera en la necesidad de buscar nuevos veneros, y a este efecto adquirió el llamado pozo de la Valenciana, situado junto a la carretera de Jerez al Puerto, a dos kilómetros de este último punto.

Este pozo, aun cuando está perforado en la caliza conchífera del Plioceno medio, debe recoger parte de las aguas que se infiltran en las areniscas miocenas del extremo occi-

dental de la Sierra, pero es una obra de exiguas proporciones para intentar siquiera un mediano aprovechamiento de tales aguas.

Estas son las obras que están afectas al servicio de abastecimiento de Cádiz, Puerto Real, Puerto de Santa María, San Fernando y el Arsenal de la Carraca; entre todas producen un caudal de 4.000 metros cúbicos diarios, que en los estiajes fuertes apenas pasa de 3.000. Como obras aisladas, los nuevos minados del Puerto, la última sección de la galería de Cádiz y el pozo de la Valenciana, tienen rendimientos aceptables; como obras de conjunto, todas están mal calculadas, y el día en que se intentara un aprovechamiento metódico de las aguas de la cuenca de la Piedad, habría que prescindir de todas ellas.

Mancha pliocena de Puerto Real.—La mancha pliocena de Puerto Real tiene forma romboidal, y sus lados se orientan de E.-NE. a O.-SO. y de N.-NO. a S.-SE. Por el N. y el O. está limitada la mancha por las marismas del Guadalete y los depósitos fangosos de la bahía de Cádiz, en tanto que por el S. y el E. se apoyan los estratos pliocenos sobre los depósitos numulíticos.

La falta de pozos profundos y sondeos impide formar un juicio exacto acerca de la marcha subterránea de las aguas infiltradas en esta mancha, pero hay algunas manifestaciones superficiales, que a continuación indicaremos, que inducen a dividir la susodicha mancha en cuatro cuencas distintas de muy desigual superficie.

La primera indicación superficial a que acabamos de aludir, es la presencia de dos asomos del *substratum*, uno de Trías y otro de Numulítico, situados respectivamente a dos y a cuatro kilómetros a Levante de Puerto Real. El asomo de Trías forma el llamado Cerro de Ceuta, y el de Numu-

lítico, representado en este lugar por las calizas blancas margosas de la base de la formación, el Cerro de las Caleras. La orientación de la línea que une estos dos asomos permite suponer que el *substratum* se encuentra cerca de la superficie en su prolongación hacia el Cerro de Miralmundo, en el borde de la cuenca pliocena, altura formada también por capas triásicas y numulíticas. Si este supuesto es admisible, la cuenca pliocena queda dividida en dos partes por esa especie de barrera subterránea de terrenos impermeables; pero aun en el caso de que así no ocurra, la naturaleza algo arcillosa de los depósitos pliocenos a lo largo de la línea indicada produce una separación real de las aguas que se infiltran a uno y otro lado de la misma.

Otra razón nos induce a considerar por separado esas dos secciones de la cuenca, y es la existencia de una divisoria topográfica a lo largo de la cañada de Paterna, que aun en el supuesto de una gran homogeneidad en la naturaleza de los depósitos pliocenos, tendría que ejercer marcada influencia en la forma de la superficie del nivel hidrostático, y, por tanto, en la marcha subterránea de las aguas.

La divisoria topográfica a que acabamos de referirnos se bifurca frente al Cerro de las Caleras, con el que se une uno de los ramales, en tanto que el otro, prolongación de la divisoria principal, termina hacia el kilómetro 653 de la carretera de Madrid. La vertiente N. de esta última divisoria debe considerarse excluida de la cuenca meridional, que queda de este modo limitada por dicha línea, el cauce del Arroyo Zurraque y la marisma, en tanto que el ángulo NO. de la mancha queda formando una pequeña cuenca, dividida a su vez en dos por los asomos del *substratum* ya mencionados.

En la mancha pliocena de Puerto Real deben considerarse, pues, por separado dos cuencas de verdadera impor-

tancia: una que abarca la mitad meridional de la mancha, que llamaremos cuenca de Malas Noches, nombre del paraje donde radica un pozo abundantísimo, propiedad del Ayuntamiento de Puerto Real, abierto hace cuatro años bajo la dirección del Instituto Geológico, y otra que comprende el ángulo NE. de la mancha y que designaremos con el nombre de cuenca de las Yeguas, por llamarse así la dehesa donde se encuentran los pozos más abundantes de la zona. Las dos cuencas del ángulo NE. que alimentan los pozos de las fincas inmediatas a la población, son de pequeña capacidad; sus aguas son ya objeto de aprovechamiento, y por ambas razones prescindiremos de ellas en nuestro estudio.

Cuenca de Malas Noches.—Las capas pliocenas que forman el subsuelo de esta cuenca están sensiblemente horizontales. Las capas de arenas sueltas alternan con las de caliza conchífera, y todo el conjunto forma una masa tan permeable, que ni un solo regajo cruza la superficie por ellas cubierta. En algunos puntos los depósitos pliocenos están coronados por lechos de travertinos terrosos, que en algún tiempo debieron cubrir toda la superficie que hoy ocupa la mancha, toda vez que sus restos se encuentran precisamente en la parte más elevada del terreno, donde la denudación ha dejado sentir menos sus efectos.

Estos travertinos deben ser muy modernos, pues descansan sobre las tierras aluviales de los Llanos de Guerra, en la margen derecha del Arroyo Zurraque. Aunque generalmente, según se dijo antes, son de naturaleza terrosa, en algunos puntos se han consolidado hasta formar calizas mármóreas de color blanquecino, que contienen infinidad de ejemplares del *Helix pisana* Müller, que han conservado la coloración propia de la especie.

Las masas travertínicas tienen menos permeabilidad que las arenas astienses, pero las aguas que durante los grandes aguaceros corren por su superficie, se infiltran al llegar a las arenas sin alcanzar los bordes de la mancha pliocena.

La línea de separación entre el terreno plioceno y los barros de la marisma se marca por una faja de 20 ó más metros de anchura, de arenas arcillosas de color amarillento, con multitud de menudos cantos rodados de cuarcita y trozos de conchas de ostras. Según todas las apariencias, estos depósitos proceden de la desagregación producida en las capas pliocenas por el batir de las olas, cuando las orillas del mar coincidían con los bordes actuales de la marisma, y pueden considerarse, por lo tanto, como el cordón litoral del mar cuaternario.

La mancha pliocena de Puerto Real mide 56.540.000 metros cuadrados, y las dos cuencas que hemos descrito como interesantes desde el punto de vista de las aguas subterráneas, descontando en ambas una faja de 500 metros de anchura a lo largo del perímetro exterior, tienen las áreas siguientes:

| | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Cuenca de Malas Noches..... | 22.625.000 m ² . |
| Cuenca de las Yeguas..... | 13.600.000 » |
| | <hr/> |
| | 36.225.000 m ² . |

que representan un 64 por 100 de la superficie total de la mancha.

Recopilando lo hasta aquí expuesto acerca de las superficies que deben considerarse útiles desde el punto de vista de la infiltración de las aguas en las distintas cuencas consideradas, podemos hacer el siguiente cómputo:

Cuencas del Puerto de Santa María.

| | |
|--|----------------------------|
| Cuenca litoral (Plioceno cubierto de dunas) .. | 7.590.000 m ² . |
| Cuenca de la Piedad: | |
| Burdigaliense..... | 1.425.000 |
| Helvético..... | 6.131.250 |
| Plioceno..... | 2.090.000 |
| | 9.646.250 |
| | 9.646.250 * |

Cuencas de Puerto Real.

| | |
|---|-----------------------------|
| Cuenca de Malas Noches (Plioceno) | 22.625.000 m ² . |
| Cuenca de las Yeguas (Plioceno) | 13.600.000 * |

Datos de lluvia.—Fijadas las superficies receptoras de las diversas cuencas que venimos considerando, pasaremos a determinar el valor medio de la lluvia anual, dato interesantísimo para poder calcular, siquiera sea aproximadamente, la cantidad de agua que se almacena por término medio al año en los depósitos subterráneos.

La intensidad de las lluvias en la provincia de Cádiz va aumentando de modo bastante gradual a medida que nos separamos de la costa, y mientras en San Fernando, a orillas de la bahía de Cádiz, la lluvia presenta una media de 450 a 500 milímetros por año, en Arcos, Tempul, etc., alcanza 800 milímetros, y en la Serranía de Grazalema 2 y 3 metros. En nuestro caso, creemos prudente tomar como base de cálculo las observaciones de la Granja Agrícola de Jerez, que abarcan un período de veinticinco años.

Resulta de dichas observaciones, que la lluvia media anual es de 651 milímetros, habiendo tenido un máximo el año 1895 de 1.044,8 milímetros, y un mínimo el año 1908 de 458. La cantidad de agua recogida por el pluviómetro sólo ha pasado de un metro un año; de 800 milímetros, dos años; y de 700 milímetros, tres. En cambio, ha fluctuado

entre 600 y 700 milímetros, nueve años, y entre 500 y 600, seis, de modo que los valores más frecuentes son los que más se aproximan a la altura media.

Las precipitaciones se concentran en los meses de Octubre a Abril, llegando a faltar por completo algunos años en los de Septiembre y Mayo. En los meses de Junio, Julio y Agosto los días de lluvia son casos excepcionales. El número de días lluviosos oscila entre 57 y 100, con una media en los veinticinco años a que se refieren las observaciones, de 70.

La duración de los períodos lluviosos oscila entre cuatro y trece días, y el de lluvias más persistentes y copiosas correspondió al año 1913, en que cayeron 226,3 milímetros en once días del mes de Octubre.

La lluvia máxima diaria ha fluctuado entre 31 y 68 milímetros. Máximos inferiores a 40 milímetros se han registrado en seis años, y superiores a 60 milímetros en cinco; entre 40 y 60 milímetros han oscilado doce años.

Infiltración.—Uno de los puntos más difíciles de precisar en un estudio como el que estamos desarrollando, es el valor de la infiltración a profundidad, esto es, el tanto por ciento del agua llovida que pasa a alimentar los mantos subterráneos, porque las aguas penetran en el subsuelo con velocidades muy variables, según la naturaleza de los terrenos, y precisamente del valor de esa velocidad depende el que las pérdidas por evaporación, escurrimiento superficial, absorción por los vegetales, etc., sean grandes o pequeñas. En la tierra vegetal muy cargada de materia orgánica, el agua se infiltra con extraordinaria lentitud, aun después de precipitaciones copiosas; durante días y días permanece en suspensión en la capa superficial, y los poros del humus se vacían antes por evaporación que por efecto del traslado del agua hacia capas más profundas. En las arenas finas, la ve-

locidad de penetración es ya apreciable y extraordinaria en las gravas, en las arenas silíceas y en todas las rocas entre cuyos fragmentos pueden deslizarse los líquidos.

Pérdidas por escurrimiento superficial.—De todas las causas de pérdida, la que menos importancia tiene en el caso que nos ocupa es el escurrimiento superficial, hasta el punto de que podemos prescindir de sus efectos, que están en todo caso representados por una pequeñísima fracción de la altura de lluvia anual. Débese la pequeñez del escurrimiento superficial, en primer término a la gran permeabilidad de los terrenos considerados, y en segundo lugar a la poca cuantía de las lluvias, que nunca se producen con intensidad tal que lleguen las aguas a detenerse en la superficie. En la cuenca litoral del Puerto y en la mancha pliocena de Puerto Real, contribuye a anular el escurrimiento superficial la horizontalidad del suelo, pero en la Sierra de San Cristóbal, donde existen laderas bastante pronunciadas, es verdaderamente extraordinario que aun durante los grandes aguaceros sea absorbida la lluvia en su totalidad; este dato es suficiente para juzgar de la gran permeabilidad de las capas miocenas que la forman. Como a pesar de esta gran permeabilidad son varias las arroyadas y gargantones que surcan las laderas de la Sierra, y que son efecto única y exclusivamente de violentas corrientes superficiales, es indudable que en épocas pasadas la intensidad de las lluvias debió sobrepasar considerablemente a la de las precipitaciones actuales, que tan lejos están de producir efectos semejantes. Al contemplar estas huellas de las corrientes superficiales, que corren parejas con las potentes masas de cantos rodados que marcan el trazado de cursos de agua hoy sin importancia apenas, y los dilatados y profundos estuarios que señalan las desembocaduras de ríos que rara vez

desbordan hoy sus cauces, no puede por menos de pensarse en la variación enorme que ha debido experimentar durante la edad cuaternaria el clima de nuestra Península.

Las experiencias de Belgrand para determinar el volumen de agua que puede absorber en un espacio de tiempo determinado un suelo arenoso, corroboran nuestra apreciación, fundada igualmente en la experiencia, de que terrenos como los que nos ocupan no dan contingente apreciable al escurrimiento superficial.

Belgrand, en 1873, realizó diversas pruebas en una zona del bosque de Fontainebleau donde el suelo estaba formado por una capa de arenas estampieses de 2 a 3 metros de espesor, sustentada por bancos de una caliza de agua dulce muy dura. Este terreno pudo absorber hasta 2.790 milímetros de agua por día, y si se tiene en cuenta que los mayores aguaceros en nuestras regiones dan 40 milímetros de agua por hora, lo que equivale a una lluvia de 960 milímetros en veinticuatro horas, puede decirse que siempre que la pendiente del terreno es moderada, las arenas absorben completamente las lluvias.

Pérdidas por evaporación.—Pero no es sólo el escurrimiento superficial lo que disminuye la alimentación de los mantos acuíferos. En nuestras latitudes la evaporación ocasiona pérdidas considerables. Las observaciones de la Granja experimental de Jerez arrojan para valor medio de la evaporación diaria durante los siete meses lluviosos 3,1 milímetros, y aunque este dato se refiere a la evaporación de una superficie líquida, muestra bien a las claras la importancia de esta causa de pérdidas.

Cuando una capa de arenas sueltas cubre la superficie del terreno, que es el caso que se presenta en las cuencas que estudiamos, la infiltración a profundidad se facilita bas-

tante, y las pérdidas por evaporación se aminoran sobremedida. Experiencias llevadas a cabo por Dessoliers en este sentido, lo han comprobado. Para fijar el valor de la evaporación en terrenos de diversa naturaleza, operó Dessoliers con cinco cilindros de hierro galvanizado de 0,11 metros de diámetro y 0,10 metros de altura, que llenó sucesivamente de tierra vegetal cribada, arena fina, arena gruesa, grava menuda y agua; vertió después agua en los cuatro primeros hasta que las tierras quedaron saturadas y enterró todos ellos en una capa de arena expuesta al sol. Al cabo de doce días, la evaporación había alcanzado 97 milímetros en el cilindro lleno de agua, 55 en el que contenía tierra vegetal, 49 en el de arena fina, 23 en el de arena gruesa y 21 en el de la grava menuda, lo que comprueba que una capa de gravas o arena, por delgada que sea, reduce considerablemente la cantidad de agua que vuelve a la atmósfera después de cada lluvia.

Las experiencias de Dessoliers tienen, a nuestro juicio, un vicio de origen por la poca altura de los cilindros con que operó, pues no cabe duda de que en terrenos medianamente permeables las aguas atraviesan en doce días una capa de más de 16 centímetros de altura, escapando, por lo tanto, a los efectos de la evaporación; pero si, de acuerdo con ellas, suponemos que la evaporación en las capas superiores del terreno en las cuencas que nos ocupan está en la relación de 23 a 97 con la de una superficie líquida, y admitimos, además, que dicha evaporación deja sentir sus efectos con toda su intensidad durante cuatro meses de los siete que duran las lluvias en la región (esta suposición es seguramente errónea por exceso), tendremos que las pérdidas por el concepto que analizamos equivalen a una altura de lluvia de:

$$3,1 \times 120 \times \frac{23}{97} = 88,2 \text{ m/m.}$$

Esta cifra, que podríamos adoptar por término medio en nuestros cálculos, creemos prudente elevarla a 100 milímetros para los terrenos Burdigaliense y Plioceno; en cambio nos parece excesiva para el terreno Helvético y para las arenas de las dunas, en donde la falta casi absoluta de vegetación indica claramente la rapidez con que las aguas abandonan las capas superficiales. En nuestro concepto, la altura representativa de las pérdidas por evaporación puede rebajarse para estos terrenos a 75 milímetros, que será la que en definitiva adoptaremos.

Pérdida por absorción de los vegetales.—Para determinar el valor de las pérdidas de agua por este concepto, se han hecho infinidad de experiencias que parecen demostrar, de manera concluyente, que las plantaciones consumen una capa de agua que puede alcanzar hasta 450 milímetros.

M. Otolsky, encargado de estudios hidrológicos en las provincias de Voronej, Kherson y Saratof (Rusia), comprobó, en 1895, en las selvas que ocupan la región meridional de las famosas Tierras Negras, que el nivel de los pozos dentro de los bosques era inferior al de los situados en las estepas colindantes; que la depresión del nivel se acentuaba más en los bosques seculares que en las plantaciones modernas, y que en ellos el manto de agua se encontraba de 5 a 6 metros más bajo que en las llanuras despobladas.

Para comprobar estos resultados, M. Daubrée encomendó a la Escuela Forestal de Nancy el estudio de la influencia de los bosques del NE. de Francia sobre las aguas subterráneas, y de las observaciones hechas en una porción de sondeos practicados en la dehesa comunal de Moudon, macizo de 2.000 hectáreas aproximadamente, con altitudes

de 246 a 266 metros sobre el mar, se dedujo que el nivel de las aguas subterráneas era en los bosques 30 centímetros más bajo que en las tierras despobladas, en todas las estaciones.

En cuanto a la cantidad de agua que las distintas plantaciones necesitan para su desarrollo, se calcula que una hectárea de monte bien poblado de encinas puede absorber durante los cinco meses que dura la vegetación 4,500 metros cúbicos de agua, o sea una lluvia de 450 milímetros de altura.

M. Deherain ha comprobado que una hectárea sembrada de trigo necesita para su desarrollo una lámina de 100 milímetros de altura. Boussingault calcula que una hectárea de terreno sembrada de coles, estando las plantas colocadas a medio metro unas de otras, puede necesitar 20 metros cúbicos de agua por día, y en los ochenta días que dura su desarrollo, 1.600 metros cúbicos, o sea una lluvia de 160 milímetros. La hectárea de avena consume 150 milímetros, y la de maíz 216.

Difícil es establecer una correspondencia, siquiera aproximada, entre las plantaciones a que acabamos de referirnos y la vegetación raquílica que crece sobre las dunas y sobre el terreno Helvético, especialmente sobre este último, pues aparte de que ni aun matas de monte bajo crecen en él, una gran parte de su superficie está cubierta de arenas sueltas procedentes de las canteras abiertas para la explotación de la caliza tosca como piedra de construcción. Si un cultivo ordinario de secano, como el trigo, consume 100 milímetros de agua, seguramente nos colocamos en límites prudentes al apreciar las pérdidas de agua por absorción de los vegetales en 50 milímetros.

En los terrenos Burdigaliense y Plioceno de la cuenca de la Piedad, donde existen algunas parcelas cultivadas, fijare-

mos dichas pérdidas en 100 milímetros, y en las cuencas de Puerto Real, donde existen varias plantaciones de pinos, las estimaremos, por término medio, aunque con gran exceso, en 200 milímetros.

De estas cantidades tan considerables de agua, las plantas sólo retienen, como es sabido, una pequeña parte; el resto es devuelto a la atmósfera en forma de vapor por las hojas. Así, una hectárea de bosque que produzca al año cuatro metros cúbicos de madera con un peso de 3.200 kilogramos, de ellos 1.600 de agua, puede absorber del suelo, según se dijo, hasta 4.500.000 kilogramos.

Cantidad de agua infiltrada a profundidad.—Expuestos los datos anteriores pasaremos a determinar la cantidad de agua que en cada una de las cuencas consideradas pasa anualmente a alimentar el manto subterráneo. Empezaremos por fijar la altura de lluvia disponible de cada caso.

Terreno Burdigaliense.

| | | | |
|--|-------------------|-----------------|------------|
| Lluvia anual..... | | 651,00 m/m | |
| Pérdidas por evaporación..... | 100,00 m/m | | |
| Pérdidas por los vegetales.... | 150,00 » | | |
| <i>Suman.....</i> | <i>250,00 m/m</i> | <i>250,00 »</i> | |
| Cantidad que pasa a alimentar el manto subterráneo | | | 401,00 m/m |

Terreno Helvético.

| | | | |
|--|-------------------|-----------------|------------|
| Lluvia anual..... | | 651,00 m/m | |
| Pérdidas por evaporación..... | 75,00 m/m | | |
| Pérdidas por los vegetales.... | 50,00 » | | |
| <i>Suman.....</i> | <i>125,00 m/m</i> | <i>125,00 »</i> | |
| Cantidad que pasa a alimentar el manto subterráneo | | | 526,00 m/m |

Terreno Plioceno (Cuenca de la Piedad).

| | | |
|--|------------|----------|
| Lluvia anual..... | 651,00 m/m | |
| Pérdidas por evaporación..... | 100,00 m/m | |
| Pérdidas por los vegetales.... | 100,00 » | |
| <i>Suman</i> | 200,00 m/m | 200,00 » |
| Cantidad que pasa a alimentar el manto subterráneo | 451,00 m/m | |

Terreno Plioceno (Cuencas de Puerto Real).

| | | |
|--|------------|----------|
| Lluvia anual..... | 651,00 m/m | |
| Pérdidas por evaporación..... | 100,00 m/m | |
| Pérdidas por los vegetales.... | 200,00 » | |
| <i>Suman</i> | 300,00 m/m | 300,00 » |
| Cantidad que pasa a alimentar el manto subterráneo | 351,00 m/m | |

Dunas.

| | | |
|--|------------|----------|
| Lluvia anual..... | 651,00 m/m | |
| Pérdidas por evaporación..... | 75,00 m/m | |
| Pérdidas por los vegetales.... | 100,00 » | |
| <i>Suman</i> | 175,00 m/m | 175,00 » |
| Cantidad que pasa a alimentar el manto subterráneo | 476,00 m/m | |

Con estos datos podemos hacer el siguiente cálculo:

Cuenca litoral del Puerto.

| | |
|--------------------------------|-----------------------------|
| Superficie útil..... | 7.590.000 metros cuadrados. |
| Altura de lluvia aprovechable. | 476.000 milímetros. |
| Volumen infiltrado..... | 3.612.840 metros cúbicos. |

Cuenca de la Piedad.

| | | |
|---------------------------------|---------------------------------|---|
| Superficie útil: | | |
| Plioceno..... | 2.090.625 metros cuadrados. | |
| Helvético..... | 6.131.250 » | » |
| Burdigaliense..... | 1.425.000 » | » |
| Alturas de lluvia aprovechable: | 451, 526 y 401 respectivamente. | |

Volúmenes infiltrados a profundidad:

| | |
|--------------------------|----------------------------|
| En el Plioceno..... | 942.872 m ³ . |
| En el Helvético..... | 3.225.037 » |
| En el Burdigaliense..... | 571.425 » |
| <i>Total</i> | 4.739.334 m ³ . |

Cuenca de Malas Noches.

| | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Superficie útil..... | 22.625.000 m ² . |
| Altura de lluvia aprovechable..... | 351 m/m |
| Volumen infiltrado a profundidad.... | 7.941.375 m ³ . |

Cuenca de las Yeguas.

| | |
|--------------------------------------|-----------------------------|
| Superficie útil..... | 13.600.000 m ² . |
| Altura de lluvia aprovechable..... | 351 m/m |
| Volumen infiltrado a profundidad.... | 4.773.600 m ³ . |

RESUMEN

Las cantidades de agua infiltradas a profundidad en las diversas cuencas consideradas son las siguientes:

| | |
|--|-----------------------------|
| Cuenca litoral del Puerto de Santa María ... | 3.612.840 m ³ . |
| Cuenca de la Piedad..... | 4.739.334 » |
| Cuenca de Malas Noches..... | 7.941.375 » |
| Cuenca de las Yeguas..... | 4.773.600 » |
| <i>Total</i> | 21.067.149 m ³ . |

equivalentes a volúmenes diarios de

| | |
|--------------------------------|-------------------------|
| Cuenca litoral del Puerto..... | 9.898 m ³ . |
| Cuenca de la Piedad..... | 12.984 » |
| Cuenca de Malas Noches..... | 21.757 » |
| Cuenca de las Yeguas..... | 13.070 » |
| <i>En total</i> | 57.709 m ³ . |

Admitiendo ahora un rendimiento de 60 por 100 para las obras de captación que se efectuasen con objeto de aprovechar las aguas de estas cuencas, resultarían como volúmenes realmente disponibles por día:

| | |
|--------------------------------|------------------------------|
| Cuenca litoral del Puerto..... | 5.938 m ³ . |
| Cuenca de la Piedad | 7.810 » |
| Cuenca de Malas Noches | 13.054 » |
| Cuenca de las Yeguas..... | 7.842 » |
| <i>Total</i> | <u>34.644 m³.</u> |

Obras de captación.—No hemos de entrar en el estudio de las obras que habrían de llevarse a cabo para el aprovechamiento de estas aguas, pues nuestro objeto no es otro que mostrar los orígenes de donde pueden surtirse con holgura los pueblos de la bahía gaditana, y únicamente diremos que dichas obras no habrían de presentar dificultades serias, porque el terreno donde habrían de hacerse las galerías de alumbramiento, es en general bastante consistente para evitar entibaciones y permitir revestimientos sencillos y de poco coste.

Concretándonos a la cuenca de la Piedad y a la de Malas Noches, con cuya producción habría sobradamente para surtir a todos los pueblos que nos ocupan, es casi seguro que bastarían para alumbrar la totalidad de sus aguas cuatro mil metros de galería, cuya ejecución costaría aproximadamente un millón de pesetas. En la cuenca de la Piedad habría que prescindir de todas las obras de alumbramiento hechas hasta el presente, y como una parte de ellas pertenecen al Ayuntamiento de Puerto de Santa María y otra parte al de Cádiz, se necesitaría ante todo que ambas entidades llegaran a un acuerdo respecto al futuro aprovechamiento de las aguas.

En la cuenca de Malas Noches sólo el Ayuntamiento de Puerto Real tiene hasta ahora derechos adquiridos sobre las aguas subterráneas, y, por lo tanto, el plan de obras que se formulase no tropezaría con dificultades de orden legal.

Pero si las obras de alumbramiento podrían ser de fácil ejecución, en cambio todas las aguas iluminadas en estas cuencas han de elevarse mecánicamente 40 ó 50 metros para ser conducidas en condiciones económicas a los puntos de consumo, a semejanza de lo que hoy se hace.

Calidad de las aguas.—Respecto a la calidad de las aguas, punto importantísimo en esta clase de aprovechamientos, haremos constar que las aguas de la Piedad tienen una graduación hidrotimétrica variable de 18 a 23 grados, con cantidades de cloruro sódico que oscilan entre 35 y 140 miligramos por litro, correspondiendo la primera cifra a las alumbradas en el Mioceno, y la segunda a las procedentes del Plioceno. Las que se alumbran en el Plioceno de Puerto Real tienen de 20 a 30° hidrotimétricos, y cantidades de cloruro sódico que oscilan entre 40 y 350 miligramos por litro, correspondiendo las primeras cifras a pozos antiguos donde las capas subterráneas están algo lavadas por la circulación de las aguas, y las segundas a alumbramientos nuevos de los que se extraen aguas estancadas en los mantos. Pero la excesiva permeabilidad de las capas permite suponer fundadamente que, tan pronto como se provoque un desagüe enérgico de las mismas, la proporción de cloruros bajará a 100 ó 140 miligramos por litro, como ocurre con otras de la misma procedencia, y con ello el grado hidrotimétrico.

Como la cantidad de agua que, según lo que antecede, puede alumbrarse en las manchas terciarias que rodean a la Bahía de Cádiz (34.644 metros cúbicos diarios), excede del

doble de la que las poblaciones enclavadas en sus orillas pueden consumir, creemos haber demostrado que en dichas manchas puede hallarse la solución de un problema que tan extraordinario interés tiene para la región.

En consecuencia, podemos deducir las siguientes

Conclusiones.

1.^a Los pueblos enclavados en las costas de la bahía gaditana: Puerto de Santa María, Puerto Real, La Carraca, San Fernando y Cádiz, sólo cuentan en la actualidad para su abastecimiento con un caudal de 3.000 a 4.000 metros cúbicos de agua diarios, cantidad reducidísima para una población de 128.000 almas.

2.^a Para la mejora de estos abastecimientos no se puede recurrir a los manantiales más importantes de la provincia, cuales son los que brotan al pie de los macizos jurásicos, porque en su mayor parte son ya objeto de utilización y distan de las costas de la bahía 80 kilómetros en línea recta.

3.^a La solución de ese problema debe buscarse en los mantos subterráneos que se originan en las manchas terciarias neogenas que rodean a la bahía, y que radican en los términos del Puerto de Santa María y Puerto Real.

4.^a Los terrenos permeables de esas manchas dan lugar a la formación de cuatro cuencas subterráneas independientes, cuya producción puede alcanzar la importante cifra de 34.644 metros cúbicos diarios.

5.^a Dos de esas cuencas, la de la Piedad y la de Malas Noches, pueden llegar a producir en conjunto 20.864 metros por día, y como esta cantidad es suficiente para los abastecimientos de que se trata, en ellas deben hacerse con preferencia las obras de captación.

6.^a Estas obras habrían de consistir esencialmente en

4.000 metros de galería filtrante, de ellos 2.000 en la cuenca de la Piedad, y 2.000 en la de Malas Noches. El coste aproximado de estas obras puede estimarse en un millón de pesetas.

7.^a Las nuevas obras que se llevasen a cabo en la cuenca de la Piedad anularían las existentes, cuya propiedad corresponde a los Ayuntamientos de Cádiz y el Puerto de Santa María, por lo que sería necesario ante todo una inteligencia entre estas dos entidades respecto al futuro aprovechamiento de las aguas.

JUAN GAVALA

Madrid, 1.º de Octubre de 1919.

TRABAJOS
DE LA
COMISIÓN DE MERIDIANAS

TRABAJOS
DE LA
COMISIÓN DE MERIDIANAS

Según hicimos notar en la Memoria publicada por la Comisión en el BOLETÍN de este Instituto Geológico, tomo XIX, hemos seguido el criterio de determinar la línea meridiana en aquellos puntos en que los Jefes de los Distritos mineros correspondientes, a los que se consultó previamente, han encarecido la necesidad de hacerlo, bien porque no existiese ninguna trazada, o porque las determinadas por las anteriores Comisiones hayan desaparecido o hecho inservibles las modificaciones sufridas por los terrenos en que estaban enclavadas. Dentro de este plan, hemos procurado atender a las que con más urgencia se solicitaban, combiniéndolas al mismo tiempo con otras que, aunque menos precisas, se pedían en puntos próximos y que, por lo tanto, con un ahorro de tiempo y gastos, podían quedar determinadas.

Todas las Memorias que publicamos podían haber sido incluídas en los anteriores BOLETINES, pero el exceso de original que existe siempre para esta publicación ha impedido darles cabida, presentándolas ahora todas reunidas.

Los trabajos son los realizados en los años y puntos que a continuación se expresan:

Año 1916: Huelva - Ríotinto - Bilbao.

- 1917: Puertollano - Granada - Teruel - Hiendelaencina.
- 1918: Sevilla - Jerez - Vitoria - Pamplona.
- 1919: Santa Cruz de Tenerife - Las Palmas (Gran Canaria).
- 1920: Córdoba.

Los procedimientos de observación y cálculo empleados quedan explicados con todo detalle en la Memoria antes citada, y más aún en la que sobre la meridiana de Santander publicó el que fué jefe competentísimo de esta Comisión, D. Ramón Aguirre y Zorrilla, en el tomo XVI del mismo *BOLETÍN*. Como a ellos nos hemos ajustado, en los trabajos que ahora presentamos nos limitamos a exponer los resultados obtenidos, cuya exactitud puede fácilmente comprobar quien así lo desee con los datos tomados en el campo y los cálculos, que tenemos a su disposición, abreviando de esta manera la longitud de esta reseña que de otro modo se haría extraordinariamente voluminosa.

Hemos continuado, al principio, empleando un material de observación sumamente defectuoso, aprovechando lo ya existente, que aunque sometido a ligeras reparaciones, nunca podían borrar los efectos del mal trato recibido, pasando por tantas y tan distintas manos que no siempre atienden como es necesario al cuidado de tan delicados aparatos. Poco a poco, a medida que los recursos económicos lo permitían, se ha ido mejorando ese material por la adquisición de nuevos instrumentos, y actualmente, aunque todavía es susceptible de mejora, contamos con aparatos que nos dan una relativa seguridad en nuestras operaciones, cosa que no ocurría anteriormente.

Al tratar de cada meridiana en particular indicaremos el teodolito empleado, haciendo una ligera descripción de él. El resto del material se reduce a un cronómetro arreglado al tiempo medio, un barómetro aneroide y un termómetro.

Meridiana de Huelva.

Por la anterior Comisión de Meridianas fué determinada una en esta capital en el paraje denominado Alto del Conquero, pero según nos comunica el Ingeniero Jefe de este Distrito minero, han desaparecido las señales que la determinaban, y estima, por lo tanto, necesario la fijación de otra.

Con este objeto nos trasladamos allí en los primeros días del mes de Febrero de 1916.

El aparato de que disponíamos era un antiguo teodolito construído por la casa Abraham & C.^o, de Liverpool, al cual se le hizo una reforma, que consistía en sustituir la plataforma de nivelación de cuatro tornillos nivelantes por otra de tres, repasado a torno de los ejes del aparato, los ajustes y movimientos, verificarlo y corregirlo.

Este teodolito era de anteojo central, con limbos de 16 centímetros de diámetro, cuya menor división es 20 minutos sexagesimales, pudiendo apreciarse, merced a los nonius, hasta 20 segundos. Los nonius del círculo azimutal van unidos a la correspondiente alidada, y en cambio los del círculo cenital son fijos, siendo el círculo el que gira al mismo tiempo que el anteojo e invariablemente unido a él.

La graduación del círculo azimutal es directa, es decir, que crecen las lecturas cuando se hace girar a la alidada correspondiente en el sentido de las manecillas de un reloj; la del círculo cenital es inversa. Delante de este último círculo va un nivel cilíndrico, graduado en el mismo sentido que él y con la misma apreciación de los nonius. Lleva otro nivel que se puede colocar caballero sobre el eje horizontal del anteojo, sirviendo para su corrección mediante un tor-

Los aparatos que utilizamos son los mismos que en la meridiana de Huelva.

Por no conocerla de antemano, tuvimos que calcular previamente la latitud del lugar de observación, resultando ser sus coordenadas:

Longitud.. $0^h 27^m 46^s,09$ - O. de Greenwich.
 Latitud.... $37^\circ 42' 3'',83$ - N.

Para la determinación del estado del cronómetro, se hicieron varias series de observaciones al sol y a la estrella Sirio.

El cálculo da para promedio de los azimutes de la señal fija luminosa que se observó simultáneamente con la polar:

O. $9^\circ 6' 4'',19$ S.

Los puntos que se tomaron como referencias y sus azimutes correspondientes, contados a partir del N. hacia el E. S. O., son:

| | |
|--|-------------------------|
| Extremo de la torre de la iglesia de Nerva..... | $81^\circ 19' 7'',47$ |
| » » » Las Delgadas | $157^\circ 43' 10'',80$ |
| » » » Zalamea.... | $260^\circ 0' 39'',14$ |
| Mojón San Dionisio (vértice de la triangulación hecha por la Compañía explotadora de las minas)..... | $341^\circ 28' 9'',14$ |

Meridiana de Bilbao.

Dos líneas meridianas se habían determinado en este Distrito por las Comisiones anteriores. Una en la misma población, en el lugar que hoy ocupa el mercado llamado del Ensanche, en cuya construcción entra casi exclusivamente el hierro, y rodeado de edificios por todos lados. En estas

condiciones, fácilmente se comprenderá que es completamente inutilizable.

La otra está situada en Algorta, en el paraje denominado Punta de la Galea, junto al faro del mismo nombre, lugar muy poco cómodo para llegar hasta él con los aparatos, por lo cual el Jefe del Distrito minero solicitaba la determinación de otra en punto más accesible. La meridiana de la Punta de la Galea tiene un error conocido de $3^\circ 27' 40''$, es decir, que es utilizable como línea de azimut conocido, aunque no sea la del N.-S. verdadero.

Después de algunos tanteos, decidimos situar el punto de observación en el muelle de las Arenas, delante de unos solares inmediatamente anteriores a la casa propiedad de D. Luis Arana, conocida por Villa Cisco. Este punto, que es el extremo S. de la línea meridiana, se fijó por medio de un mojón de caliza, enterrado próximo al pretil del muelle y cubierto con una losa del mismo material. En el pretil se ha grabado, a cincel, una cruz frente al lugar en que está enterrado el mojón, que sirve de referencia para encontrarlo. Se ha tenido que adoptar esta precaución por ser lugar de mucho tránsito.

Hacemos notar que para las observaciones de azimut se utilizaron dos señales fijas luminosas, lo cual es debido a que la primera que se empleó, que fué el faro de luz roja situado en el extremo del muelle exterior que arranca de Algorta, no siempre se distinguía claramente a causa de la niebla. La otra señal utilizada es el faro de luz verde situado en el extremo del muelle de madera de Portugaleta.

Los promedios de los azimutes de estas señales luminosas, son:

Faro de luz roja..... N. $52^\circ 0' 34'',58$ O.
 » » verde..... O. $4^\circ 56' 31'',13$ S.

Con arreglo a estos azimutes se replanteó la señal N., que quedó marcada por una cruz grabada a cincel en el rellano superior de la tercera escalera del muelle que va desde la Avanzada hasta el arranque del de Algorta. Esta escalera está situada delante de la casa del Sr. Marqués de Arri-luce de Ibarra.

Con objeto de relacionar la señal S. con otros puntos notables del terreno, para fijarla con mayor precisión, se midieron los siguientes azimutes, contados desde el N. hacia el E. S. O.:

| | |
|--|-----------------|
| Punta del pararrayos de la iglesia de San Ignacio (Algorta)..... | 14° 6' 2",61 |
| Punta del pararrayos del hospital de la fundación Icaza (Portugalete)..... | 232° 37' 55",61 |
| Eje de figura del faro de luz verde (Portugalete)..... | 265° 4' 36",11 |
| Eje de figura del faro de luz roja (Algorta).. | 308° 0' 26",61 |
| Señal N..... | 359° 59' 27",89 |

Es decir, que la señal N. está desplazada hacia Occidente en un ángulo de 0° 0' 32",11.

Meridiana de Puertollano.

Existe una meridiana determinada por la anterior Comisión en Ciudad Real, pero no habiendo sufrido modificación, ni en situación ni en condiciones magnéticas, las señales que la determinaban, no estimaron necesario los Ingenieros afectos a aquel Distrito minero el trazado de otra nueva. No sucedía lo mismo con la determinada en Puertollano, en donde uno de los mojones estaba situado a Levante de la Casa de Baños, según indican en su Memoria,

que hoy en día es inutilizable, y considerándola muy necesaria, decidimos determinar otra en Abril de 1917.

En vista de que el teodolito de la casa Abraham & C.º que utilizamos en los anteriores trabajos, no daba resultados satisfactorios, empleamos en esta expedición el construido por Brunner, que ya habíamos usado y descrito anteriormente.

Situamos nuestro punto de observación en el llamado Cerro de la Valona, punto muy apropiado, después de haber comprobado que aquellos afloramientos basálticos no ejercían influencia magnética sobre la aguja imantada.

Comenzamos por calcular la latitud del punto de observación, resultando ser sus coordenadas:

| | |
|-------------|---|
| Longitud.. | 0 ^h 16 ^m 37 ^s ,04 - O. de Greenwich. |
| Latitud.... | 38° 39' 44",59 - N. |

Situando con arreglo al azimut calculado el mojón N. de la meridiana, se dirigieron además visuales a otros puntos notables del terreno, cuyos azimutes, contados como siempre, desde el N. hacia el E. S. O., son:

| | |
|---|-----------------|
| Veleta de la torre de la iglesia de Puertollano. | 14° 20' 0",70 |
| Centro de la esfera del reloj de la iglesia de Puertollano | 14° 22' 34",04 |
| Base del pararrayos de la chimenea de la mina <i>Asdrúbal</i> | 134° 58' 18",20 |
| Mojón N..... | 359° 59' 56",53 |

Resulta de esto que el mojón N. está colocado con un error de 3",47 hacia Occidente.

Meridiana de Granada.

Esta meridiana fué determinada por la anterior Comisión en el año 1890, colocándose la señal del punto S. en la torre

de la Vela, y desde la misma se hicieron las observaciones necesarias. La señal del punto N. fué situada en la casa número 29 de la plazuela de San Nicolás, esquina al carril del mismo nombre. Como esta casa ha sido objeto de varias reparaciones desde esa fecha hasta la actualidad, estimó el Ingeniero Jefe de aquel Distrito minero que no ofrecía esa línea las garantías debidas y que debía ser objeto de una comprobación y rectificación en caso necesario.

Para proceder a esa operación nos trasladamos a Granada en Mayo de 1917, estacionando nuestro aparato en el mismo punto y comprobando que la señal N. estaba colocada con la suficiente aproximación.

Las coordenadas del lugar de observación, son:

Longitud.. $0^h 14^m 24^s,09$ - O. de Greenwich.
 Latitud.... $37^\circ 10' 34'',90$ - N.

El azimut calculado para la señal fija que se tomó, era:

N. $23^\circ 53' 3'',57$ E.

Las visuales dirigidas a diversos puntos tienen por azimutes, contados desde el N. hacia E. S. O.:

| | |
|--|-------------------------|
| Señal N..... | $0^\circ 0' 0'',57$ |
| Cúspide del campanario de la iglesia de Zubia. | $174^\circ 4' 40'',07$ |
| Pararrayos de la chimenea de la azucarera del Chinarral..... | $282^\circ 44' 6'',82$ |
| Veleta de la torre de San Cristóbal..... | $332^\circ 24' 26'',32$ |

El centro de la señal N. tiene, por tanto, un error de colocación de $0'',57$ hacia el E., inapreciable para los aparatos de uso corriente.

Las dos señales N. y S. están marcadas por discos de

mármol blanco de 25 centímetros de diámetro; la del S. empotrada en el pavimento, a un metro del borde interior y hacia la mitad del parapeto N. de la torre. La del N. está en la fachada S. de la citada casa, estando su centro a 3,20 metros de altura sobre el suelo y 1,18 y 3,12 metros respectivamente de las esquinas O. y E. de la casa.

Meridiana de Teruel.

También la anterior Comisión determinó esta meridiana en el paseo público llamado la Glorieta, pero sus señales han desaparecido al modificar éste.

El punto de observación, mojón S. de la trazada por nosotros, está situado en la margen derecha de la carretera de Alfambra, próximo a la cuneta, a la salida de la población y frente a una casilla de consumos que hay en la misma explanada en que se encuentra la plaza de toros. El mojón N. fué colocado en la margen contraria y próximo también a la cuneta de la carretera.

El aparato empleado en esta operación y en todas las posteriores, es un teodolito construido por la casa Kern & C.^a

Es reiterador, y la menor división del círculo horizontal es de 5'. Para las lecturas en ese círculo lleva dos potentes microscopios y tornillos micrométricos con los que se aprecia hasta un segundo, pero como la menor división de los tambores es de un milímetro, fácilmente se comprende que en la práctica puede llegar la apreciación hasta medio segundo y aun más.

El círculo vertical, móvil con la alidada, va dividido de diez en diez minutos, y merced a los nonius se puede apreciar hasta diez segundos.

Los círculos van encerrados en cajas metálicas, y el apa-

rato lleva dos niveles dispuestos en ángulo recto en la plataforma horizontal, otro unido al círculo vertical y otro que se puede colocar caballero sobre el eje del anteojo.

Para la iluminación del retículo lleva una pequeña lámpara eléctrica, alimentada por acumuladores, que se adapta al anteojo, y mediante un pequeño espejo situado en el interior de éste, dirige sus rayos convenientemente.

Las coordenadas del lugar de observación, son:

Longitud. . . $0^h 4^m 26^s,29$ - O. de Greenwich.
 Latitud. . . . $40^\circ 20' 52'',32$ - N.

El cálculo da para azimut de la señal fija luminosa:

E. $44^\circ 44' 40'',59$ S.

Aunque la línea meridiana quedaba suficientemente determinada con los dos mojones colocados, se relacionó el punto S. con otros fijos y perfectamente visibles, cuyos azimutes, contados desde el N. hacia el E. S. O., son:

| | |
|--|-------------------------|
| Base de la veleta de la iglesia del Cementerio. | $40^\circ 9' 11'',97$ |
| Punta del pararrayos de la torre de la Cathedral | $163^\circ 49' 33'',22$ |
| Punta del pararrayos de la iglesia de Concul. | $318^\circ 1' 21'',59$ |
| Mojón N. | $359^\circ 59' 55'',09$ |

Resulta de aquí que al colocar este mojón N. se corrió su centro hacia Occidente en un ángulo de $4'',91$, que no lo aprecian los aparatos órdinariamente usados.

Meridiana de Hiendelaencina.

En el Distrito minero de Guadalajara se trazó una meridiana en la capital, cuyos mojones se conservan, y otra,

también muy necesaria, en Hiendelaencina, cuyas señales han desaparecido. Estuvo enclavada en el paraje denominado La Campiña, y en el mismo lugar, en la *colada* o camino del Cementerio y delante de una finca de D. Valeriano González, establecimos nuestro punto de observación.

Siéndonos desconocida la latitud del lugar, tuvimos que calcularla previamente, resultando ser sus coordenadas:

Longitud. . . $0^h 14^m 38^s 77$ - O de Greenwich.
 Latitud. . . . $41^\circ 7' 22'',15$ - N.

El azimut de la señal fija luminosa resultó:

O. $41^\circ 33' 1'',78$ S.

Como los lugares en que había que colocar el segundo mojón no ofrecían grandes seguridades para su conservación, se prefirió referir el que servía de punto de observación a otros invariables, cuyos azimutes, contados desde el N. hacia el E. S. O., son:

| | |
|--|-------------------------|
| Campanario de Robledarcas. | $233^\circ 21' 32'',29$ |
| Cúspide de la ermita de Altorey. | $353^\circ 0' 41'',72$ |
| Extremo de la veleta de la iglesia de Hiendelaencina | $146^\circ 44' 2'',03$ |

Meridiana de Sevilla.

Establecido el punto de observación de esta meridiana por la anterior Comisión, en la segunda azotea de la Torre del Oro, resultaba en la actualidad completamente inservible, pues el creciente movimiento de aquel muelle, con vapores constantemente atracados a él y totalmente cruzado de vías, hacía que, no sólo por la influencia magnética que

pudiesen ejercer, sino por la trepidación consiguiente a tanto tráfico, fuese imposible declinar los aparatos en ese punto.

Nosotros elegimos como estación la azotea de la Universidad, en cuyo pavimento se empotró una plancha de bronce con su centro convenientemente señalado, y desde la cual se domina toda la ciudad, y hay, por tanto, abundancia de puntos cuyos azimutes se pueden fijar.

Las coordenadas del lugar, son:

Longitud... $0^h 23^m 58^s,29$ - O. de Greenwich.
 Latitud... $37^\circ 23' 10'',10$ - N.

El azimut de la señal fija luminosa que se empleó, es:

N. $34^\circ 26' 48'',96$ E.

y el de los demás puntos que se indican a continuación, contados desde el N. hacia el E. S. O.:

| | |
|--|-------------------------|
| Torre de los perdigones..... | $358^\circ 2' 44'',63$ |
| Pararrayos de la torre de la parroquia de la Magdalena..... | $247^\circ 33' 29'',30$ |
| Pararrayos de la torre de la parroquia de la San Pablo | $86^\circ 54' 27'',97$ |

Meridiana de Jerez.

Aprovechando nuestra estancia en Sevilla y conviniendo determinar otra línea meridiana en Jerez, punto de partida para diversas expediciones y próximo a una zona en la que en aquella época había solicitados numerosos registros mineros, nos trasladamos a esta población, procediendo a la elección de un lugar apropiado para situarla, señalándolo con una placa de mármol, con inscripción y el centro marca-

do, en la escalinata de la Colegiata, y aunque la segunda señal que determinase la línea no era fácil colocarla, desde aquel punto se divisaban otros fijos a los cuales dirigimos visuales, determinando sus azimutes correspondientes.

La latitud fué calculada, resultando ser las coordenadas del lugar de observación:

Longitud... $0^h 24^m 30^s,83$ O. de Greenwich.
 Latitud... $36^\circ 43' 30'',28$ - N.

El promedio de los azimutes calculados para la señal fija luminosa, es:

N. $66^\circ 26' 43'',71$ O.

Los puntos fijos a los cuales se tomaron referencias, y sus azimutes, contados como siempre desde el N. hacia el E. S. O., son:

| | |
|--|------------------------|
| Veleta de la iglesia de San Mateo..... | $304^\circ 0' 13'',48$ |
| » » San Juan..... | $346^\circ 7' 10'',79$ |
| » » San Dionisio..... | $61^\circ 31' 32'',73$ |

Meridiana de Vitoria.

Elegimos como sitio apropiado para nuestro punto de observación, el cerrillo denominado de Santa Lucía, próximo a la ciudad y con fáciles medios de comunicación, y desde donde se divisan puntos notables cuyos azimutes pueden suplir la falta de una segunda señal que determine la verdadera línea N.-S.

Las coordenadas, ya conocidas, del lugar, son:

Longitud... $0^h 10^m 36^s,09$ - O. de Greenwich.
 Latitud... $42^\circ 51' 0'',00$ - N.

El promedio de todos los azimutes calculados da para el de la señal fija luminosa:

N. $74^{\circ} 46' 35'',73$ O.

y para los demás puntos observados, contados a partir del N. hacia el E. S. O.:

| | |
|---|---------------------------|
| Cruz de la veleta de la torre de la iglesia de Arechavaleta | $226^{\circ} 46' 24'',99$ |
| Pararrayos de la torre de la iglesia de San Vicente..... | $286^{\circ} 58' 28'',93$ |
| Veleta de la torre de la iglesia de Elorriaga.. | $59^{\circ} 4' 7'',71$ |

Meridiana de Pamplona.

La anterior Comisión de Meridianas determinó una en esta población, fijando sus señales en el paseo de la Media Luna, en el glacis del castillo de San Bartolomé. Desconocíamos, al trasladarnos allí, el estado de conservación en que ésta se pudiese encontrar, y aunque desde luego, a primera vista, se podía apreciar que no habían sufrido modificación alguna las señales que la determinaban, hicimos varias series de observaciones para comprobarlo y tener la certeza absoluta de su exactitud.

Las coordenadas del lugar, son:

Longitud.. $0^h 6^m 36^s,09$ - O. de Greenwich.
 Latitud.... $42^{\circ} 48' 50'',40$ - N.

El cálculo da como azimut de la señal fija luminosa:

N. $64^{\circ} 59' 58'',92$ O.

El mojón S. se relacionó con puntos notables del terreno, cuyos azimutes, contados como siempre desde el N. hacia el E. S. O., son:

| | |
|---|---------------------------|
| Extremo de la cruz de la torre de San Nicolás. | $275^{\circ} 8' 18'',85$ |
| Extremo del pararrayos de la torre N. de la Catedral..... | $321^{\circ} 7' 44'',42$ |
| Mojón N..... | $359^{\circ} 54' 17'',32$ |
| Extremo del pararrayos de la torre de la iglesia de Nuaste..... | $64^{\circ} 15' 31'',17$ |

Según estos cálculos, encontramos que el centro de la señal N. está desplazado hacia Occidente en un ángulo de $5' 42'',68$.

Meridianas de Canarias.

Debiendo trasladarnos a aquellas islas para realizar diferentes estudios y teniendo en cuenta que en ellas se habían solicitado diversos registros mineros, de acuerdo con el Ingeniero Jefe del Distrito minero de Sevilla, a que pertenecen, decidimos trazar dos líneas meridianas, en Santa Cruz de Tenerife y Las Palmas, centros principales de aquel archipiélago.

Meridiana de Santa Cruz de Tenerife.

Situamos nuestro punto de observación en la Granja Agrícola, y aunque no se pudo situar un segundo mojón que determinase exactamente la línea N.-S., se divisaban claramente otros puntos notables, cuyos azimutes quedaron perfectamente determinados.

Las coordenadas del lugar de observación, son:

Longitud.. $1^h 4^m 57^s,10$ - O. de Greenwich.
 Latitud.... $28^\circ 27' 58'',00$ - N.

El azimut de la señal fija luminosa que se tomó, resultó ser:

N. $72^\circ 45' 32'',04$ O.

Las referencias que se tomaron y sus azimutes, contados en la forma acostumbrada, son:

| | |
|---|-------------------------|
| Extremo de la arista N. de la chimenea de la estación del tranvía..... | $285^\circ 48' 18'',43$ |
| Arista NE. de la torre central del hotel Quisisana..... | $28^\circ 46' 19'',12$ |
| Extremo de la arista N. de la antena N. de la telegrafía sin hilos..... | $98^\circ 35' 5'',90$ |

Meridiana de las Palmas (Gran Canaria).

Como punto que reúne las condiciones apetecidas, elegimos el antiguo puerto de Las Palmas, en la misma ciudad y contiguo a un paseo público, en cuyo pavimento empotramos una plancha de bronce con la inscripción *Meridiana*, próxima al paramento N. del muelle.

Las coordenadas del lugar, son:

Longitud.. $1^h 1^m 39^s,70$ O. de Greenwich.
 Latitud.... $28^\circ 7' 5'',00$ - N.

El promedio de los azimutes calculados para la señal fija luminosa, es:

N. $60^\circ 4' 18'',18$ O.

No pudiéndose colocar un segundo mojón o señal, se tomaron referencias a puntos fijos, cuyos azimutes, contados desde el N. hacia el E. S. O., son:

| | |
|---|-------------------------|
| Extremo del pararrayos de la torre N. de la Catedral..... | $179^\circ 22' 2'',01$ |
| Extremo de la cruz de la iglesia de los Padres del Corazón del María..... | $292^\circ 54' 2'',48$ |
| Ángulo E. del edificio del Semáforo..... | $355^\circ 43' 43'',79$ |

Meridiana de Córdoba.

La anterior Comisión de Meridianas determinó esta línea en el campo llamado de La Feria. Las modificaciones que ha sufrido este lugar, así como el gran desarrollo del arbolado, hicieron temer que fuese ya inutilizable.

Valiéndonos de las referencias de los mojones que publicó aquella Comisión, pudimos descubrir éstos, encontrándolos en perfecto estado de conservación y sin que hubiesen sufrido modificación alguna en su situación. La única dificultad con que tropezamos fué la existencia de un árbol en la alineación de los dos mojones y que impedía dirigir visuales de uno a otro.

Como desde ambos puntos seguía divisándose la bandera del Ángel que corona la Catedral, visual que ya había servido de referencia anteriormente y cuyo azimut era por lo tanto conocido, basándonos en el mismo dirigimos visuales desde cada uno de los mojones a otros varios puntos notables, resultándonos así una serie de líneas de azimut conocido que sirven perfectamente para declinar los aparatos, sin necesidad de determinar otra línea meridiana.

Utilizamos para determinar estos azimutes, contados en la forma tantas veces repetida, un teodolito sexagesimal,

cuya apreciación es un minuto, suficiente para estas operaciones.

Visuales dirigidas desde la señal N.

| | |
|--|----------|
| Al eje de la chimenea de la central de electricidad de Vista Alegre..... | 221° 29' |
| A la esquina más al SE. de la fundición de hierro de D. Francisco de las Morenas..... | 229° 11' |
| A la esquina del chaflán S. de la tapia de la finca denominada La Camila, en la que se halla colocado un mechero de gas..... | 274° 5' |
| A la arista S. del dintel de la cancela grande de la misma finca La Camila..... | 331° 17' |

Visuales dirigidas desde la señal S.

| | |
|---|----------|
| Al eje de la chimenea de la central de electricidad de Vista Alegre..... | 235° 14' |
| A la esquina más al SE. de la fundición de hierro de D. Francisco de las Morenas..... | 311° 0' |
| Al eje de figura de la finca Huerta de los Arcos (en la Sierra)..... | 330° 36' |

BOSQUEJO GEOLÓGICO

DE LA

CÁBILA DE BENI-SAID

DEL RIF ORIENTAL

POR

ALFONSO DEL VALLE Y PABLO F. IRUEGAS

BOSQUEJO GEOLÓGICO
DE LA
CÁBILA DE BENI-SAID
DEL RIF ORIENTAL

Aunque a su debido tiempo hayamos de dar cuenta con algún mayor detenimiento de la formación geológica de esta cábila, dada su sencillez, hemos creído conveniente adelantar un ligero bosquejo en el que, a grandes rasgos y en líneas generales, pueda formarse una noción bastante aproximada acerca de su estructura, noción que hasta ahora corrobora las ideas que con anterioridad hemos emitido respecto a la general de la región (1), y pueda utilizarse como una primera orientación para la investigación de aguas y substancias minerales.

Acompañamos a esta nota el plano de la cábila a escala 1 : 100.000, con un corte N.-S., para cuyo trazado hemos utilizado los croquis de la Comisión Geográfica de Marruecos del Cuerpo de Estado Mayor.

La región que nos ocupa está situada entre el mar Mediterráneo al N., las cábilas de Beni-bu-Gafar y Beni-Sidel pertenecientes a Guelaya, ya descritas (2), al E., la seminómada de Mtalza al S. y la sedentaria de Beni-Ulixec al O.

Como en trabajos anteriores hemos indicado, muy rara vez los linderos de las cábilas coinciden con accidentes to-

(1) Instituto Geológico de España: *Estudios relativos a la geología de Marruecos*, tomo II, pág. 166.

(2) Instituto Geológico de España: *Estudios relativos a la geología de Marruecos*, tomo I, 1917.

pográficos que sirvan para describir sus límites, así sucede en el caso actual, pero separándonos poco de la realidad, como puede verse examinando el plano en el que indicamos los linderos verdaderos, puede decirse que esta cábila está comprendida entre el mar Mediterráneo al N., el río Kert al E., el mismo río al S. y el Uardana al O., siguiendo hasta el mar próximamente la misma alineación de este río.

Políticamente se halla dividida en cinco fracciones que son, de oriente a occidente: Ameyan, Chuquet e Isaomen en la costa, y en el interior las de Ulad-ab-Daia y Beni-Tenain.

Tiene una extensión superficial de 448 kilómetros cuadrados, con una longitud de costa de 24 kilómetros.

Su línea orográfica principal está constituida por la cordillera costera, que compuesta de pizarras antiguas, viene a seguir la dirección general, tan característica de los pliegues principales de la región, E. 20° N. a O. 20° S., que en esta zona coincide con la de la costa. Su línea de alturas oscila entre 350 a 450 metros, pasando de los 500 a poniente de la posición de Timayast.

Al S. de esta cordillera se extiende, apoyándose en ella y ligeramente inclinada hacia el SE., una antigua llanura terciaria, que hoy no se presenta bajo esa forma porque su continuidad superficial ha sido rota por un sistema de fallas y surcada por infinidad de barrancos producto de la erosión pluvial sobre los terrenos arcillosos de que se compone.

En la parte oriental ya próxima al Kert, entre la cordillera antigua y los depósitos terciarios, surgió a fines de este período el macizo eruptivo del Monte Mauro, que con cotas de 600 metros constituye el núcleo montañoso principal de la cábila.

En la red hidrográfica, toda de carácter torrencial, el

Kert es el curso principal que conserva alguna corriente de agua superficial en estiaje.

Entre sus afluentes sólo merecen citarse el Baax, que desemboca en las proximidades del Monte Mauro, y aguas arriba el Uardana, que lo hace al SO. de la cábila cerca de Dar Azugaj.

De los barrancos costeros el más importante es el Igiar Abdun, que siguiendo en su parte superior el contacto del terciario con las pizarras antiguas, corta luego normalmente a éstas rodeando el macizo en donde se asienta la alcazaba del Kaid Burian.

Es interesante observar, al ocuparse de la red hidrográfica, que las direcciones de los cauces principales vienen a coincidir con las del sistema de fallas que ya en trabajos anteriores hemos indicado como característico de la región; solamente el Uardana parece seguir la línea de máxima pendiente de la antigua llanura.

Tres solamente son los terrenos geológicos que hemos visto representados en Beni-Said; su situación y extensión vienen indicadas en el plano que acompaña a esta nota.

Hemos clasificado en el estrato-cristalino las pizarras antiguas satinadas y brillantes, con diversas coloraciones y pronunciado buzamiento predominante al SE., que constituyen la cordillera costera, evidente prolongación, por su dirección y composición, de la de Taryat en Tres Forcas.

Sobre estas pizarras, a levante de la posición militar de Ulad Aisa, ya casi en contacto con el eruptivo del Mauro, se encuentran unos bancos de cuarcitas muy blancas y compactas, debajo de los cuales existen unas cuevas que han sido utilizadas por los indígenas para la construcción de silos.

Nada tendría de extraño que estas cuarcitas, así como la formación que constituye los montes, que recubiertas de

una tierra roja característica se descubren al S. de Timayast formando una banda paralela a la cordillera, sean vestigios del siluriano que a intervalos aparece recubriendo por el S. al arcaico, como sucede en Tres Forcas.

Sobre esta formación, con débil buzamiento hacia el SE., se apoya el mioceno, que viene representado por arcillas y margas arcillosas de coloración gris azulada en profundidad y amarillentas en la superficie. La estratificación de estos depósitos se determina por unas capas sabulosas blancas, poco consistentes, compuestas de elementos de origen ígneo, con mica abundante en algunos sitios, que al intercalarse entre las arcillas la hacen claramente visible, y estudiadas con detenimiento pueden además servir para indicar las épocas en que tuvieron lugar las erupciones de los volcanes cercanos.

Describimos unos depósitos análogos en la Memoria de Guelaya y los clasificamos como perteneciendo al plioceno, tramo plasenciense, pero el hallazgo de algunos ejemplares de una ostrea del tipo de la *crassissima* y observaciones posteriores sobre la estratigrafía de la región, nos han inducido a rebajar la edad de estos depósitos e incluirlos en el mioceno.

En el contacto de las pizarras antiguas con el mioceno, surgió la erupción andesítica del Mauro, completamente análoga a la próxima del Gurugú.

El cuaternario viene representado por típicos ejemplos de terrenos fluviales en el cauce del Kert, al pie de la posición de Ishafen, y siguiendo la costa por una formación litoral de unos 80 metros de espesor, compuesta de conglomerados, brechas y areniscas en capas horizontales, que al pie de la cordillera arcaica forman una especie de gigantesco escalón.

Manantiales.—Por las mismas razones que en el macizo del Gurugú, el contacto de las rocas volcánicas agrietadas al descansar sobre las capas arcillosas del terciario, constituye un nivel acuífero de bastante importancia que da lugar en las faldas del macizo del Mauro a buen número de manantiales situados en los barrancos siguiendo la línea de contacto, que vienen indicados en el croquis.

En la zona occidental al pie de la vertiente meridional de la cordillera, al S. de Timayast, existe una formación producto de la erosión y descomposición de las rocas de aquélla, que al apoyarse también sobre las arcillas miocenas da lugar a manantiales, a la que pertenecen los de Bermana, Zoco-el-Tlatz, al pie de Dar el Quebdani, y otros también indicados en el croquis. Sobre estos niveles citados se encuentra la mayor densidad de población de la cábila.

Existen también en ésta manantiales termales; los principales que hemos visitado son los del Hamman, que dan nombre al poblado de la falda oriental del Mauro situado frente a la antigua posición de Ishafen, por un baño moro consruído sobre ellos, y el de Ebben-Sabbas en la fracción de Isaomen, en la misma playa; su temperatura es de 20° a 30°, no pudiendo dar su análisis por rotura de las botellas en que recogimos las muestras.

Esta clase de manantiales son muy abundantes en la cordillera del Tel oranés y argelino.

Minerales.—Es frecuente en la cordillera costera arcaica, el encuentro de algunos pequeños crestones de un mineral de hierro de excelente calidad, pero que en la zona recorrida por nosotros no presentan continuidad ni cantidad suficiente para una explotación.

Puede citarse también como interesante, el que en las proximidades y a oriente del zoco de Bermana hemos en-

contrado la misma roca que en el macizo andesítico del Cabo de Gata ha dado lugar a algunas exploraciones mineras por contener mineral de oro.

No terminaremos esta ligera nota sin expresar nuestro agradecimiento a los oficiales de la Policía Indígena de la cábila de Beni-Said, y especialmente a su Capitán Sr. Longoria, por las atenciones y facilidades que nos han proporcionado en el cumplimiento de nuestra misión.

ALFONSO DEL VALLE
PABLO F. YRUEGAS

NOTA SOBRE LA CONSTITUCIÓN PETROGRÁFICA
DEL
MONTE MAURO (BENI-SAID)
POR
AGUSTÍN MARÍN

NOTA SOBRE LA CONSTITUCIÓN PETROGRÁFICA

DEL

MONTE MAURO (BENI-SAID)

El Monte Mauro, por su aislamiento topográfico y por su forma, ha atraído siempre la mirada de todos los viajeros, y ha constituido uno de los puntos singulares de la acción de nuestro Protectorado, como lo fué el Gurugú, como el Kert, etc. Desgraciadamente, después de haber sido dominado por nosotros durante unos meses, volvió a caer en poder de los moros en el desastre de Julio último.

La Comisión de Estudios Geológicos lo visitó en la primavera pasada, y aunque no recogió más que un número limitado de los ejemplares de las rocas que lo forman, porque reservaba para más adelante hacer una buena extracción de muestras que sirvieran para hacer un estudio detenido de todos los materiales de la erupción que lo motivó, creemos que es de interés en las actuales circunstancias dar a la publicidad una primera impresión de la constitución del Monte Mauro, haciendo un ligero estudio de los escasos ejemplares recogidos y reservando hacer el estudio principal para cuando vuelva a ondear sobre su cumbre la bandera española.

El Monte Mauro tiene forma cónica, de vertientes escarpadas. Por la parte que da al mar, está recubierto por unos depósitos brechoides modernos, y por la parte del S., en su base se presentan los terrenos terciarios.

Es eruptivo y representa un jalón más del cordón eruptivo que bordea el Mediterráneo occidental. La relación geológica con el Gurugú es muy estrecha, y las rocas que forman a ambos presentan muchas analogías.

La roca que constituye la mayor parte de la masa del Mauro, es de un color gris pardo oscuro. Se destacan muy bien los fenocristales. Abundan las láminas de biotita con su brillo característico, por lo que se reconoce la roca a distancia. Es muy dura y resistente y presenta fractura plana o concoidea.

Examinada al microscopio, se observa una pasta de color gris pardo claro, en la que se destacan perfectamente los fenocristales. La pasta está constituida por muchos microlitos y algunas partes vítreas, con gran predominio de los primeros que forman a modo de regueros alrededor de los fenocristales, indicando claramente el carácter fluidal de la pasta. Se puede decir que su textura es pilotáxica en tránsito a la hyalopilitica.

Los microlitos son casi todos de feldespato de la variedad labrador de tipo medio respecto a acidez, aunque en algún ejemplar hemos observado un labrador básico aproximándose a la bitocenita. Se encuentran alargados según la arista pg_1 . Existen también algunos microcristales de augita y magnetita.

Cuatro minerales esenciales en forma macroscópica se presentan en esta roca: feldespato, augita, biotita y magnetita.

Los cristales de feldespato son de tamaños muy variables, habiéndolos muy grandes. Presentan la macla de Calsbad, la de la albita y alguna vez la de la periclina. La macla de la albita es muy frecuente, y en ella las láminas hemiotrópicas forman fajas anchas. Por el ángulo de extinción de las dos series de estas láminas, se puede decir que

el feldespato es labrador más bien básico, de paso a la bitocenita.

Se aglomeran los cristales de feldespato con otros de augita y magnetita. Se encuentran inclusiones, algunas veces magmáticas, otras de elementos ferruginosos, con frecuencia de magnetita y oligisto, y no es raro verlas de augita. Presentan la extinción zonar, atribuyéndola a diferencias de composición que deben existir entre el centro y la periferia del cristal.

La augita en esta roca es muy abundante. Presenta secciones octogonales basales muy claras, viéndose que los pinacoides anterior y lateral están tan desarrollados como las caras primitivas. Hay también secciones exagonales y romboidales. Tiene un color amarillento-verdoso, algo policroica. Los cruceros se presentan muy claros, aunque, como siempre en este mineral, interrumpidos. Los colores de polarización muy vivos. Alguna vez los cristales están maclados, siendo su plano de macla el del ortopinacoide h^1 . Presenta de inclusión la magnetita, y en un ejemplar hemos visto mica.

La biotita cristaliza en láminas exagonales, y claro es que cortados los cristales en la preparación delgada de un modo normal u oblicuo a la lámina, se presenta en secciones muy alargadas, a veces como agujas. Se observa el crucero fácil, muy claro. Es muy policroica, con tintes pardo y amarillento. Presenta como inclusiones, la magnetita y unos pequeños cristales de apatita. Es abundante en la roca y los cristales se encuentran aislados. En general, la biotita está sana, solamente en algunos cristales se inicia su descomposición en un producto ferruginoso de tinte amarillento.

La magnetita se presenta en pequeños y grandes cristales. Los primeros repartidos en toda la pasta, y los se-

gundos con frecuencia incluídos o aglomerados con los de feldespato y augita. Presenta las secciones propias del octaedro.

No hay más minerales accesorios que los ya indicados. El oligisto tiene un color rojizo fuerte, que cambia poco cuando se polariza la luz. La apatita se presenta en muy pequeños cristales de las formas comunes. Hay algunos productos ferruginosos procedentes de la alteración de los elementos ferromagnésicos.

Por lo manifestado, se desprende que en esta roca el elemento que primero cristalizó fué la magnetita, siguió a ésta la biotita y a ésta la augita. Cristalizados los elementos coloreados, siguieron a éstos los blancos, primero el feldespato en cristales grandes y luego la pasta; sorprendiendo el enfriamiento a la roca antes que el elemento feldespático haya podido individualizarse.

Esta roca, por su constitución y por su textura, está comprendida, de un modo que no deja lugar a dudas, en el grupo de las andesitas, en la variedad de las andesitas piroxénicas con biotita, según la clasificación que hemos hecho en otro lugar de las rocas del grupo andesítico (1).

No son completamente iguales a las descritas todos los ejemplares que hemos examinado. La que se presenta en Haman es más oscura. En este sitio la roca es menos fluidal y menos vítrea. A los microlitos feldespáticos acompañan otros microcristales que dan a la pasta un aspecto más granudo. Es también ésta, de color pardo amarillento a la luz natural, pero a la luz polarizada toma un color pardo oscuro casi negro. Se presentan los mismos fenocristales que en la andesita tipo que acabamos de describir, únicamente parece aún más abundante en esta roca, la augita. Por consiguiente, aun con las pequeñas diferencias en la pasta, hay

(1) *Boletín del Instituto Geológico*, tomo XXXIV, pág. 343.

que incluir también esta roca en el grupo y variedad de las andesitas piroxénicas con biotita.

En el Monte Mauro se presenta con alguna extensión, como a Levante del Zoco, una roca dura, negra y resistente, en la que se ven bastantes vesículos o vacuolas. Se aprecian bien a simple vista los cristales de mica y feldespato. Tiene parecido a la vista, con las rocas del grupo basáltico de la base del Gurugú.

Examinada al microscopio, se observa una roca de textura algo especial. Se pueden considerar en la roca cristales de tres tamaños, cuya separación se hace bien a la simple inspección de la roca. Unos son microscópicos, y unidos a las partes vítreas constituyen la pasta de la roca porfiroide. Otros grandes, que constituyen los verdaderos fenocristales y que se destacan perfectamente de todos los demás. Y unos terceros mayores que los microcristales y que, sin embargo, son pequeños. En general son alargados, sobre todo los de feldespato que lo hacen según la arista pg_1 y que se hallan en su mayor parte entrecruzados. También corresponden a este tamaño intermedio los de augita y unos muy característicos de oligisto. La relación mutua entre los cristales de piroxeno y feldespato es grande, y difícil de percibir en ellos el orden de cristalización.

El feldespato en esta roca se presenta en los tres tamaños. Los cristales grandes son de feldespato andesina. Se observan en ellos las maclas de Calsbad y de la albita, y en un ejemplar hemos visto la de Baveno. Presentan la extinción zonar muy clara. Los cristales en general están sanos, pero en algunos está iniciada la kaolinización. Se ven como inclusiones algunos trozos magmáticos y algunos elementos ferromagnésicos.

La augita abunda en cristales del tamaño intermedio, y

es bastante escasa en los grandes. Hay también microcristales de piroxeno en la pasta.

La biotita no es abundante y se presenta en cristales grandes algo alterada en una masa pardo-amarillenta sin reacción a la luz polarizada.

Lo característico en esta roca, a más de su textura, es la presencia de cristales y trozos de oligisto de todos los tamaños, siendo frecuentes las láminas exagonales. Tiene un color rojo vivo a la luz natural, conservando esta fuerte coloración cuando la luz se polariza. No tiene policroismo. Parece producto de sublimación de las fumarolas volcánicas.

Hemos de observar también en esta roca la presencia de esfena de color amarillento-rojizo a la luz natural. Algunas de las secciones presentan los ángulos tan característicos de este mineral. Es poco policroica. Se presenta íntimamente unida al hierro oligisto y parece tener el mismo origen que éste.

Por último hay también en esta roca, a más de algunos productos ferruginosos, magnetita de primera consolidación y secundaria. No se ha encontrado nada de olivino.

Esta roca presenta una tendencia a la textura basáltica por la constitución especial de la pasta, por la poca abundancia de fenocristales de elementos ferromagnésicos, por la existencia del oligisto sublimado y por la presencia de variolitas, pero atendiendo a sus otras cualidades debe considerarse también como una andesita piroxénica con biotita marcando el tránsito al grupo basáltico sin olivino.

Otra roca tomada en sitio próximo a la anterior guarda mucho parecido con ella y se debe incluir en la misma variedad y grupo, pero más cerca que la anterior del grupo andesítico. Su color es gris más claro. La pasta está impregnada de muchos elementos ferruginosos, dándola a la luz natural un color oscuro y negro a la luz polarizada. Se ven

menos claros los tres tamaños de cristales. Se puede considerar, por tanto, como una andesita piroxénica con biotita, manchándose poco el tránsito a las rocas del grupo basáltico.

En Sidi Brahim brota un manantial termal de los que hay algunos en el Mauro. La roca en donde brota presenta algunas particularidades, al parecer debidas a acciones secundarias.

A simple vista la roca tiene un color gris plomizo de textura vítrea y muy homogénea, fractura concoidea y no se ven fenocristales.

Examinada al microscopio, se observa que es una roca muy metamorfoseada, habiendo sido alterados todos sus componentes. Se aprecia a la luz natural una pasta pardo-amarillenta con manchas negras, debidas a la formación de productos ferruginosos. A la luz polarizada toma un color oscuro, negro; destacándose en este color algunos cristales faldespáticos muy alterados polarizando en gris y elementos ferruginosos amarillentos.

Se ven también en la pasta algunas manchas y restos que han quedado como testigos de la existencia de los fenocristales. Debió existir feldespato, ahora transformado en kaolín y arcilla, y cuyos bordes se presentan con frecuencia corroídos. En los elementos ferromagnésicos ha sido eliminada su primitiva substancia, habiendo hecho irrupción el magma dentro del cristal y observándose únicamente las líneas externas del cristal representadas por unos depósitos finos ferruginosos negros, y por las líneas de crucero, en donde también se marca su primitiva existencia por líneas ferruginosas. En algunos cristales que debieron ser de augita se marca también este fenómeno, que a pesar de no contenerse dentro de su contorno ni una molécula de este mineral, nadie puede poner en duda que primitivamente lo

fué. También por la forma y modo de alterarse se comprende que debió de existir biotita. Como resultado de la alteración de los elementos ferromagnésicos, se han producido elementos ferruginosos y cloritosos.

Esta roca, por tanto, debió ser primitivamente una andesita piroxénica con biotita, que por acciones secundarias ha sido alterada, es decir, propylitizada.

No se puede atribuir esta alteración tan enérgica y completa a la acción de los agentes atmosféricos. Debe ser atribuida a acciones hidrotermales o gaseosas en íntima relación con la erupción volcánica. La presencia de la fuente termal nos hace afirmarnos aún más en nuestro modo de pensar.

También se presenta en Sidi Brahim una roca abigarrada. Sobre un fondo blanquecino se ven manchas rojizas, amarillentas, violáceas y negruzcas. Su textura es vítrea. La fractura concoidea. Es muy dura. A simple vista no se observan fenocristales.

Examinada al microscopio, a la luz natural tiene la pasta un color blanco amarillento con manchas negras de muy diversos tamaños. Es vítrea en su mayor parte y se presenta extinguida a la luz polarizada. Sobre la pasta se destacan escasos trozos feldespáticos y ferruginosos, los primeros muy alterados en kaolín y arcilla.

Esta roca, por su textura y elementos, constituye una obsidiana andesítica.

De todas las descripciones de rocas del Mauro que acabamos de hacer, se deduce que el famoso Monte está constituido esencialmente por rocas eruptivas del grupo andesítico.

Las andesitas piroxénicas con biotita del Monte Mauro, son análogas a las halladas en los Altos del Gurugú, Meseta de Taxuda, Atalayón, Punta Negri y otros sitios de

Guelaya, lo que conduce a considerar que la erupción del Mauro es sincrónica de la del Gurugú.

Ateniéndonos sólo a las consideraciones tectónicas, las erupciones del Gurugú y del Mauro, aunque emergieron a la superficie en la misma época, corresponden a pliegues distintos, según los estudios geológicos que lleva hechos la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos (1). El del Mauro corresponde al anticlinal de Tres Forcas, aunque las rocas andesitas de este macizo no tengan gran analogía con las que nos ocupan en este trabajo. En cambio el Gurugú corresponde al pliegue de Beni-bu-Ifrur, al S. del anterior.

Aunque el parecido de las rocas del Mauro con las del Gurugú es grande, se observan, sin embargo, algunas pequeñas diferencias. En el Gurugú el feldespato predominante es la andesita, a lo más en tránsito al labrador. En el Mauro el labrador básico es el que constituye la roca, de tránsito ya a la bitocenita. En el Mauro la textura de la pasta es de naturaleza intermedia entre pilotáxica e hyalopilitica. En el Gurugú es francamente pilotáxica. A pesar de estas pequeñas diferencias, volvemos a repetir que creemos que ambas erupciones son análogas y sincrónicas.

Las andesitas con vacuolas que hemos descrito, indican la existencia de una roca de naturaleza intermedia entre el grupo andesítico y el basáltico, y parece demostrar que la erupción de andesitas y basaltos del Norte de Africa debieron ser seguidas, sin soluciones de continuidad. Las diferencias que presentan puede que sean debidas a diferencias del medio en que cristalizaron y a que el magma interno se va modificando en el proceso de la erupción.

Las propylitas de Sidi Brahim presentan mucha analogía en su textura con las que se encuentran en Cabo de

(1) *Estudios geológicos de Marruecos* (2.º tomo),

Gata en contacto con los criaderos minerales, principalmente con los de oro; sin embargo, hay una diferencia esencial que destruye las ilusiones que la citada analogía pudiera hacer concebir, y es que en Cabo de Gata las propylitas en contacto del oro tienen siempre grandes cristales de cuarzo, y en Monte Mauro este mineral está ausente por completo.

AGUSTÍN MARÍN

ÍNDICE

DE LAS

MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO

| | <u>Páginas</u> |
|---|----------------|
| PRÓLOGO..... | IX |
| Necrología: Mallada, por Daniel de Cortázar..... | XV |
| Lista de las publicaciones de D. Lucas Mallada en el Instituto Geológico de España..... | XXV |
| Estudios relativos a la Geología de Marruecos (segunda parte).. | 1 |
| INTRODUCCIÓN, por Agustín Marín | 3 |
| I.—Organización y propósitos de la Comisión de Estudios Geológicos de Marruecos..... | 3 |
| II.—Algunas ideas sobre la tectónica del Rif..... | 5 |
| III.—Estudios hidrológicos..... | 21 |
| Estudio geológico de la Península Norte-Marroquí, por E. Dupuy de Lôme y J. Miláns del Bosch..... | 27 |
| Consideraciones generales..... | 27 |
| Descripción geográfica y física..... | 28 |
| Cábil de Anyera..... | 30 |
| — del Hhauz..... | 31 |
| — de Uadrás..... | 31 |
| — del Fahz..... | 31 |
| Orografía..... | 34 |
| Hidrografía..... | 37 |
| Vertiente del Mediterráneo..... | 37 |
| — del Estrecho..... | 38 |
| — atlántica..... | 39 |
| Hidrología..... | 39 |
| Manantiales en el estrato-cristalino..... | 39 |
| — en el cambriano..... | 40 |
| — en el siluriano..... | 41 |
| — en el permiano..... | 42 |
| — en el triásico..... | 42 |
| — en el jurásico..... | 43 |

ÍNDICE

| | Páginas |
|--|------------|
| Manantiales en el cretáceo..... | 47 |
| — en el eoceno..... | 47 |
| — en el oligoceno..... | 49 |
| — en el mioceno..... | 52 |
| — en el plioceno..... | 52 |
| — en el cuaternario..... | 53 |
| Meteorología..... | 54 |
| Estrato-cristalino..... | 61 |
| Cambriano..... | 66 |
| Siluriano..... | 74 |
| Permiano..... | 80 |
| Triásico..... | 82 |
| Jurásico..... | 83 |
| Cretáceo..... | 97 |
| Eoceno..... | 103 |
| Oligoceno..... | 128 |
| Mioceno..... | 135 |
| Plioceno..... | 136 |
| Diluvial..... | 139 |
| Aluvial..... | 140 |
| Notas para el estudio hidrológico del Rif Oriental, por Alfonso del Valle y Pablo F. Yruegas..... | 143 |
| Preámbulo..... | 143 |
| Consideraciones generales..... | 146 |
| Programa de trabajos hidráulicos en Argelia..... | 148 |
| Región litoral o del Tell..... | 150 |
| — de las Altas Mesetas..... | 153 |
| — Sahárica..... | 154 |
| Meteorología..... | 156 |
| Ligera idea orográfica y tectónica..... | 162 |
| Ligera idea de la red hidrográfica..... | 166 |
| Llanura del Garet..... | 175 |
| Terrenos jurásicos..... | 179 |
| — cretáceos..... | 181 |
| Terreno eoceno..... | 182 |
| — oligoceno..... | 186 |
| — mioceno..... | 187 |
| — plioceno..... | 187 |
| — cuaternario..... | 188 |
| Pozos perforados en el llano del Garet..... | 189 |
| Pozos indígenas..... | 189 |
| — europeos..... | 192 |
| — en el poblado de Monte Arrui..... | 195 |
| Calidad de las aguas..... | 196 |

ÍNDICE

| | Páginas |
|--|------------|
| Condiciones del primer manto acuífero subterráneo del Garet..... | 200 |
| Cantidad de agua..... | 201 |
| Calidad de las aguas..... | 202 |
| Conclusiones..... | 204 |
| Llanura del Guerruau..... | 204 |
| Macizo del Kerker..... | 205 |
| — del Hamsa..... | 207 |
| Resumen y conclusiones..... | 215 |
| Cantidad y calidad de las aguas..... | 215 |
| Programa de trabajos hidráulicos..... | 216 |
| Consideraciones sobre la legislación de aguas..... | 218 |
| Nota geológica de las Islas Chafarinas, por Agustín Marín..... | 224 |
| Isla de Isabel II..... | 226 |
| — del Rey..... | 230 |
| — del Congreso..... | 233 |
| APÉNDICE..... | 242 |
| Proyecto de Reglamento para la investigación de aguas en la zona del Protectorado español en Marruecos..... | 242 |
| Régimen de las aguas de Uxda..... | 246 |
| Excursión a Xexauen, por J. Miláns del Bosch..... | 251 |
| Nota acerca de los yacimientos de lignitos y pizarras bituminosas de Rubielos de Mora (Teruel), por Juan Gavala..... | 263 |
| Extensión del tramo lignitífero..... | 288 |
| Pizarras bituminosas..... | 297 |
| El cuaternario de las Canteras de Vallecas (Madrid), por Hugo Obermaier, Paul Wernert y José Pérez de Barradas..... | 303 |
| Los alumbramientos de aguas subterráneas en las manchas terciarias que rodean la bahía de Cádiz, por Juan Gavala..... | 333 |
| Descripción geológica de los terrenos que rodean la bahía de Cádiz..... | 339 |
| Conclusiones..... | 366 |
| Trabajos de la Comisión de Meridianas..... | 369 |
| Meridiana de Huelva..... | 373 |
| — de Ríotinto..... | 375 |
| — de Bilbao..... | 376 |
| — de Puertollano..... | 378 |
| — de Granada..... | 379 |
| — de Teruel..... | 381 |
| — de Hiendelaencina..... | 382 |
| — de Sevilla..... | 383 |
| — de Jerez..... | 384 |

ÍNDICE

| | <u>Páginas</u> |
|---|----------------|
| Meridiana de Vitoria..... | 385 |
| — de Pamplona..... | 381 |
| — de Santa Cruz de Tenerife..... | 387 |
| — de Las Palmas (Gran Canaria)..... | 388 |
| — de Córdoba..... | 389 |
| Bosquejo geológico de la cábila de Beni-Said, del Rif Oriental, por Alfonso del Valle y Pablo F. Yruegas..... | 396 |
| Nota sobre la constitución petrográfica del Monte Mauro (Beni-Said), por Agustín Marín..... | 399 |

LÁMINAS Y PLANOS
INTERCALADOS EN ESTE TOMO

FOTOGRAFÍAS

| | <u>Páginas</u> |
|---|----------------|
| Excmo. Sr. D. Lucas Mallada y Pueyo..... | xv |
| Península Norte-Marroquí. | |
| Crestas calizas del Yebel Musa..... | 87 |
| El Boquete de Anyera..... | 91 |
| Playa y Castillo de Alcázar Seguir..... | 109 |
| Valle eoceno del Uad el Ksar..... | 109 |
| Paleodictyun Mayus.—Valle del Jemis..... | 115 |
| Numulitos empastados en un conglomerado calizo.—Fondak de Ain Yedida..... | 119 |
| Calizas eocenas de Biban..... | 124 |
| Rif Oriental. | |
| Calizas jurásicas y eocenas debajo de la posición de Bu-Aiduz—Barranco de Fum-el-Krima..... | 183 |
| Cerro denominado «El Dedo», cerca de Batel..... | 185 |
| Capas cretáceas en Bu-Slafén..... | 209 |
| Pozos de Bu-Slafén..... | 210 |
| Xexauen. | |
| Vista general de Xexauen..... | 253 |
| Cresta de caliza jurásica en el Yebel Kaláa..... | 257 |
| Una calle de la ciudad..... | 259 |

MICROFOTOGRAFÍAS

| | |
|--|-----|
| Andesita general de la Isla..... | 226 |
| — del acantilado NE. de la Isla..... | 228 |
| Litofisa en una andesita..... | 228 |
| — — — | 230 |
| Andesita del acantilado N. de la parte central de la Isla..... | 230 |
| — del mismo sitio que la anterior..... | 230 |
| — de la parte oriental y N. de la Isla..... | 230 |

ÍNDICE

| | <u>Páginas</u> |
|--|----------------|
| Nódulos en la andesita..... | 232 |
| Andesita de la base de la Isla..... | 234 |
| — — — | 234 |
| — — — | 234 |
| — — — | 234 |
| Traqui-andesita de lo alto de la Isla..... | 234 |
| — — — | 234 |
| — — — | 234 |
| — — — | 234 |
| Roca del acantilado S. de la Isla..... | 236 |
| — — — | 236 |

PLANOS

- Mapa geológico de la Península Norte-Marroquí.
- Cortes transversales de la Península Norte-Marroquí.
- Mapa hipsométrico del Rif Oriental.
- Mapa pluviométrico del Rif Oriental.
- Mapa hidrográfico del Rif Oriental.
- Plano de la situación de los pozos existentes en la llanura del Garet.
- Croquis para el estudio hidrogeológico de las llanuras del Garet y del Guerrauu.
- Croquis del terreno comprendido entre Tetuán y Xexauen.
- Mapa geológico e hidrológico del Puerto de Santa María y Puerto Real.
- Mapa de Rubielos de Mora (Teruel).
- Bosquejo geológico de la cábila de Beni-Said, del Rif Oriental.

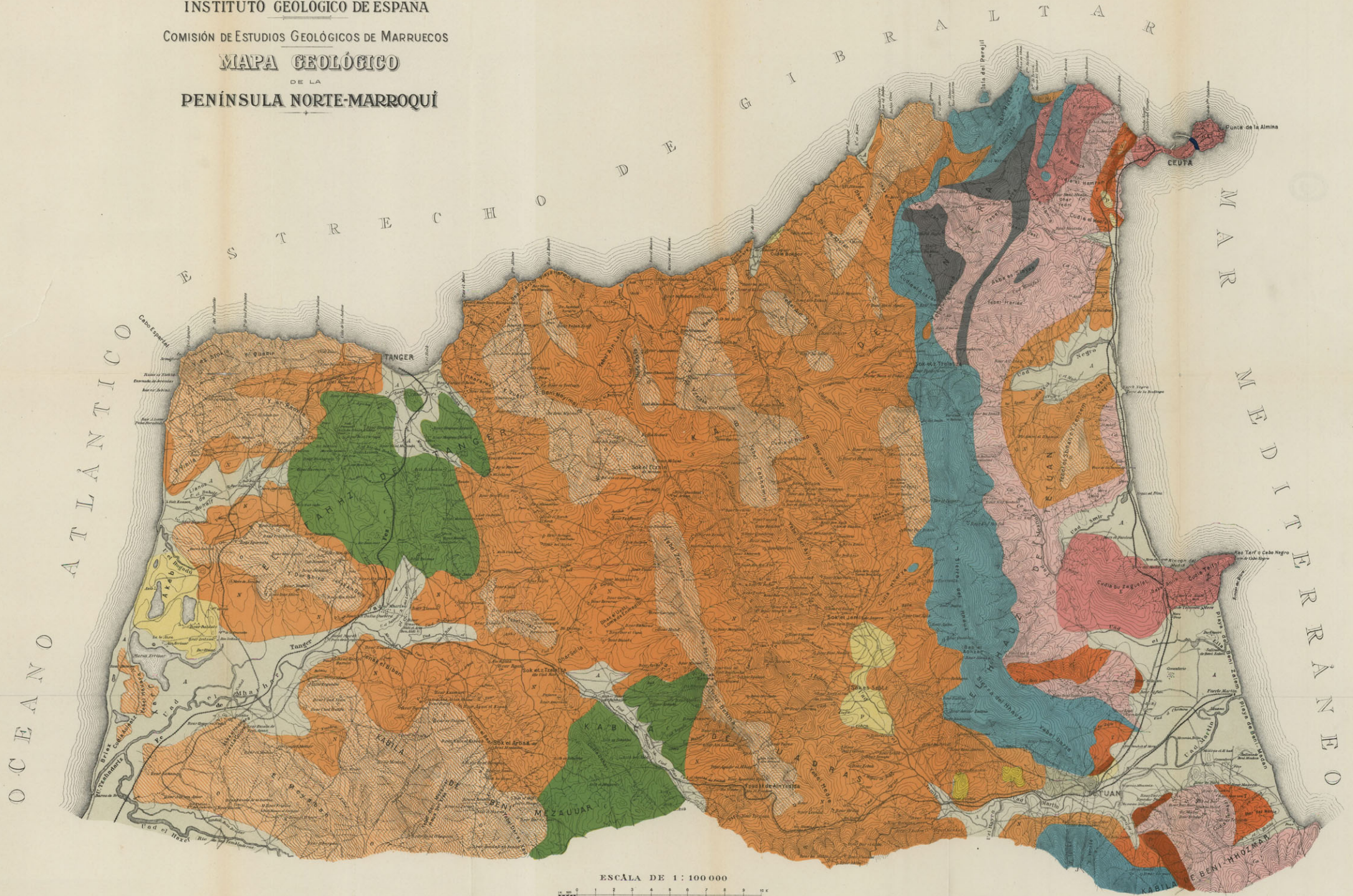
LÁMINAS

| | <u>Páginas</u> |
|---|----------------|
| LÁM. I.—Vista general de las Canteras de Vallecas (Madrid) | 307 |
| LÁM. I.—Vista de la trinchera principal del ferrocarril de las Canteras de Vallecas (Madrid)..... | 307 |
| LÁM. II.—Esquema geológico del corte W de la trinchera principal del ferrocarril de las Canteras de Vallecas (Madrid) | 311 |
| LÁM. III.—Pequeño anticlinal de materiales terciarios y cuaternarios..... | 315 |
| LÁM. IV.—Vista del corte E de la trinchera principal del ferrocarril de las Canteras de Vallecas (Madrid).. | 321 |

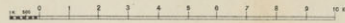




INSTITUTO GEOLOGICO DE ESPAÑA
 COMISIÓN DE ESTUDIOS GEOLOGICOS DE MARRUECOS
MAPA GEOLOGICO
 DE LA
PENÍNSULA NORTE-MARROQUÍ



ESCALA DE 1 : 100 000



| | |
|---|-----------|
| A | Alvariz |
| B | Diluvial |
| P | Plioceno |
| M | Mioceno |
| O | Oligoceno |

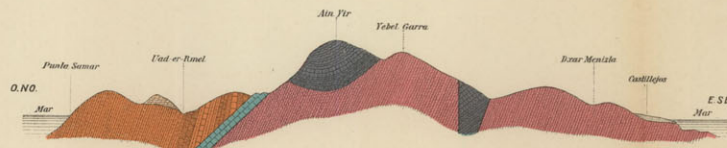
| | |
|---|-----------|
| X | Eoceno |
| Y | Oligoceno |
| Z | Aurácico |
| T | Terciario |

| | |
|---|---------------------|
| 1 | Permiano |
| 2 | Siluriano |
| 3 | Cambriano |
| 4 | Estrato cristaliano |
| 5 | Prehistórico |

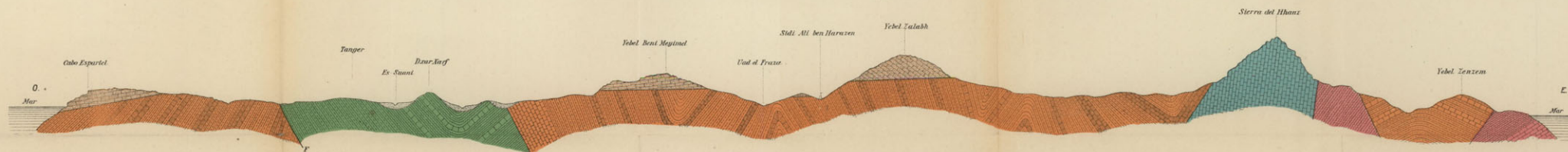


INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA
 COMISIÓN DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS DE MARRUECOS
 CORTES TRANSVERSALES DE LA PENÍNSULA NORTE-MARROQUÍ

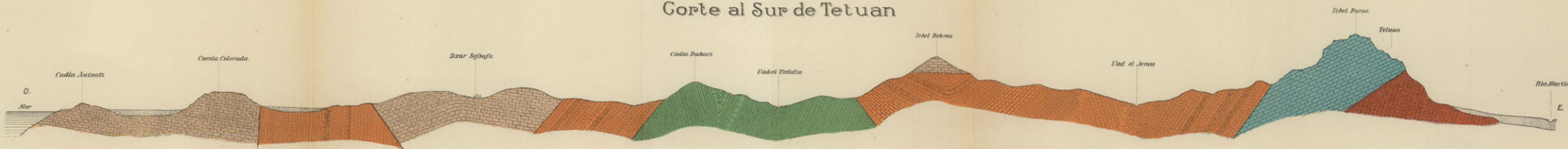
Nº I
 Corte por Ain Yir



Nº II
 Corte al Sur de Tanger



Nº III
 Corte al Sur de Tetuan

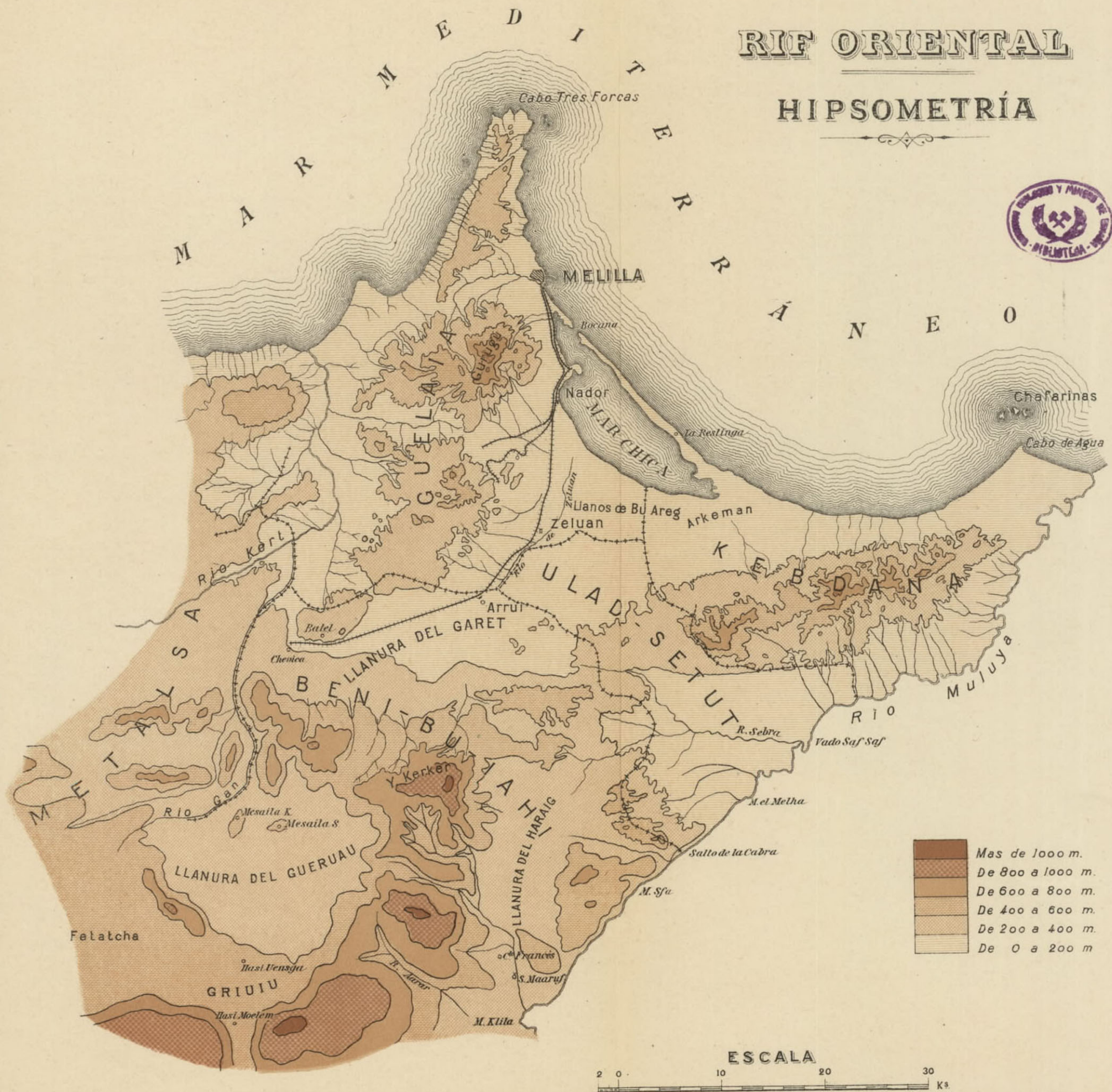


| | | |
|-----------------------------|--|-----------|
| Arenas y limas | | Aluvial |
| Arenas | | Oligoceno |
| Margas | | Eoceno |
| Margas, calizas y areniscas | | |
| Calizas con marmitilla | | |

| | | |
|------------------------|--|-----------|
| Margas y calizas | | Cretácico |
| Margas finísimas | | |
| Calizas | | Jurásico |
| Calizas con marmitilla | | Triásico |

| | | |
|----------|--|-----------|
| Pizarra | | Siluriano |
| Cuarcita | | |
| Calizas | | Cambriano |
| Calizas | | |

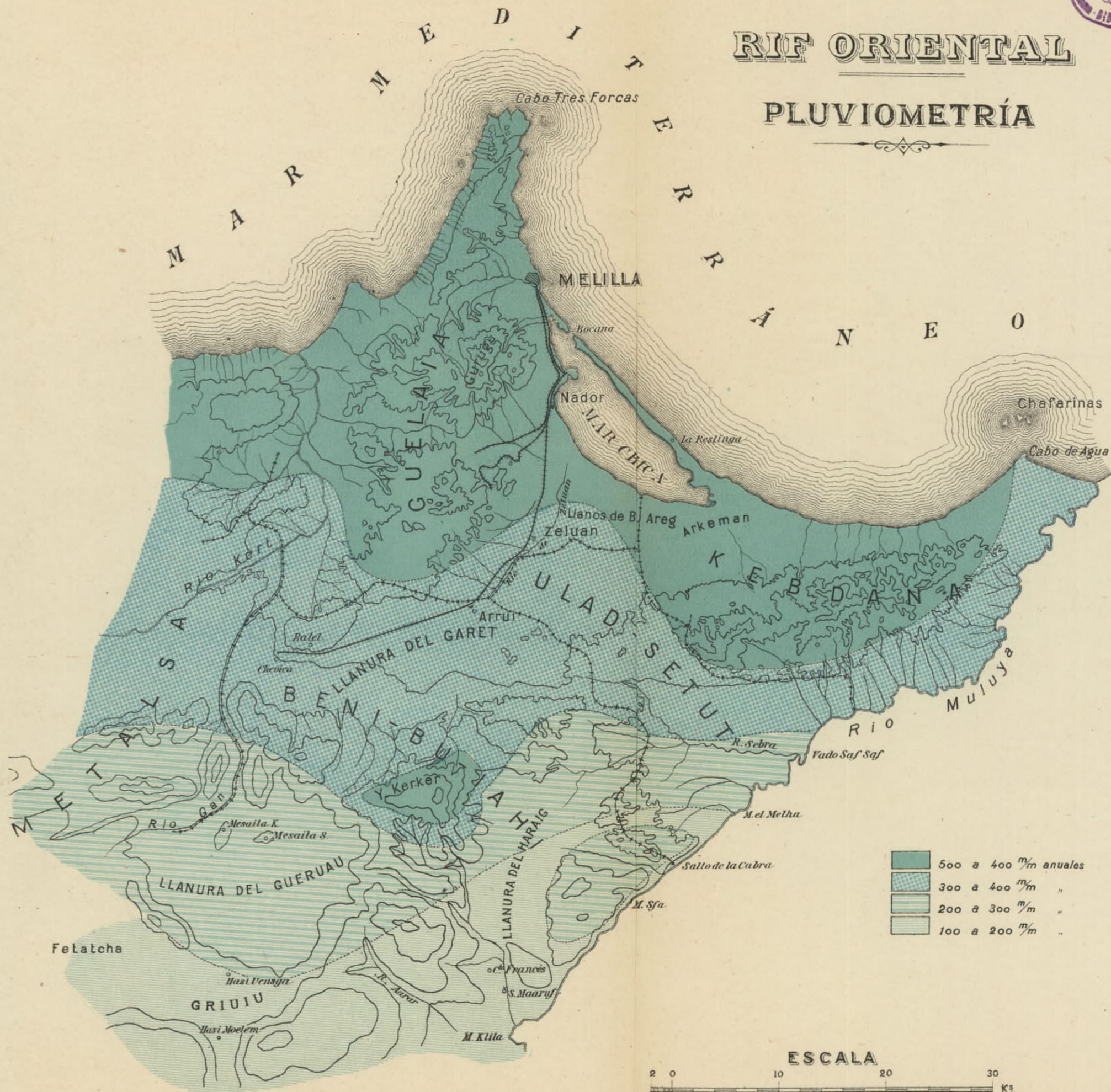
Escala de 1:100.000.
 Alturas: 5 veces mayores





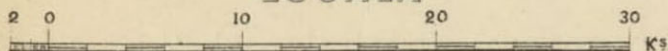
RIF ORIENTAL

PLUVIOMETRÍA



| | |
|--|-------------------------|
| | 500 a 400 m/m anuales |
| | 300 a 400 m/m " |
| | 200 a 300 m/m " |
| | 100 a 200 m/m " |

ESCALA

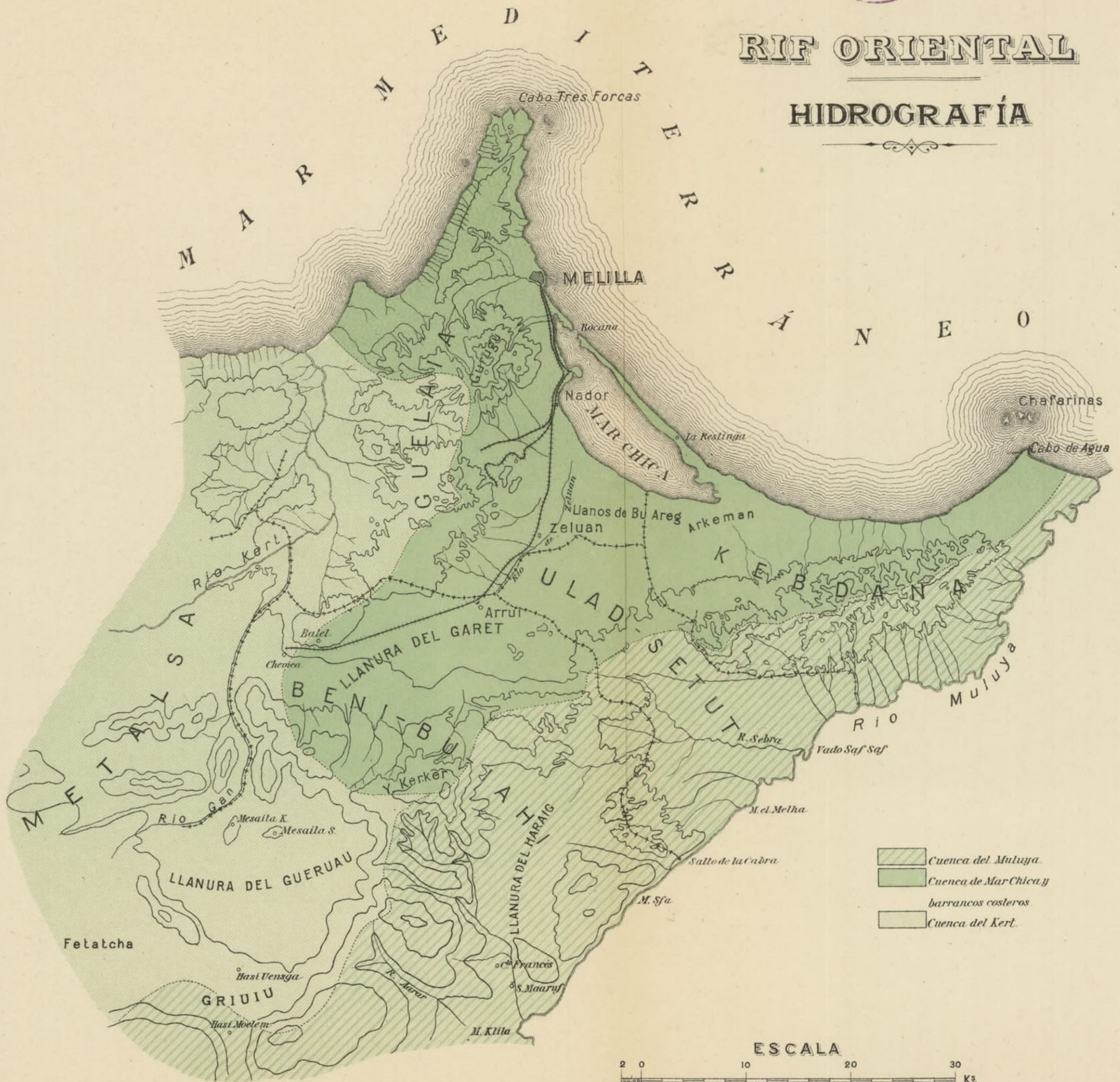


Equidistancia de las curvas 200 m/m .



RIF ORIENTAL

HIDROGRAFÍA

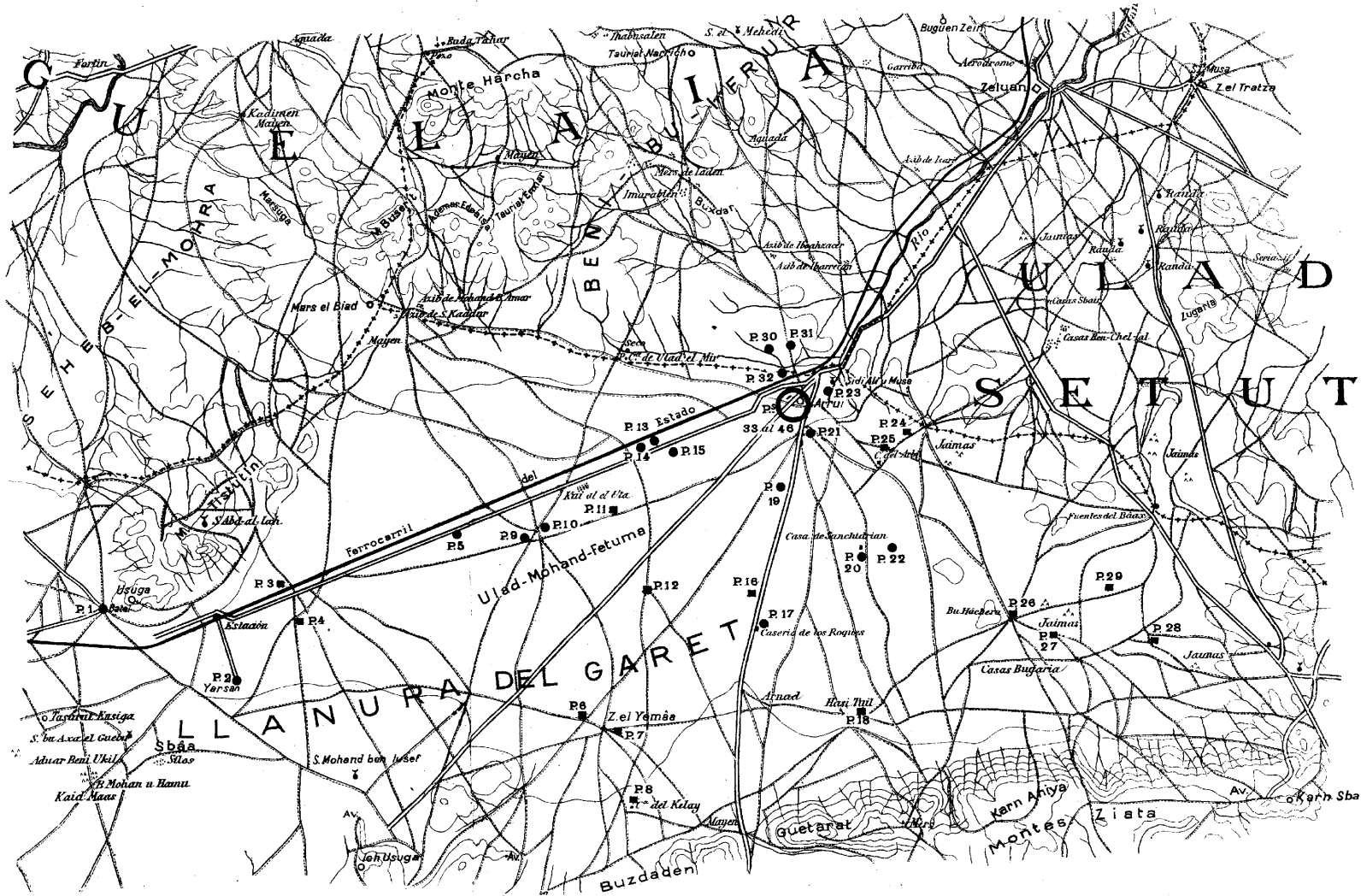




Instituto Geológico de España

COMISIÓN DE ESTUDIOS GEOLOGICOS DE MARRUECOS

SITUACION DE LOS POZOS EXISTENTES EN LA LLANURA DEL GARET



Pozos europeos

| | |
|--------|-----------|
| ● P. 1 | P. 20 |
| 2 | 21 |
| 5 | 22 |
| 9 | 23 |
| 10 | 30 |
| 13 | 31 |
| 14 | 32 |
| 15 | 33 a l 46 |
| 19 | |

Pozos indígenas

| | |
|--------|-------|
| ■ P. 3 | P. 18 |
| 4 | 24 |
| 6 | 25 |
| 7 | 26 |
| 8 | 27 |
| 11 | 28 |
| 12 | 29 |
| 16 | |

ESCALA



LIT. COULLAUT-PLAZA DE LOS MOSTENSES. P. MADRID.

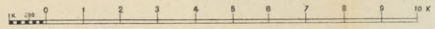


INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

COMISIÓN DE ESTUDIOS GEOLÓGICOS DE MARRUECOS

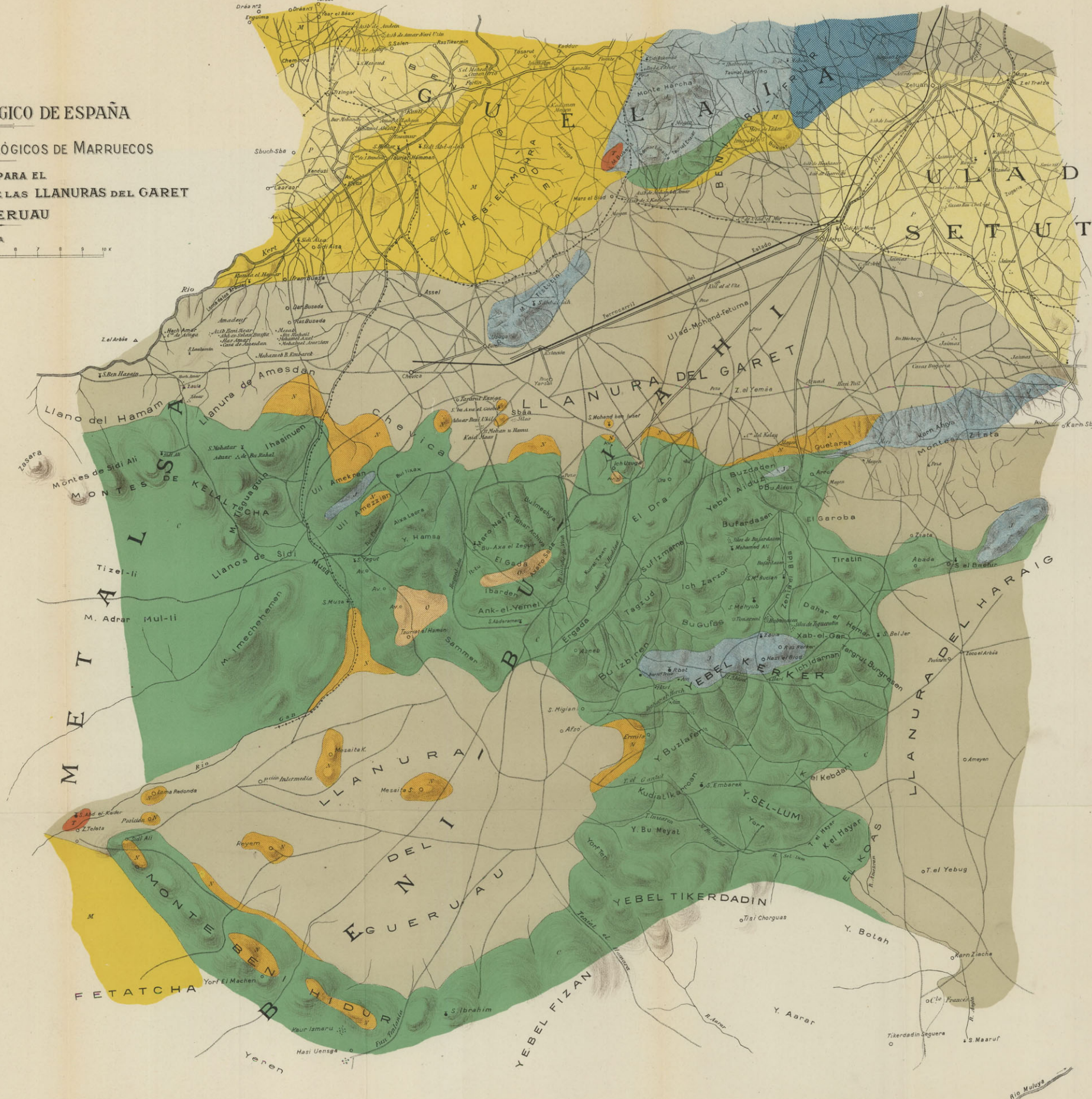
CROQUIS PARA EL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS LLANURAS DEL GARET Y DEL GUERUAU

ESCALA



EXPLICACIÓN

- Cuaternario
- Plioceno
- Mioceno
- Oligoceno
- Eoceno
- Cretácico
- Jurásico
- Triásico
- Hipoceno



CROQUIS DEL TERRENO COMPRENDIDO ENTRE TETUAN Y XEXAUEN.



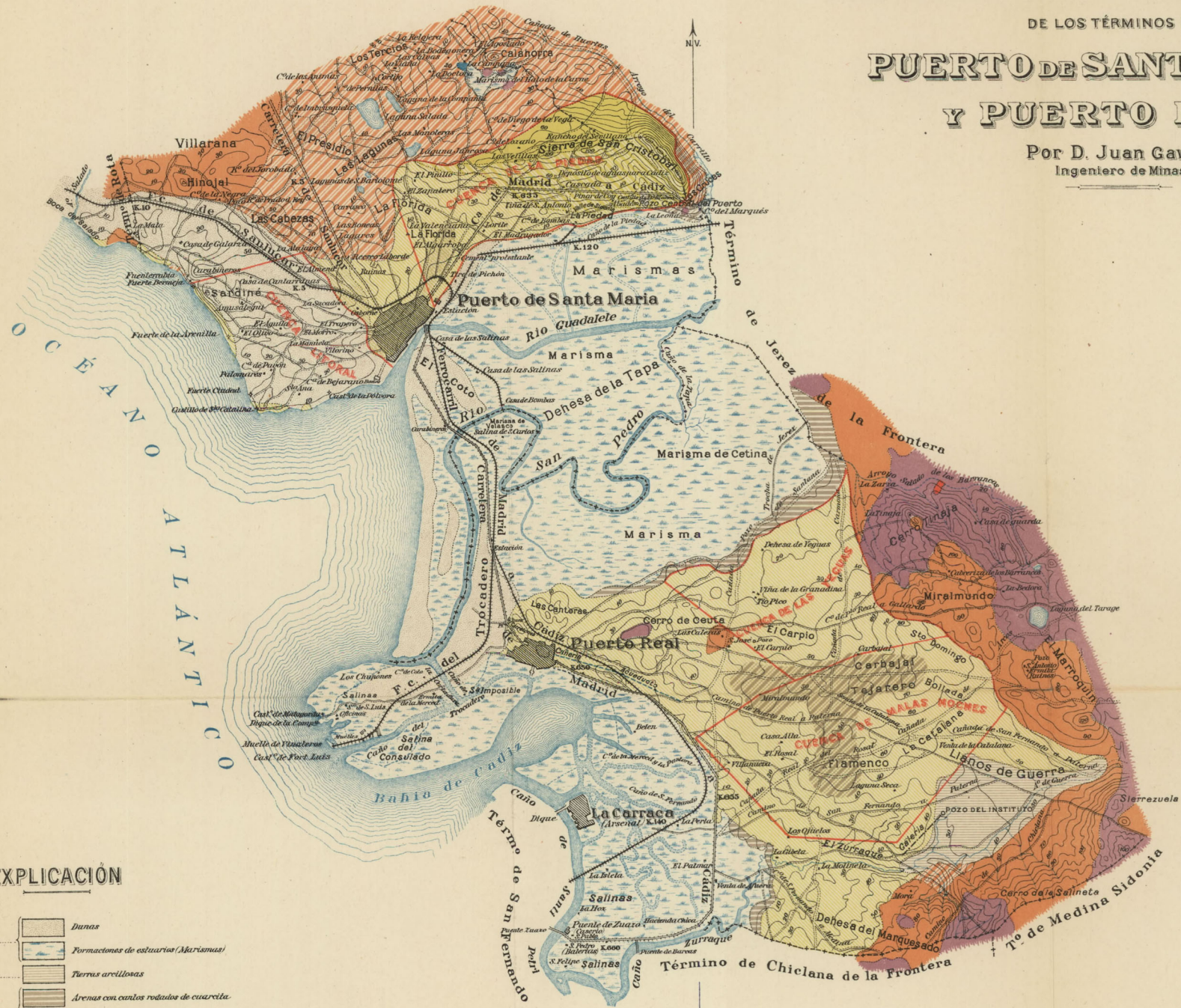


MAPA GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO

DE LOS TÉRMINOS DEL

PUERTO DE SANTA MARIA Y PUERTO REAL

Por D. Juan Gavala,
Ingeniero de Minas.



EXPLICACIÓN

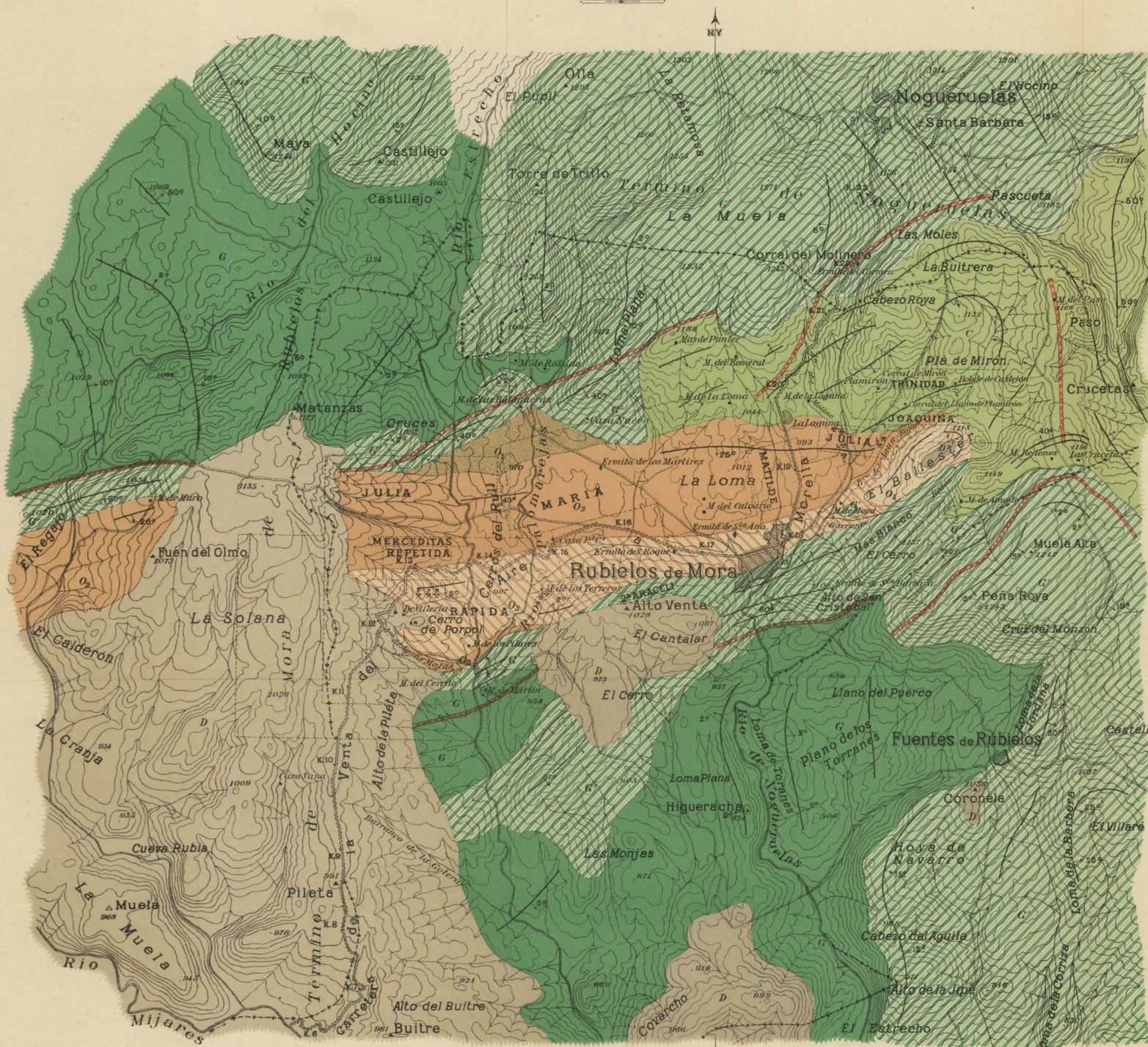
| | | |
|--------------------|--|---|
| Aluvial | | Dunas |
| | | Formaciones de estuarios (Marismas) |
| Actual | | Tierras arcillosas |
| | | Arenas con cantos rodados de cuarcita |
| Diluvial | | Travertinos |
| Plioceno: Astiense | | Caliza oolítica y arenas conchíferas |
| Mioceno: | | Caliza tosca |
| | | Arcillas arenosas amarillentas |
| Oligoceno | | Arcillas de diatomeas (albarizas) |
| Eoceno: Flysch | | Calizas con Nummulites, arcillas verdes y calizas tabulares |
| Jurásico | | Calizas blancas |
| Trias: Keuper | | Carbón y yeso |
| Hipogénico | | Qlitas |
| | | Límites de las cuencas subterráneas |

Escala 1:100.000



MAPA GEOLÓGICO DE LA CUENCA LIGNITO-PETROLÍFERA DE RUBIELOS DE MORA (TERUEL)

Por D. Juan Gavala.
Ingeniero de Minas.



EXPLICACION

- Diluvial? D Conglomerados.
- O₁ Molasas.
- Oligoceno O₂ Pizarras bituminosas.
- O₃ Molasas y margas rojas y verdes (nivel de las lignitas).
- O₄ Arenas rojizas y arenillas verdes.
- Cenomanense C Areniscas, feldespatitas y arcillas.
- Aptense A Calizas.
- Urgonense? G Areniscas silíceas y margas verdes y moradas.
- Dirección y buzamiento de las capas.
- Fracturas que originaron la cuenca terciaria.
- Afloramientos de lignito.
- H. de pizarras bituminosas.

Escala de 1:50.000

Equidistancia de las curvas 20 m^s

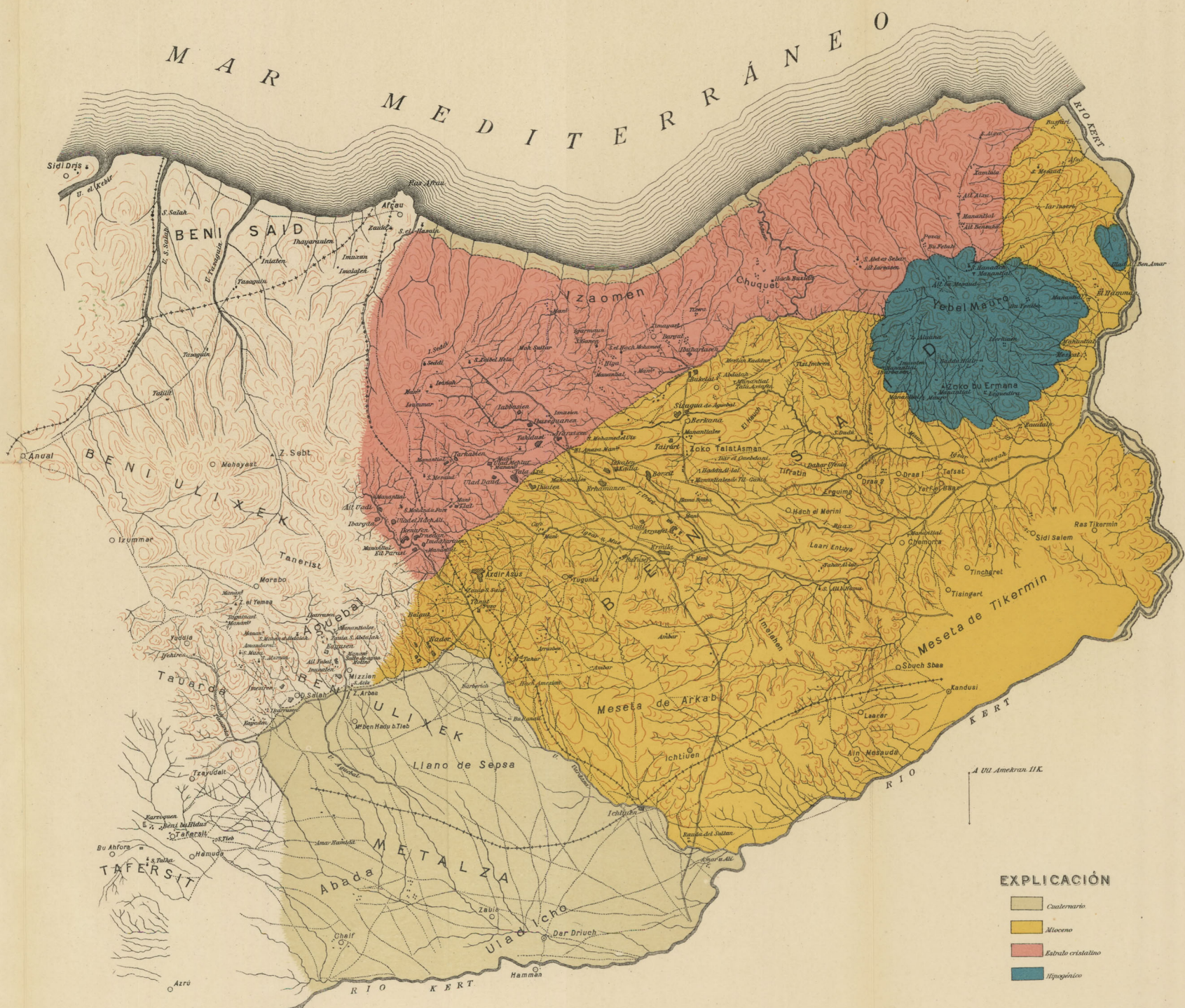
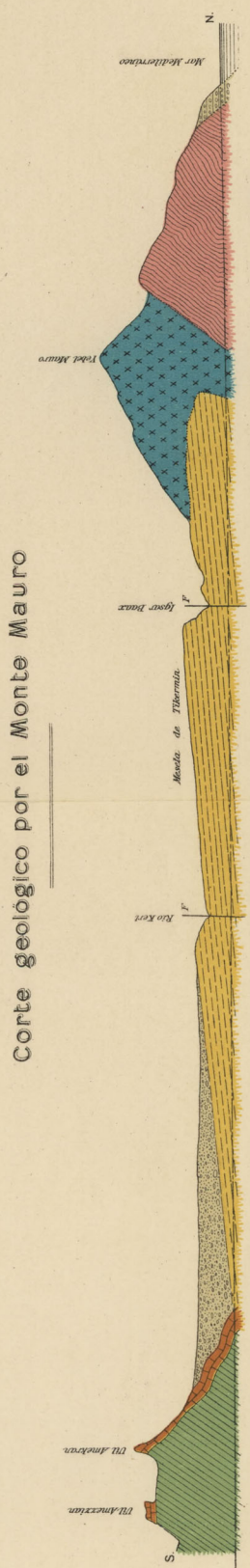


INSTITUTO GEOLÓGICO DE ESPAÑA

COMISIÓN DE MARRUECOS

BOSQUEJO GEOLÓGICO DE LA CÁBILA DE BENI-SAÏD

DEL RIF ORIENTAL.



EXPLICACIÓN

- Cuaternario
- Eoceno
- Estrato cristallino
- Hipogéico
- Cretáceo
- Mioceno

Escala 1:100,000