

BOLETIN

DEL

INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

II/2-2-1

BOLETÍN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA

TOMO LI



TOMO XI
TERCERA SERIE
(1929)

MADRID
TIP. Y LIT. COULLAUT
MARÍA DE MOLINA, 106
1929

El Instituto Geológico y Minero 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.

PERSONAL DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

<i>Director</i>	Excmo. Sr. D. Luis de la Peña.
<i>Vocales</i>	Sr. D. Alfonso Fernández y M. Valdés.
—	Sr. D. Manuel Sancho Gala.
—	Sr. D. Manuel Ruiz Falcó.
—	Sr. D. Agustín Marín y Bertrán de Lis.
—	Sr. D. Augusto de Gálvez-Cañero.
—	Sr. D. Alfonso del Valle Lersundi.
<i>Vocal Secretario</i>	Sr. D. Guillermo O'Shea.
<i>Vocales</i>	Sr. D. Primitivo Hernández Sampelayo.
—	Sr. D. José de Gorostizaga.
—	Sr. D. José García Siñeriz.
—	Sr. D. Enrique Dupuy de Lôme.
—	Sr. D. Juan Gavala.
—	Sr. D. Alfonso de Alvarado.
—	Sr. D. Pablo Fernández Iruegas.
—	Sr. D. Joaquín Mendizábal.
—	Sr. D. Javier Milans del Bosch.
—	Sr. D. Antonio Carbonell T.-F.
<i>Ingenieros agregados</i>	Sr. D. Enrique Rubio.
—	Sr. D. Manuel de Cincúnegui.
—	Sr. D. Agustín de Larragán.
<i>Ingeniero auxiliar</i>	Sr. D. José Meseguer Pardo.
<i>Ingenieros Ayudantes</i>	Sr. D. Antonio de Larrauri Mercadillo.
—	Sr. D. Manuel Pastor Mendivil.
—	Sr. D. Ricardo Madariaga Rojo.
—	Sr. D. Carlos Orti Serrano.
—	Sr. D. José Cantos Sainz de Carlos.

INGENIEROS AL SERVICIO DEL INSTITUTO

Sr. D. Laureano Menéndez Puget

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

<i>Director del Laboratorio</i>	Sr. D. Enrique Hauser.
<i>Profesor de Geología</i>	Excmo. Sr. D. Pedro de Novo y Chicarro.
— <i>de Paleontología</i>	Sr. D. Luis Jordana.
— <i>de Mineralogía</i>	Sr. D. Enrique de Pineda.
— <i>de Química analítica</i> ..	Sr. D. Manuel Abbad.
— <i>de Topografía</i>	Sr. D. Miguel Langreo.

PRÓLOGO

El tomo presente del Boletín contiene trabajos de una gran importancia y de especial interés, por referirse la mayor parte a asuntos de gran trascendencia nacional.

Los dos primeros hacen referencia a los reconocimientos que, por iniciativa de la Comisión de Estudio del Túnel del Estrecho de Gibraltar, realiza el Instituto Geológico y Minero, para conocer si es posible su ejecución, y en este caso, continuar el examen, de este importantísimo proyecto.

La posibilidad, en efecto, de construir una obra de tan extraordinaria importancia, que permitiría comunicar los ferrocarriles europeos y africanos, haciendo que el tráfico entre ambos continentes se realizara a través de España, con gran ventaja para nuestra nación, depende de las condiciones de su realización, que, fundamentalmente consiste en la manera de atravesar el Estrecho por una zona suficientemente impermeable, para que las obras de defensa del Túnel sean prácticamente realizables. Por tal razón la Comisión nombrada, en sus primeras sesiones, convino en que era fundamental el estudio geológico de ambas orillas del Estrecho, y preciso, antes que nada, reconocerlas para buscar terrenos impermeables con continuidad

entre ambas orillas del Estrecho para poder ejecutar el túnel.

Afortunadamente para la Comisión y para el Instituto, los Ingenieros de Minas afectos a esta casa, Sres. Gavala y Dupuy de Lôme, conocían admirablemente la geología de las dos orillas del Estrecho, y rápidamente hicieron el estudio de detalle que les fue encomendado, produciendo dos trabajos y que contienen tal cantidad de datos y tan profundo estudio, que la Dirección ha creído conveniente colocarlos a la cabeza de este tomo del Boletín. Permiten en efecto, darse cuenta exacta de la geología del Estrecho de Gibraltar, que tanto interés presenta, no sólo desde el punto de vista especial que ha servido para encargarse de estos estudios, como por la importancia que para el conocimiento de la constitución de España, tiene el propio examen geológico del Estrecho.

Siguen a estos dos trabajos referentes a la geología del Estrecho, los relacionados con el reconocimiento de cuencas potásicas, originales de los Ingenieros de este Instituto, Sres. Marín y Valle, jefes respectivos de las regiones Noreste y Norte, en las que la investigación de zonas potásicas españolas tiene una gran importancia.

El trabajo del Sr. Marín se refiere a la reserva que el Estado estableció en la región salina de Cataluña, perteneciente a las provincias de Lérida y Barcelona, donde existen multitud de concesiones, en las cuales diferentes empresas particulares han realizado múltiples trabajos que han permitido el reconocimiento de la gran cuenca potásica catalana, en la que están explotando potasa de superior calidad las Empresas de Suria y Explosivos, y pronto la comenzarán otras entidades de la misma categoría.

Dentro de esta zona de reserva han quedado, como propiedad del Estado, grandes extensiones de terreno, que,

aún cuando en su mayor parte parecen salirse de la zona salina, en alguna extensión existe aun probabilidad de constituir explotaciones remuneradoras.

Para reconocer estas extensiones, que son propiedad del Estado, y determinar además los límites de la cuenca, el Sr. Marín, que, desde el descubrimiento de esta zona potásica viene dedicando la mayor atención e interés a este problema, y ha publicado dos volúmenes dedicados a estos estudios, que han tenido un verdadero éxito por el mérito de su contenido, fue encargado por la Dirección de proponer la forma más conveniente y económica de hacer estas investigaciones, y con su competencia y conocimiento de la materia, realizó un estudio, que es el que figura en este Boletín, cuyas conclusiones se están llevando actualmente a la realidad.

Del mismo modo, el Sr. Valle ha redactado un informe muy interesante referente a la posible existencia de una cuenca potásica en Navarra, deducida de las indicaciones que los análisis hechos en el laboratorio de este Instituto, de las aguas procedentes de las salinas de Navarra, en las que se encontró una cantidad de potasa comparable a la que daban las fuentes más potásicas de la zona catalana.

Conviene, para dar a conocer la importancia de los estudios que el Instituto está realizando para ejecutar el nuevo Mapa Geológico en escala de 1:50.000, hacer notar el origen de este descubrimiento, cuya importancia desconocemos por el momento y que se comprobará en las investigaciones que, al escribir estas notas, han empezado a ejecutarse.

En los estudios que se hacen para confeccionar cada memoria explicativa de las hojas del mapa, se atiende, entre otras cosas, a las condiciones y calidad de las aguas

de la región, siendo costumbre analizarlas cuidadosamente, puesto que los principios que estas aguas llevan en disolución, dan indicaciones muy interesantes acerca de la composición del subsuelo por donde corren, antes de surgir a la superficie. Así se hizo con las aguas de la Hoja de Tafalla, que bajo la dirección del Sr. Valle se confecciona, y al hacer este análisis se encontró la cantidad extraordinaria de potasa que contienen las aguas de las diferentes salinas que existen en los alrededores de Pamplona, muy ricas además, en la sal común que allí se beneficia.

Que la potasa disuelta es señal de que ésta existe subterráneamente es indudable; pero que haya o no haya gran cantidad y que quizás la que hubiera está terminándose de disolver, es una cuestión que merece su esclarecimiento, y de ahí el informe tan cuidadosamente hecho por el Sr. Valle respecto de la forma y manera mejor de investigar este problema de gran interés nacional.

Manteniendo el Instituto su criterio de prestar atención cuidadosa a los estudios de carácter industrial, relacionados con la minería española, se inserta en el Boletín un interesante informe, original del distinguido Ingeniero, Vocal de este Centro, D. Alfonso de Alvarado, acerca de «Yacimientos españoles de plomo, zinc y metales afines». En él se estudian criaderos de las provincias de Santander y Palencia, tan importantes como los de Reocín y Triollo de la cordillera Cantábrica, haciéndose muy atinadas observaciones relativas a su formación y constitución.

Se hace la observación de que los yacimientos colaminíferos superficiales de Santander se prolongan en profundidad, como formaciones sulfuradas del grupo pirita-galena-blenda, constituyendo reservas aun poco conoci-

das, que según el autor del trabajo, deben alcanzar grandes cubicaciones.

A este género de estudios pertenece también la nota, original del Ingeniero de este Instituto D. José de Gorostiza, titulada «Yacimientos de fosfato de la Sierra de España», que ha sido estudiado por él con gran competencia y que tiene el extraordinario interés de referirse a un género de minerales cuya existencia y reconocimiento es tan importante para la economía nacional.

«Los yacimientos prehistóricos de los alrededores de Madrid» se titula un importantísimo estudio, original de D. José Pérez de Barradas, que se inserta a continuación. El Sr. Pérez de Barradas, Doctor en Ciencias, ha ganado por oposición el cargo de Conservador del Museo Municipal de Madrid y ha demostrado, con anterioridad a la publicación de este completísimo estudio, su gran competencia en la materia.

La Dirección del Instituto ha considerado un deber el facilitar la divulgación de este estudio, tanto más cuanto que el Cuaternario y la Prehistoria de otras regiones de España han sido en esta Casa, y en épocas diversas, objeto de exploración y de fructuosas investigaciones.

De la meritoria labor que el trabajo representa, se juzga fácilmente con la lectura de esta notable Memoria.

Otra materia a la cual viene el Instituto prestando atención preferente, es la relacionada con la existencia y utilización de combustibles líquidos nacionales. A ella se refiere una nota, original de D. Luis Montesino, Marqués de Morella, que ha recogido en su trabajo datos de positivo valor, haciendo un examen comparativo de la situación de diversos países, describiendo, al mismo tiempo, los procedimientos actualmente más en boga, especialmente en Alemania, donde, como es sabido, el problema

de la producción de combustibles líquidos está muy cerca de ser enteramente resuelto.

El Sr. García Siferiz, cuya competencia y méritos han sido ya justificados en anteriores publicaciones, inserta, en este tomo del Boletín, un «Estudio Geofísico previo de la falla del Guadalquivir», deducido de sus investigaciones y estudios geofísicos, realizados personalmente en la zona a que el trabajo se refiere. No es necesario decir la atención y cuidado puestos por el autor en su trabajo.

Por último, el mismo autor, con la colaboración del Ingeniero Sr. Mendizábal, da cuenta en una nota, titulada «El XV.º Congreso Geológico Internacional», verificado en Pretoria del 29 de julio al 7 de agosto de 1929, de las sesiones de este interesante Congreso Internacional y de la activa participación que ha tomado España en sus trabajos, representando a nuestro país estos dos distinguidos Ingenieros.

En conjunto, la Dirección ha procurado que no décaiga el gran interés de las publicaciones de este Centro.

LUIS DE LA PEÑA

LA GEOLOGÍA DEL ESTRECHO DE GIBRALTAR

INFORME QUE PRESENTA A LA COMISIÓN DE ESTUDIO DEL
TÚNEL BAJO EL ESTRECHO DE GIBRALTAR, EL VOCAL
D. JUAN GAVALA Y LABORDE, INGENIERO
DE MINAS, DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MI-
NERO DE ESPAÑA

**LA GEOLOGÍA
DEL
ESTRECHO DE GIBRALTAR**

Ningún problema de índole geológica ha interesado tanto últimamente a los hombres de ciencia de Europa como los que plantea el desconocido enlace tectónico de la Península Ibérica con el Continente africano a través de la brecha del Estrecho de Gibraltar. No hace todavía tres años que el Instituto Geológico de España publicó, con un nuevo mapa de la provincia de Cádiz, el detalle estructural de las cadenas de montañas de la Cordillera Penibética que cruzan el Campo de Gibraltar y mueren a orillas del mar, a uno y otro lado de la Punta de Tarifa, por lo que, ninguna base rigurosamente científica había servido de apoyo a las teorías expuestas con anterioridad acerca del origen del gran canal que comunica el Mediterráneo con el Atlántico. Ante el desconocimiento de la historia geológica del extremo meridional de España no es extraño que las hipótesis relativas a la formación del Estrecho versaran únicamente sobre el último accidente o cataclismo geológico que determinó la fusión de las aguas de ambos mares, sin ahondar en las causas que desde edades remotas de la historia del Globo laboraron en su formación, encauzaron los movimientos orogéni-

cos en esa parte de la corteza terrestre y presidieron las sedimentaciones de las potentes hiladas de roca en cuya masa se habían de producir más tarde los fenómenos de erosión que terminaron de excavar el profundo valle submarino que separa en la actualidad a España de África.

Rasgos tectónicos y estratigráficos de la región del Estrecho.—*Interrupción del macizo bético. Cambio de dirección de las cadenas penibéticas.*—Si se echa una ojeada al mapa geológico de la provincia de Cádiz, publicado por el Instituto Geológico de España en los años 1926 y 1927, y del que es autor el que estas líneas escribe, uno de los rasgos tectónicos que más salta a la vista es la brusca interrupción del macizo antiguo bético a la altura de Gaucín y Casares: la desaparición de la ancha faja de terrenos hipogénicos, estrato-cristalinos y paleozoicos que sirve de respaldo y apoyo a las capas jurásicas empinadas y aun volcadas que arman las cadenas interiores de la Penibética, y que ante un mapa geológico de las costas hispano-marroquíes, la vista tiende a enlazar con la de terrenos, también antiguos, de la Cordillera de Anyera.

Otro rasgo saliente de la estructura geológica del extremo sur de nuestra Península es la falta de asomos triásicos entre el borde del Macizo antiguo y la línea tectónica más señalada de la comarca, la gran línea de fractura Majaceite-Barbate (1), que pasa al pie de las montañas jurásicas de Ubrique, bordea la Saucedá de Cortes y llega al Océano siguiendo el valle del Barbate, falta que contrasta con los repetidos afloramientos de margas, ye-

(1) J. G a v a l a. Regiones petrolíferas de Andalucía. «Bol. del Instituto Geol.» tomo XXXVII.

sos, calizas y areniscas del Keuper (con su cortejo de rocas hipogénicas ofíticas) que se registran en la región de colinas comprendida entre la falla del Barbate y el valle del Guadalete, hasta el punto que podría asegurarse que un corte horizontal de esa parte de la provincia de Cádiz trazado a nivel del mar apenas encontraría más rocas que las del terreno triásico. Sobre la masa plástica de sus sedimentos, parecen flotar en esta región, tan repetida e intensamente denudada, los restos fragmentados de otras formaciones secundarias o terciarias.

La brusca desaparición del Macizo bético en la línea Gaucín-Casares repercute en la configuración de los grupos montañosos que desde el Pico del Aljibe y la Saucedá de Cortes, se extienden hasta el Estrecho, y que en Cádiz se designan con el nombre de "Sierras del Campo de Gibraltar". Estas sierras, que comienzan a dibujarse donde terminan las alturas jurásicas de Ubrique y de Cortes, están constituidas casi por entero por la arenisca oligocena denominada Arenisca del Aljibe (1) que se agrupan en su extremo septentrional en cadenas paralelas que se dirigen de Norte a Sur, lo mismo que las sierras jurásicas de Algotocín y Casares, que deben la dirección de sus estratos y, por lo tanto, de sus crestas, como está bien de manifiesto en el mapa geológico, a la de los acantilados o escarpas que limitan el Macizo bético, contra el cual se apoyan; mas a partir de la línea que une a Alcalá de los Gazules con San Roque cambia radicalmente la dirección de los estratos de la Arenisca del Aljibe y con ella la orientación de las cumbres de los montes, quedando alineadas las cadenas de Noroeste a Sudeste. En la zona

(1) J. G a v a l a. Regiones petrolíferas de Andalucía. «Bol. Instituto Geológico», tomo XXXVII.

donde las capas se dirigen de Norte a Sur, la faja montañosa mide unos 20 kilómetros de anchura; cuando se cambia esa dirección por la de Noroeste a Sudeste la faja se ensancha, y llega a ocupar espacio de 40 kilómetros en las inmediaciones de la costa.

Haber revelado ese cambio tan trascendental en la estructura de las cadenas penibéticas que constituyen las sierras del Campo de Gibraltar es acaso el resultado más interesante de los obtenidos con el levantamiento del mapa tectónico de la provincia de Cádiz, y, como veremos, ese cambio ha de servirnos de punto de partida para interpretar varios fenómenos geológicos relativos al enlace de Europa con África a través del Estrecho, que hasta ahora no habían tenido explicación satisfactoria.

Bordes de la parte rígida del Istmo hispano-africano. Fallas del Barbate y del Guadiaro.—Como dijimos antes, forma el límite occidental de las sierras del Campo de Gibraltar la gran línea de fractura Majaceite-Barbate; define el oriental otra importantísima falla, prolongación de la fosa del Guadiaro, que pasa al pie del cerro donde está edificado el pueblo de Jimena de la Frontera, sigue el cauce del Guadarranque y bordea la Bahía de Algeciras.

Interesantísimas son las trazas de esas dos fallas en relación con la geología hispano-africana; prolongada la primera, pasa por Cabo Espartel y determina la alineación de la costa occidental de África; la segunda pasa sin perder su dirección a través del Estrecho, aparece con los mismos caracteres que en España al pie del Dyebel Musa, y separa el Jurásico del área hundida que se extiende a Poniente del monte y que ocupa el Eoceno. Son por lo tanto las capas terciarias, margas eocenas y Are-

niscas del Aljibe, que forman las sierras del Campo de Gibraltar y todo el sistema de alturas comprendido entre el Dyebel Musa y Cabo Espartel, las que al surgir del fondo del mar en la época de los plegamientos alpinos establecieron un lazo de unión de Europa con África, y la parte más firme y rígida del istmo es la comprendida entre las dos fallas antes mencionadas, esto es, el elemento de tectónica alpina del que forman parte principalísima las sierras del Campo de Gibraltar. Trastornos o dislocaciones profundas de ese elemento, que datan de la época de su formación, iniciaron la formación del actual Estrecho o al menos prepararon y encauzaron la labor denudadora que había de provocar, andando el tiempo, la unión de los dos mares.

La región de las colinas gaditanas, la que se extiende al Oeste de la falla Majaceite-Barbate, no tiene representación en la geología de la Península norte-marroquí; si alguna vez existió emergida una zona semejante en el continente africano, desapareció ante el ataque de las olas y de las corrientes marinas. La región situada a Levante de la falla del Guadiaro, aunque se prolonga hasta África, surge al otro lado del Estrecho con caracteres distintos, porque la mole jurásica del Dyebel Musa, no corresponde al Peñón de Gibraltar, sino a los asomos de Río Picaro, donde se explotan las canteras del puerto de Algeciras, y la base estrato-cristalina del Jurásico del Dyebel Musa, ni existe en los asomos de Río Picaro, ni está comprobada en el Peñón de Gibraltar.

La línea de fractura del Guadiaro, que pasa por Jimena y un poco al Este de Castellar, coincide con el límite oriental de la zona donde la Arenisca del Aljibe adquiere su desarrollo máximo, cruza la población de Algeciras y sigue hacia Punta Getares, si bien en el último tramo ape-

nas se la reconoce por haber quedado en contacto estratos margosos del Eoceno en uno y otro borde.

Origen de la Bahía de Algeciras.—La Bahía de Algeciras no tiene relación directa e inmediata con esa falla ni con ninguna otra; esa ensenada de la costa española se debe a un fenómeno de denudación fluvio marina, pues es el estuario que excavó el Guadiaro en los comienzos de la era cuaternaria y cuyo relleno por razones especiales no llegó a verificarse; y tiene la forma triangular típica de los deltas interiores sin más modificación que el arqueamiento de los bordes que ha ocasionado posteriormente la ola marina al batir la línea costera. El Río Guadiaro después de excavar su estuario, y antes de comenzar a rellenarlo, fué captado por el Genal, juntamente con el Hozgarganta; su antiguo cauce se reconoce en nuestros días por los mantos de conglomerados, cantos rodados y tierras diluviales que jalonan su traza, que es justamente la del ferrocarril de Bobadilla a Algeciras entre San Pablo y la Almoraima; ese antiguo cauce cruza a cotas muy bajas las actuales divisorias del Guadiaro con el Hozgarganta y de éste con el Guadarranque, y el fenómeno de captación que desvió el curso de estos ríos se debe a erosiones de tan escasa importancia que bastaría levantar dos presas de 50 metros de altura, una en el Guadiaro frente a Jimena, y otra en el Hozgarganta frente a El Tesorillo para convertir de nuevo estos ríos en tributarios, con el Guadarranque, de la Bahía de Algeciras. El Guadarranque tiene a su paso por la Almoraima un cauce mayor manifiestamente desproporcionado a su exigua cuenca, cauce excavado, sin duda, cuando pasaban por allí sus aguas reunidas con las del Guadiaro y las del Hozgarganta. La captación del Guadiaro por el Genal en épo-

ca en que aun no habían comenzado los aterramientos de los deltas andaluces (Guadalquivir, Guadalete y Barbate) evitó el relleno de la Bahía de Algeciras, que de otro modo se hallaría convertida hoy en llanura marismosa como los demás estuarios de la comarca.

Aspecto y naturaleza geológica de las tres fajas de terrenos que, adosadas, forman el extremo meridional de España. Área de la Arenisca del Aljibe.—Si arrancando del Macizo bético se cruza en dirección de Este a Oeste los valles del Genal y del Guadiaro y el grupo de Sierras del Campo de Gibraltar hasta las vegas del Barbate, al Sur de Alcalá de los Gazules, se ofrecen a la vista tres fajas de terrenos, o territorios de distinto aspecto topográfico y geológico. Primero, una región de colinas de 300 a 400 metros de elevación sobre el mar, formadas de rocas blandas y con perfiles redondeados, que se extienden entre el borde del antiguo macizo y la falla de Jimena; la bordean los valles del Genal y del Guadiaro, y al Sur de este pueblo la cortan normalmente, es decir, de Oeste a Este, los tramos de captación del Guadiaro y del Hozgarganta. En toda esta zona, no se encuentra más terreno geológico que la formación margo-arcillosa del Eoceno.

Pasada la falla del Guadiaro comienza lo que podríamos llamar región de la Arenisca del Aljibe. Al cruzarla de Este a Oeste se corta una serie interminable de serrijones con divisorias alineadas estrictamente de Norte a Sur y con cotas comprendidas entre 500 y 600 metros. Todos esos serrijones, de vertientes abruptas y de crestas escarpadas, están modelados en los haces de capas de Arenisca del Aljibe muy levantadas, pero que conservan paralelismo perfecto; sólo en los valles, generalmente estrechos y profundos, que corresponden a anticlinales ro-

tos de la formación de areniscas, asoman las calizas tabulares y las margas y las arcillas del Numulítico.

Por último, otra región de colinas con altitudes medias inferiores a las de la primera, pues oscilan entre 150 y 300 metros, se ofrece a los ojos del observador al llegar a Alcalá de los Gazules, y con estas características topográficas continúa el paisaje hacia el Oeste hasta perderse en el horizonte, que por esa parte lo forma la pequeña divisoria entre el Guadalete y el Guadalquivir.

Ante un examen superficial no ofrece grandes diferencias la constitución geológica de las tres zonas mencionadas, y en realidad, la primera debió diferir poco de la segunda antes de formarse las redes hidrográficas de la comarca, pues sin duda al trabajo de erosión de las corrientes superficiales se debe la desaparición de las grandes masas de areniscas que en tiempos la cubrieron, como lo atestiguan pequeños testigos de estas rocas que el mapa señala entre Casares y Jimena y otros más importantes entre el Tesorillo y la Bahía de Algeciras. La segunda, que es donde la formación de areniscas se presenta con todo su desarrollo, deja ver en los valles y aun en las pequeñas depresiones: puertos, collados, etc., las margas y calizas eocenas, es decir, las rocas que hoy forman el relieve de la primera zona, y es evidente que los progresos de la denudación tiende a aproximar su aspecto al de la primera. La tercera tiene un *substratum* visible de terrenos más antiguos (Keuper) y las formaciones numulíticas y oligocenas en que se modelan sus colinas, espesor mucho menor que en las zonas primera y segunda, pero también cabría atribuir a progresos de la denudación las diferencias de su constitución geológica. No es, por lo tanto, un examen exclusivamente estratigráfico el que muestra las diferencias esenciales de estructura de esas

tres fajas concéntricas de la cordillera Penibética, de las cuales, como se ha visto, la central es la que forma la parte más resistente y rígida del istmo de enlace entre los dos continentes.

Diferencias estructurales de las tres fajas del Istmo. Elementos tectónicos de la zona rígida.—Las diferencias fundamentales de esas tres zonas radican en su constitución tectónica y resaltan más aún si en el estudio de los fenómenos orogénicos que produjeron su surrección y acoplamiento tratamos de investigar la probable textura del *substratum* paleozoico, que fué en definitiva el que encauzó y determinó los plegamientos conjuntos de las formaciones secundarias y eogenas de toda la comarca andaluza.

Los rígidos bancos de la Arenisca del Aljibe, poderosos auxiliares del geólogo porque muestran con precisión en cada punto la dirección de los empujes tangenciales que actuaron durante el levantamiento penibético, permiten deslindar fácilmente las de distintas áreas, dovelas o elementos tectónicos en que quedó dividida la zona superficial de la corteza al desgarrarse los estratos. Por eso, en el nuevo mapa geológico de la provincia de Cádiz donde se indica hasta en sus menores detalles el régimen de las capas de la Arenisca del Aljibe, se ve, sin más que echar una ojeada, destacarse unos de otros los elementos contiguos, así como las líneas de fractura o fallas que los separan.

Líneas de fractura que encuadran los distintos elementos tectónicos.—Las principales soluciones de continuidad que los empujes tangenciales ocasionaron en la zona que cubre la Arenisca del Aljibe se manifiestan se-

gún las direcciones siguientes: 1.^a Línea que pasa por Alcalá de los Gazules y la desembocadura del Guadalranque. Llamaremos a esta falla, que sigue en largo trayecto el arroyo del Jautor, "falla del Jautor." 2.^a Línea que pasa por la Laguna de Rehuelga, al Sur de Casas Viejas, en dirección a la desembocadura del río Guadalmequí, entre Tarifa y Algeciras. Esta falla bordea por el Norte la depresión de la Janda, y la denominaremos "falla de la Janda". Estas dos líneas de fractura, bien aparentes en el mapa, son casi paralelas y demarcan con la falla del Barbate y la del Guadiaro un elemento tectónico en que los estratos se orientan en dirección casi normal al eje de la cordillera. Los bordes Nordeste y Sudoeste de este elemento, o sea, las fallas del Jautor y de la Janda, son al mismo tiempo líneas de cobijadura, pues en ambas las margas eocenas del labio o borde Sudoeste de la fractura cabalgan sobre las areniscas oligocenas del borde Nordeste. La cobijadura de la Janda produjo desniveles topográficos mucho más acentuados que la del Jautor, pues la denudación posterior de unos 300 metros de terreno ha hecho desaparecer totalmente las areniscas en la depresión de la laguna y en el valle del Río Almodóvar.

Además de esas dos líneas de fractura, a lo largo de las cuales las capas del Terciario quedaron desgarradas por efecto de los empujes tangenciales, combinados con hundimientos diversamente orientados del *substratum* paleozoico, y que los afloramientos de los bancos de areniscas dibujan en el terreno, existen otras no menos interesantes, muy marcadas también en la superficie y que vamos a enumerar. Una es la que partiendo de Estepona pasa al Norte de Sierra Almenara, por entre los macizos montañosos de la Sierra del Niño y de Luna, Fascinas y la Ensenada de Bolonia. Otra, la que pasa por la población de

La Línea y aproximadamente por la traza de la carretera de Algeciras a Tarifa, paralela a la anterior. Jalonan la primera el asomo jurásico del Faro de Estepona, el de la Torre de la Sal y el del Llano de los Tábanos (los dos últimos no figuraban en los anteriores mapas geológicos de la comarca) y las zonas anticlinales de Sierra Almenara, Cerro de Cotilla, Boquete del Queso, fallas de Fascinas y anticlinal de la Cortijada del Chaparral. A lo largo de esta línea no hay desgarre de las capas en sentido horizontal, pero en el vertical se advierten infinidad de fracturas y lisos de resbalamiento; son los más notables los del extremo Noroeste de la Sierra de Salaviciosa, a espaldas del pueblo de Fascinas, muy visibles desde la carretera de Vejer a Tarifa, y los de la Sierra de San Bartolomé, a cuyas capas alcanza la influencia de las roturas del mismo pliegue anticlinal. La segunda línea de fractura corresponde al eje de otro anticlinal cuya rama Sudeste buza fuertemente hacia el Estrecho. En ella asoman el Peñón de Gibraltar y el mogote jurásico de las canteras del puerto de Algeciras.

Esas dos líneas de fractura (anticlinales rotos por flexión) delimitan un elemento tectónico, dovela de Sierra de Luna, en que si bien los bancos de arenisca, indicadores de las direcciones de los plegamientos, se dirigen de Noroeste a Sudeste como en la dovela inmediata de Sierra Blanquilla, las múltiples roturas y pequeñas inflexiones de los estratos indican mayor dislocación del área, que, por tanto, debe considerarse elemento independiente.

La intersección de las dos líneas de fractura que acabamos de describir con las del Jautor y la Janda, y la de las cuatro con las fallas principales, Barbate y Guadiaro, determinan los elementos del complejo mosaico que

constituye el extremo meridional de la Península, elementos que se acoplaron bajo la enérgica presión de las mordazas paleozoicas, después que las mismas presiones los desgajaron de una masa de estratos, un tiempo regular y continua.

Probables fracturas del *substratum* paleozoico.—Desde el punto de vista del proceso de desgarrar y posterior acoplamiento de las áreas que ahora se nos ofrecen a la vista en la superficie como gigantescas baldosas mal asentadas ¡cuán distintas resultan todas ellas a pesar de su semejante composición estratigráfica! y ¡cómo, al examinar la diversidad de orientaciones y buzamientos de los bancos de roca que las integran, hemos de pensar por fuerza en la estructura del *substratum*, cuyas dislocaciones y cuyos movimientos se reflejan en las capas más modernas que lo cubren y son en definitiva la única causa de sus plegamientos, de sus roturas y del acoplamiento, definitivo para nosotros, de tantos elementos de tectónicas distintas!

¿De qué manera podríamos relacionar la estructura del *substratum* paleozoico con la estructura de la superficie, y deducir por el aspecto del mosaico superficial las trazas de las principales fracturas de la antigua mole en que se asienta?

Nada arroja tanta luz en este orden de ideas como el examen de los bordes visibles del antiguo Macizo bético entre Ronda y Estepona. El mapa hace ver cómo las capas secundarias y terciarias se ajustan estrictamente en sus direcciones a las de los contactos con el terreno paleozoico, y cómo buzan siempre hacia la zona de hundimiento que rodea al pilar herciniano.

Zona interesantísima desde ese punto de vista es la que

rodea al pueblo de Casares: allí se levantan en reducido espacio tres sierras jurásicas; la de Crestellina, la de la Higuera (representada con su verdadera edad jurásica por vez primera en nuestros mapas geológicos) y la de los Canutos, con altitudes y orientaciones de capas muy diversas. Sierra Crestellina asienta en la parte enhiesta del macizo antiguo; de ahí que sus cumbres lleguen a la cota 900; sus capas se alinean en la dirección del haz de fallas que hace desaparecer por escalones pronunciados los terrenos estrato-cristalinos de la Sierra de los Reales bajo los terciarios del valle del Genal. La Sierra de la Higuera, que tiene sus cimientos sobre la parte ya hundida del Macizo bético, a pesar de estar formada por una masa de terreno jurásico de espesor semejante al de la Sierra Crestellina, sólo llega con sus cumbres a la cota 300, y otro tanto ocurre a la Sierra de los Canutos, situada a mayor distancia del borde del pilar antiguo. Las direcciones de los bancos en estas tres sierras jurásicas reflejan fielmente, a no dudar, los movimientos de la base paleozoica, y en el área hundida que rodea a la Sierra de los Reales se adivina que el haz de fallas paralelas al curso del Genal tiene preponderancia sobre los otros sistemas, y aunque enmascarados sus efectos por la coexistencia de fracturas dirigidas de Nordeste a Sudoeste (eje anticlinal de Sierra Almenara) surgen de cuando en cuando testigos como el apuntamiento jurásico de los Llanos de los Tábanos, las areniscas oligocenas de la Punta de la Chullera, la Sierra Carbonera y el mismo Peñón de Gibraltar, macizos rocosos cuyas capas se alinean de Norte a Sur, y que demuestran que son fracturas del *substratum* paralelo al meridiano las que han encauzado los plegamientos de las capas jurásicas y eocenas.

La gran falla del Guadiaro, que se manifiesta al otro

lado del Estrecho en la vertiente occidental del Dyebel Musa, es acaso la principal manifestación del grupo de fracturas fundamentales del *substratum*; los plegamientos rigurosamente paralelos y dirigidos de Norte a Sur de las capas de Arenisca del Aljibe entre la Sierra de Ubrique y la falla del Jautor prueban igualmente que es ésa la dirección de las dislocaciones principales de los terrenos antiguos que forman el fondo de la fosa penibética.

Pero no arrojan menos luz ni son menos interesantes en la historia geológica del Mediterráneo las fracturas del *substratum* que pudiéramos llamar de segundo orden y que como hemos visto se dirigen unas de Nordeste a Sudoeste (fallas de Almenara y de la Torre del Bujeo, o de La Línea), otras de Noroeste a Sudeste, como las del Jautor y la Janda. A las dislocaciones y a los hundimientos que a lo largo de esas direcciones ha experimentado el *substratum* antiguo, probablemente en la época de los plegamientos alpinos, se debe el que se consumara andando el tiempo la separación de España y del Continente africano, ya que sin esos hundimientos la Cordillera Penibética habría presentado en la región del Estrecho de Gibraltar la solidez y la resistencia que la caracteriza en aquellos tramos en que el Macizo herciniano bético aflora a la superficie y se adosa a los pliegues interiores de la faja secundaria.

Cuándo se inició la formación del Estrecho de Gibraltar.—La solución de continuidad de los dos Continentes se debe, pues, a algo más que a la rotura reciente de un débil istmo que primitivamente los uniera; es consecuencia de un fenómeno geológico de larguísima duración y cuya historia comienza, al menos, en la época remota de los plegamientos alpinos. El hundimiento del Macizo bé-

tico entre Casares y Ceuta y las violentas dislocaciones de esa dovela hundida que revelan los bruscos cambios de dirección y las roturas de las capas más modernas que sobre ella descansan, indican la primera etapa de la obra de la Naturaleza que había de dar por resultado la separación de los dos continentes, y puede decirse que el puente que entonces se tendió entre España y África, falto de sólidos cimientos, tuvo carácter provisional. La barrera infranqueable a las aguas que habría sido el Macizo bético caso de haberse prolongado emergido desde Casares hasta Ceuta con su cortejo de cadenas penibéticas, bien alineadas, sin roturas radiales, quedó rota cuando intentó formarse, y como consecuencia, los continentes con comunicación precaria.

Después de los plegamientos alpinos apenas se ha modificado la tectónica de la corteza en las regiones contiguas al Estrecho; los movimientos que originaron las plegaduras del Mioceno (Hélvético-Tortonense) al comprimir aun más los sinclinales y anticlinales alpinos, no modificaron esencialmente su estructura, y la topografía de esas zonas no parece haber sufrido más cambios que los inherentes a la acción erosiva de las aguas pluviales y marinas. Gran parte de la formación de Arenisca del Aljibe ha debido desaparecer por denudación en las zonas dislocadas por donde se encauzarían con más facilidad las corrientes superficiales. Así se formó la depresión de la Janda, amplio valle excavado en la dirección que a las aguas llovedizas imponía la desgarradura de la falla de su nombre y ensanchado y nivelado en su fondo por el movimiento de la lámina de inundación que le cubriría casi constantemente en la época diluvial y que aun la cubre aunque con mayores intervalos en nuestros días. Así se formaron probablemente más al Sur otros valles para-

lelos cuyas divisorias y cuyos relieves arrasó por entero el mar. Por la distancia que separa la falla del Jautor de la de la Janda (16 kilómetros) cabe suponer que no lejos de la actual línea costera pasa otra del mismo sistema, es decir, paralela a las anteriores, supuesto que explicaría la configuración de la orilla atlántica entre Barbate y Tarifa, compuesta de dos alineaciones paralelas a la falla de la Janda: una entre Barbate y Punta Camarinal y otra entre la Ensenada de Valdevaqueros y Tarifa. Al Norte de Barbate, la costa gaditana tiene dirección también única en sus distintos escalones, paralelos a un sistema de fallas radiales de la Penibética que forman con la dirección Norte-Sur un ángulo algo más cerrado que las fallas del Jautor y de la Janda.

Dirección herciniana de las fallas del Jautor y de la Janda.—Entre esas dos fallas, los plegamientos del Eo-geno se dirigen, como se ve en el mapa, de Noroeste a Sudeste, debido, sin duda, a roturas o fallas profundas de la corteza que se desarticularon durante los movimientos orogénicos alpinos; esa dirección, como se recordará, es la de los pliegues hercinianos al Norte de la falla del Guadalquivir, lo cual hace pensar que el Macizo bético y todo el fondo de la fosa penibética sufrieron en la época carbonífera plegamientos paralelos a los de la Meseta central española. Esta dirección netamente herciniana, la Norte-Sur del arco de la Cordillera Penibética, que impera en el grupo de las Sierras del Aljibe, al Norte de la falla del Jautor, y en las fallas del Barbate y el Guadiaro, y la de los ejes anticlinales de Sierra Almenara y Torre del Bujeo se entrecruzan en las proximidades del Estrecho y dan origen a un sector sumamente dislocado de la Cordillera, que es por donde se ha esta-

blecido, como es natural, la comunicación entre el Atlántico y el Mediterráneo. El verdadero canal del Estrecho tiene la dirección de los anticlinales de Almenara y el Bujeo, en cambio, en la península Norte-Marroquí los bancos de Arenisca del Aljibe se alinean ordinariamente siguiendo la dirección Norte-Sur, es decir, la normal en el arco de la Penibética. Esto demuestra, al parecer, que el Estrecho se ha abierto en una faja de terreno de estructura semejante a la de la depresión que sigue la falla del Jautor, y en efecto, si este valle se inundara en unos diez kilómetros de anchura veríamos en una de las orillas de ese estrecho orientarse las capas de Arenisca del Aljibe de Norte a Sur y en la opuesta de Noroeste a Sudeste. En el Estrecho de Gibraltar las capas se orientan de Nordeste a Sudoeste y de Norte a Sur respectivamente, en la orilla española y en la africana, y hay que suponer que el enlace de esas dos direcciones se hace de manera análoga a como nos muestra el mapa geológico que ocurre en la falla del Jautor.

¿Comunicaron el Atlántico y el Mediterráneo por el Estrecho de Gibraltar en la época Miocena?—¿En qué época geológica se abrió el Estrecho de Gibraltar por vez primera, después de la surrección de la Cordillera Penibética? Desde Barbate hasta Estepona, siguiendo la costa, no se encuentran vestigios del Mioceno medio, terreno tan extendido al Oeste de la falla del Barbate; tampoco se encuentran restos de ningún otro terreno de edad comprendida entre la Arenisca del Aljibe y el Helvético. *Parece*, por tanto, que desde el levantamiento alpino hasta el final del Tortonense el haz de capas eogenas que forma las sierras del Campo de Gibraltar cruzaba de España a África emergida, pero nada se puede

afirmar a este respecto con garantías de acierto porque las deducciones basadas en caracteres negativos no tienen gran valor en Geología. Las capas geológicas se conservan de preferencia en las zonas de la corteza hundidas con posterioridad a su depósito, donde se pliegan y comprimen. Los depósitos que quedan sobre los pilares, ordinariamente en estratificación horizontal, desaparecen con rapidez, porque ni los consolidan las acciones metamórficas ni los cubren capas protectoras; así, son los primeros que arrastran las aguas al mar. Los tan manoseados estrechos Norte-bético y Sur-rifeño de la época miocena, más que estrechos por donde comunicaran el Atlántico y el Mediterráneo en la edad de la molasa, son fosas de hundimiento posteriores al depósito del Helvético y del Tortonense, donde los sedimentos de estos períodos, que en un principio debieron cubrir áreas infinitamente mayores, se han conservado hasta nuestros días. En el mapa geológico de Cádiz se observan no pocos detalles que en pequeño demuestran lo que decimos; la existencia de la mancha estrecha y alargada de margas eocenas y de Arenisca del Aljibe que se sitúa entre las sierras jurásicas del Pinar y del Endrinal, cerca de Grazalema, y la ausencia de esas mismas capas en las sierras inmediatas podría considerarse debida a un estrecho canal que en la época eocena hubiera existido en aquella parte de la provincia, y, sin embargo, está fuera de toda duda que el terreno eoceno y la Arenisca del Aljibe se depositaron lo mismo en el área correspondiente a ese pseudo-estrecho que en las que hoy ocupan las cumbres de las sierras jurásicas: lo ocurrido es que entre la sierra del Pinar y la del Endrinal se hundió una estrecha faja de Jurásico con su cubierta de margas eocenas y areniscas, y quedaron allí estas rocas al abrigo de la erosión

en tanto que las mismas capas no pudieron resistir la enérgica denudación que se dejó sentir sobre los montes. La mancha de Arenisca del Aljibe de Benaocaz dibuja con sus contornos otra área hundida con posterioridad al depósito de dicha arenisca, terreno que existió también en esa área como en las alturas jurásicas que la rodean, y sin embargo parece a primera vista que es una ensenada o bahía labrada en una costa de altos acantilados y cuyo fondo rellenó la roca mencionada.

De análoga manera, los restos de la formación miocena en la provincia de Cádiz, más que el área que cubrió el mar de la época, señalan los límites de los hundimientos que bordearon y aun cortaron normalmente en algún punto a la Cordillera Penibética después del período tortonense.

Que los sedimentos miocenos ocupan en la mayor parte de la faja considerada como estrecho Norte-bético el emplazamiento de un área hundida, lo demuestra el desnivel existente entre las manchas que se sitúan en esa faja y otras que descansan sobre zonas que actuaron de pilares. A estas últimas pertenece la gran mancha miocena de Setenil y Ronda, donde las capas de la parte alta de la formación alcanzan la cota 1.000, de modo que si las prolongáramos horizontalmente llegarían a cubrir todas las sierras gaditanas con excepción de las altas cumbres jurásicas de la Serranía de Grazalema. No es posible evidentemente suponer que entre la mancha miocena de Ronda y las del valle del Guadalete (Villamartín, Bornos, Arcos), cuyas capas más altas sólo llegan a la cota 400, ocupen ahora los mismos niveles relativos que en la época de su depósito, y hay que admitir en consecuencia un descenso de la zona situada al Oeste de la falla Majaceite-Barbate, donde comienza el Estrecho Norte-bético.

Mas prescindiendo de la posibilidad, por no decir pro-

bilidad, de que el mar del Mioceno medio se extendiera desde el borde septentrional del Estrecho Norte-bético hasta el meridional del Estrecho Sur-rifeño, parece evidente que al hundirse las áreas de esos estrechos quedó enhiesta la dovela en que más tarde se abrió el Estrecho de Gibraltar, pues de haberse hundido la faja por donde ahora comunican el Atlántico y el Mediterráneo se habría conservado cerca de sus orillas algún vestigio de capas miocenas, y ni desde Barbate hasta Gibraltar, ni desde Cabo Espartel hasta Ceuta se descubre una sola mancha miocena. No puede admitirse, pues, que el actual Estrecho de Gibraltar se deba a hundimiento coetáneo de los que al final de la época miocena se produjeron en las cuencas del Guadalquivir y del Sebú, y hemos de suponer que durante los últimos períodos del Mioceno se extendía emergida entre España y África la barrera alpina de Arenisca del Aljibe apoyada en su cimiento de margas numulíticas.

Sin embargo, no puede desecharse en absoluto la idea de que la apertura del Estrecho date de la época de los hundimientos que siguieron al depósito del Mioceno medio; la falta de restos helvético-tortonienses a lo largo de sus orillas es dato negativo que, como ya hemos dicho, no prueba de manera contundente, y por otra parte no nos acertamos a explicar cómo los grandes hundimientos postmiocenos no repercutieron en comarca de *substratum* tan dislocado como lo es la del Estrecho. Todos esos razonamientos parecen indicar que si bien la apertura del Estrecho no se verificó al tiempo en que se hundían los valles del Guadalquivir y del Sebú, se produjeron en cambio o se acentuaron las dislocaciones de la parte superficial de la corteza que había de facilitar en su día la comunicación de los dos mares.

Por otra parte, ha de tenerse presente que cuando se acentuó la depresión del Guadalquivir como consecuencia de los hundimientos postmiocenos, y desapareció definitivamente bajo las olas el territorio situado al Oeste del Barbate y del Cabo Espartel, el lazo de unión de España con África se redujo al terreno comprendido entre la Sierra de Retín y el Peñón de Gibraltar, esto es, a una lengua de tierra de unos 50 kilómetros de anchura. Y si esta lengua de tierra quedó pronto surcada por dos amplias vaguadas: una con pendiente hacia el Atlántico entre Zahara y Tarifa, paralela a la depresión de la Janda, y otra con pendiente hacia el Mediterráneo entre Tarifa y el Peñón, paralela al eje anticlinal de Almenara, no pudo ciertamente resistir mucho tiempo la acción denudadora de los agentes meteóricos y a la labor destructora de dos mares próximos, sometidos entonces a fuertes mareas, y acaso también a un proceso de circulación subterránea activada por diferencias de nivel de esos mismos mares.

De un modo o de otro, la época de apertura del Estrecho de Gibraltar, después de la surrección de la Cordillera Penibética, está comprendida entre límites geológicos bastante próximos. O bien dicha apertura se verificó de modo gradual y lento durante el final de la época miocena, en ese largo período en que la región gaditana y la cuenca del Guadalquivir estuvo emergida (Sarmático-Pónico) o bien la provocó un hundimiento local coetáneo de los que establecieron de nuevo el régimen marino en las regiones costeras del Sur de España, al comenzar la edad pliocena.

El Estrecho es anterior al Plioceno medio.—Los depósitos pliocenos de la provincia de Cádiz, que cubren la

faja costera gaditana, tanto atlántica como mediterránea, tienen tal identidad de caracteres petrológicos y de fauna que no es posible admitir separación de los dos mares en dicha época. Las capas pliocenas de Vejer de la Frontera, de la Almoraima y de la desembocadura del Genal han debido depositarse en un mismo mar y en condiciones idénticas de clima, salinidad de agua, acumulación de materiales detríticos, etc. etc., y por fuerza se ha de suponer que en aquella época comunicaban ampliamente a través del Estrecho de Gibraltar el Atlántico y el Mediterráneo.

La forma del Estrecho durante la época pliocena.—

La forma con que las manchas pliocenas de Cádiz se extienden desde el mar hacia el interior indica que antes del depósito de ese terreno la distribución de tierras y mares en este extremo meridional de España difería poco de la actual. En efecto, todas ellas ocupan entrantes o ensenadas de poco fondo semejantes a los actuales estuarios, y coinciden con la situación de deltas modernos, es decir, que los depósitos pliocenos se limitaron a rellenar depresiones costeras labradas por cursos de agua cuyos valles diferían poco de los de los principales ríos que ahora surcan el territorio gaditano. Y que esas ensenadas las labraron las aguas corrientes y no son producto de hundimientos tectónicos lo demuestra la naturaleza geológica de los terrenos en que se asientan las manchas pliocenas (1) y la de los que las rodean. La mancha del Guadalete asienta en su mayor parte en terreno Triásico, en tanto que en sus bordes asoman el Eoceno, el Oligo-

(1) J. G a v a l a. Cádiz y su bahía en el transcurso de los tiempos geológicos. «Bol. Inst. Geol.», Tomo XLIX.

ceno y aun el Helvético, es decir, que ocupa la depresión originada al desaparecer por erosión las capas de esos tres terrenos, con lo cual el Triás quedó al descubierto.

La mancha pliocena del Barbate (Dehesa del Cañar) descansa sobre terreno numulítico y ocupa la ensenada labrada por un antiguo río al barrer la formación de Arenisca del Aljibe y las capas helvéticas de las alturas cercanas.

Un pequeño manchón situado a unos 150 metros de altitud y medio cubierto por las dunas, en la Sierra de San Bartolomé, descansa igualmente sobre las margas numulíticas de un valle de erosión labrado al desaparecer las capas de Arenisca del Aljibe entre dicha sierra y la de Enmedio.

Por último, las del Guadiaro y el Genal descansan también sobre terreno numulítico de antiguos valles de erosión, en tanto que la Arenisca del Aljibe forma las alturas que rodean a dichos depósitos pliocenos (Sierras de Castellar, Sierra Carbonera, Sierra del Arco, Sierra Almenara).

Ahora bien, la existencia indiscutible de esos amplios estuarios que rellenó el mar de la época pliocena demuestra que la línea costera de entonces no distaba mucho de la actual. La única zona en que los restos de capas astienses no autorizan a suponer la proximidad del mar es la comprendida entre Tarifa y la Bahía de Algeciras, acaso porque el canal marino que entonces existía (la comunicación entre los dos mares la abona la identidad de los depósitos pliocenos del Barbate y del Guadiaro) era mucho más estrecha que la actual y, desde luego, de profundidad mucho menor.

Las capas pliocenas más jóvenes que forman la Punta Camarinal y la Isla de las Palomas se encuentra también,

en restos pequeños, entre Tarifa y la desembocadura del Guadalmequí, con su base a pocos metros sobre el nivel de las aguas. En la orilla africana, no lejos del Alcázar Seguir se ha descubierto también un pequeño manchón de estos sedimentos pliocenos posteriores al Astiense, depositados en época en que el Estrecho de Gibraltar tenía profundidad muy limitada y no era teatro de las fuertes corrientes actuales. El levantamiento de estos depósitos produciría casi seguramente obstrucción más o menos duradera del Estrecho, muy poco anterior o tal vez coincidente con la formación de las grandes fosas mediterráneas que, como dijimos antes, debe considerarse causa inmediata de la apertura del Estrecho de Gibraltar con sus grandes profundidades.

En un mapa del Estrecho en que estén dibujadas las curvas batimétricas, se ve que el cauce submarino presenta la divisoria en la intersección de su eje con la línea que va de Punta Camarinal a Punta Altares, y a partir de esa línea la pendiente del fondo del canal aumenta rápidamente hacia Gibraltar, como corresponde al trabajo de erosión de una masa enorme de agua que se precipitara súbitamente del Atlántico hacia el Mediterráneo.

Apertura definitiva del Estrecho. — Las vicisitudes por que ha pasado el Estrecho desde su apertura en los comienzos de la época pliocena o fines de la miocena hasta nuestros días no ofrecen ya tanto interés desde el punto de vista tectónico, y están íntimamente relacionadas con los movimientos de las fosas mediterráneas, algunos de época relativamente reciente. Parece indudable, por ejemplo, que después de un movimiento de regresión marina, durante el cual quedaron emergidos los depósitos del Plioceno medio, con posible obstrucción del Estrecho,

se volvió a abrir y a ensanchar el paso entre los dos mares, y nuevamente se depositaron sedimentos arenosos en su fondo. Testigos de estos depósitos son los manchones de Punta Camarinal y Punta Paloma; la Isla de las Palomas, en Tarifa, y las areniscas fosilíferas de Punta Europa, en el Peñón de Gibraltar. La edad de estos sedimentos no está enteramente definida y tal vez deban clasificarse de pleistocenos, pues no contienen ninguna especie extinguida de moluscos. Esos fueron los sedimentos que las aguas del Atlántico hubieron de barrer al unirse definitivamente a las del Mediterráneo, y sus restos, adheridos a las antiguas orillas, han quedado jalonando las actuales; el de la Isla de las Palomas avanza a manera de rompeolas en el punto de máximas corrientes, y socavado y casi desprendido por las olas de su base de margas numulíticas, forma el extremo meridional del Continente europeo.

Por lo que afecta al relieve submarino del Estrecho, la gran profundidad de su canal es consecuencia indudable de la formación de las fosas mediterráneas, y se debe, por tanto, única y exclusivamente a fenómenos de erosión marina, principalmente a las corrientes iniciales que hubieron de establecerse al producirse los hundimientos mediterráneos.

Terrenos geológicos en que se abre el Canal del Estrecho. —¿A qué terreno geológico llegó el corte de la zanja gigantesca que las aguas del Atlántico abrieron en el istmo hispano marroquí cuando se unieron con las del Mediterráneo? ¿En qué rocas se detuvo la acción erosiva de las corrientes marinas, y cuál es, en consecuencia, la naturaleza del fondo del canal?

Al abordar estas interesantísimas cuestiones se nos pre-

se presenta en toda su integridad el problema del *substratum* de las Sierras del Campo de Gibraltar. Por lo que respecta al fondo de la fosa Penibética, sólo cabe suponer que esté constituido por los terrenos antiguos que integran las alturas del Macizo bético, y a las fracturas de este antiquísimo cimiento de las cordilleras alpinas de Andalucía nos referíamos al interpretar las dislocaciones de los terrenos eógenos, que en las proximidades del Estrecho constituyen las últimas hiladas del relleno de dicha fosa, pero, dados los enormes desniveles con que se inician los hundimientos escalonados del macizo antiguo en Gacín, Casares y Jimera no debemos pensar en la posibilidad de que sea ese macizo el que haya detenido la erosión marina en el umbral de los dos mares, ya que la profundidad de esta línea divisoria, con ser considerable, es exigua en relación con los desniveles que crean los movimientos orogénicos.

El primer relleno de la fosa penibética es de edad triásica, y aun cuando entre las fallas del Guadiaro y del Barbate, que limitan, como tantas veces hemos dicho, la cadena de la Penibética que establece la unión de España con África, no se observa un solo asomo de terreno triásico, y no es posible, por tanto, asegurar que descansen sobre este terreno las arcillas numulíticas que en nuestros días asoman en los fondos de los valles más profundos, si las dovelas comprendidas entre esas fallas corresponden, como parece, a una zona hundida de la corteza, nada tendría de extraño que el Trías no se encontrara sino a niveles inferiores al del mar, y entonces las corrientes superficiales no han podido ponerlo al descubierto con su labor de denudación.

Prescindiendo por el momento del terreno triásico, hemos de considerar la posibilidad de que las arcillas nu-

mulíticas descansen en la zona del Estrecho sobre las calizas jurásicas. A este terreno y al inmediatamente superior en orden cronológico, el Neocomiense, pertenecen los apuntamientos de rocas anteriores a las eógenas que se manifiestan en la cadena de la Cordillera Penibética que cruza de España a África. Asomos jurásicos, a través de margas eógenas, existen como se vé en el mapa, al Sur de Ubrique, en el Peñón del Berrueco, en los montes de Campoy y de la Fantasía, y cerca de Algeciras, en las canteras de las obras del puerto. El reducido número de asomos no permite suponer la existencia de un horizonte jurásico continuo por debajo de las arcillas numulíticas; es más, la falta de asomos más frecuentes hace suponer la no existencia en profundidad de una formación continua de rocas que, como las calizas jurásicas, con su gran rigidez, habrían aflorado repetidamente a la superficie, perforando las margas numulíticas, durante el proceso de la plegadura alpina.

A Poniente de la falla del Barbate, la formación jurásica quedó arrasada antes de depositarse el Eoceno; en esa parte, los pocos restos de capas jurásicas están rodeados siempre por las arcillas numulíticas, que asientan como las capas jurásicas, en el Trías superior. (Peña de la Batida, Peña Harpada, Peñón de la Granja, Risco de las Pillas, el Berrueco). Algo parecido ha podido ocurrir en las cercanías del Estrecho; sin embargo, como los tres asomos jurásicos que existen podríamos decir que comienzan ahora a descubrirse, no se sabe en realidad si en sus alrededores se halla o no el Trías, o sí por el contrario se extiende de manera continua el Jurásico. Esto último parece menos probable.

No parece verosímil que en la región limitada por las fallas del Guadiaro y del Barbate falte el Trías en profun-

didad. Es más, la misma escasez de asomos de las rígidas rocas del Jurásico o de un terreno paleozoico o hipogénico, y la regularidad con que se han plegado las capas eógenas ha de interpretarse prueba de la plasticidad del *substratum* inmediato, y esta plasticidad es justamente una de las características del Triás superior.

Durante los movimientos alpinos, las formaciones más modernas que el Keuper se han plegado en la Penibética independientemente de este terreno, y los pliegues parecen haber resbalado sobre la masa comprimida de estratos triásicos, en los cuales los plegamientos nunca se acusan de modo regular. Efecto de la independencia de los pliegues de uno y otro terreno se da el caso anómalo de que el Triás se encuentre en toda la región plegada a profundidad casi constante, que ni se acentúa en los fondos sinclinales ni se reduce en los anticlinales, y en todas partes forma pliegues de corto radio, que en su continuidad semejan un movimiento ondulatorio de escasa amplitud y de corto período. A Poniente de la fallá del Barbate, donde estos fenómenos tienen frecuente comprobación, son contados los pliegues de alguna amplitud, en los que el Triás suba y baje de nivel topográfico al pasar de los anticlinales a los sinclinales de las capas más modernas que descansan sobre él; lo corriente es que la superficie de contacto de una masa de numulítico plegado con el Triás infrayacente sea una superficie aproximadamente horizontal, que dibuja en las laderas de los cerros una curva de nivel.

Si por debajo de las Sierras del Campo de Gibraltar corre un *substratum* general triásico, y todo induce a suponer que así ocurre, es probable, dada la plasticidad tanto del Triás como del Eoceno, que la superficie de contacto de estos dos terrenos describa sólo suaves on-

dulaciones, y en ese caso claro está que en los taludes submarinos del Estrecho ha de asomar el Triás y formar a la vez el fondo del canal. Si en algún punto ha quedado el canal abierto en toda su profundidad en las margas eógenas habrá sido necesariamente en su cruce con algún sinclinal eoceno, es decir, al enfrentar el eje del canal con una zona de depresión de la superficie de contacto entre el Numulítico y el Triás. En este sentido, aquellos puntos de la costa en que la Arenisca del Aljibe llega en los sinclinales de sus pliegues hasta el nivel del mar (Sierra de Retín, de la Plata, Sierra de Enmedio) deben corresponder a las zonas en las cuales el canal del Estrecho ha cortado mayores espesores de margas numulíticas, y donde a mayor profundidad debe hallarse el terreno Triásico. *Sondeos hechos en estos puntos determinarán con bastante exactitud la profundidad a partir de la cual el canal queda excavado en el terreno infrayacente al Eoceno y la naturaleza y edad de ese terreno.* Ahora bien, los resultados obtenidos en un punto determinado de la costa, ni aun los de varios sondeos que se hicieran en una y otra orilla serían suficientes para trazar un perfil geológico del canal.

Ya hemos visto, por las dimensiones, en cierto modo reducidas, de los elementos del mosaico superficial de la corteza en que se modelan las Sierras del Campo de Gibraltar y de las comarcas limítrofes, que el canal del Estrecho, con sus 14 kilómetros de anchura, no ha podido quedar abierto sólo en uno de esos elementos cuya tectónica parcial pudiéramos reconstituir por la observación de los estratos en las dos orillas: es más, hemos llegado a demostrar que el Estrecho, entre Tarifa y la Bahía de Algeciras sigue la traza de una fractura del orden de la Janda o la del Jautor, y hemos visto también que al

Oeste de Tarifa debe existir en la zona que ya invade el mar, otra fractura paralela a la de la Janda, a la que parece ajustarse la línea costera entre Barbate y Punta Camarinal. Estas fracturas no deben considerarse fallas que produzcan discontinuidad en las masas rocosas del subsuelo, sino sencillamente límites de elementos tectónicos yuxtapuestos. Son líneas a lo largo de las cuales cambia la estructura del terreno, y si en la superficie es fácil apreciar cómo se acoplan las tectónicas de dos elementos contiguos, bajo el mar es de todo punto imposible saber la estructura que va a comenzar al otro lado de la línea en que termina la de un elemento conocido.

Ayuda que la Geología puede prestar a los estudios del Túnel.—La ayuda que la geología puede prestar a la resolución de los problemas que plantea el proyecto del Túnel bajo el Estrecho de Gibraltar es, como se ve, muy limitada por esas razones. Puede decirse que se circunscribe a anunciar la probabilidad de que se encuentre el Triásico en el subsuelo de las fajas costeras a menor profundidad que la del fondo del canal y a proponer los medios de comprobar si efectivamente aflora ese terreno en los taludes submarinos, circunstancia que revestiría tal gravedad que probablemente obligaría al abandono del proyecto. Lo que ocurra más allá de donde prudentemente pueda suponerse que se prolongan sin cambio de estructura los elementos tectónicos costeros no puede vaticinarlo el geólogo, pero sí asegurar que entre los elementos tectónicos que baña el mar en España y en África hay otros cuya estructura no se puede colegir, pues hasta sus límites con elementos conocidos están ocultos por las aguas.

Las probabilidades están a favor de que el canal del Es-

trecho esté excavado a partir de la profundidad de 200 a 300 metros, según los puntos, en rocas triásticas; sólo en un terreno tan deleznable como las mangas yesíferas del Keuper parece posible, además, que las corrientes marinas iniciales llegaran a labrar un canal tan amplio sin que quedasen en el fondo elevados apuntamientos rocosos, y sabido es que la sonda no revela la existencia de ninguna sierra submarina entre España y África, no ya desde Tarifa hasta la Bahía de Algeciras, pero ni desde la línea Cabo Espartel-Barbate hasta Tarifa. El piso de las arcillas y calizas numulíticas también habría permitido la formación de un canal sin grandes resaltes en el fondo, pero el espesor normal del Eoceno, contando con el aumento debido a los plegamientos, queda por debajo del espesor de la lámina marina aun en los parajes de menor profundidad. Además, si el fondo del Estrecho coincidiese con el nivel superior del Eoceno o con el inferior habrían quedado algunos testigos, bien de Arenisca del Aljibe, bien de calizas jurásicas, sin contar con que el nivel superior o medio del Eoceno no puede coincidir con el fondo del canal a menos que se hubiesen producido allí hundimientos tectónicos anteriores al Mioceno medio o inmediatamente posteriores, de los cuales ya hemos dicho que no se descubren vestigios en las orillas.

Derrubios y acarreo marinos.—Un punto al cual habrá que prestar atención preferente al estudiar los fondos del estrecho con miras a la determinación de las rocas en que ha quedado abierto este canal marino es la de los detritus que tapisarán el fondo y aun los taludes, y que seguramente habrán rellenado en parte la gigantesca brecha abierta en un principio por las corrientes. La labor del mar, que tiende siempre a atenuar, nunca a exagerar,



las desigualdades del fondo, máxime en zona tan quebrantada y fácil a la demolición como la del Estrecho, habrá acumulado masas enormes de derrubios y acarreos en las primitivas hondonadas, y nada tendría de extraño que el perfil que podríamos llamar aparente del canal difiriese bastante, sobre todo en las proximidades de la sojera, del real, es decir del correspondiente al terreno virgen, el único interesante para el proyecto de una obra como el túnel submarino.

Conclusión.—Innumerables secretos encierran aún estas cuestiones de estratigrafía y tectónica submarinas cuando no se trata de regiones privilegiadas del Globo en que la regularidad y la continuidad de las formaciones geológicas constituyen sus principales características, y a poco que las dislocaciones producidas por los movimientos orogénicos hayan impreso a las capas superiores de la corteza la apariencia de mosaico que se refleja en las comarcas plegadas bajo empujes tangenciales diversamente orientados como es el caso de las zonas cercanas al Estrecho, el velo que tienden las aguas del mar sobre las partes sumergidas basta a dejar sin fundamento aún las hipótesis menos atrevidas en orden al enlace de unos elementos tectónicos con otros. Vislumbramos los fenómenos que pueden haberse desarrollado en las zonas ocultas a nuestros ojos; colegimos por la estructura de las comarcas limítrofes, principalmente de las fajas costeras, hasta dónde es posible que se prolonguen las tectónicas que contemplamos en tierra firme, pero sabemos al mismo tiempo que al caminar de una a otra orilla pronto perdemos el enlace con lo conocido y navegamos sobre fondos cuya estructura ignoramos en absoluto.

¡Obra inmensa y grandiosa, de cuya concepción puede

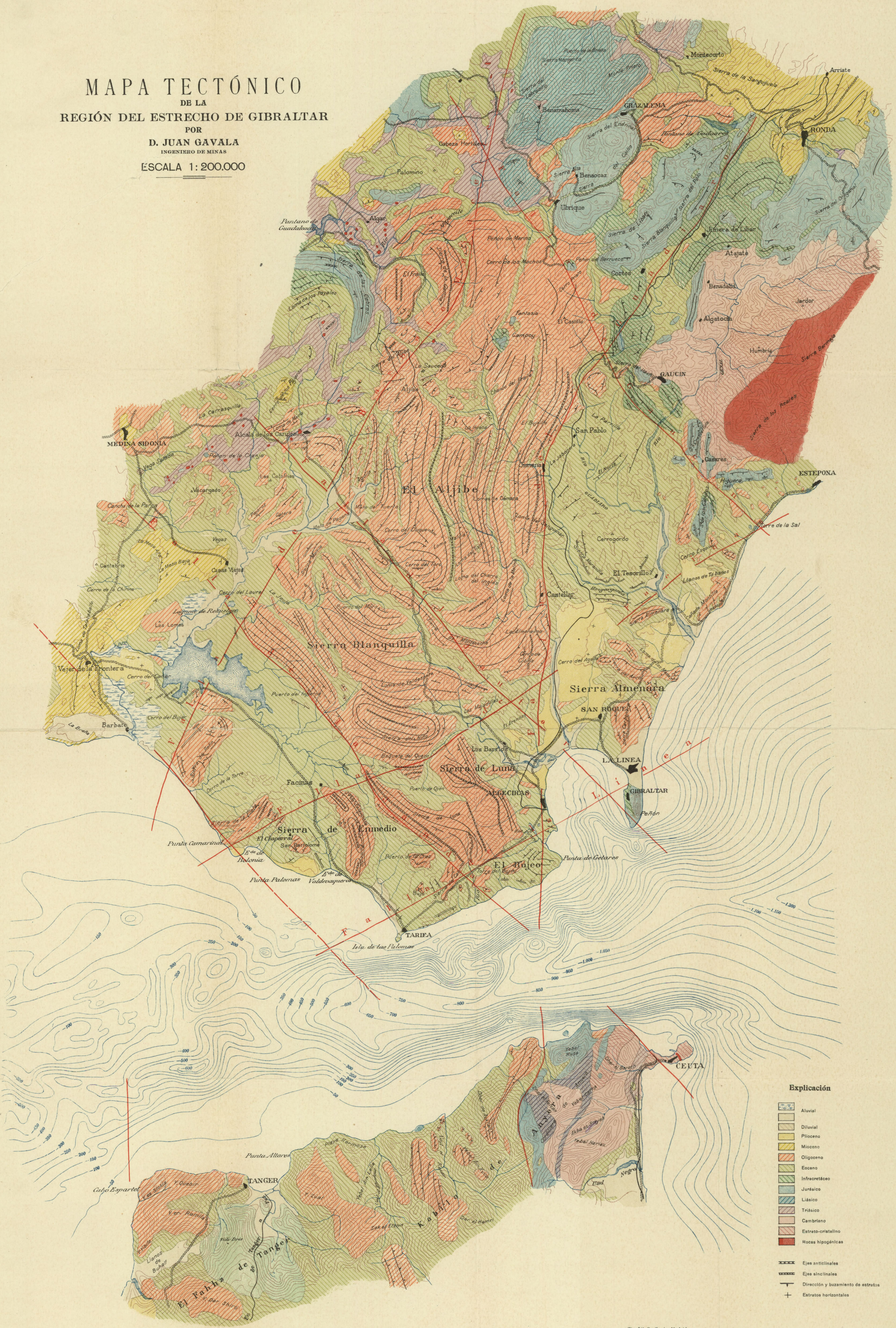
sentirse orgullosa la inteligencia del hombre, la de restablecer entre España y las tierras africanas un camino por cuya destrucción no han cesado de laborar las fuerzas interiores del Planeta desde las épocas más remotas de su historia, sospechando tal vez que la humanidad, que algún día había de hollarlo con sus plantas, necesitaría para el desarrollo de su misión civilizadora esa puerta de acceso al Oceano..... a las tierras del oro y del estaño! ¡Pero inmenso también el trabajo preparatorio que habrá que desarrollar antes de que la naturaleza nos declare si tamaño intento está en relación con nuestros escasos medios constructivos, o si, por el contrario, habremos de considerar locura el propósito de minar los cimientos de las columnas de Hércules!

Madrid, febrero de 1929.



MAPA TECTÓNICO

DE LA
REGIÓN DEL ESTRECHO DE GIBRALTAR
POR
D. JUAN GAVALA
INGENIERO DE MINAS
ESCALA 1:200.000



Explicación

(Blue wavy lines)	Aluvial
(Light yellow)	Diluvial
(Yellow)	Plioceno
(Orange)	Mioceno
(Red)	Oligoceno
(Green)	Eoceno
(Dark Green)	Infracretáceo
(Light Blue)	Jurásico
(Light Green)	Liásico
(Pink)	Trásico
(Light Brown)	Cambriano
(Dark Brown)	Estrato-cristalino
(Red)	Rocas hipogénicas
(Dashed line)	Ejes anticlinales
(Solid line)	Ejes sincinales
(Arrow)	Dirección y buzamiento de estratos
(Cross)	Estratos horizontales

LA GEOLOGÍA DE LA ORILLA AFRICANA
DEL
ESTRECHO DE GIBRALTAR

POR

ENRIQUE DUPUY DE LOME
Ingeniero de Minas

INTRODUCCIÓN

El presente informe constituye la segunda parte del trabajo presentado a la Comisión para el Estudio del Túnel bajo el Estrecho de Gibraltar, por el señor Gavala, con el título «La geología del Estrecho de Gibraltar».

En un todo conforme con las hipótesis desarrolladas en este último trabajo, resultado de innumerables datos recogidos en largos años de detallado trabajo de campo, en la provincia de Cádiz, nos parece superfluo y redundante volver a repetir en este informe, muchos de los conceptos expuestos por el señor Gavala.

Debe pues, considerarse esta nota, únicamente como ampliación del informe del señor Gavala, en cuanto atañe a la península Nord-Marroquí, y será necesario para su fácil comprensión, cotejar muchos de los epígrafes que aquí desarrollaremos con los correspondientes del trabajo titulado «La geología del Estrecho de Gibraltar».

Los datos referentes a la región que nos ocupa, han sido resultado de varias campañas efectuadas con D. Agustín Marín y Bertrán de Lis y D. Javier Milans del Bosch, y cuyo fruto ha sido la publicación del mapa geológico de la península Nord-Marroquí; de la zona Atlántica del

Protectorado Español, y de varias memorias que constan en los Boletines del Instituto Geológico y Minero.

Estos datos han sido completados recientemente por el que suscribe este informe, para tener en cuenta las modificaciones introducidas en el antiguo croquis topográfico de la región, al editarse recientemente por el Estado Mayor del Ejército, el nuevo mapa en escala de 1:50.000 con equidistancia de las curvas de 20 en 20 metros.

Hay que tener en cuenta también, que la geología de la Zona Española del Protectorado en Marruecos, no ha alcanzado aún el adelanto de la provincia de Cádiz, una de las más favorecidas por este concepto, debido, no sólo a las continuas guerras, que han asolado esta región, sino más que nada a la falta de un buen mapa topográfico, base necesaria para todo trabajo geológico detallado.

Debido a esto, el estudio de la geología Nord-Marroquí, y sobre todo de su complicadísima tectónica, presenta hoy en día lagunas y problemas que afortunadamente se han resuelto ya en la parte española del Estrecho de Gibraltar.

LA GEOLOGÍA DE LA ORILLA AFRICANA

DEL

ESTRECHO DE GIBRALTAR

Rasgos tectónicos y estratigráficos de la península Nord-Marroquí.—Del examen del mapa geológico de la península Nord-Marroquí, se deduce la existencia de cuatro grandes fajas de terreno, alineadas en dirección meridiana y que enumeraremos contando de Levante a Poniente.

En el arco mediterráneo de la costa, afloran los terrenos antiguos que sirven de respaldo a las enhiestas sierras jurásicas de Anyera, el Haus y Beni Hozmar.

Esta faja de terreno, que comprende sedimentos desde la época arcaica hasta las areniscas de la base del Triás, tiene notable continuidad desde Ceuta hasta el Uad-Lau, y no tiene correspondencia en la provincia de Cádiz, aunque parece lógico se prolongue debajo del mar a Levante de la costa española, por haberse hundido más esta parte de la dovela, al producirse el descenso tan conocido del mediterráneo occidental.

Para volver a encontrar terrenos antiguos, es necesario

remontarse al Norte de Gaucín y Casares, al macizo bético, fuera ya de la Zona española del Estrecho.

La segunda faja, esta constituida por las sierras jurásicas, citadas anteriormente, y que conservan una dirección casi exactamente meridiana, hasta Xauen, donde se acodan bruscamente hacia Levante, acercándose a la costa que alcanzan en Punta Pescadores, siendo por lo tanto mucho más cerrado el arco que describen las capas jurásicas, que el de la costa mediterránea.

Bueno es hacer constar desde el primer momento, que este sistema montañoso tan bravo, que constituye el principal rasgo orográfico de la Zona del Protectorado Español, alcanzando alturas de más de 2.000 metros a poco más de 20 kilómetros de la costa, no es continuo, sino que presenta grandes escotaduras, soluciones de continuidad por donde cruzan los ríos que normalmente a la dirección de las sierras, desembocan en el Mediterráneo. Esta circunstancia, origina el fenómeno curioso de que aun estando todas las alturas mayores tan cerca de la costa mediterránea, la divisoria de aguas, determinada por serrijones de escaso relieve, hace que las cuencas mediterráneas y atlánticas de la península, tengan casi idéntica extensión.

Más adelante, al tratar de los diversos sistemas de fallas que cortan la península, tendremos ocasión de estudiar con más detalle estas interrupciones en la continuidad de los sedimentos jurásicos.

También dedicaremos un epígrafe a la posible existencia de hojas de arrastre jurásicas, fenómeno, que explicaría muchos hechos hoy día de difícil interpretación.

La tercera faja de terrenos, que comprende desde las cadenas montañosas jurásicas, hasta el Cabo Espartel, está caracterizada por una serie de sierras coronadas por la arenisca oligocena que, siguiendo al señor Gavala, llama-

remos «Areniscas del Algibe», por ser en la sierra gaditana del Algibe donde quizás más relieve y desarrollo presenta.

Según puede verse en el mapa geológico, las sierras oligocenas no son paralelas, sino que se alinean distintamente, según la dirección de los plegamientos que han sufrido las capas, constituidas por las Areniscas del Algibe.

El relleno de los valles y aun alguna serrezuela de menos importancia, está constituido por el Eoceno, principalmente un piso conocido como Flisch numulítico.

Es indudable que antiguamente el Oligoceno, debió cubrir casi la totalidad de la faja que describimos, pero la circunstancia de encontrarse en general poco plegado y su constitución esencialmente arenosa y deleznable, han facilitado extraordinariamente la labor destructora de la erosión, y únicamente han quedado a modo de testigos las cumbres de los cerros libres de la acción de ríos y arroyos.

En la vertiente atlántica de la península, aparece un sistema geológico que no tiene equivalente en la costa española del Estrecho, y cuyo papel es análogo al del Eoceno; rellenar los valles y formar en la zona tangerina, colinas de escaso relieve. Me refiero al senonense, piso cretáceo, que con bastante extensión aflora en las inmediaciones de Tánger, y del cual trataré con más detalle en otro epígrafe.

En el extremo septentrional de la península Nord-Marroquí, no aparecen más que las tres fajas citadas, puesto que tanto el Cabo Espartel como la Sierra de Cuesta Colorada, son espolones oligocenos que avanzan hasta el Atlántico.

Pero al Sur de Cuesta Colorada, aun se debe conside-

rar otra faja con dirección meridiana, la cuarta que corresponde perfectamente con el terreno comprendido en la provincia de Cádiz, entre la falla del Barbate, y el valle del Guadalete.

Caracterizan esta faja, dos circunstancias, una negativa, la falta de las Areniscas del Algibe, y otra positiva, la presencia de arenas, margas, sales y yesos del Keuper, y de varios apuntamientos ofíticos en los ejes de los anticlinales eocenos.

Aspecto topográfico y naturaleza geológica de las fajas que constituyen la península Nord-Marroquí. —

Los terrenos antiguos que componen la faja mediterránea de la península Nord-Marroquí, tienen su mayor extensión y alcanzan sus mayores alturas, precisamente en el extremo septentrional de la península, en el campo exterior de Ceuta, donde se halla el paleozoico en el Yebel Xinder, a 445 metros de altura. También pasan de los 400 metros los montes primarios de Ain Yir y Hafa el Hamra, situados algo más al Suroeste.

El resto del terreno comprendido entre la faja jurásica y el mar Mediterráneo, es muy montuoso a excepción de las zonas cubiertas por sedimentos terciarios, o las llanuras pantanosas en que desembocan algunos riachuelos, como el Smir y el Negro. También tiene escaso relieve, e relleno secundario y terciario del sinclinal de Ceuta.

La isla del Hacho de Ceuta, que como tal debe considerarse ya que los antiguos fosos de la fortaleza ceutí, cortan el istmo que la unía con la tierra firme, corresponde a la rama oriental arcaica del citado sinclinal.

Vemos que los terrenos antiguos más que base del monoclinial de la península Nord-Marroquí, constituyen el potente respaldo de las masas montañosas jurásicas.

La faja jurásica, sin llegar a la altura de más de 2.000 metros que alcanza esta formación en las sierras de Gomara y Ketama, tiene gran relieve, y junto al Estrecho en el Yebel Musa (Sierra Bullones), culmina en los 848 metros. Más al Sur, una serie de crestas que forman las sierras de Anyera y del Haus, todas pasan de los 500 metros constituyendo un terreno de los más ásperos y quebrantados que puede imaginarse, con profundos tajos y gargantas y, cubiertas las cumbres más o menos planas por extensos «Karrenfelder» difíciles de cruzar por las frecuentes simas y torcas que a cada paso se presentan.

En otro lugar de esta nota, hacemos mención de las grandes escotaduras rellenas de terrenos más modernos, que ofrecen las sierras mesozoicas.

Al occidente de la falla, que como prolongación meridional de la fractura del Guadiaro, corre a lo largo de las sierras jurásicas, se presenta lo que hemos llamado Zona de la Arenisca del Algibe.

Las areniscas oligocenas, que antes debieron de cubrir todo el país con sus potentes bancos, han sido derrubias en su mayor parte, en la zona del Estrecho, y no forman mas que algunos serrijones arrumbados predominantemente de Norte a Sur.

Cerca de la costa, estas areniscas no se elevan a más de 300 metros, pero tanto en el Yebel Fajamin, como en Cudia Rauda, al Oeste del valle de Jemis, pasa su cota de 600 metros.

Es de advertir, que mucho más al Sur, cerca del paralelo de Alcazarquivir, tiene el Oligoceno muchísima más extensión en las sierras de Beni Aros y Sumata, región donde el Yebel Alan, se yergue a más de 1.000 metros, coronado de Areniscas del Algibe.

La formación eocena, que ocupa los espacios que no

están cubiertos por el Oligoceno, es en general muy arcillosa con bancos aislados de arenisca o cuarcita. Sólo en algunos puntos, como sucede en Uad-Ras o en el Fondak de Ain Yedida, afloran las calizas tableadas del sistema, cuajadas de pequeños numulites.

Gran interés geológico tienen las manchas cretáceas de Tánger y del Uad el Tzelata de Uad-Ras, constituidas por margas muy arcillosas con algunos bancos calcáreos.

Este terreno está formado exclusivamente por suaves colinas de redondeados perfiles.

Otra faja de terreno, que para nosotros tiene mucha menos importancia pues está situada al Oeste de la prolongación meridional de la falla Barbate-Cabo Espartel, está constituida por amplios valles eocenos, con suaves colinas intermedias, también pertenecientes al mismo terreno geológico.

En los anticlinales del eoceno, aparecen algunas veces apuntamientos ofíticos, que en algunos casos han arrastrado hasta la superficie masas de yeso o arcillas abigarradas del Keuper, que forman el substratum de esta faja.

Todo este terreno entrellano, tiene en las proximidades de la costa, cotas inferiores a 100 metros y no llega a los 200 hasta cerca de la Zona de la Arenisca del Algibe.

En grandes extensiones, el Eoceno, está cubierto por mantos arenosos pliocenos y por los extensos depósitos cuaternarios de los ríos que desembocan en el Atlántico.

Rasgos diferenciales de la geología al Sur del Estrecho de Gibraltar.—Al tratar en el epígrafe anterior de la primer faja que consideramos al describir la geología Nord-Marroquí, hicimos constar que estaba integrada por sedimentos que abarcan desde el arcaico a las areniscas de la base del Triás.

Estas últimas hiladas que con notable continuidad, jalonan las sierras jurásicas por Levante, desde Ceuta hasta cerca del valle del Uad-Lau, así como los bancos sobre los cuales se asientan, es decir, los conglomerados verdes, permotriásicos, estudiados hace años por Gentil, en la Zona Francesa del Protectorado en Marruecos, no tiene su equivalente en nuestra provincia gaditana.

La importancia capital que para nuestro estudio tiene esta circunstancia, consiste en que, si como más adelante indicaremos, las sierras jurásicas no son autóctonas sino proceden del Sur, arrastradas sobre el Triás o como también es posible, no se han depositado mas que en un estrecho surco orientado de Norte a Sur; en todo caso el Triás debe constituir el asiento sobre el cual reposa el Eoceno. Pero este asiento en lo que se refiere a las capas situadas a Levante de la Zona Tangerina no es probable éste constituido por las margas y yesos del Keuper, puede y debe estar integrado en gran parte, por las areniscas y pudingas, cuarzosas del *Buntsandstein*, y por los conglomerados permotriásicos.

Pero aun hay otro factor que complica la cuestión de determinar el substratum del eoceno de la faja que hemos llamado de la Arenisca del Algibe, y me refiero a la presencia del senonense dentro de la faja. El valle que asciende desde las llanadas Tangerinas al Fondak de Ain Yedida, gran parte del Fahz de la ciudad internacional, así como las colinas que por el Sur bordean su bahía están formados por sedimentos de esta época cretácea. Estos sedimentos no asoman formando una faja definida, sino que aparecen en los valles o junto a la costa, en puntos de máxima denudación fluvial, a modo de ojales abiertos en el eoceno infrayacente.

Puede afirmarse que, al menos en la Zona Internacio-

nal, y aun algo más al Sur de ella, el Numulítico reposa sobre el Cretáceo.

Vemos pues, que lo que el Sr. Gavala ha demostrado como axiomático, para la región central de la costa del Estrecho que pertenece a España, o sea que un corte horizontal trazado a un cierto nivel, no cortaría más que Triásico (y se refiere especialmente á las margas del Keuper), no puede aplicarse a la faja central de la península Nord-Marroquí.

En cambio, podemos afirmar, que cerca de Punta Altares, a Levante de la Zona Tangerina, lo probable es que el Eoceno, repose sobre las margas senonenses, formación no despreciable, pues su espesor pasa de 100 metros en algunas de sus manchas, y que más a Levante, al lado de las cadenas jurásicas, si el numulítico reposa sobre el Triás, será sobre las areniscas y pudingas de la base del sistema. El Keuper hay que ir a buscarlo a la costa atlántica, a unos 100 kilómetros de distancia, y aun aquí sólo asoma en los agudos anticlinales eocenos, como arrastrados de las profundidades de la corteza, en pequeños girones que rodean los apuntamientos ofíticos.

Además, tanto las areniscas triásicas, como las margas senonenses, están muy plegadas con los estratos frecuentemente muy inclinados, por lo cual sus raíces han de estar muy profundas, circunstancia que ha de tenerse muy en cuenta, dado el objeto de nuestro estudio.

Los sistemas de fallas de la península Nord-Marroquí.—El Sr. Gavala hace notar que existen en el extremo meridional de la provincia de Cádiz, en las llamadas *Sierras del Campo de Gibraltar*, varios sistemas de fracturas; uno de primer orden, con dirección rigurosamente meridiana, y otras dos representadas por fallas dirigidas de No-

roeste a Sudeste, y de Noreste a Sudoeste, respectivamente. Estas últimas fracturas las pudiéramos llamar de segundo orden.

Pues vamos a ver cómo *los mismos tres sistemas de fracturas existen en la península Nord-Marroquí*, presentándose la circunstancia favorable (que no se realiza en la parte española del Estrecho), de que podemos examinar, no sólo el efecto de estas fallas sobre los terrenos oligocenos y eocenos, sino sobre el *substratum* en toda la región mediterránea, donde aparece éste ante nuestros ojos.

El área de la Arenisca del Algibe en Cádiz, está limitada por dos fallas, con dirección meridiana; a Levante se encuentra la gran línea de fractura, prolongación de la fosa del Guadiaro, que después sigue el cauce del Guadarranque y bordea por Poniente la bahía de Algeciras hasta Punta Getares.

Esta falla de primer orden, reaparece al Sur del Estrecho, en su prolongación, y con la misma dirección que en España, y marca el límite occidental del Jurásico, que separa el Eoceno y Oligoceno de la parte central de la península Nord-Marroquí. Conservando siempre su dirección meridiana, corre esta falla a lo largo de las sierras de Anyera, del Haus, de Beni Hozmar y de Beni Hassan, hasta próximamente el paralelo de Xauen.

A Poniente del área de la Arenisca del Algibe, se halla la falla del Majaceite-Barbate. Esta línea de fractura, también de primer orden, pasa por el Cabo Espartel, pero a partir de aquí, no determina la alineación de la costa atlántica africana (cuya dirección es de Noroeste a Suroeste), como sospechaba el Sr. Gavala. La fractura pasa por junto a Cuesta Colorada, formada por areniscas del Algibe, y sigue después con dirección rigurosamente me-

ridiana, para salir de la Zona española, ligeramente al Este de Alcazarquivir. La zona situada a Levante, la de las sierras de Beni Gorfet de Beni Arós, de Sumata, está constituida casi esencialmente por sierras oligocenas, apareciendo por denudación los estratos eocenos, sólo en los valles. Al Oeste de la gran falla, no aparece en ningún punto la arenisca del Algibe, es la región de colinas de la provincia de Cádiz, que echaba de menos el señor Gavala, y hasta suponía que estuviere cubierta por el mar.

Esta región de colinas, como tan gráficamente la ha bautizado el Sr. Gavala, presenta exactamente los mismos caracteres topográficos, que en la provincia gaditana, y la acompañan los mismos fenómenos geológicos, ojales del Keuper, asomos de ofitas, ensenadas con relleno de arcillas pliocenas, mantos arenosos del astienso, etc.

La circunstancia favorable de asomar en la costa mediterránea, los terrenos antiguos de la base del gran monoclinal de la península Nord-Marroquí, nos permite señalar otra falla Norte Sur, situada al Este de las anteriores, jalonada por la Punta Almina y el Cabo Negro, enormes acantilados néisicos cortados a pico sobre el mar.

También tienen dirección meridiana, las estrechas bandas silurianas de la región ceutí, el eje del pequeño sinclinal del istmo de esta ciudad, su dique peridótico y los plegamientos de las manchas triásicas adosadas por el Este, a las tantas veces citadas sierras calcáreas jurásicas.

En la Zona gaditana del Estrecho de Gibraltar, las fallas más importantes que tienen dirección *Nordeste a Suroeste*, son las de Almenara y la de la Torre de Bujeo. En la península Nord-Marroquí, también existen varias frac-

turas que siguen esta dirección, y que a continuación enumeraremos sucesivamente, contando de Norte a Sur.

1.º La falla que marca la dirección Noreste Suroeste de la costa del Estrecho, entre la Punta Cires, y la ensenada de Alcázar Seguir; esta fractura está determinada en los acantilados de la playa y probablemente sigue por el interior marcando el límite septentrional de las manchas oligocenas del Fajamin y de la Hafa Sakfa.

2.º La falla de Tánger, marcada por el límite oriental de su bahía, y que después se desarrolla por los llanos situados al Sur de la ciudad, para desembocar en el Atlántico y antes la sigue en la mayor parte de su curso el Uad-Buhalf. Esta fractura aísla el elemento tectónico formado por el Monte de Tánger y el Yebel es Slokia, que termina en el Cabo Espartel.

3.º El curso del Uad el Mharhar, al Sur de la Zona Internacional, sigue también una línea de fractura dirigida de Noreste a Suroeste.

Es muy posible que esta línea sea la prolongación de la falla número 1, si bien su parte intermedia en los montes Meyinel, está muy mal caracterizada.

4.º La falla de Tetuán o del Río Martín, enorme escotadura de las Sierras jurásicas, debido primeramente a una falla, y ensanchada después por causas aun mal definidas, hasta formar ancho valle.

5.º También tiene la misma dirección la gran falla del Uad-Lau, perfectamente definida, lo mismo en los terrenos paleozoicos, que en los modernos, y que hemos podido seguir en una extensión de más de 50 kilómetros desde la desembocadura del río hasta los llanos de Dar Akoba.

Las principales fallas con dirección Noreste Suroeste, o sea herciniana, que se encuentran en las sierras del campo de Gibraltar, son las del Gautor y de la Janda.

Siguiendo el mismo orden geográfico, atribuimos a este sistema de fracturas los siguientes accidentes geológicos:

1.º La falla de Uad el Tzelatza de Uad Ras, cuyo último jalón septentrional lo constituyen los cortes de los frentes rocosos oligocenos de Zinatza.

2.º Guarda paralelismo con esta fractura, otra que bordea por el Sur los acantilados de Cuesta Colorada; esta línea de mínima resistencia la sigue en la última parte de su curso el río Garrub o río de las Tembladeras, que desemboca en el Atlántico algo al Sur de la Zona Internacional de Tánger.

3.º También cabe atribuir a este sistema de fallas, la dirección de la costa mediterránea, desde Cabo Mazari (al Este de Tetuán) hasta Punta Pescadores, y confirma esta hipótesis la existencia últimamente descubierta de grandes asomos de peridotitas, entre Ras Targa y Punta Pescadores, pues es sabido que las rocas eruptivas tienen mayor facilidad para salir a la superficie en las líneas debilitadas por las fracturas de la corteza terrestre, que en las dovelas rígidas, comprendidas entre las fallas.

4.º Por último, tiene la misma dirección Noroeste-Sur-este, la falla del Lucus, poco acusada en los llanos comprendidos entre Larache y Alcazarquivir, por haberse rellenado la última parte del valle, por depósitos pliocenos y cuaternarios, pero que se señala netamente en el curso superior del río, por encima de la población citada últimamente.

Lo que no podemos aun afirmar, es la causa de las dislocaciones y trastornos que han sufrido los distintos elementos geológicos que integran la Península Nord-Marroquí, de tan variada composición, y con especial situación geográfica entre dos mares que han sufrido grandes hundimientos.

¿Cómo no han afectado a esta estrecha dovela, los hundimientos atlánticos? ¿Cómo el gran hundimiento en arco del Mediterráneo occidental, ha respetado esta estrecha zona, que cual puente se extiende desde las sierras marroquíes hacia la Penibética?

¿Corresponde esta región a una dovela terrestre atenuada por entre las horst Norteafricana y penibética que han impedido su descenso?

Estas y otras muchas interrogantes, quizás se puedan contestar el día en que haya avanzado el estudio de la geología Norteafricana.

Es posible que del examen de la estructura tectónica de los enormes macizos montañosos del Sur de la Zona, del estudio de las fracturas y de los empujes tangenciales, que las han desgarrado, se puedan obtener grandes enseñanzas.

El Gomara, en Ketama, regiones inaccesibles hace menos de un lustro, hoy en día aun desprovistas de vías de penetración y sin tener un mapa, ni siquiera croquis aceptable, es probable que se halle la clave de estos problemas.

Fracturas del substratum paleozoico.—En la parte española del Estrecho, es sumamente difícil el relacionar la estructura del *substratum* paleozoico, con la de los terrenos que le recubren, pues como repetidamente hemos dicho, sólo se presentan en esa región sedimentos correspondientes a las eras secundaria y terciaria.

En la península que examinamos, no sucede esto, la costa mediterránea está formada por terrenos antiguos y de lo que en ellos se presenta al descubierto, podremos obtener preciosas enseñanzas para las comarcas donde el paleozoico permanece oculto bajo mantos más modernos.

La primer enseñanza, se refiere a los plegamientos que tienen exclusivamente dirección meridiana o submeridiana, como hemos podido observar en un espacio de más de 100 kilómetros de longitud, que es el que separa Ceuta de la desembocadura del Uad-Lau.

De esto se deduce, que en la dovela situada más al Oeste y que comprende desde las sierras jurásicas, hasta la falla del Cabo Espartel, los plegamientos del *Substratum* paleozoico también tendrán probablemente dirección Norte-Sur.

Otra observación sumamente importante, es que las fracturas que limitan las zonas de hundimiento que podemos llamar de primer orden, también tienen dirección Norte-Sur.

Tal sucede entre Ceuta y Cabo Negro, con la falla que limita el hundimiento mediterráneo, o con la fractura que bordea por el Oeste las sierras de Anyera, fractura que limita áreas de tan distinta naturaleza, que a un lado se presenta la serie arcaica-cambriana-siluriana-triásica-jurásica, y al otro sólo la eocena-oligocena, lo cual únicamente se puede explicar admitiendo enormes desniveles geológicos en los labios de las fallas.

En cambio las fallas orientadas entre rumbos, tienen una importancia muchísimo menor en las estructuras antiguas, y así vemos a ambos lados de la falla del río Martín al permo-triásico con idéntica disposición y cota, y la gran falla del Uad-Lau no produce salto apreciable en las formaciones que jalonan sus dos lados.

Queda pues confirmado en la región africana, que lo mismo que en España es meridiana la dirección de las dislocaciones principales de los terrenos antiguos que forman el *substratum* de la región.

Únicamente en la costa del Estrecho, entre Ceuta y la

Bahía de Tánger, es donde han tomado gran amplitud las fallas, con dirección entre rumbo, según se acusa en la interrupción de las cadenas jurásicas y en la fractura del área central o de la Arenisca del Algibe, de modo que podemos afirmar con grandes probabilidades de acierto, que esta fractura pasa a la categoría de primer orden al influir profundamente en la estructura del *substratum* paleozoico.

Como resumen vemos que lo mismo que en la provincia de Cádiz, existe aquí un verdadero mosaico de dove-las cortadas por fallas de diferentes direcciones, cuyo conjunto forma la península Nord-Marroquí, cabeza de puente que tiende a unir el continente africano con la península Ibérica.

Las líneas directrices de los plegamientos de los bancos oligocenos de Arenisca del Algibe.—Ya hemos dicho repetidamente, que la zona que más interés ofrece es la que está comprendida entre la falla de la Sierra de Anyera y la falla de Cabo Espartel, es decir, el área de la Arenisca del Algibe.

En la provincia de Cádiz, los plegamientos de los estratos oligocenos tienen dirección Norte-Sur, al Norte de una línea que uniese San Roque con Alcalá de los Gazules, y se arrumban de Noroeste a Sureste, o sea con dirección herciniana, entre esta línea y la costa del Estrecho.

Veamos cuales son las direcciones de los plegamientos en la península Nord-Marroquí.

En toda la zona costera, entre Punta Altares y Punta Cires, las capas oligocenas, siguen dirección meridiana o submeridiana. Las sierras adosadas al macizo jurásico, además de esta dirección tienen buzamiento constante al

Oeste y forman el tramo más elevado geológicamente del gran monoclinial Nord-Marroquí.

Al Este de Punta Cires, hay un punto singular, donde los bancos se arquean con dirección Noreste, guardando siempre paralelismo con las fajas de terrenos primarios y secundarios, que forman la parte más baja del monoclinial.

En Punta Cires, los estratos oligocenos muy inclinados al Oeste, y cortados casi a pico por el Este, marcan el punto por donde penetra en el continente africano, la falla del Guadiaro.

Al Sur de la faja costera, varía la dirección de los plegamientos, la gran alineación Yebel-Zenzem Yebel-Behma, Fondak de Ain Yedida, tiene dirección Norte Noroeste-Sur Sureste, y aun se acusa más la dirección herciniana en la cresta del Zinat, arrumbados de Noroeste a Sureste.

Un elemento tectónico aislado, la Sierra de Tánger que termina en Cabo Espartel, tiene sus capas plegadas en dirección Noreste-Suroeste y es de advertir que en este extremo del continente africano, los grandes bancos de areniscas están plegados violentamente con multitud de torcimientos y dobladuras que señalan la gran violencia de los empujes orogénicos en este punto.

La dirección rigurosamente meridiana de los plegamientos oligocenos, es aplicable también a los estratos eocenos y, así vemos en el perfil de la costa, que acompaña a este trabajo, que fuera de los puntos afectados por trastornos locales, es muy raro que las capas eocenas se separen más de 15 o 20°, de la dirección de Norte-Sur. Éste también es un carácter diferencial de ambas orillas del Estrecho.

En resumen, vemos pues, que en la parte emergida del Oligoceno, hay dos zonas, una al Norte de la línea de Al-

calá de los Gazules-San Roque, la otra al Sur del Estrecho, en que los bancos terciarios están alineados de Norte a Sur, y una región intermedia, la de la costa gaditana, en que domina la dirección Noroeste-Sureste, de los plegamientos.

¿Cual será la dirección en la Zona sumergida? He ahí una incógnita que únicamente resolvería la perforación del túnel submarino, caso de encontrar a su paso el oligoceno.

La existencia de hojas de arrastre jurásicas. — Uno de los problemas más interesantes de la península Nord-Marroquí, es el determinar si las sierras jurásicas que forman a modo de su espina vertebral, son autóctonas, es decir, están en el sitio donde se depositaron sus sedimentos o constituyen un enorme manto u hoja de la corteza terrestre, que en virtud de empujes orogénicos, procedentes del Sur, ha resbalado sobre el Triás, y aun sobre el Eoceno hasta llegar al punto que hoy ocupa.

Constituye este problema, uno de los sujetos más atractivos para el que estudie la zona de grandes macizos calcáreos situados al Sur del paralelo de Xauen, comarca donde deben hallarse las raíces de las hojas de arrastre y es probable que investigaciones efectuadas en esta región confirmen o destruyan las hipótesis que vamos a sentar.

A nuestro juicio, hay varias razones de gran peso, que abonan el que las sierras de Anyera el Haus, Beni-Hozmar y Beni-Hassan, hayan sido desplazadas de sus primitivas posiciones, y emigrado hacia el Norte.

Una de ellas es la enorme milonitización de la base de estas sierras, circunstancia que puede examinarse en cualquiera de las canteras abiertas en la zona de Ceuta-Te-

tuán, donde se explotan las calizas jurásicas y más que nada en las del Puerto de Ceuta, situadas en Benzu. Cualquiera que haya visitado el enorme frente de esta cantera, no dejará de quedar absorto ante la gran masa de calizas fracturadas en todos los sentidos, con innumerables fallas, grietas y lisos de resbalamientos, que bien a las claras indican la violencia e intensidad de los empujes orogénicos a que han estado sometidos los bancos calcáreos.

La hidrología también nos indica que nos hallamos en presencia de una masa de arrastre que no tiene raíces profundas subterráneas, pues sólo así se explica la presencia de las caudalósimas fuentes que surten a la población y al puerto de Ceuta. Si no fuera por esta circunstancia, sucedería el caso general, cuando una sierra porosa, fisurada y permeable desemboca en el mar, que las fuentes o nacen en la misma playa o son submarinas, fenómeno tan frecuente en las costas levantinas de España.

Otro indicio de la existencia de las hojas de arrastre, son las grandes escotaduras de la cadena montañosa, la mayor de las cuales la constituye el Estrecho de Gibraltar. Pero sin considerar esta solución de continuidad por las circunstancias especialísimas que en ella concurren, fijémonos en las escotaduras del valle del río Martín, y del valle del Uad-Lau. En el primero, más de 2 kilómetros separan las masas jurásicas del Dersa, de Beni-Hozmar, formando un valle, relleno por el eoceno y plioceno. No es admisible, que esta fractura que coincide con el curso del río Martín, haya sido producida por una falla, y después ensanchada por la erosión fluvial, pues estamos cansados de ver como esta erosión produce en las calizas estrechas bocas y gargantas, y no amplísimos valles.

Lo mismo sucede en el alto valle del río Lau, donde mide más de tres kilómetros el boquete comprendido entre las sierras jurásicas de Beni-Hassan, y el macizo calcáreo de Xauen.

Es mucho más lógico explicar estos fenómenos admitiendo la existencia de las hojas de arrastre, alguno de cuyos segmentos ha avanzado más que otros, dejando espacios libres.

Pero quizás el hecho más convincente en apoyo de la existencia de las hojas de arrastre, es la presencia del pequeño mogote jurásico situado en Sidi-Sahara, al Oeste del Alcázar Seguir, es decir, en plena zona Central del Estrecho.

Este manchón secundario, que tiene escasos centenares de metros cuadrados de extensión, forma un promontorio sobre la costa, y está constituido en su base por una gran zona de milonites.

El jurásico se apoya claramente sobre el eoceno, y lo que es aun más curioso, ha dejado algo separadas de la costa, costras y bloques de caliza secundaria, esparcidas sobre el eoceno, como jalonando la ruta que siguió esa masa caliza, al deslizarse sobre los terrenos más modernos hasta llegar a la cota inferior, que corresponde a la del mar actual, donde se detuvo.

Es de advertir que hasta ahora, este testigo jurásico, no figura en los mapas geológicos, pues lo hemos descubierto con posterioridad a la publicación del mapa geológico de la península Nord-Marroquí.

Abundando en el mismo orden de ideas, es sumamente difícil admitir que por erosión hayan desaparecido manchas y fajas jurásicas, si tenemos en cuenta el enorme espesor, de varios centenares de metros, de sus depósitos y que éstos se hallan fuertemente plegados y en gran par-

te colocados de punta. Es sabido lo pronto que desaparecen sometidas a las devastadoras acciones de la erosión fluvial o marina, las capas horizontales o poco plegadas, pero en cambio es sumamente difícil desaparezcan cuando están muy plegadas, circunstancia que aumenta extraordinariamente su espesor, medido según la dirección del radio terrestre.

Debemos pues, admitir en términos generales que *donde no aflora el jurásico es que no existe*.

Y entonces ¿cómo se puede explicar que se hayan depositado estos bancos de enorme espesor en un estrecho surco meridiano sin extenderse los sedimentos ni a Levante ni a Poniente? Aun más inexplicable resulta esto, si considerásemos que los depósitos son por su composición y fauna abisales, de fondos marinos profundos, no de una estrecha playa o costa comprendida entre sedimentos más antiguos.

Es mucho más claro, más racional, admitir la existencia de las tantas veces citadas, hojas de arrastre.

Los depósitos pliocenos.—Los depósitos pliocenos, que se encuentran en la península Nord-Marroquí, son de dos clases distintas, unos esencialmente arcillosos, los otros exclusivamente sabulosos.

Corresponde a la primer categoría, una serie de pequeñas manchas situadas en los estuarios y desembocaduras de los ríos actuales, pero tienen tan escasa extensión, que se advierte inmediatamente, que antes de la época pliocena, la distribución de tierras y mares, era casi la misma que la actual y únicamente los últimos rellenos terciarios han suavizado un poco el dentado perfil de la costa, siendo hoy dilatadas vegas, lo que en la época pliocena eran profundas ensenadas o rías.

Tal sucede en el valle del Lucus, donde las arcillas pliocenas, con una abundante fauna marítima, se han descubierto en los pozos de las huertas de Alcazarquivir.

La última parte del curso del Suani, que desemboca junto a Tánger, también está excavada en las capas pliocenas y en aquella época la bahía de Tánger, que es hoy rada abierta a todos los vientos, sería profunda y abrigada ensenada.

También el pequeño Uad-el-Kazar, que vierte sus aguas en pleno estrecho, junto a Alcázar Seguir, tenía una pequeña entrada en la costa eocena, que se colmó de sedimentos en época pliocena.

El mar de esta última edad, avanzó hasta Tetuán, pues la parte más baja de la ciudad se asienta sobre depósitos pliocenos de rica fauna, conocida ya de los geólogos hace bastantes años.

La identidad absoluta de estos depósitos (caracterizados por las mismas especies fósiles) entre sí, y con los depósitos situados en España a uno y otro lado del Estrecho de Gibraltar, demuestran que esta comunicación entre mares, estaba ya abierta antes de la edad citada. No insisto más en este punto, que con gran acopio de datos y diáfana claridad, ha expuesto el Sr. Gavala, en su memoria, acerca de la Geología del Estrecho.

Aun hay otros depósitos pliocenos de carácter completamente distinto en la península Nord-Marroquí.

Me refiero a los depósitos arenosos de la costa atlántica que cubren gran extensión en la comarca denominada el Sahel, entre Arcila y Larache, al Sur de esta población en el Jolot, y también en el límite meridional de la Zona Internacional, en el Xarf-el-A Kab.

Estos depósitos sabulosos, muy característicos y que se elevan hasta 100 metros por encima del nivel actual del

mar, no se encuentran más que a Poniente de la falla de Cabo Espartel, en la cuarta Zona que hemos considerado en la península Nord-Marroquí, la equivalente a la región de las colinas de la provincia de Cádiz.

Ni en la costa del Estrecho, ni en la mediterránea, hay nada que ni remotamente se asemeje a esta formación, y parece como si en época muy reciente, con posterioridad al hundimiento Atlántico, haya habido un lento resurgir de la costa, que ha levantado las formaciones pliocenas, hasta su actual cota.

Confirma esta suposición la existencia de playas levantadas post-pliocenas, quizás pleistocenas o aun más modernas que se descubren a lo largo de la costa Atlántica, que hemos tenido ocasión de describir en la zona española y acerca de cuya existencia en el Marruecos francés tanto se ha escrito.

Estas playas levantadas, faltan en absoluto en la costa mediterránea de la península Nord-Marroquí, pero se extienden con grandísimo desarrollo y persistente continuidad desde Alhucemas hasta cerca de Melilla.

Parece pues, que la parte de dovela rígida, donde terminó el hundimiento del extremo del Mediterráneo occidental, los terrenos paleozoicos entre el Uad-Lau y Ceuta han permanecido casi completamente inmóviles mientras que a Poniente y Levante un ligero movimiento de emersión, dejaba colgadas en las laderas de la costa, las playas antiguas a un nivel muy superior a las actuales.

Volviendo a los depósitos arcillosos pliocenos, vemos que estos se han depositado exclusivamente en los estuarios de los ríos, limitándose a rellenar las depresiones labradas por éstos, mediante su acción erosiva.

Tal sucede con el Lucus, que aprovechando la línea de mínima resistencia de una falla con dirección herciniana

(Noroeste-Sureste), jalonada por varios asomos de ofitas, excavó un amplio valle que después rellenaron los depósitos marinos pliocenos que pudieron por esta ría avanzar hasta 50 kilómetros del Océano.

Los ríos Mogoga y Suani labraron fácilmente en las blandas margas y arcillas senonenses, un surco ancho que desembocaba en la bahía de Tánger y que después se rellenó con materiales pliocenos.

La mancha pliocena de Tetuán descansa sobre el Trías y el Jurásico, y ocupa la ensenada formada al barrer el río Martín los depósitos eocenos y miocenos, que rellenaron el boquete formado tectónicamente entre las calizas jurásicas.

En todos los casos el proceso ha sido el mismo: formación de una depresión o surco labrado por aguas de un río, descenso de la costa que ha hecho avanzar el mar plioceno rellenando la depresión, y luego movimiento de emersión que ha alejado la línea de costa dejando estos testigos avanzados tierra adentro de los sedimentos del último período terciario.

La península Nord-Marroquí en la época miocena. — En toda la costa africana del Estrecho, entre Ceuta y Tánger, faltan en absoluto los sedimentos de edad miocena, lo mismo que pasa en la costa española; parece pues que como dice el señor Gavala, desde la época del levamiento alpino, hasta el final del tortoniense, estuviere emergida una dovela, integrada por capas eocenas y oligocenas, que unían la costa africana con España y cerraban el actual Estrecho, verdadero puente que unía los dos continentes.

Si hubiese habido una comunicación entre los mares en época miocena hubiesen quedado en algún entrante de la

costa, en algún punto defendido de las erosiones marinas y fluvial, retazos, girones miocenos, últimos vestigios de los depósitos que se sedimentaron en aquella época y que en su mayor parte fueron barridos en un punto donde tan grande ha debido ser siempre la acción destructora de las corrientes marinas.

Nada de esto ocurre y podemos admitir, con bastante probabilidad de certeza, que el actual Estrecho estaba cerrado en época en que un brazo de mar mioceno avanzaba por el valle del Guadalquivir y otro por el de Sebú; quizás ambas orillas del Estrecho, formaban parte de una gran isla emergida en esta edad terciaria.

Pero no toda la península Nord-Marroquí está libre de las aguas del mar, al Oeste de Tetuán, al Oeste también de las cadenas jurásicas, se hallan los depósitos helvéticos de Laucien.

Estas manchas tienen ahora escasa extensión, pero la circunstancia de presentarse sus estratos casi horizontales y su naturaleza blanda e incoherente en una comarca donde ha sido particularmente intensa la denudación fluvial, hacen sospechar que en tiempos pasados ocuparon casi todo el valle del río Martín.

Únicamente ha quedado de tan extensa formación, una costra pegada a las laderas del valle, mancha en sí poco importante, pero harto significativa.

¿Hasta dónde avanzó el mar mioceno? ¿Comunicó el mar Mediterráneo con el Atlántico por lo que hoy son montañas de Uad-Ras?

No parece probable y es fácil que nunca se pueda contestar con certeza a estas interrogaciones.

Lo que sí podemos afirmar es que en época en que parece que el Estrecho estaba cerrado, avanzó el mar mioceno a poniente de la cordillera jurásica Nord-Marroquí.

Fondo submarino del Estrecho de Gibraltar.—Todo nuestro estudio tiende a determinar la naturaleza geológica de los terrenos en que está excavado el profundo surco del Estrecho, y a ser posible la edad de los que se hallen por debajo de estos fondos en la zona de la corteza terrestre donde había de excavar el Túnel Submarino.

Desgraciadamente, como lo ha hecho notar el Sr. Gavala, la zona que nos interesa, comprendida entre las fallas Barbate-Cabo Espartel y Guadiaro-Sierra Anyera, está dividida, en ambas orillas del Estrecho, por una serie de fallas que la convierten en un verdadero mosaico y no se puede encontrar una exacta correspondencia entre las unidades tectónicas de una y otra orilla, pues también forzosamente los terrenos comprendidos entre éstas han de estar cortados por fracturas submarinas, cuya existencia sospechamos, pero no es posible señalar.

En la zona de la Arenisca del Algibe, de la provincia gaditana, no aflora el Keuper, pero el Sr. Gavala ha demostrado con copiosísimos datos, que todo el substratum debe de considerarse como perteneciente a este piso del Triásico y ha demostrado también que sólo existe una posibilidad muy remota, que en algunos puntos se apoyen las hiladas eocenas, sobre masas jurásicas.

Esto último también lo hemos indicado en el anterior epígrafe, en lo que atañe a la zona costera africana.

Ahora bien, la naturaleza del substratum inmediato al Eoceno en la zona africana, es más complejo según vimos anteriormente, y como es la única guía que tenemos para determinar cuáles son los terrenos en que está excavado el Estrecho, forzosamente será más complicado el problema, de lo que resulta del examen sólo de la costa española.

En la zona de Tánger, y más al Sur, entre Sella y el Fondak de Ain Jedida, asoma en ojal el Cretáceo; es pues, lógico, que en toda la región limítrofe de la Zona Internacional, se apoye el Eoceno sobre el Cretáceo. Lo que no podemos determinar, es hasta dónde avanzará hacia el Este el substratum cretáceo.

Admitida la escasa extensión del Jurásico y demostrado que es muy improbable que exista este potente terreno en comarcas donde no aflore, es consecuencia lógica que el Eoceno repose directamente, sobre las pudingas y areniscas del Triásico inferior, y aun sobre los terrenos más antiguos permo-triásicos o paleozoicos, pues éstos se plegaron antes de la deposición del Eoceno.

Esto mismo sucede entre Ceuta y Tetuán, donde vemos que lo mismo se apoya el Eoceno en el Triás, que en los terrenos antiguos.

Vemos, por lo tanto, que en las inmediaciones de la cadena jurásica, o sea hacia la bahía del Marsa, los sedimentos de la costa deben apoyarse sobre las areniscas y conglomerados de la arenisca roja triásica, o directamente sobre el paleozoico.

Claro es, que toda la dovela hundida, citada tantas veces y comprendida entre las fallas Barbate-Cabo Espartel y Guadiaro-Sierra de Anyera, debe tener un substratum paleozoico, cuya profundidad será mayor, según nos alejamos del Mediterráneo, para acercarnos al Atlántico.

La enorme potencia del Eoceno, y la circunstancia de presentarse muy plegado, aproximándose a la vertical los estratos, nos permite asegurar que será muy difícil averiguar por medio de sondeos, la naturaleza del substratum, en la zona de la costa del Estrecho, donde había de desembocar el Túnel Submarino.

Aun llegando a la profundidad de 600 metros, es suma-

mente improbable que la sonda deje de atravesar capas eocenas.

Tanto en el caso de determinarse la naturaleza del substratum, como en el de hallarse todo el taladro perforado en el Eoceno, los resultados obtenidos con el sondeo constituirán una preciosa guía para el conocimiento de la naturaleza geológica de los terrenos en que está excavado el Estrecho.

Ubicación de la boca del Túnel y emplazamiento de un sondeo de exploración. — El Túnel debe de empezar en una región donde el espesor probable del Eoceno sea lo más elevado posible, es decir, en un sinclinal o en un punto donde las capas estén levantadas.

Al mismo tiempo hay que tener en cuenta, que las profundidades ascendentes del Estrecho de Poniente a Levante, exigen que el Túnel se emboquille al Oeste de Alcázar Seguer.

Por el Oeste, el límite de la región donde es conveniente terminar esta obra, queda limitada por la Zona Internacional de Tánger, que termina en la costa junto a Punta Altares

Ya hemos indicado que en Sidi Zahara, un poco al Oeste de Alcázar Seguer, hay un pequeño testigo jurásico, y será necesario alejarse de este punto de caracteres tan especiales.

En resumen, la zona objeto de nuestro examen, queda limitada al espacio de costa comprendido entre Punta Altares y la ensenada situada al Oeste de Sidi Zahara.

En el plano adjunto he indicado los rumbos e inclinación de las capas que desembocan en la costa entre Punta Cires y Punta Altares.

En él vemos que hay varios sinclinales que penetran

en el Estrecho casi normalmente a la costa, y desde luego llaman la atención, dos circunstancias, la regularidad de la dirección meridiana y la fuerte inclinación de los estratos.

Hay dos puntos que reúnen condiciones favorables para efectuar el sondeo de exploración, que son:

1.º—La zona de costa, comprendida entre el río Liam y Punta Ferdigua.

En esta parte de la costa, los estratos están completamente verticales en más de un kilómetro y se presentan con gran regularidad sin alteraciones ni trastornos.

El valle de Liam también pudiera ser excelente punto donde comenzar la rampa de acceso al Túnel Submarino.

2.º—Inmediatamente al Oeste de Punta Kankux, hay una zona donde podría hacerse el sondeo. El punto elegido está situado en el flanco de un sinclinal, pues en su parte más baja existen algunos trastornos estratigráficos.

Bajo todos los puntos de vista, creo más conveniente hacer la exploración en el punto citado primeramente o sea entre Punta Ferdigua y el Uad-Liam.

Mientras mayor sea la profundidad del sondeo mayores serán las probabilidades de llegar al substratum del Eoceno, pero ya he indicado anteriormente que lo probable es que no se lograra salir del Eoceno.

Resumen.—De todo lo que antecede se podrían sacar consecuencias sumamente interesantes, que constituirían el complemento lógico, natural, de este estudio, pero al hacerlo pecaríamos de lamentable redundancia, pues todos estos puntos están tratados con gran profusión de datos en el informe del Sr. Gavala, «La Geología del Estrecho de Gibraltar». Por esto precisamente he indicado al principiar esta nota, que no constituye un estudio ais-

lado, sino sólo una ampliación de ese informe, hecha con datos geológicos, muchos inéditos, que poseíamos acerca de la península Nord-Marroquí.

¿Qué hemos de decir acerca de la edad en que se formó el Estrecho de Gibraltar, sobre la forma del Estrecho en la época pliocena, de los derrubios y acarreos marinos que se hallen en su fondo, etc., etc., que no haya expuesto el Sr. Gavala?

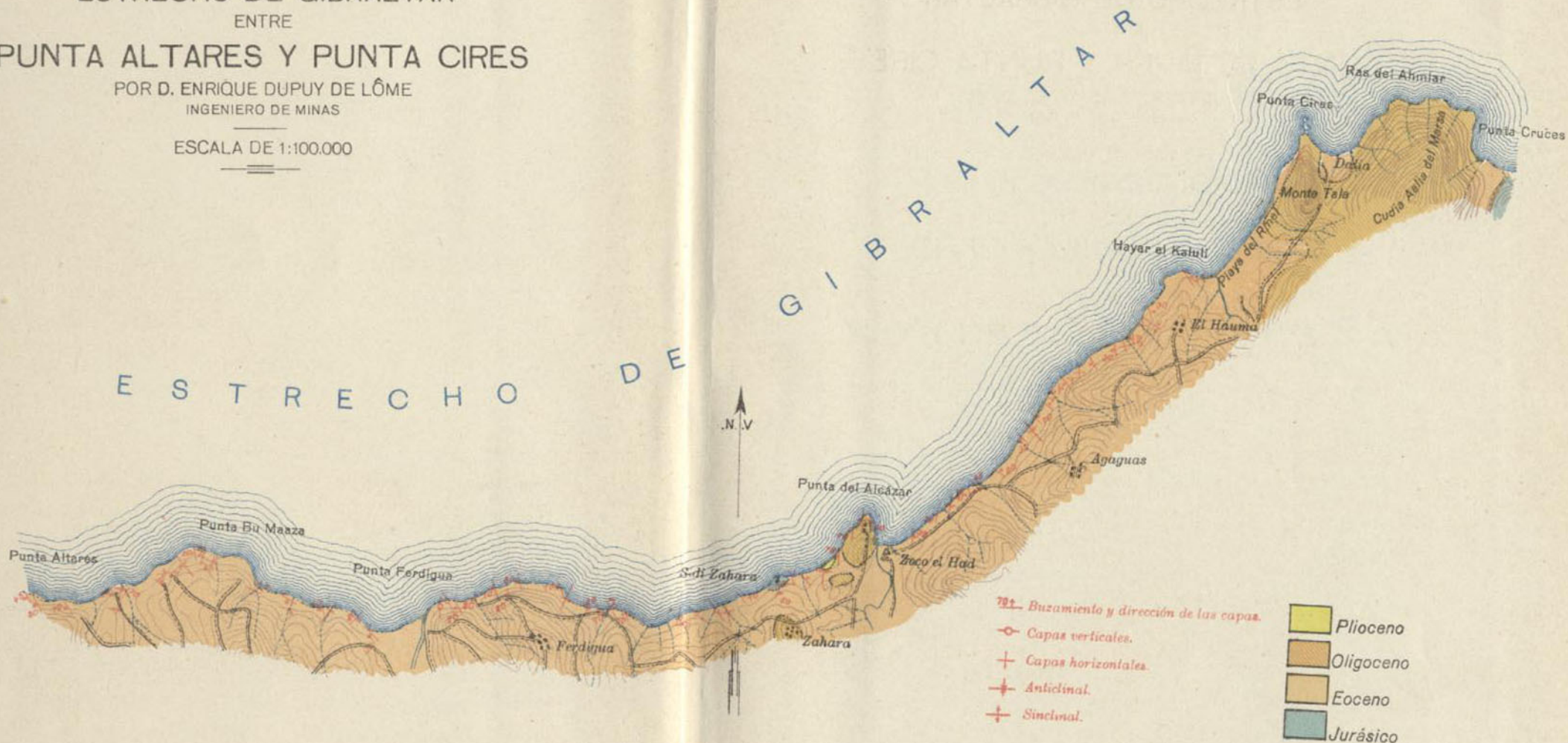
Únicamente queremos hacer constar, que en un todo conforme con las conclusiones expuestas por el Sr. Gavala en su detallado informe, las suscribimos en su totalidad, esperando que el genio de la raza española sabrá vencer las dificultades inherentes a la difícil empresa de unir dos continentes a través de un mar que celosamente guarda el secreto de la estructura de su fondo.

Madrid. Abril de 1929.

DIRECCIÓN DE LA ESTRATIFICACIÓN EN EL
ESTRECHO DE GIBRALTAR
ENTRE
PUNTA ALTARES Y PUNTA CIRES

POR D. ENRIQUE DUPUY DE LÔME
INGENIERO DE MINAS

ESCALA DE 1:100.000



PLAN DE INVESTIGACIÓN
DE LA CUENCA POTÁSICA
DEL
NORESTE DE ESPAÑA

POR

AGUSTIN MARIN
Ingeniero de Minas

PLAN DE INVESTIGACIÓN DE LA CUENCA POTÁSICA DEL NORESTE DE ESPAÑA

La cuenca potásica de Cataluña, descubierta hace quince años, fué desde un principio objeto de reconocimientos, aunque en la época de la guerra éstos se hicieron de un modo lento, por falta de elementos y disponibilidades. Hoy día las minas de potasa de Suria están en plena explotación, extrayendo diariamente 700 toneladas de menas potásicas y la Unión General de Explosivos, concluidos sus trabajos de investigación, está perforando dos pozos maestros gemelos, en Cardona, y está haciendo grandes instalaciones de fábrica, medios de transporte y dependencias.

Aparte de estas dos entidades, realizaron trabajos de investigación en la cuenca potásica, el Estado y la Sociedad Fodina. El primero realizó cinco sondeos. Uno a unos siete kilómetros al Oeste de Cardona, en que se descubrió la potasa, aunque a gran profundidad, un segundo en Castellfullit que se cortó el manto potásico a poco más de 500 metros; un tercero en Torá, en donde a 1.200 metros

se suspendió el sondeo en capas de sal común; un cuarto en Balsareny en donde se halló el manto potásico a 700 metros, en excelentes condiciones de explotación y un quinto en Puig Reig, en el que no se cortó el manto salino.

Los sondeos de la Sociedad Fodina, representados en el plano adjunto, fueron mal ejecutados, de modo que sus resultados pueden dar lugar a interpretaciones erróneas. Todos fueron desfavorables, aunque en algunos de ellos se encontraron sales potásicas; pero repetimos que por las condiciones en que se llevaron los sondeos, trabajando con aguas incompletamente saturadas, no se puede hacer deducciones sobre ellos.

Por último, el Sr Vives, dueño de la mina «Salinas Victoria» está haciendo un sondeo en esta mina, cerca de su límite, con la concesión «Nueva Cardona III» y próxima al puente de la carretera de Cardona sobre el río Cardoner. Se ha llegado a una profundidad próxima a los 600 metros (1) sin alcanzar aun el manto salino.

Para detalles respecto a la cuenca potásica trasladamos al lector a nuestro libro titulado «La Potasa». Ahora sólo nos ocuparemos de resumir todas las enseñanzas desprendidas de los trabajos de investigación y de los estudios realizados para el conocimiento de la importante cuenca potásica catalana.

En el plano adjunto hemos representado:

1.º Límites de la zona reservada por el Estado y de las concesiones de particulares.

(1) Según las últimas noticias se ha cortado el manto salino potásico a una profundidad muy poco superior a 1.000 metros.

2.º Límite probable de la cuenca oligocena salina.

3.º Límite de la cuenca potásica reconocida y explotable.

4.º Límite de la cuenca potásica reconocida y de difícil explotación.

A continuación explicamos el criterio seguido en la representación de los límites marcados y haremos algunas consideraciones sobre lo que ellos representan para la futura investigación de la cuenca potásica.

1.º Límites de la zona reservada por el Estado y de las concesiones de particularidades.—Por Real Orden de 29 de septiembre de 1918, se ordenó que se prorrogara la reserva a favor del Estado de los terrenos limitados por el artículo 13 del R. D. de 1.º de octubre de 1914, hasta tanto que se terminen las investigaciones que han de llevarse a cabo en los mismos, suspendiendo en ellos la admisión de registros.

Los terrenos limitados a que se refiere la disposición anterior son los comprendidos dentro del perímetro cuyos vértices son los campanarios de las iglesias parroquiales de Isona, Balaguer, Tárrega, Igualada, Manresa, Vichy Berga.

La extensión de la reserva a que se refieren estas disposiciones es de 4.720 kilómetros cuadrados, pero no toda ella pertenece al Estado, porque con anterioridad al Real Decreto de 1.º de octubre de 1914 se habían solicitado registros de grandes extensiones. Algunos de ellos fueron renunciados posteriormente.

Se dan a continuación los nombres de los propietarios de concesiones en la cuenca potásica y de la extensión por éstas abarcado:

	Hectáreas
Minas de Potasa de Suria.....	19.640
Unión Española de Explosivos.....	10.788
Sociedad «La Minera»	26.973
Fodina, S. A.	31.334
Juan Vives Gisbert.....	1.914
Herederos de D. Enrique Villate....	2.150
Rob. Stow Bradley.....	800
Varios.....	66
TOTAL.....	93.665

De modo que la extensión reservada por el Estado es de 3.783 kilómetros cuadrados aproximadamente.

La reserva, se ha hecho procurando comprender en ella el terreno oligoceno de las provincias de Barcelona y Lérida, que es el que encierra el manto salino. Pero es indudable que necesitan una revisión los límites asignados por el Real Decreto, puesto que dentro de la zona reservada, están comprendidos los terrenos secundarios del Norte y Oeste y los del eoceno del Este y Sur, en donde no hay posibilidad se presente el yacimiento salino.

2.º Límite probable de la cuenca oligocena salina.—

Desde luego nosotros juzgamos que los yacimientos salinos interesantes para nuestro objeto, yacen en el terreno oligoceno de la cuenca del Ebro, por ser el único hasta el presente en donde se han hallado sales potásicas. Los límites del Oligoceno dentro de Cataluña, están bien definidos; se apoya por el Norte en los terrenos secundarios que forman las estribaciones más meridionales de los Pirineos. Se presenta superpuesto por el Sur sobre terrenos más antiguos que forman la cordillera costera y por el Este yace sobre el Eoceno que forma la llamada plana de Vich.

Por el Oeste el Oligoceno entra en Aragón y sus límites con el Mioceno a él superpuesto, son difíciles de determinar. Nosotros hemos podido observar el contacto de uno y otro terreno por los pueblos de Gandesa, Batea, por el caserío Los Arcos, pueblos Peralte de la Sal y Ontañana y luego debe seguir una línea próximamente paralela al Pirineo.

Todos los estratos oligocenos buzan al Oeste, de modo que si éstos no han sido movidos a causa de empujes tectónicos, la sal, en general, estará más profunda a medida que se camina de Levante a Poniente. Sin embargo, a causa de accidentes geológicos se pueden haber acercado a la superficie los estratos más profundos de los que constituyen el terreno oligoceno y por eso es muy interesante el estudio de los anticlinales y fallas que pueden afectar al referido terreno.

Se deduce de lo manifestado que el Oligoceno se extiende por Aragón y que al Oeste se coloca este terreno por debajo de los depósitos miocenos. En la parte central y occidental de Aragón ya nos parece muy difícil el que se encuentre la zona potásica oligocena a profundidades explotables, porque no solamente tendrán encima los yacimientos salinos a los horizontes oligocenos superiores de una gran potencia, sino también a los estratos miocenos. Por consiguiente, no aconsejamos que se hagan en el Mioceno labores de investigación.

En el plano adjunto en el que se abarca la zona reservada por el Estado, hemos indicado los límites de la cuenca salina. Sondeos hechos con éxito negativo en Callús y Puig-Reig han puesto de manifiesto que en los bordes de la cuenca no se presenta la sal. Por otra parte, en los anticlinales de Tiurana y Pons en que se ven los estratos más inferiores no se ve sal y ni siquiera esos depósitos

arcillosos que suelen acompañar a ese mineral cuando ha aflorado a la superficie. Parece pues, que el manto salino debió ocupar el centro de la cuenca oligocena que lógicamente era lo más hondo y donde, por consiguiente, quedaron depositadas las aguas saturadas de sal, cuando la evaporación fué mayor que las aportaciones.

En este mismo orden de ideas se deduce, que como la sal común es menos soluble que la potásica contenida en las aguas madres, aquélla debe estar más extendida que ésta, que sólo debe ocupar la parte más central de la cuenca. Así, por ejemplo, en un sondeo realizado en Callús se cortó sal común y sólo indicios de sal potásica y en los afloramientos de Santa María de Oló se ve sal común abundante sin contenido alguno de potasa.

Al Sur de Cervera y Tárrega el Oligoceno sigue hasta apoyarse en la cordillera Costera, pero debe presentar un gran espesor y la sal se encuentra en la base. No solamente debe tener superpuesto todo el horizonte de areniscas y margas que en sitios mide más de mil metros sino también el piso de las molasas llamadas de Tárrega. Además es región esta próxima al borde, por lo que no recomendamos se hagan en ella labores de investigación.

Al Oeste de la concesión del Estado el Oligoceno continúa como ya hemos indicado y en esta zona existen algunos anticlinales como el de Tamarit prolongación del de la Sierra de Almenara, que ofrecen algún interés, pero, por la razón indicada antes, de que el Oligoceno tiene un ligero buzamiento al Oeste, aconsejamos que de momento se hagan las investigaciones en Cataluña en la región oriental de la mancha oligocena o sea dentro de la zona reservada por el Estado y dentro también del límite marcado en el plano para la zona salina probable.

La extensión de la zona salina probable dentro de la

reserva del Estado es de 1.722 kilómetros cuadrados, es decir, que consideramos que de los 4.720 kilómetros cuadrados de la zona del Estado sólo debe ser objeto de investigación un 36%.

3.º Zonas de la cuenca potásica reconocida y explotable.—Nosotros hemos representado en el plano adjunto tres zonas que creemos reúnen las condiciones del epígrafe. La más extensa es la de Suria. En ella se han realizado trece sondeos, 12 por la Sociedad «Minas de Potasa de Suria» y uno por el Estado, en Balsareny y todos con muy buen éxito. No se puede, pues, dudar de la continuidad en toda esta zona del yacimiento potásico. Las profundidades a que se halló el yacimiento varía mucho de unos sondeos a otros. En Casa Sali, a un kilómetro al Sur de Suria, se puede decir que aflora y en el alto de la divisoria que separa las cuencas del Cardoner y del Llobregat, se llegó a 840 metros. En el de Balsareny perforado por el Estado, se encontró a poco más de 700 metros. Estas profundidades últimas son comunes a todas las cuencas potásicas, pues en las extranjeras las profundidades de los pozos están comprendidas entre 600 y 900 metros.

Otra zona bien reconocida es la de Cardona. En las dos ramas del anticlinal (que ha mostrado su núcleo de sal blanca al que se superpone el yacimiento potásico erosionado en gran parte en el barranco de Las Salinas), se han hecho gran número de sondeos que han puesto de manifiesto la existencia de un yacimiento potásico muy importante a profundidades no superiores a 700 metros.

Por último, en Castellfullit en un sondeo realizado por el Estado se cortó el manto potásico a 500 metros de profundidad, pero estaba muy plegado, variando mucho en

el transcurso de la perforación la inclinación de los estratos hallados.

La extensión de la zona reconocida y explotable es la siguiente:

	KILÓMETROS CUADRADOS
Zona de Suria-Balsareny.....	108
> de Cardona.....	6
> Castellfullit.....	1,5
TOTAL.....	115,50

4.º Zona potásica reconocida y difícilmente explotable.—Los trabajos de investigación realizados han puesto también de manifiesto que hay zonas en que existe la sal potásica, pero ésta se halla a profundidades tan grandes que se puede considerar al criadero como inexplorable. En el sondeo de Cardona ejecutado por el Estado, se cortó un potente y rico yacimiento potásico a 1.600 metros de profundidad es decir, en condiciones imposibles hoy de explotación. En el sondeo de Palá, de la Sociedad Minas de Potasa de Suria, se cortó el criadero en excelentes condiciones, a 840 metros de profundidad y estaba ubicado en la rama Norte del anticlinal de Suria, aunque ya cerca del límite, pero hace pensar que al Norte del mismo, en el sinclinal, el yacimiento se hallará a profundidades próximas a los 1.000 metros.

Ateniéndonos a estas consideraciones nosotros hemos señalado una zona de la cuenca ocupando el sinclinal comprendido entre los anticlinales de Suria y Cardona y parte de este último, en que sabemos existe el criadero a profundidades grandes y la hemos representado como cuenca reconocida y de difícil explotación.

Las investigaciones primeras que hizo la Sociedad Fodina en la región de Vilanova la Aguda, dieron por resultado, que se comprobó, la existencia de capas potásicas, pero no creemos que con la suficiente riqueza para poder hoy competir con la que tiene el criadero en Suria y Cardona. Por eso lo hemos incluido también en el epígrafe que encabezan estos párrafos.

La extensión reconocida en Suria y Cardona, pero donde la sal potásica debe hallarse a profundidades grandes, es de unos 120 kilómetros cuadrados y la de Vilanova la Aguda de 13 kilómetros cuadrados o sea un total para la zona reconocida y de difícil explotación de 133 kilómetros cuadrados.

Plan de investigación.—Concretando ya todas nuestras manifestaciones sobre el plan de sondeos a ejecutar en la cuenca potásica de Cataluña con objeto de conocer bien la riqueza de la misma, así como el valor e importancia de la zona reservada por el Estado, debemos indicar en primer lugar que con los sondeos realizados por el Estado se obtuvieron importantes resultados siendo los principales los siguientes:

1.º Demostración de la continuidad del yacimiento potásico por bajo de los estratos oligocenos y que no son bolsadas o concentraciones de mineral en determinados parajes (sondeos de Cardona, Castellfullit y Balsareny).

2.º Que el yacimiento está concentrado en la zona central del terreno oligoceno (sondeos de Puig Reig y se saca la misma consecuencia del de Callus de Minas de Suria).

3.º Que en la zona de Balsareny tiene el Estado reservada una zona en donde se encuentra el yacimiento normal y con gran riqueza.

4.º Que el criadero se prolonga al Oeste de Suria y

Cardona, habiéndose hallado en Castellfullit, dentro de la zona reservada por el Estado, el criadero con bastante riqueza, aunque algo dislocado (sondeo de Castellfullit).

Las investigaciones que haga en lo sucesivo el Estado deben ser conducentes a dos fines: a reconocer mayores extensiones de la cuenca potásica y a determinar y concretar mejor la riqueza y extensión del criadero en aquellas partes de la zona reservada en las que se ha reconocido ya la existencia de yacimientos potásicos. A las primeras se les puede llamar trabajos de exploración y a las segundas de reconocimiento.

Por las manifestaciones que hemos hecho en el curso de este informe nosotros proponemos que las labores de investigación se realicen en la zona reservada por el Estado en Cataluña. Después de realizados los primeros trabajos, a la vista de sus resultados, se podían proyectar otros sondeos, ya sea al Oeste de la concesión, en tierras aragonesas, o al Suroeste de la misma, en las tierras llanas de Lérida.

Como sondeo de exploración recomendamos se haga uno muy al Oeste de la zona reservada por el Estado, a unos 27 kilómetros del de Vilanova la Aguda, que es el situado más al Occidente de todos los ejecutados hasta la fecha, al pie de la Sierra de Almenara, en las inmediaciones del pueblo de Bellmunt.

Aconsejamos se haga próximamente en el sitio que ya habíamos indicado en nuestro informe de 1923, publicado en el Boletín del Instituto Geológico, tomo XLIV. Hemos hecho sólo una ligera variación de emplazamiento, situándolo al Sur de la Sierra de Almenara en vez de al Norte como se había proyectado en el referido informe. La razón del cambio está en que estudios posteriores hechos por el Ingeniero que suscribe, parecen indicar que la zona al

Norte de la Sierra, por estar cerca del borde de la cuenca, está algo trastornada; hasta puede no existir el manto salino o hallarse éste empobrecido.

La Sierra de Almenara está formada por un gran anticlinal que pone al descubierto los yesos inferiores. Sobre la rama Sur se proyecta el sondeo. No se ubica sobre el mismo eje del accidente por estar éste comprendido dentro de una concesión particular.

El sondeo será profundo y hay que prever por lo menos una hondura de 1.200 metros, atravesando margas, areniscas, yesos, arcillas y sal.

Si se tiene éxito en este sondeo, será muy probable la continuación de los depósitos salinos al Oeste, entrando en el reino de Aragón. Con esta sola consideración queda demostrada la importancia de este sondeo.

Los aprovisionamientos para la ejecución del sondeo serán fáciles, pues hay caminos buenos y cerca se tienen las aguas procedentes del canal de Urgel.

Como trabajo de reconocimiento proyectamos otro en la región oriental de la zona reservada, al Norte de Aviñó, a unos 6 kilómetros al Este del realizado por el Estado en Balsareny con excelente éxito. Con este sondeo se busca conocer la extensión del yacimiento potásico descubierto en Balsareny, dentro de la concesión del Estado, así como también si conserva las mismas características.

De tener éxito con este sondeo, el Estado podría disponer en todo momento de una zona del criadero potásico que podía poner en explotación en cuanto le conviniera para la regulación del mercado o para otro fin cualquiera.

El sondeo se proyecta al Sur del anticlinal de Suria. Se une un corte del terreno desde la iglesia de Aviñó a Río de Oló. Tendría el sondeo gran profundidad. Es pre-

ciso prever que tal vez sea preciso llegar a 1.200 metros. Existen facilidades para el transporte de maquinaria y para el abastecimiento de aguas. En el sondeo se atravesarán molasas, margas, arcillas, areniscas, yesos y sal.

El sondeo proponemos se haga muy cerca y un poco al Norte de donde lo teníamos ya proyectado en nuestro informe ya citado del año 1923. Proponemos esta pequeña variación en la ubicación con objeto de que ocupe una posición parecida a la del sondeo de Balsareny, con relación al anticlinal de Suria.

Con el descubrimiento de sal potásica en este sondeo se tendría que se había descubierto una zona de criadero dentro de la concesión del Estado de seis kilómetros por dos kilómetros = 12 kilómetros cuadrados. En el sondeo de Balsareny se cortó el criadero con una potencia reducida en K_2O , de 2,21 y si se supone a ésta con sólo 1,50 y se asigna a la densidad el valor de 2, resultarán 36 millones de K_2O , lo que representa próximamente 72 millones de cloruro potásico de la sal comercial 80/84. El consumo de España de esta sal en la actualidad no llega a 40.000 toneladas anuales.

Por último proyectamos un tercer sondeo al Norte de Cardona, junto al río Cardoner e inmediato al límite de las dos provincias de Barcelona y Lérida. (Véase plano).

Este sondeo tiene un doble carácter. Es de exploración puesto que se investigará toda la zona al Norte del anticlinal de Cardona, que hasta el presente no ha sido objeto de investigación alguna y de reconocimiento porque servirá para fijar y determinar bien la zona potásica descubierta en Cardona, en las famosas salinas.

El sondeo está ubicado en la rama Norte del anticlinal de Cardona, donde los estratos se ponen casi horizontales. No lo hemos podido acercar más al eje del anticlinal

porque existen concesiones particulares comprendiendo toda la zona continua a dicho eje.

Si el Estado cortara en dicho sitio el yacimiento potásico podría disponer en la zona que se reservó de un importante criadero.

El sondeo tiene también que ser profundo y es preciso prever que se llegue a una hondura de 1.200 metros. Los terrenos atravesados serán margas, areniscas, arcillas, yesos y sal y tal vez algún banco de conglomerado. El sondeo se proyecta al lado de la carretera de Cardona a Solsona y del río Cardoner, con lo que se podrán hacer muy fácilmente los aprovisionamientos de los elementos necesarios para el mismo.

Los resultados que se obtengan con estos tres sondeos son los que decidirán respecto si se deben hacer otros y en caso afirmativo determinar el sitio en que deben ubicarse. Si el de Sierra Almenara tuviera éxito, convendría hacer otros en Aragón y en los llanos de Lérida. Si el que tuviera éxito fuera el de Cardona, convendría hacer otro de reconocimiento para determinar bien la zona potásica comprendida dentro de la zona reservada por el Estado.

Si el sondeo de Aviñó diera resultado no creemos se deba hacer ninguno otro más en la región, pero si se cortara sal común y no sal potásica convendría hacer otro más cerca de Balsareny, para fijar la extensión del yacimiento potásico comprendido dentro de la zona reservada por el Estado.

No creemos que convenga suspender ningún sondeo antes de los 800 o 1.000 metros y es posible que algunos, si no todos, no se puedan suspender hasta los 1.200 metros.

RESUMEN

De todo lo manifestado se deduce:

1.º Que proponemos se realicen nuevos trabajos de investigación en la cuenca potásica del Noreste de España.

2.º Que de momento proponemos se realicen tres:

a) sondeo de exploración de Bellmunt, con objeto de investigar la zona Oeste de la mancha oligocena. b) sondeo de reconocimiento de Aviñó, para determinar la extensión y riqueza del yacimiento potásico descubierto en Balsareny, c) sondeo mixto de Cardona para investigar la región al Norte del anticlinal de Cardona y para determinar la extensión y riqueza del yacimiento descubierto en las salinas de Cardona.

3.º Que la profundidad máxima a que debe llegarse en los tres sondeos a que se refiere la conclusión anterior es la de 1.200 metros.

Madrid, 1 febrero de 1929.

CIÓN

luvial

ceno

oligoceno

potásico

potásico

potásico

salinas

salinera probable

potásica reconocida explotable

*a reconocida difícilmente explotable
de los anticlinales*

número de las minas de particulares

zonas

zonas ejecutadas por el Estado

zonas y pozos ejecutadas por particulares

zonas que se proyectan

zonas en ejecución

número de la zona reservada por el Estado

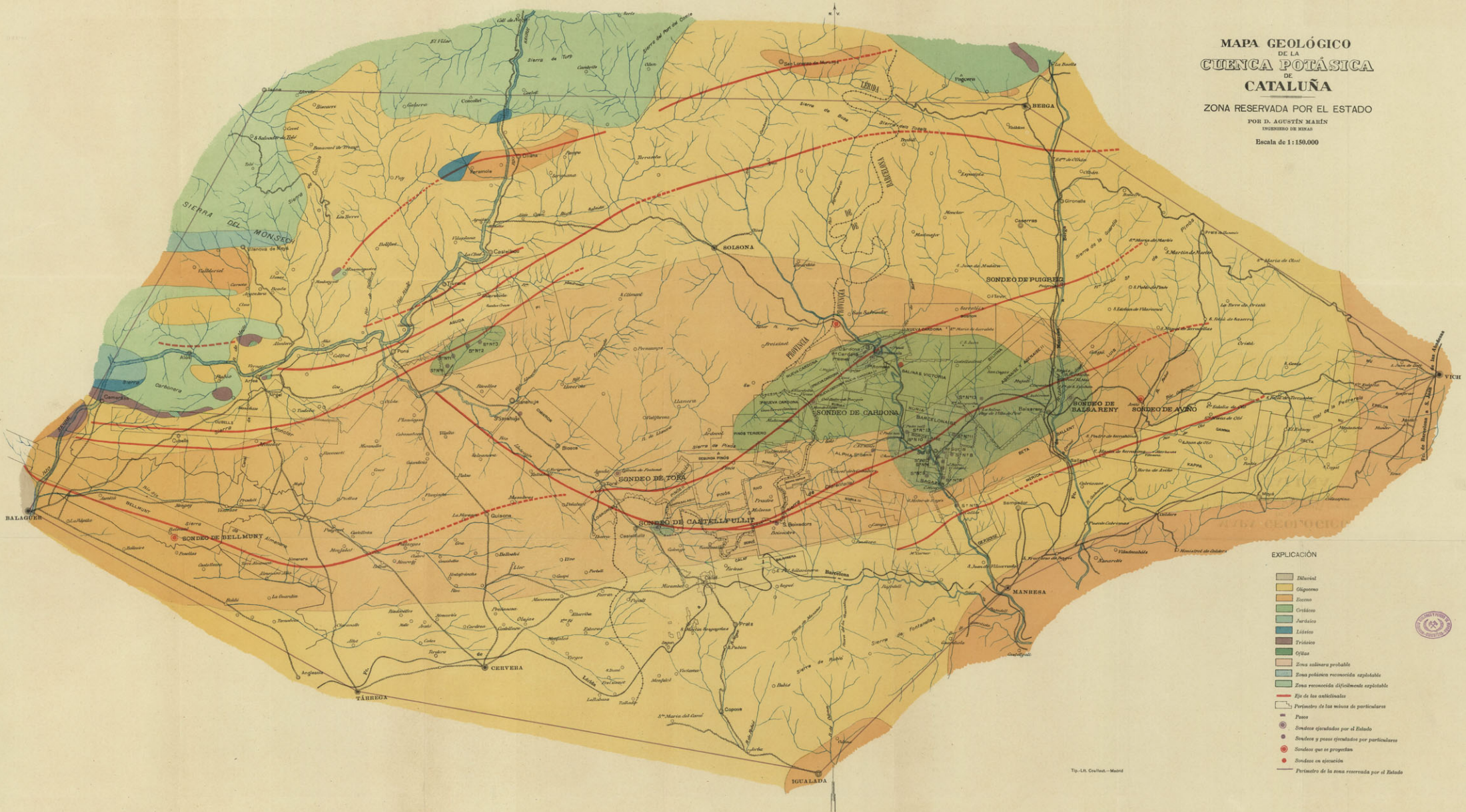


MAPA GEOLÓGICO DE LA CUENCA POTÁSICA DE CATALUÑA

ZONA RESERVADA POR EL ESTADO

POR D. AGUSTÍN MARÍN
INGENIERO DE MINAS

Escala de 1:150.000



- EXPLICACIÓN
- Mineral
 - Óligoceno
 - Eoceno
 - Cretácico
 - Jurásico
 - Liásico
 - Triásico
 - Oligoc.
 - Zona salinera probable
 - Zona reconocida difícilmente explotable
 - Zona reconocida fácilmente explotable
 - Eje de las anticlinales
 - Perímetro de las minas de particulares
 - Puzos
 - Sondeos ejecutados por el Estado
 - Sondeos y pozos ejecutados por particulares
 - Sondeos que se proyectan
 - Sondeos en ejecución
 - Perímetro de la zona reservada por el Estado

REGIÓN NORTE
INVESTIGACIÓN DE SALES POTÁSICAS

NAVARRA

POR

ALFONSO DEL VALLE
Ingeniero de Minas

REGIÓN NORTE
INVESTIGACIÓN DE SALES POTÁSICAS
NAVARRA

El hallazgo de 7,475 gramos de potasa por litro, denunciado por el análisis químico de las aguas de las Salinas de Olaz, verificado al efectuar los trabajos relativos al estudio de la geología de la hoja de Pamplona, unido a la situación de dichas salinas en la base del tramo sannoisense del sistema Oligoceno, nivel en el que se encuentra la importante cuenca potásica catalana, nos indicó la posibilidad de la existencia, en esta región, de otra nueva cuenca potásica y nos condujo a proponer a la Superioridad, en informe emitido, en 14 de julio del año próximo pasado, la conveniencia de reservar una zona para el Estado, con objeto de asegurar la propiedad de los yacimientos, en el caso de que dicha entidad se decidiera a ejecutar los trabajos de investigación y reconocimiento necesarios, y éstos pusieran de manifiesto que la sospechada cuenca potásica era industrialmente utilizable.

Aprobada dicha propuesta, reservando la zona indicada por R. O. de 27 de julio de 1928 y hechos sobre el terreno los estudios preliminares para proponer un plan de

trabajos de investigación, el Ingeniero que suscribe tiene el honor de someterlo a la Superioridad, por si ésta juzga procedente su aprobación y ejecución.

Consideraciones generales acerca de los yacimientos salinos.—Si existe algún tipo de criaderos minerales en el que la concepción teórica de su génesis responda y explique satisfactoriamente las modalidades con que se presentan en la naturaleza, es, sin duda alguna, el de estos depósitos de sales, procedentes de precipitación y sedimentación por evaporación de los líquidos en que se hallan disueltos.

Todos los elementos representados en estos yacimientos se hallan contenidos en la composición media del mar que según Erdman es la siguiente:

Cl	Br	So ⁴	CO ³	Ca	Mg	K	Na
55,30	0,19	7,76	0,20	1,18	3,69	1,13	30,54

y el orden de precipitación y depósito con que se encuentran sus minerales está de acuerdo también con el corte teórico trazado conforme a las leyes físicas y químicas que rigen el proceso de la evaporación. Las discrepancias que a menudo se observan en algunos yacimientos conocidos, respecto a este orden y composición, han sido explicadas satisfactoriamente por fenómenos posteriores de termo-metamorfismo, resultante de los cambios de temperatura producidos como consecuencia del depósito superior de nuevas capas y su erosión; de los movimientos tectónicos, o de los procedentes de las dislocaciones y acumulaciones propias de este tipo de yacimientos debidos a la plasticidad de la sal.

Deben considerarse por tanto estos criaderos de sales

como el resultado de la actuación de un clima desértico sobre lagunas de aguas saladas.

Los sistemas geológicos en que racionalmente deben hallarse, atendiendo a las condiciones requeridas para su formación, son las que suceden a los grandes movimientos terrestres (el permo-trías para el Herciniano, el Oligoceno para el Pirenaico, el Mioceno para el Alpino) movimientos que al modificar profundamente el relieve, varían el emplazamiento de los mares, los cuales al retirarse de su antigua cuenca dejan abandonadas dentro del continente masas aisladas en forma de lagunas o mares interiores, al mismo tiempo que ejerciendo sin duda también su acción sobre el régimen meteorológico de las regiones afectadas, que, como es sabido, es función del relieve, lo transforman en el desértico necesario para que pueda verificarse la evaporación y desecación de aquellos depósitos.

Si se admite el origen orgánico de los aceites minerales cuando en estas lagunas o mares interiores quedan aprisionados grandes cantidades de seres marinos pueden producirse en las mismas condiciones depósitos de hidrocarburos por debajo de los mantos de sal.

En España, los yacimientos potásicos se encuentran en Cataluña en la base del Oligoceno y era lógico esperar que en Navarra sucediera lo mismo, siendo una consecuencia del movimiento pirenaico con relación al cual las dos regiones presentan análoga situación.

Sabido es que termina el Eoceno con el movimiento principal del levantamiento pirenaico, movimiento que produjo la retirada del mar de aquella edad, el cual queda reducido durante el Oligoceno a una serie de lagunas alargadas, según la dirección del geosinclinal marginal que bordeaba por el Sur el levantamiento principal, que hoy señala aproximadamente la cumbre pirenaica.

Estas lagunas quedaron separadas unas de otras por crestas anticlinales cretáceas y eocenas, primer esbozo de la tectónica futura.

El régimen meteorológico guarda estrecha relación con el relieve terrestre, un cambio verificado en éste de la importancia del levantamiento pirenaico, sin duda influye sobre aquél y la transformación del régimen normal del Eoceno en el desértico, que denuncian los yacimientos salinos y depósitos de yeso de la base del Oligoceno puede explicarse como causado por este movimiento, aunque también pudiese obedecer a fenómenos externos a la litosfera.

De estas consideraciones se deduce que la investigación de las sales potásicas debe comenzar por el estudio de la extensión y condiciones de la cuenca oligocena, matriz, como se ha visto, de este tipo de yacimientos en el borde del levantamiento pirenaico.

Extensión del Oligoceno en la región.—Desgraciadamente es difícil, dado el estado de nuestros conocimientos sobre el Terciario de Navarra, Álava y Logroño, determinar la extensión total que abarca el Oligoceno en estas provincias, pues aunque su contacto con el Eoceno es fácil de fijar su separación del Mioceno es sumamente difícil.

La dificultad estriba en que ambas formaciones son de régimen lacustre, sus caracteres litológicos son los mismos y los paleontológicos nada resuelven, pues la falta de fósiles de mamíferos, que son los únicos que pueden servir a una clasificación precisa de estos sistemas, impide hacerla, no siendo suficientes para fijarla los escasos yacimientos que se encuentran de moluscos, dada la lentitud de evolución de estos organismos. No se descubre tam-

poco claramente discordancia angular entre los estratos de ambas formaciones que permita su separación.

Los diversos geólogos que hasta el presente se han ocupado del Mioceno de esta región, lo han clasificado atendiendo a su semejanza de facies, con el de otros lugares de la Península y fundándose también en la horizontalidad de sus capas.

Mallada, en su «Reconocimiento geológico de la provincia de Navarra», distingue en el Terciario de esta provincia tres tramos: el Eoceno marino, el Eoceno lacustre y el Mioceno. El Eoceno lacustre viene a ser el que hoy se distingue con el nombre de Oligoceno (como el mismo Mallada lo indica posteriormente en su «Descripción del Mapa geológico de España»). Describe con precisión en la citada obra, la línea de contacto del Eoceno marino con el lacustre, pero al querer deslindar éste del Mioceno, expone siempre la dificultad de hacerlo y en realidad la línea de separación que traza en el plano, que acompaña a la memoria, no responde a variación ninguna sobre el terreno. Reconoce como roca más típica del Eoceno lacustre el conglomerado poligénico de cemento pardo-amari-llento que sitúa en la parte media de la formación. Respecto al Mioceno indica que lo más frecuente es que los estratos yacean horizontales y notando que en los lugares donde pierden esa horizontalidad existen fajas yesosas, atribuye ese accidente al aumento de volumen que experimenta la anhidrita al hidratarse y convertirse en yeso.

Palacios, aunque en su obra «Los terrenos mesozoicos de Navarra» no describe los terrenos terciarios ni se ocupa de ellos, en el plano que acompaña a esta Memoria, modifica sus límites, que hasta entonces seguían siendo en el Mapa geológico los trazados por Mallada, y se ob-

serva al examinar este plano que su modificación consiste en tomar como base del Mioceno los bancos de pudingas que Mallada situaba en la parte media de su Eoceno lacustre.

La citada modificación, dada la autoridad y seriedad indiscutible de su autor y su perfecto conocimiento de la geología de Navarra, nos ha hecho reflexionar sobre los ignorados argumentos en que apoyaría su criterio y aunque pueden alegarse algunas razones en su apoyo, existen otras que lo contradicen.

Mucho se ha escrito sobre la famosa pudinga terciaria que bordea los Pirineos, desde que el Abate Palassou, a fines del siglo XVIII, la observó y descubrió en la vertiente francesa, hasta nuestros días.

En un principio fué considerado como un nivel fijo para todo el Pirineo y en la actualidad está clasificada como eocena superior en unos lugares (Ariege, Pirineos orientales franceses) como oligocena en otros (Cataluña) y como miocena en la Gava de Pau, en donde por Douville, en 1924, le ha sido dado el nombre de pudinga de Jurançon, para distinguirla de la eocena de los Pirineos orientales, conocida con el, ya clásico, de pudingas de Palassou.

Estas diversas clasificaciones no deben extrañar, pues lo que no parece lógico es considerar a esta roca como constituyendo un nivel estratigráfico y cronológico fijo, dado que su formación es consecuencia del levantamiento pirenaico y por tanto ha debido irse produciendo en épocas diferentes para cada una de las regiones afectadas, de acuerdo con las diversas fases del movimiento, que no ha podido ser instantáneo y por igual a lo largo de toda la cordillera, siendo además probable que en algunos lugares se repita esta formación y existan niveles de pu-

dingas terciarias correspondientes a dos o más épocas.

No siendo frecuente la existencia de fósiles en esta clase de rocas, como es natural dado el mecanismo de su formación, lo único que indican es la acción de un clima diluvial sobre relieves muy pronunciados, como los formados a consecuencia y continuación de los grandes movimientos terrestres y su situación actual señala una antigua línea de costa o de cambio brusco de pendiente.

Por estas razones suelen ser, en general, consideradas estas formaciones más bien como base que como parte media o alta de un sistema.

Por otra parte, el cambio de régimen climático que se advierte para pasar del desértico que señala la base del Oligoceno al Diluvial que indican los bancos de pudingas, también pudiera explicarse por un movimiento que señalara el límite de los dos sistemas, pero este movimiento que parece poner de manifiesto la tectónica de la región en la cobijadura de Unzué de la Sierra de Alaiz, en donde se observa que las capas oligocenas han sido influidas por el movimiento que ha motivado dicho accidente geológico, no apoya la suposición anterior, porque en dicho lugar las capas de pudingas yacen en concordancia angular con las oligocenas inferiores, de lo que debe deducirse que el citado movimiento ha debido tener lugar en época posterior al depósito de esas pudingas.

En la provincia de Logroño en donde potentes depósitos de conglomerados jalonan a trechos el macizo ibérico, por su vertiente Norte, Sánchez Lozano considera toda la formación como miocena, pero a nuestro juicio, a juzgar por la facies y situación que ocupan, las capas que formando un anticlinal, por debajo de las pudingas, afloran siguiendo el curso del Cidacos, entre Arnedillo y Arnedo,

deben ser consideradas como oligocenas, en cuyo caso el límite o borde Sur de la cuenca oligocena llega, por esta zona, hasta el macizo Ibérico formando el substratum de la formación miocena que en parte la recubre.

Estructura de la cuenca Oligo-miocena.— Con objeto de dar una idea general de la estructura de la cuenca se ha trazado el plano número 1 que acompaña a este informe.

Se apoya el borde Norte de la misma desde su entrada en la provincia de Navarra, que coincide con la del río Aragón, hasta las cercanías de Estella, sobre la formación eocena, unas veces sobre las calizas lutecienses y otras sobre las margas bartonienses, siempre con buzamiento hacia el interior de la cuenca, y a poniente de esta población, desde el puente de Mendaza hasta el límite occidental de la provincia yace sobre las calizas cenomanenses que constituyen la Sierra de Codes.

Por el Sur, al otro lado del Ebro, ya en la provincia de Logroño, se apoya, como se ha indicado, en los terrenos mesozoicos y primarios del macizo Ibérico.

Se angosta la cuenca en el meridiano que pasa por Logroño y desde éste hacia Poniente sus estratos, a excepción de una estrecha faja sobre los bordes, yacen casi horizontales con ligerísimo buzamiento hacia el Oeste y sin ningún accidente geológico que señale movimientos posteriores a su depósito ni perturbe su uniformidad. Sin interrupción ninguna penetra esta formación en la vecina provincia de Burgos, en donde ha sido siempre considerada como miocena.

La misma horizontalidad conservan los estratos en los alrededores de la citada ciudad de Logroño, en donde en gran parte vienen recubiertos por terrazas diluviales

y se mantiene también por levante hasta más allá de Calahorra y sus aledaños, en donde ya al Norte del cauce del Ebro y al Sur en las proximidades de Arnedo aparecen los primeros pliegues.

La cuenca puede, por tanto, considerarse dividida en dos partes: una la que queda a poniente del estrecho de Logroño, en donde, como se ha dicho, los estratos se presentan casi horizontales y parece debe incluirse en el Mioceno y otra la que queda al Este del mismo, cuya horizontalidad viene rota por accidentes geológicos cuyos ejes han sido designados en el plano con las letras A, B, C, D, E, F y G.

Todos estos accidentes a excepción del B, que por la falta de simetría de sus flancos presenta alguna diferencia con los demás, son análogos. Consisten en pliegues anticlinales con ejes yesosos.

En aquellos en que el límite o término longitudinal del pliegue aparece claro, como el oriental del B en Oleoz, el occidental del D en Larraga y el occidental del E al Sur del Busto, se observa que las capas buzan en arco de círculo hacia el exterior de dicho límite, como obedeciendo a haber sufrido un empuje vertical de abajo a arriba por el lado del accidente. En los cortes transversales las fajas anticlinales son siempre mucho más estrechas que las sinclinales en las cuales las capas se presentan subhorizontales, mientras que en aquéllas aumentan rápidamente los buzamientos por los dos flancos hasta llegar casi a la vertical, encontrándose siempre el eje sumamente plegado y revuelto con los yesos y en muchos casos, singularmente en los del borde Norte de la cuenca, jalado por manantiales salinos.

Todo esto nos conduce a sospechar que la formación de estos pliegues, no es debida en absoluto a movimientos

producidos por presiones tangenciales sino que parece más bien obedecer a empujes de abajo a arriba resultantes de las dislocaciones y movimientos propios y característicos de los yacimientos salinos, siendo probable que la sal ocupe el fondo de la cuenca, acumulándose a lo largo de estos pliegues, constituyendo su núcleo en profundidad, en forma análoga a lo observado en Rumania con los allí designados con el nombre de pliegues diapiros.

De resultar cierta esta hipótesis podría interpretarse la falta de accidentes en la zona miocena al Oeste de Logroño, por la carencia del tramo oligoceno en su base o por no existir el manto salino en su substratum.

El movimiento que ha producido estos pliegues es reciente, como lo demuestra el que su influencia sobre la topografía no ha sido aun borrada en muchos lugares tratándose de rocas blandas fácilmente deleznable por la erosión y se puede afirmar que aun prosigue en la actualidad, pues en el pueblo de Biurrun, varios vecinos han manifestado que algunos accidentes topográficos del poblado de Olcoz que se percibían claramente desde aquel lugar hace unos años, no se ven hoy en día por haberse ocultado, sin duda a causa de los movimientos del terreno en el pliegue B.

Algunos de estos accidentes, los próximos al borde Norte de la cuenca, como los A y B, terminan en apuntamientos ofíticos.

La opinión de que esta roca es característica del Triás, compartida por la mayor parte de los geólogos hoy en día y la existencia, también en este piso, de mantos salinos y yesosos que existen también en la región (Elgorriaga), así como las coloraciones rojizas y abigarradas comunes a ambos sistemas los hacen confundibles y han llevado a geólogos tan conocedores del Pirineo como Carez, a su-

poner triásicas salinas como las de Monreal de Ibargoiti que a nuestro juicio deben considerarse como oligocenas.

Un geólogo alemán, el Sr. Beil, fundándose en que ha encontrado pequeños trozos de cuarzo bipiramidado en las capas yesosas que afloran en Larraga, extremo occidental del pliegue D, supone también triásica aquella formación. En la hoja de Tafalla se ha clasificado por nosotros como oligocena, basándonos en el hallazgo del *Coretus cornu coruu* (Brongniart) y de una *Lymnea acuminata euzelensis* (Fontannes) en los estrechos bancos de caliza que allí afloran en contacto con los yesos.

En Cataluña en donde también al principio se planteó el mismo problema, los trabajos de reconocimiento efectuados en la cuenca de Suria parecen poner de manifiesto que allí los depósitos de sal pertenecen al Oligoceno.

En resumen, las consecuencias que, a nuestro juicio, pueden deducirse de lo anteriormente expuesto son:

1.º Que la formación oligocena debe ocupar los bordes de la cuenca, por lo menos a levante del meridiano que pasa por Logroño, apoyándose por el N. en la falda del Pirineo y al Sur por debajo de Calahorra en el macizo ibérico.

2.º Que el Mioceno recubre una gran parte del Oligoceno en la zona central.

3.º Que los accidentes y pliegues que presenta la cuenca parecen motivados por empujes verticales producidos por movimientos de masas salinas inferiores que acumulándose a lo largo de estos ejes, han levantado y rasgado las capas miocenas, aflorando las oligocenas inferiores a manera de eczema a lo largo de los ejes de los anticlinales, y

4.º Que de resultar cierta esa hipótesis, toda la zona plegada presentaría interés para los trabajos de investigación de las sales potásicas.

Resultados de los análisis de las salmueras de las salinas.—Practicados por el Ingeniero Sr. Menéndez Puget los análisis químicos de las aguas de las salinas de la comarca como primera base de orientación al objeto de investigar la situación que puedan ocupar los ocultos mantos salinos de donde procede la potasa, los resultados obtenidos han sido los siguientes:

Número	SALINAS	GRAMOS DE POTASA POR LITRO	
1	Pamplona { Pozo Norte..	14.489	Salinas situadas en el contacto del Eoceno con el Oligoceno.
	{ Pozo Sur ...	14.273	
2	Guendulain	7.893	
3	Olaz	7.475	
4	Monreal.....	5.954	
5	Undiano	0.400	
6	Oro	1.029	Salinas en relación con apuntamientos ofíticos.
7	Añana	0.794	
8	Arteta.....	0.756	
9	Buradón	0.250	
10	Aguilar	0.028	Salinas dentro de la cuenca oligo-miocena.
11	Lerín	0.025	
12	Azuelo	0.016	
13	Tirapu	0.008	
14	Obanes	0.005	

Para poder deducir consecuencias de estos análisis se han clasificado las salinas en tres grupos y en cada uno de ellos se han colocado por orden de riqueza en potasa.

Primer grupo.—Salinas situadas en la línea de contacto de las formaciones eocenas (margas bartonienses) con la oligocena (moladas y margas sannoisenses) que son las 1, 2, 3, 4 y 5.

Se observa que la ley en potasa de este grupo es muy

superior a la de los otros dos, pues separando las salinas de Undiano, que presentan con las demás una diferencia muy marcada y poco explicable, oscila entre 14,489 gramos (Pamplona) y 5,954 gramos (Monreal).

Conviene recordar que los análisis de las aguas que circulaban por las célebres Salinas de Cardona, de la cuenca potásica catalana, dieron, en Junio de 1917, 14,5 gramos de potasa y en análisis posteriores 6,1.

Puede deducirse de lo expuesto que la cuenca salina que lavan las aguas que manan en los pozos de este grupo, es rica en potasa, pero sus condiciones de yacimiento no deben ser favorables para la conservación de esta riqueza, pues indudablemente no se halla protegida por ningún manto impermeable que impida la disolución de las sales potásicas en las aguas subterráneas circulantes.

Es por tanto el estudio de la zona en que se encuentran estas salinas de importancia primordial para los trabajos de investigación.

Segundo grupo.—La ley en potasa de las salmueras de este grupo que son las correspondientes a las salinas 6, 7, 8 y 9, es la que sigue en importancia a las anteriores, pues oscila entre 1,029 (Añana) y 0,250 gramos (Buradon).

Su situación en la proximidad de apuntamientos ofíticos y el emplazamiento de algunas de ellas en formaciones anteriores a la oligocena, inducen a sospechar el origen triásico de las sales que contienen.

Es lógico suponer que si las sales de este grupo, se hallaran en condiciones análogas de protección que las anteriores, expuestas durante más tiempo que ellas a los efectos de la disolución, contendrán menos riqueza en potasa, lo cual unido a que las dislocaciones y fallas propias de estos apuntamientos deben romper la regularidad de

los depósitos salinos, dificultando por tanto su explotación, hace que consideremos a este grupo como presentando menor interés que el primero para la investigación potásica.

Tercer grupo.—Los análisis de las aguas de este grupo, salinas números 10, 11, 12, 13 y 14, apenas han dado ley apreciable en potasa, lo que puede interpretarse como consecuencia de que esta zona no la contiene o de que las aguas no circulan por el manto potásico por hallarse éste protegido y resguardado por capas impermeables.

En resumen de lo expuesto se deduce que atendiendo al resultado de los análisis de las salmueras, parece lo más indicado comenzar la investigación de esta cuenca navarra por la zona de las salinas pertenecientes al primer grupo que se designa en el plano con el nombre de «zona A» y las enseñanzas deducidas de la primera investigación acerca de la situación y condiciones del oculto manto salino, en donde se hallan las sales potásicas, nos indicarán si procede extender el reconocimiento a la parte interior de la cuenca.

Estudio de la zona A.—Para dar una idea de la constitución y estructura de esta zona se ha trazado el plano a escala de 1 : 20.000, cuya topografía nos ha sido proporcionada por el Instituto Geográfico, y los dos cortes que acompañan a este informe.

Se han representado con distintos colores las tres formaciones principales de que se compone; la inferior, eocena (margas bartonienses), a las que se superponen las molasas grises y rojizas alternantes con margas, del Oligoceno inferior (sannoisenses) y sobre éstas los bancos de pudingas, también alternantes con lechos margosos.

La formación oligocena se presenta aquí en la forma

de un sinclinal cuyo eje, que aproximadamente pasa por las salinas de Pamplona, buza al SO. teniendo los estratos que forman sus flancos un buzamiento aproximado a 20 grados.

Los cortes han sido trazados considerando, primero, que de acuerdo con la teoría genética de estos yacimientos el manto salino debe ocupar la base del Oligoceno y, segundo, que aunque entre la estratificación de las margas bartonienses y la de los estratos oligocenos debe existir una discordancia angular muy marcada (la resultante del movimiento principal pirenaico) no parece lógico suponer lo mismo, entre la superficie de contacto de ambas formaciones o sea entre el fondo de la cuenca del lago oligoceno, constituido por aquellas margas ya erosionadas, cuya forma parece que, en líneas generales, debe ser reflejada por la disposición que presentan los bancos oligocenos, depositados sobre aquel fondo en posiciones sub-horizontales, por lo que se ha supuesto el buzamiento del fondo de barco de la cuenca hacia el SO. no dejándose llevar por la impresión que causa, el que la pendiente exterior que presentan las margas eocenas siguiendo la línea de contacto entre ambas formaciones buza en sentido contrario, es decir, hacia el Noreste.

El manto salino, como producto de la evaporación y desecación de las lagunas, debe ocupar en un principio la zona o zonas más profundas del fondo de la cuenca, a donde han tenido que ir retirándose las aguas al ir disminuyendo en volumen, estas zonas, en general, suelen estar situadas en la parte central de las cuencas, lo que no parece suceder en el caso presente, a juzgar por la situación de las salinas que indican más bien la existencia del manto de sal cerca del borde.

Pudiera explicarse esta anomalía por el movimiento

que evidentemente han sufrido las capas oligocenas, después de su depósito, para quedar en la posición actual con buzamientos superiores a los naturales hacia el interior de la cuenca. Este movimiento, de hundimiento hacia el centro de aquélla al actuar sobre la masa salina inferior, ha podido causar el empuje y traslado, hasta la parte levantada de la orilla, de la sal situada en un principio más hacia el centro.

Para poderse orientar respecto a la situación aproximada que puede ocupar el manto salino es de gran interés tratar de investigar el origen y camino subterráneo que siguen las aguas que disuelven las sales, hasta aflorar en los pozos.

Situación de los pozos y sus características.—Los pozos de que proceden las salmueras utilizadas en las salinas se encuentran situados, como se ha dicho, en el contacto de la formación eocena con la oligocena.

Las alturas sobre el nivel del mar a que respectivamente se encuentra son las siguientes:

	ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	RIQUEZA EN POTASA POR LITRO
1. Salinas de Pamplona	430 metros	14.489 gramos
2. Id. de Guendulain	460 »	7.893 »
3. Id. de Olaz	540 »	7.745 »

Claro que estas cifras no son suficientes para deducir una ley, pero a juzgar por ellas, a menor cota corresponde mayor riqueza y en este caso la riqueza debe proceder de un contacto más prolongado del agua con el manto salino; por tanto, las aguas que afloran en el pozo de

la salina 1 deben de tener mayor recorrido en contacto con la sal que las de los pozos 2 y 3. Si el buzamiento del fondo fuese contrario al que resulta del corte trazado se explicaría con facilidad esta acción por la existencia de un manto hidrológico que circulase según la dirección de la pendiente de la Sierra hacia su falda y por los bordes de ésta hacia Salinas de Pamplona, situadas en el punto más bajo del contacto de las dos formaciones.

Pero al parecer el agua de los manantiales salinos emerge en el fondo de los pozos, no lateralmente, como sucedería en el caso anterior, sino en forma ascendente, pues existe burbujeo, aunque no de gran caudal.

La temperatura del agua es la normal, de lo que debe deducirse, que si las aguas son ascendentes, no deben proceder de una gran profundidad.

El nivel hidrostático en los pozos se mantiene siempre por debajo de la superficie del terreno, no desbordando sobre éste lo que demuestra que la fuerza ascensional no es grande y el caudal debe ser el consumido en la explotación de las salinas, que desconocemos, pero que podría calcularse aproximadamente para cada año y caso conocidas la sal producida y la composición del agua.

La diferencia que presenta el nivel hidrostático en los tres pozos parece indicar que, si las aguas son ascendentes, o no deben proceder del mismo manto hidrológico que tendería a llegar al mismo nivel hidrostático en los tres o que las resistencias a vencer para aflorar en cada uno de ellos son diferentes y, por lo tanto, las pérdidas de carga sufridas explicarían aquellos desniveles.

Niveles hidrológicos de la zona A.—Primer nivel.—Mantos superficiales y freáticos. Las aguas de las lluvias que caen sobre parte de la cumbre y las vertientes septen-

trionales de la Sierra del Perdón; circulan por estas laderas parte al exterior por los barrancos que las surcan y parte ocultas por haber sido absorbidas por las grietas de las pudingas superiores, por los terrenos procedentes de la meteorización de las rocas y por las tierras de labor. Estas últimas afloran en varias fuentes, todas de agua dulce, de las que existe un primer nivel entre las cotas 600 y 700 metros del que se surten los poblados de Subiza, Arlegui y Zariquiegui. En algunos sitios como Subiza el caudal es importante, tanto que antes se utilizaba para el aprovisionamiento de la ciudad de Pamplona. Existe otro nivel inferior al pie de la sierra.

Segundo nivel.—El agua que penetra por las diaclasas de los estratos oligocenos y por las juntas de estratificación de los bancos de margas y molasas corriendo después por la superficie de contacto de esta formación con las margas eocenas impermeables, dado el buzamiento de estas superficies debe, racionalmente, correr hacia el SO., no pudiendo, por tanto, alimentar los pozos de las salinas de que se trata.

Tercer nivel.—Las areniscas del danés concordantes con las calizas eocenas lutecienses, formaciones ambas permeables, situadas entre las margas del senonense por debajo y las del bartoniense por encima, ambas impermeables, deben dar lugar a un manto hidrológico.

Hallándose la Sierra del Perdón entre las de Alaiz y Sarvil formadas por calizas numulíticas que en ambas sierras se presentan con buzamientos hacia la del Perdón, por debajo de ésta, existe un sinclinal en el que las aguas del nivel de que tratamos deben de tener fuerza ascensional, y en los lugares en que existan grietas en las margas bartonienses se explica que puedan abrirse paso, a través de ellas, hasta el Oligoceno inferior y aflo-

rar al exterior en el contacto en los pozos de las salinas.

Conclusión.—Como consecuencia de las consideraciones y razonamientos expuestos, el Ingeniero que suscribe cree procedente comenzar los trabajos de reconocimiento de esta zona, con la ejecución de un primer sondeo situado a unos 500 metros al SO. de las Salinas de Pamplona, con el objeto de ver si se corta el manto salino.

Según los cortes trazados, de encontrarse éste en la base del Oligoceno, como se supone, deberá alcanzarse a unos 300 metros de profundidad y como su espesor es indeterminado, será conveniente calcular para la perforación total otros 300 metros más para tener la seguridad de poder llegar a las margas bartonienses, límite inferior del sondeo que se propone.

Es cuanto tiene el honor de poner en su conocimiento a los efectos oportunos.

V. I. resolverá lo que juzgue más conveniente.

Dios guarde a V. I. muchos años.

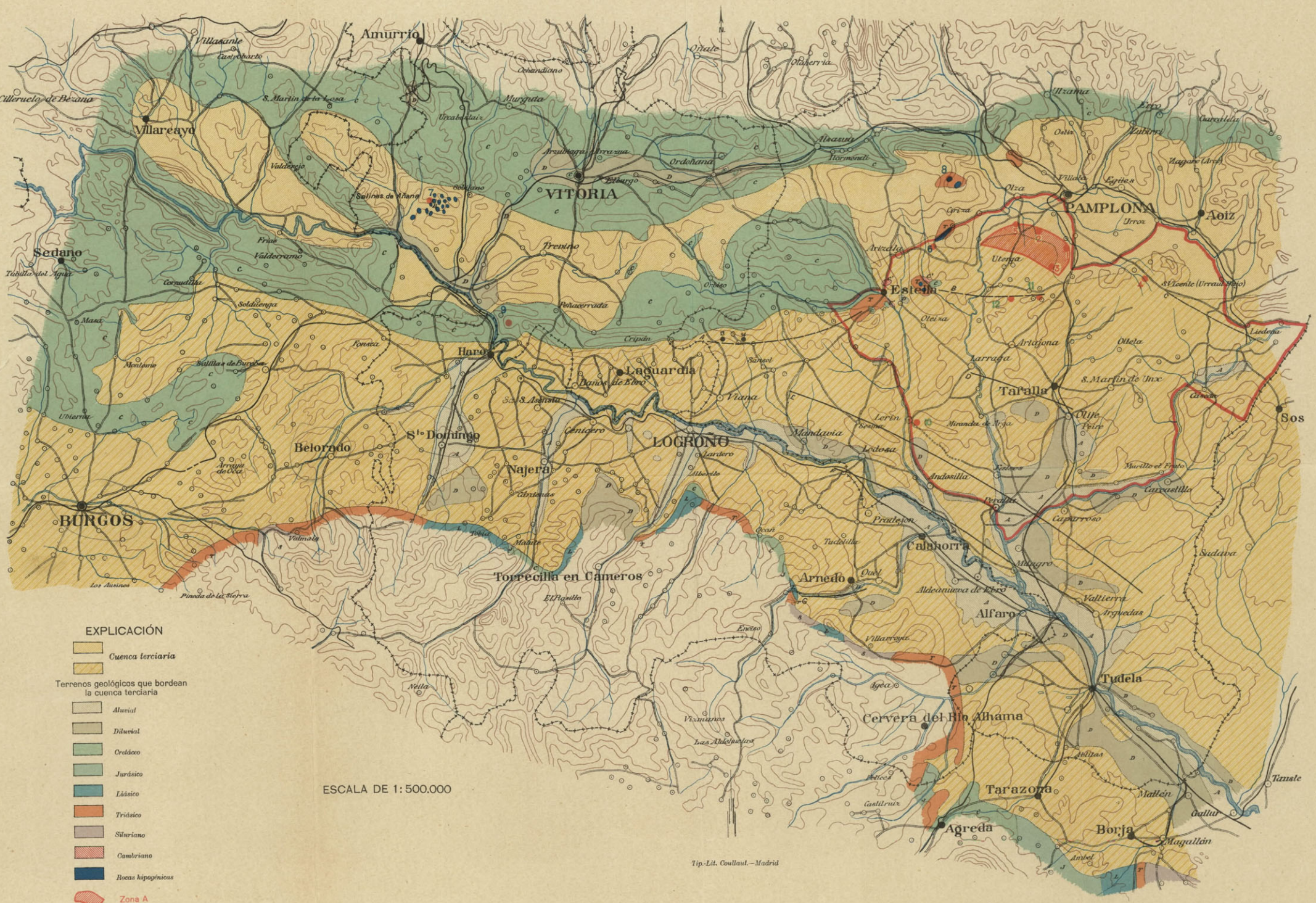
Madrid 28 de mayo de 1929.

El Ingeniero,

ALFONSO DEL VALLE

Ilmo. Sr. Director del Instituto Geológico y Minero de España.

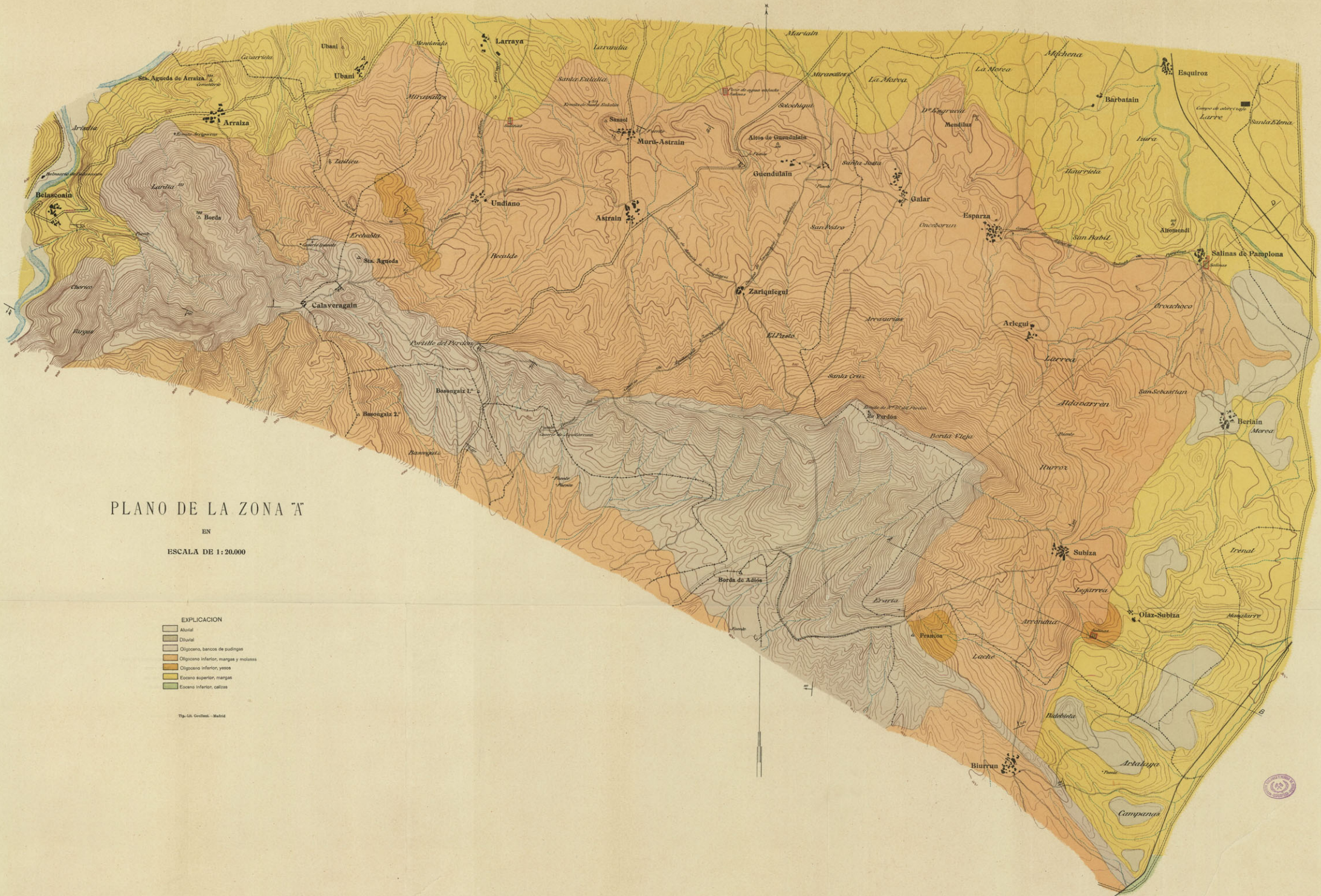
PLANO GENERAL PARA EL ESTUDIO
 DE LA
CUENCA POTÁSICA DE NAVARRA
 POR
ALFONSO DEL VALLE
 Ingeniero de Minas



EXPLICACIÓN

- Cuenca terciaria
- Terrenos geológicos que bordean la cuenca terciaria
- Aluvial
- Diluvial
- Cretáceo
- Jurásico
- Liásico
- Triásico
- Siluriano
- Cambriano
- Rocas hipogénicas
- Zona A

ESCALA DE 1: 500.000



PLANO DE LA ZONA "A"

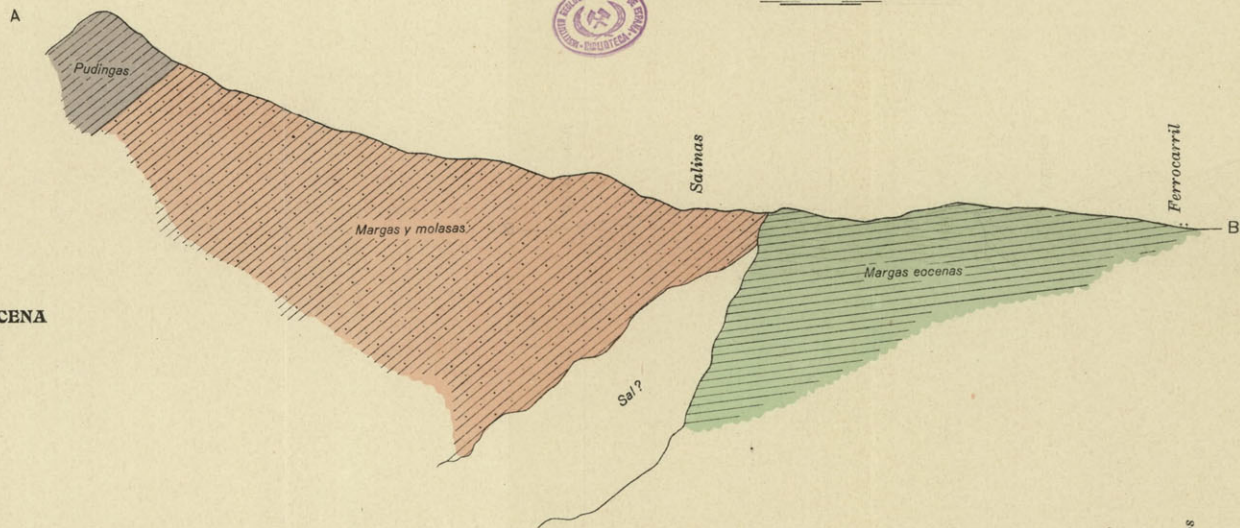
EN
 ESCALA DE 1:20.000

- EXPLICACION
- Atural
 - Dituál
 - Oligoceno, bancos de pudingas
 - Oligoceno inferior, margas y molasas
 - Oligoceno inferior, yesos
 - Eoceno superior, margas
 - Eoceno inferior, calizas

Tp. - Ls. Grubini - Madrid



CORTE TEÓRICO DE LA CUENCA OLIGOCENA
 POR LAS
 SALINAS DE OLAZ



CORTE TEÓRICO DE LA CUENCA OLIGOCENA
 POR LAS
 SALINAS DE PAMPLONA



Escala { Horizontal 1 : 20.000
 Vertical 1 : 10.000

NOTAS REFERENTES
A
YACIMIENTOS ESPAÑOLES
DE
**PLOMO, CINC Y METALES
AFINES**
POR
ALFONSO DE ALVARADO
Ingeniero de Minas

NOTAS REFERENTES A YACIMIENTOS ESPAÑOLES
DE
PLOMO, CINC Y METALES AFINES

I
PROVINCIA DE PALENCIA

En la parte más septentrional de la provincia, partidos de Saldaña y Cervera de Pisuerga, encajando en los plegados estratos de la alta montaña cantábrica, se hallan localizados varios pequeños yacimientos de cinc, pobre en plomo.

La gran mancha hullera que uniéndose a las vecinas provincias, al Noroeste, cubre la casi totalidad de la región aparece, en los antiguos mapas, cortada por varios manchones devonianos pero, según modernos estudios, de distinguido compañero, con cuyas apreciaciones coincidimos, resulta justificado por razones estratigráficas atribuir todas estas formaciones al Carbonífero.

Varios de los depósitos estudiados se agrupan en la cuenca del río Carrión, no lejos de Triollo y otros, sitios en términos de Brañosera y Camporredondo, se hallan próximos al nacimiento del Pisuerga, más al Este por tanto.

Desde hace más de cincuenta años se iniciaron las labores de explotación sobre masas de minerales oxidados,

cincíferos, que afloran junto a los arroyos Lamas y Valdetriollo, afluentes al Carrión. Sólo se arrancaron primeramente bolsadas superficiales de smithsonita y calamina, pero en los últimos años las labores modernas han encontrado y empezado a explotar una extensa formación blendosa.

Tres fajas, bien diferenciadas, integran la caliza de montaña en este sector de la cordillera, separadas entre sí por areniscas y pizarras; su potencia total excede a veces de medio kilómetro, pero es muy variable.

En la más septentrional de los dos tramos marmóreos, blancos, que forman la peña de Tejo, encontramos las grandes excavaciones realizadas para extraer antiguamente la calamina, mientras que las blendas corresponden al contacto de la caliza marmórea con un tramo de pudinga silícea; que se le sobrepone hacia el Norte.

Conviene tener en cuenta, para exploración y desarrollo de labores, que la presencia de las tres bandas calizas es rasgo bastante constante de la estratigrafía regional, pues aun cuando parezcan confundirse a veces en uno, o presentarse mayor número de bancos, suele comprobarse la diferenciación normal en tres bandas.

Muy interesante es el ejemplo del pico Espigüete, reconocido y brillantemente estudiado por nuestro compañero el distinguido Ingeniero y Geólogo D. E. Cueto Ruiz-Díaz. Según él, aquella majestuosa cumbre, que con sus 2.453 metros de cota domina netamente las peñas de las Cárcabas y del Tejo donde arma el criadero, a unos 2.000 metros de altitud, parece a primera vista formada por un único y potente banco vertical. No es así, sin embargo, pues al realizar la ascensión se advierte que la cumbre, igual que sus prolongaciones orientales, está integrada por tres gruesas fajas de caliza; dichos estratos

se pliegan de tal modo, que toman forma de S en sección horizontal.

El ser una de las ramas paralela al cauce del río origina que, en la margen derecha, no sean visibles las diferentes bandas calizas, tan destacadas en la opuesta margen.

Concordando con caliza y pudinga, entre las cuales arma, se presenta el yacimiento de blenda formando filón-capas, bien diferenciado a veces de la pudinga superior y de la caliza del muro. En la mayoría de la superficie reconocida no ocurre así, sino que la masa mineralizada impregna y penetra la roca de la caja, singularmente en el muro.

Se presenta el mineral, a veces, repartido muy irregularmente en los tajos de arranque, mientras que en otros puntos forma vetillas. En nuestros recorridos no hemos tenido ocasión de observar ninguna concentración importante; como ganga domina la sílice, con calcita y escasísima magnesia y alúmina.

A la blenda, mena exclusiva de este yacimiento, acompaña en algunos ejemplares la pirita y calcopirita. Según un estado de análisis de varias muestras inserto en el notable estudio publicado por nuestro citado compañero D. E. Cueto y Ruiz Díaz, es excepcional la pobreza en plomo de estas menas, cuya ley de cinc varía del 3 al 27 %. Indican también dichos análisis una ligera concentración del hierro, escasez o ausencia total de manganeso y en todas ellas fuertes indicios de níquel y cobalto, que llega al 1,14 % en una de dichas muestras.

Menciona también dicho geólogo la notable semejanza de estos depósitos con los de Picos de Europa, enclavados así mismo en calizas dinantienses y no en dolomías, insistiendo en la aparente identidad morfológica y genética con los de Andara y Aliva singularmente.

Muy interesante es el hecho observado de que, con relación al nivel hidrostático difiere sensiblemente la posición ocupada por la blenda y calamina que, lejos de relevarse en vertical, afloran ambas en la superficie. Esto indica que la transformación del mineral primario en calamina y smithsonita no es resultado de una acción oxidante producida por las aguas meteóricas superficiales, sino debido a causa distinta que, después de reseñar otros yacimientos, trataremos de precisar.

Otras pequeñas bolsadas de calamina, mal reconocidas hasta ahora, se presentan en el arroyo de Lamas y Peña del Espigüete. En la Sierra de Redondo, siguiendo la alta alineación que de la Sierra de Brañoserá va al pico de Tres Aguas y a la Peña Labra, existe otro grupo de yacimientos de cinc, bastante diseminados, que fueron explotados hace años, sobre todo en las inmediaciones del arroyo Callejo del Pando donde se perforó un gran socavón.

La forma de las excavaciones hechas al arrancar la calamina de la masa caliza, así como el haberse encontrado en el contacto de la caliza y conglomerados carboníferos una capa de blenda, realza la semejanza de estos depósitos con los de Triollo y Aliva.

En exploraciones más modernas se ha encontrado un filón de blenda, cuya posición estratigráfica es muy semejante al encontrado en el grupo occidental, o sea en el contacto de terrenos detrítico y calizo; difiere, sin embargo, en que este último forma, en Sierra de Redondo, el muro del yacimiento. Concuere la inclinación de la capa mineralizada con los bancos donde arma, o sea unos 50° al Sur, y sus hastiales no están en general bien definidos, siendo importantes las impregnaciones en caliza.

Valor industrial.—La evaluación de yacimientos en que sólo se han realizado pequeñas labores y, por tanto, a más de no tener datos precisos respecto a ubicación, se desconocen las leyes de reparto de los minerales ricos en dirección y profundidad, ha de ser forzosamente sujeta a gran incertidumbre.

Creemos muy justificado el cálculo realizado en el estudio de criaderos donde se mencionan en Triollo dos niveles de explotación, separados verticalmente entre sí 60 metros, un pozo inclinado de 100 metros de longitud que une dichos niveles y dos socavones, muy cerca el superior y de 400 metros el inferior.

Nosotros pudimos comprobar la presencia de metalización en dos galerías, de más de 90 metros la superior, con potencia de tres a ocho metros y encontramos aceptable la cifra 60.000 metros cúbicos que suponiendo una pérdida de 50% (para concentrar a ley media de 25% de cinc, minerales que varían del 3 al 27%) nos darían 30.000 metros cúbicos y con densidad de 3,5 para estos minerales de 25% de ley de cinc, equivalen a 105.000 toneladas en la parte reconocida. Esta evaluación es desde luego un mínimo, pues debe considerarse muy probable la prolongación, hacia ambos rumbos, del filón capa metalizado.

Más escasos son aún los datos para evaluar la posible riqueza de la Sierra de Redondo y resulta imprudente indicar cifras. Sólo puede consignarse, como indicio alentador, la relativa importancia de las labores antiguas, en la zona oxidada.

Metalogenia.—Muy interesante es la observación, ya consignada por el distinguido compañero citado, de que desde Triollo a Reocín, pasando por Picos de Europa,

los principales yacimientos de la región cantábrica se agrupan sobre angosta faja, en forma de arco elíptico, que arrancando en las montañas dinantienses de Palencia corta luego el Carbonífero y Cretáceo de Asturias y Santander, hasta llegar al Cantábrico.

Si aceptamos la usualmente admitida diferenciación del proceso metalogénico en tres fases, a saber:

Diferenciación magmática, movimiento ascendente de las soluciones mineralizadoras y, por último, precipitación de menas y gangas, resulta claro que en la segunda fase del proceso la tectónica regional ejerce una influencia decisiva.

Esta acción tectónica abarca dos aspectos: uno como razón de la ascensión de soluciones de origen magmático y el otro determinar que las soluciones cargadas de sales metálicas circulen preferentemente por las zonas plegadas y rotas, en el contacto de tramos diversos, que han sufrido movimientos relativos. Resulta así justificada una ley de localización de estos depósitos, en sedimentos de distinta edad pero afectados por un mismo movimiento orogénico.

En cuanto a génesis de dichos depósitos que, pese a su débil proporción de plomo, deben sin duda incluirse entre los del grupo blenda-galena-pirita, sabido es que para los grandes yacimientos cincíferos enclavados en calizas ha predominado mucho la teoría de la secreción lateral, en su más lata acepción.

Esta antigua y clásica tesis que supone los metales derivados de los que, sin duda, pero en pequeñísima proporción, contienen los sedimentos vecinos a numerosos yacimientos y admite las aguas meteóricas como único agente de transporte, tuvo su origen en Alemania. Más tarde a consecuencia de observaciones hechas en el valle

del Missouri fué aceptada por la mayoría de los geólogos americanos, culminando en el célebre W. Lindgren, para las masas cincíferas yacentes en calizas.

Pero ya Ch. R. van Hisé en su magnífico tratado del metamorfismo y más tarde Denney al estudiar ambos el distrito de Joplin, reaccionaron contra la exagerada amplitud con que se aplicaba aquella idea y admitieron el origen ígneo, profundo, de las grandes vetas de blenda y galena tan en clara relación con las rocas intrusivas ígneas y los accidentes tectónicos.

Como en Europa hace tiempo domina la tendencia de origen magmático con transporte por las aguas juveniles y artesianas ascendentes, citaremos sólo los nombres clásicos de Beck y Beyschlag entre los que para esta clase de depósitos atribuyen decisiva influencia a la acción metasomática, ataque y sustitución del carbonato cálcico por las aguas ascendentes cargadas de sulfuros metálicos.

Esta acción metasomática ha intervenido, sin duda, en la formación de los filones de Triollo y Sierra de Redondo, pero no exclusivamente, pues en las bolsadas de calamina, íntimamente unidas a aquéllas, la estructura en capas concéntricas y neta separación respecto a roca de la caja, muestran que otro proceso, de precipitación sin sustitución, se desarrolló igualmente.

No sería extraño que la constante asociación de blendas y calizas en Triollo y Redondo, así como su presencia en el contacto de pudinga y caliza, tuviera por causa principal la facilidad que, por sus fisuras, ofrecen estas rocas en la circulación de las aguas ascendentes. El predominio de la sílice, como ganga, es razón decisiva para inclinarnos a admitir el origen magmático de los depósitos, pese a la relativa distancia a que afloran las rocas ígneas, ácidas, de Peña Prieta y Carracedo.

Para la smithsonita, no abundante en esta región, es lógico admitir la carbonatación de las blendas, según la interpretación usual, pero para las verdaderas calaminas resulta más lógico suponerlas derivadas de soluciones magmáticas, ricas en sílice soluble, gracias a muy elevadas temperaturas y a la presencia del ácido carbónico, bajo fuerte presión.

II

PROVINCIA DE SANTANDER

Intentar una descripción y estudio de los numerosos yacimientos de cinc-plomo que desde el borde Sur de la bahía de Santander, se extienden en dirección Oeste hacia San Vicente de la Barquera, armando en la formación cretácea inferior, y de los enclavados en Picos de Europa, sería tarea superior al tiempo y medios que hemos podido dedicarles.

Es, sin embargo, asunto geológico-industrial del más alto interés, y limitándonos a los rasgos esenciales de los yacimientos, que consideramos más importantes, parece indicado divulgarlos.

Muchos de los datos que a continuación consignamos, están tomados de los magistrales estudios de D. J. M. Mazzarasa y D. E. de Jorge, que el primero de sus autores puso amablemente a nuestra disposición. En nuestras más recientes expediciones, a través de aquella pintoresca y rica región metalífera, hemos tenido ocasión de comprobar personalmente la mayoría de dichos datos. Otras veces nos ha sido dado ampliarlos o modificarlos, gracias al desarrollo e intensidad de algunas modernas explotaciones mineras.

Minas de Reocín.—Se extienden en términos de Reocín, Torrelavega y Cartes, a partir de la confluencia de los ríos Saja y Besaya, cerca de Torres, en dirección Suroeste hasta las inmediaciones del pico Castillón y Alto de Sopenía.

En esta corrida de seis kilómetros, la parte reconocida y explotada, hacia el centro, alcanza unos tres kilómetros de longitud y se halla enclavada en estrecho vallejo. Arranca esta depresión en el Alto de Sopenía, abriéndose entre los pueblos de Reocín y Mijarajos y siguiendo, en dirección a Torres, dentro de las líneas de pequeñas alturas que forman divisoria entre Reocín y la amplia llanura de Torrelavega.

Arma este gran yacimiento en el horizonte superior del Aptense, que forma extensa faja en esta parte de la provincia donde se presenta casi completa la sucesión de pisos y tramos cretáceos, a partir del Wealdense, apoyados en las areniscas del anticlinal del Dobra, alturas de Corre Caballos y Peña del Vidrio.

En el borde Sur y Sureste de la cuenca Reocín-Mercadal, afloran las areniscas y arcillas del Wealdense que desaparecen bajo los antiguos y modernos aluviones del Besaya, en el valle de Torrelavega, para aparecer de nuevo al Este de dicha ciudad. Inmediatamente sobrepuestas se presentan las areniscas inferiores del Aptense, caracterizadas por los niveles de *Orbitolinas*, y las calizas con *Rudistos*, en cuya parte alta, dolomías mineralizadas, arman los criaderos. Elevándonos en la serie estratigráfica, encontramos las areniscas del Albense, seguidas por areniscas y calizas del Cenomanense y Turonense, que a su vez, en la parte central de la cubeta, cerca de Santillana, soportan calizas y margas del Senonense.

Uno de los croquis geológicos de las citadas brillantes

memorias del Sr. J. M. de Mazarrasa, detalla la extensión de los tramos cretáceos dentro de la zona (limitada al Este por la ría de Suances y El Besaya, al Sur por el macizo de Dobra y Corre Caballos, al Oeste por la línea Cabezón a Comillas y al Norte por el Cantábrico) donde están enclavados los más interesantes yacimientos.

Entre el anticlinal Ubierco-Oreña-Navales, la ría de Suances y El Besaya, forman las capas cretáceas un sinclinal, o, más exactamente, cubeta orientada de Noreste a Suroeste, donde aparecen los tramos citados, aflorando sucesivamente, y es en el borde Sureste de esta cubeta donde encajan las masas mineralizadas de Reocín.

De acuerdo con la serie estratigráfica determinada en esta región por Mr. L. Mengaud, si partimos del afloramiento Wealdense, hacia el Noroeste, pueden distinguirse claramente, en estas minas, los siguientes horizontes aptenses:

1.º *Areniscas y arcillas arenosas oscuras*, donde se presentan los dos primeros niveles de *Orbitolinas*, ofreciendo unos 400 metros de potencia, entre Santiago de Cartes y Mijarajos, y algo menos hacia occidente.

2.º *Calizas con pequeños Rudistos (pseudo-toucasia Santanderensis)*, presentan unos 230 metros de espesor con buzamiento Norte y Noroeste.

3.º *Arcillas arenosas y areniscas*, unos 40 metros de potencia, al Norte del pueblo de Mijarajos.

4.º *Calizas margosas y margas*.—Son ricas en *Ammonites* y *Ostreas*; su potencia es poco mayor que la del tramo inferior.

5.º *Margas grises con Orbitolinas*.—En ellas se encuentran además *Terebrátulas*, *Neritas* y *Trigonias*. Su potencia varía de 15 a más de 25 metros.

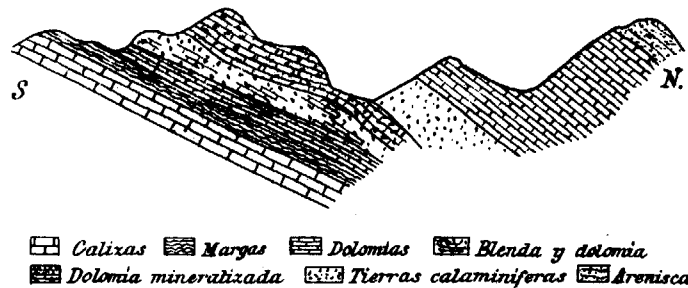
6.º *Dolomías cristalinas*.—Son rojo oscuras al exte-

rior y blancas o rosadas en fractura fresca. Ofrecen hasta 300 metros de espesor en el centro de la cuenca, pero adelgazan en los extremos, desapareciendo en Ganzo, al Noreste y pico Castellón al Oeste.

Por cima de las dolomías, o del 2.º nivel de calizas zoógenas, aparecen ya las areniscas del Albense, micáceas, arcillosas y pizarreñas, que forman en Reocín el techo del criadero. La dirección general de los estratos es de Noreste a Suroeste, con variaciones bastante sensibles de un extremo a otro de la cuenca.

En conjunto los afloramientos aptenses dibujan una

REOCÍN.—CORTE DEL CRIADERO.—MINA «AMBICIOSA».



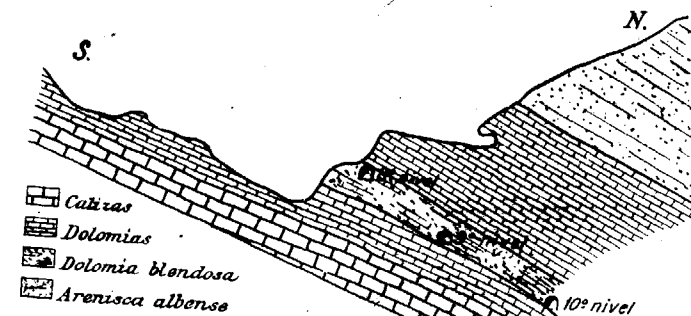
curva, cóncava hacia el Noroeste, correspondiendo al borde de la cubeta formada por el conjunto de los terrenos. Del mismo modo que los rumbos, varían los buzamientos y en cuanto a magnitud de inclinación pasa de 40 ó 45° en los estratos wealdenses e inferiores aptenses a unos 18 ó 20° en los aptenses superiores y albenses; parece lógico atribuir esta diferencia a resbalamientos producidos al levantarse las capas como resultado de los empujes tangenciales.

Como consecuencias más salientes del empuje orogénico (dirigido de Norte a Sur que comprimió los estratos

cretáceos contra el dinantiense del Dobra y Escudo de Cabuérniga, macizo resistente) se produjeron roturas, como la que separa Mercadal del Reocín, varias interesantes inversiones del relieve, en Mogro, Vispières y otros puntos, se levantaron algunos estratos del Santoniense y más tarde se produjeron fuertes denudaciones, que han dado lugar a los extensos aluviones de las vegas.

Arma el yacimiento del Reocín en el tramo de las dolo-

REOCÍN.—CORTE.—MINA «SAN ROQUE».



mías, parcialmente mineralizadas, y concordante con la estratificación sigue rumbo Este 30° Norte, en general, inclinándose unos 24° al Norte.

Todo el tramo rico concuerda con las calizas margosas, de *Orbitolinas*, aun cuando dentro de la masa irregularmente mineralizada se borra la estratificación, presentándose formas en extremo caprichosas.

En la mina «Ambiciosa», hacia el centro, presenta el tramo dolomítico más de 100 metros de potencia, mientras que en los bordes se adelgaza, terminando en cuña, junto al río Saja y a las alturas que limitan la cubeta hacia Occidente. Las areniscas albenses son amarillas claras, con mica, pirita y algunas capas lignitíferas.

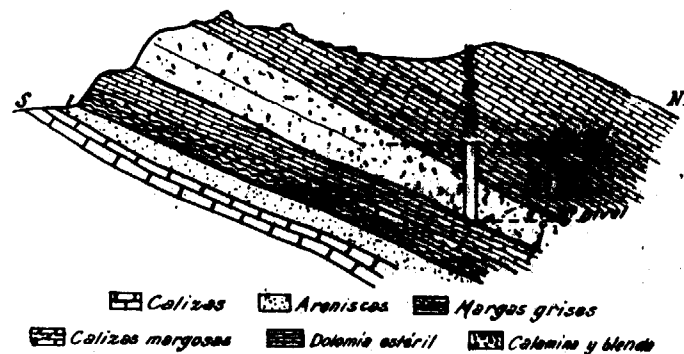
Según los citados ingenieros la identidad estratigráfica

entre las calizas zoógenas y el manto de dolomías que nosotros hemos comprobado en Peña Castillo, Reocín, Alfoz de Lloredo y Comillas se verifica también en otros yacimientos de la provincia, como son Cabarga, Maliaño, La Florida, etc.

Los minerales explotados en Reocín son la calamina, blenda y galena, acompañados por pirita de hierro y dolomía. Superficialmente se encuentra alguna limonita, cerusita y anglesita, pero en la zona profunda y más rica de este gran yacimiento, que hasta hace no muchos años se catalogaba como calaminas, sólo sulfuros, pirita y calcopirita, se asocian a la blenda y galena.

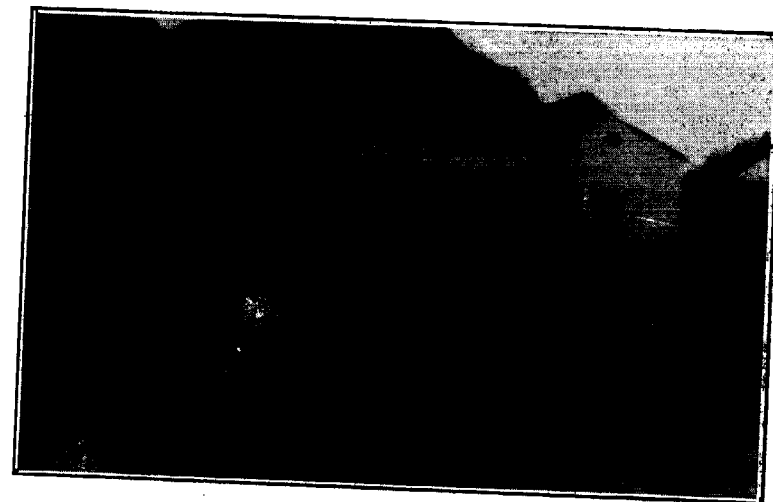
El nivel hidrostático puede fijarse entre 60 y 70 metros,

SECCIONAL EXTREMO OCCIDENTAL DE LA CORTA DE REOCÍN

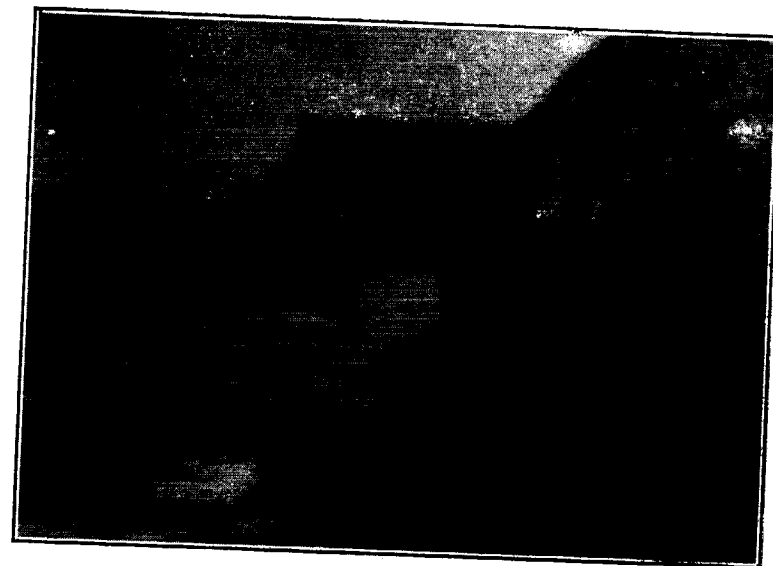


y por cima de él se desarrollaba la gran montera de hierro y carbonatos de cinc-plomo, explotada antiguamente desde la cota de 90 metros sobre el Saja.

Más abajo del nivel hidrostático los sulfuros se presentan en la dolomía, concentrados en zonas o columnas ricas, dentro de las cuales mineral y roca estéril se hallan



For. 1.—Reocfn. Zona Oeste



For. 2 —Puntal del Miradorio al Este de Comillas



FOT. 1.—Reocín. Zona Oeste



FOT. 2 —Puntal del Miradorio al Este de Comillas

muy entremezclados. Varía de 8 a 14 metros la potencia de las zonas ricas y hasta hace poco tiempo, al hacerse el estudio de criaderos tantas veces citados, se creía que las concentraciones metalíferas formaban seis columnas o árboles ricos, francamente individualizados.

No es así, por fortuna, pues los últimos datos de las explotaciones y testigos de sondeos que nuestro compañero Sr. J. Díaz nos mostró amablemente, prueban la existencia de las capas mineralizadas sensiblemente continuas y separadas entre sí unos 20 metros; este dato morfológico realza, por supuesto, notablemente la importancia y valor del yacimiento.

Los tres primeros niveles fueron sólo desmontes, para preparar la explotación de calaminas, separados entre sí 8 a 10 metros de altura hasta el octavo nivel, sito a unos 9 metros sobre el río Saja; dicho nivel octavo ha sido el principal de explotación y reconocimiento.

A partir del noveno la altura de los pisos es de 20 metros y en los últimos cinco años, al explotarse los niveles 11 y 12, se ha comprobado la existencia de las dos capas mineralizadas, que en párrafo anterior mencionamos. De ellas es más importante la Sur, con potencia media de 5 a 8 metros, que dista unos 30 metros del muro del horizonte dolomítico y sobre ella, a unos 25 metros de distancia, se encuentra la capa Norte.

Estas dos capas, aunque sensiblemente continuas, incluyen, en corrida y profundidad, varias zonas semiestériles. La capa segunda o norte, es menos importante que la sur, pero como dicha segunda banda mineralizada no afloraba en la zona calaminífera, la comprobación de su existencia, y relativa continuidad en los pisos inferiores, es un hecho de singular importancia para evaluar la zona sulfurada.

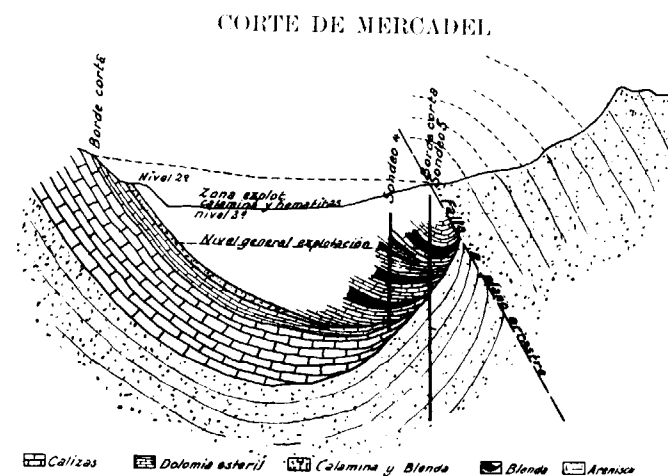
Se ha reconocido la capa Sur, por medio de galerías, en 1.200 metros de longitud, pero los sondeos muestran la existencia del mineral en más de tres kilómetros. La guía más avanzada se hallaba, en el otoño de 1928, a unos 500 metros al Oeste del borde de la corta y varios sondeos prueban la existencia de la blenda, hacia el Este, junto a las oficinas de las minas; como elementos accesorios, profundos se encuentran aun minerales oxidados en puntos correspondientes a grietas, que permiten el acceso de las aguas meteóricas; también se encuentra alguna pirita de hierro, que aumenta en la zona occidental, mientras que superficialmente abundan bellos ejemplares de cerusita, en agujas.

Bajo el nivel hidrostático la blenda y galena se presentan *íntimamente unidas a la dolomía*, distribuidas con irregularidad y con claros indicios de substitución metasomática de aquélla. La ley media de la capa mineralizada, es 1 a 2 % de Pb + 10 a 12 % de Zn; pero merece citarse la existencia de una veta más rica, junto al muro de la capa, en que la ley de plomo llega al 15 o 20 % y a 20 % de cinc, cuya veta no se extiende a todo el criadero, pero es bastante constante en los niveles profundos de la zona occidental.

Las labores actuales del piso 12, que hemos visitado, se desarrollan muy intensamente a una profundidad de 102 metros, bajo el nivel 6.º, que es el de vías superficiales y Lavadero, a unos 10 metros sobre el cauce del río Saja. En los últimos meses, al comprobarse las reservas de la zona sulfurada que, según lo hasta entonces reconocido, evaluaban en unos tres millones de toneladas los ingenieros de la Compañía, se han organizado las labores para aumentar mucho el volumen de explotación.

Minas de Cartes-Mercadel.—No intentaremos su descripción por ser casi idéntico el yacimiento, salvo su menor importancia, al de Reocín, del que debe considerarse como prolongación meridional.

Merece, sí, citarse el accidente tectónico que separa ambas cuencas, y debido al cual, de Sur a Norte, se repiten dos veces las capas del Aptense. Según los reconoci-



mientos y labores, este accidente es un pliegue resuelto en falla, por estiramiento, con arrastre del flanco Norte, sobre el inferior, meridional. Como consecuencia se observa el cabalgamiento de las dolomías gargasianas de Mercadel, por las areniscas del Aptense inferior de Reocín; la erosión ha nivelado casi totalmente el saliente, debido al arrastre, pero aun quedan, como vestigios, varios mogotes aislados.

La longitud reconocida de este yacimiento, se aproxima a dos kilómetros y su anchura varía de 100 a cerca de 300 metros. Se han reconocido cinco columnas mineralizadas, que es verosímil se unan en profundidad, y creemos

prudente evaluar las reservas en cifra menor a la mitad de la indicada en Reocín.

Criadero de Venta de la Vega.—Entre Comillas, Sierra y Ruiloba, cerca de la costa, la sucesión estratigráfica es la siguiente:

1.º Calizas duras y blancas, que integran los altos penascuales y acantilados de la costa, con rudistos y un banco de orbitolinas, junto a la carretera de Torrelavega.

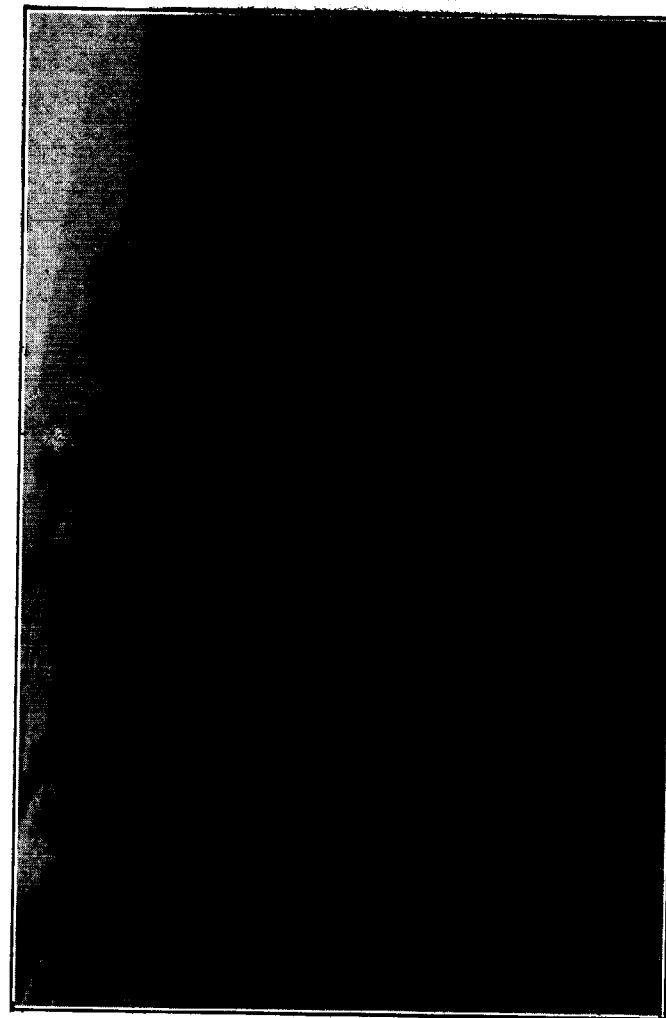
2.º Dolomías cristalinas, donde arma el criadero de cinc-plomo.

3.º Calizas zoógenas, con orbitolinas y pseudo-toucasias.

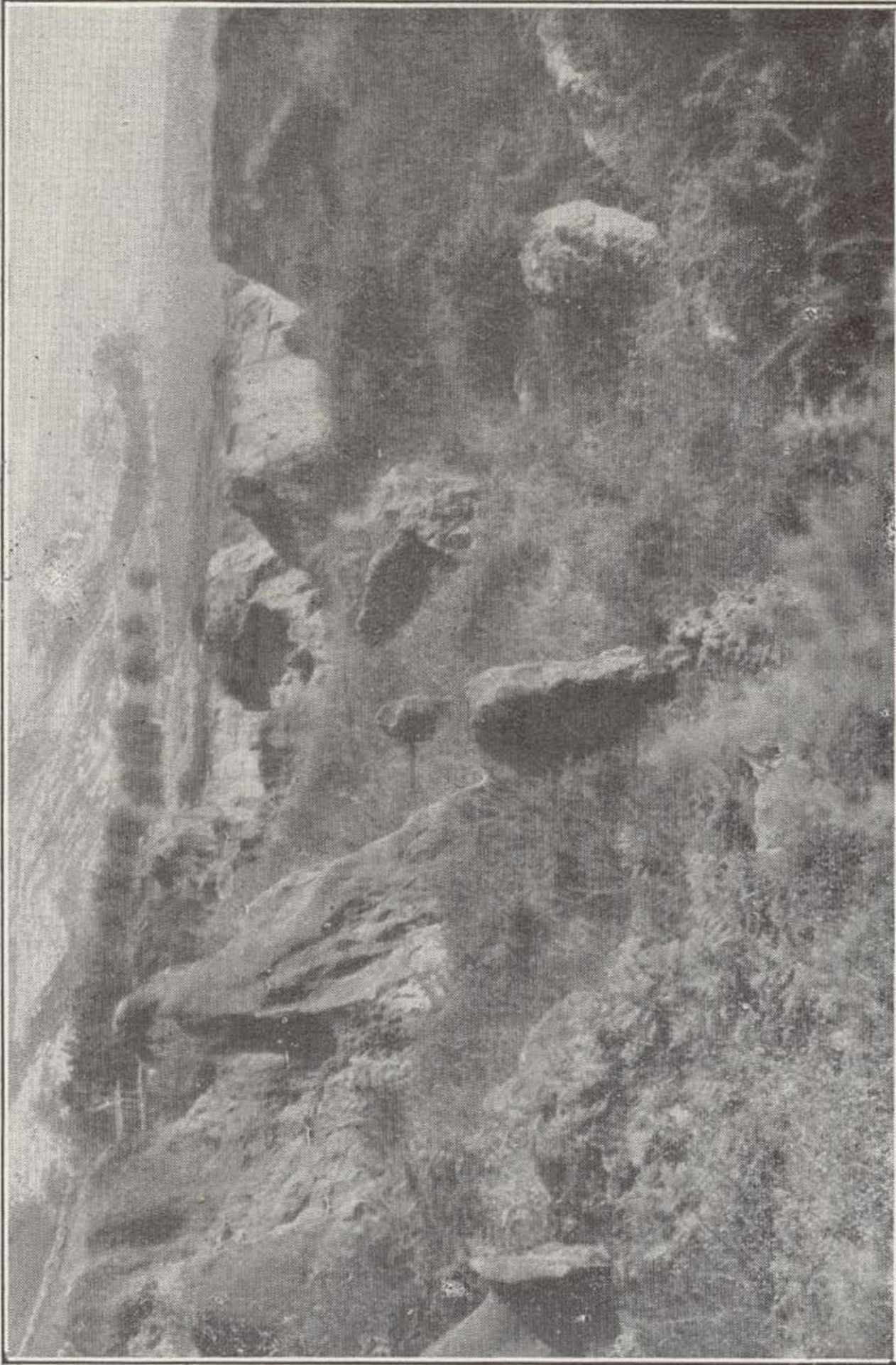
La dirección general de las capas aptenses, Este a Oeste aproximadamente con buzamiento de unos 50º al Sur, contrasta netamente con el Albense de la punta del Miradorio y puerto de Comillas.

Múltiples fallas, de las que algunas destacan netamente en el terreno, explican esta inversión del buzamiento; nuestra fotografía n.º 2 permite apreciar la falla que corta el acantilado extremo de la punta Miradorio y en Venta de la Vega destaca otra, derivadas ambas del estiramiento del pliegue anticlinal que, arrumbado de Suroeste a Noreste, cruza el promontorio del Seminario y cambiando al Este al cruzar la playa de Comillas, sigue hacia Casasola.

En Sierra se perfora actualmente un pozo, que alcanzaba, en Septiembre 1928, 30 metros de profundidad, para buscar por medio de un transversal dirigido al Sur, dos capas mineralizadas, cuyas capas en la superficie distan menos que en los niveles inferiores donde parecen divergir tendiéndose más la del Norte. Los estratos aptenses, de este valle anticlinal, forman una semi cúpula, cerrada



For. 3.—Antiguas labores de Venta de la Vega



FOR. 3.—Antiguas labores de Venta de la Vega

al Este, y como consecuencia en corte de Sur a Norte afloran dos veces los mismos horizontes, bien definidos.

En Venta de la Vega la gran columna metalizada que arma en el centro de las dolomías, de blenda principalmente con algunos minerales oxidados, explotada antiguamente, puede considerarse ya totalmente agotada. Alcanzaba una corrida de 105 metros por 12 a 14 de potencia, en los niveles superficiales, mostrando sus hastiales tendencia a acunarse en profundidad, lo que se ha comprobado al llegar a 35 metros bajo la superficie.

En el último otoño se reconocía y explotaba, a trechos, una veta de blenda situada en el hastial superior de las dolomías junto al contacto con las calizas meridionales. Esta veta, delgada, alcanza considerable corrida según nos mostró en el terreno el Jefe Minero D. Alfonso Pinna, experto veterano en la región, y puede interpretarse como valiosa guía para investigar nuevas bolsadas de nivel.

Estructura mineralógica.—La smithsonita abunda en masas de estructura sacaroidea, no muy diferentes de las dolomías, de color pardo a rojo naranja y fractura astillosa o escamosa. Otra variedad es de aspecto tobáceo, con cavidades revestidas de pequeños cristales del mismo carbonato u ocre, en polvo rojo anaranjado.

La zincoñisa y calamina, propiamente dicha, se presentan alternando y casi siempre superficiales. Adoptan formas mamelonares y arriñonadas, en capas concéntricas bien diferenciadas frecuentemente, por películas rojas ferruginosas que destacan en el color blanco de sus masas.

Las blendas es muy común se presenten, acompañadas por galena, como impregnación de las dolomías, y apareciendo las tres especies íntimamente unidas. La pro-

porción de mezcla es muy variable, desde *indicios* en la dolomía, hasta substitución casi completa de ésta por la blenda galena y éstas presentan cristales generalmente pequeñísimos, de una a tres décimas de milímetro, pero que alguna vez alcanzan seis y ocho milímetros de lado. Dentro de un mismo yacimiento varían las proporciones relativas de sulfuros metálicos, como indicamos al reseñar las labores profundas del Oeste de Reocín.

Otra forma, frecuente en las blendas, es la vetuada, tendiendo este sulfuro a formar hojas alargadas que alternan con dolomía o calcita, de análogas dimensiones, a veces teñidas por óxidos de hierro. Así mismo se encuentran formas arrañadas en capas concéntricas separadas por delgado lecho de smithsonita térrea, ligeramente teñida por óxido de hierro; en la superficie de estas masas mamelonares sulfuradas, aparecen pequeños cristales cúbicos.

La galena viene generalmente como impregnación de las dolomías, alternando sus cristales con los de blenda.

En algunos puntos, como Prellezo, es argentífera, en cristales pequeñísimos y otros parajes ofrecen cristales cúbicos de galena pura, que rara vez llegan a cinco centímetros de lado.

Como mineral accesorio domina la pirita de hierro, acompañando a los otros sulfuros, según ley de posición no bien definida, pues en ningún modo parecen estos tres sulfuros colocarse según la ley de Schürmann. Es también relativamente abundante la baritina, en vetillas lenticulares que forman red con la blenda, otras veces placas y aun verdadero filón, en la falla principal de Venta de la Vega.

Otros yacimientos.—A más de los que sucintamente

dejamos reseñados, arman en el aptense santanderino otros varios depósitos, los de Udias, Alfoz de Lloredo, Novales, Oreña, Sur de la bahía de Santander, Peña Castillo, etc., que han sido objeto de múltiples pequeñas labores, y actualmente se investiga con gran interés el monte La Florida. Hacia el SO. de la provincia y en la vecina zona asturiana, armando en la caliza dinantiense de Picos de Europa, se conocen desde antiguo varios pequeños yacimientos en Aliva, Andara, Lloroza, Liordes, etc. sitios en el macizo central de los Picos y otros varios se presentan en la prolongación oriental de la cordillera, localidades de Peñarrubia, Cabanzón, Herrerías, Río Nansa, etc. Para su estudio remitimos a la muy notable citada Memoria oficial de Criaderos de Cinc de Santander, años 1923 y 24.

Metalogenia.—Todos los caracteres observados en los diversos yacimientos que tuvimos ocasión de observar, afirman, sin duda, la teoría consignada por el Sr. de Mazzarasa, que atribuye a los sulfuros metálicos un origen magmático, y su transporte a las aguas termales ascendentes.

En cuanto a los sulfuros no parece dudoso admitir que disueltos en las aguas ascendentes, a expensas de un exceso de sulfhídrico y sulfuros alcalinos, ascendieron por las fracturas y grietas tectónicas. La reacción con las calizas, que simultáneamente se metamorfizaron, y decisivamente la disminución de temperatura y presión, en las zonas superiores, fueron causas determinantes de los depósitos.

Para los minerales oxidados sin negar el hecho, muchas veces comprobado en yacimientos de Santander, de su relación con grietas y fracturas que pudieran facilitar el

acceso de las aguas meteóricas, nuestra opinión personal difiere algo respecto a la del notable geólogo e ingeniero citado. Mayor influencia que a las aguas meteóricas, en la carbonatación y oxidación, atribuimos a reacción con las rocas de la caja y, sobre todo, a la acción de las mismas aguas termales ascendentes, ricas en sílice y cargadas de ácido carbónico, que, como el vapor de agua, disuelve la sílice, si temperatura y presión son elevadísimas.

Coincidimos por completo en la apreciación de que a la disolución de parte de los criaderos primarios y segunda precipitación, al reaccionar con las calizas y dolomías superficiales, se han debido yacimientos secundarios. A los de este tipo les caracteriza la presencia de smithsonitas y calaminas esponjosas o estructuradas en capas concéntricas, netamente separadas por películas ferruginosas, más coloreadas que el resto de la masa cincífera.

YACIMIENTO DE FOSFATO
DE LA
SIERRA DE ESPUÑA

POR

JOSÉ DE GOROSTÍZAGA
Ingeniero de Minas



YACIMIENTO DE FOSFATO

DE LA

SIERRA DE ESPUÑA

Fueron descubiertos estos fosfatos el año 1921, con motivo de estudios geológicos realizados en los alrededores de unos criaderos de lignito en la Sierra de Espuña. Durante tales estudios se advirtieron semejanzas con la geología de los terrenos donde encajan los criaderos de fosfato del Norte de África, dado que en ambas regiones la caliza numulítica recubre una zona margosa; el Eoceno se apoya sobre el Cretáceo en aparente discordancia y existen grandes sierras arrumbadas de Este a Oeste.

Estas analogías hicieron pensar que tal zona margosa fuese un horizonte fosfatífero, lo que indujo a realizar ensayos químicos que revelaron fosfato, pero en tan débil proporción que sólo décimas por ciento de este fertilizante contienen las supuestas margas fosfatadas. Prosiguieron los estudios de las diferentes rocas de aquel paraje de la Sierra de Espuña, y todos los análisis demostraron la existencia del fósforo, pero en proporción insignificante, hasta que al analizar un conglomerado de Amonites apareció el fosfato tricálcico en la proporción

del 30 %, lo que sirvió de guía para encontrar el criadero.

Se halla éste en la parte septentrional de la Sierra de Espuña (provincia de Murcia), en el paraje denominado Prado Mayor y en la ladera izquierda del barranco de Malvariche (véase mapa y corte geológico).

Sobre la caliza cretácea que constituye aquella parte de la Sierra se observa una estrecha zona de margas blancas tableadas, con riñones de pedernal; margas infracretáceas que forman el techo y muro de la masa de fosfato. Un asomo de caliza aparece recubriendo el criadero, y encima caliza eocena, llena de Numulites *aturiens*, Numulites *Ronaulti* y Numulites *coplanatus*, que indican el tramo Luteciense. A juzgar por el buzamiento y posición anormal estratigráfica que presentan las capas, el afloramiento del criadero debe ser labio de un pliegue invertido.

En esta zona de margas que forman, como hemos dicho, el techo y muro del yacimiento, se han encontrado ejemplares de *Inoceramus*, *Hippurites*, *Scaphites*, etcétera, etcétera, que indican el tramo Barremiense, pues tales fósiles parece corresponden a las especies *Inoceramus Crispi*, *Hippurites radiosus* y *Hopplitos aff. angulicostatus*. En la masa fosfatada aparecen con profusión *Belemnites* y dientes de Escualos, distinguiéndose que el mineral fosfatado está compuesto de granos de tamaño de tres a cinco décimas de milímetro; unos redondos y de color verde que son de glauconia, que por su alteración se transforma en limonita, y otros grises de fosfato de cal y calcita, con restos de globigerinas; trabados unos y otros por un cemento calizo y constituyendo una tierra verde que, aunque compacta, se hace deleznable expuesta al aire, lo que facilita su pulverización. No tiene el olor fé-

tido de otros fosfatos. Los granos grises no son los únicos que contienen fósforo, sino también los de glauconia, constituidos por restos de foraminíferos, y que, observados al microscopio, resultan ser conchas rellenas de glauconia; algunos de los granos verdes tienen riqueza que pasa del 40 % de fosfato tricálcico.

Es indudable que la parte orgánica de tales foraminíferos fueron centros de atracción origen de la masa fosfatada; también se precipitaron silicatos de hierro y potasa alrededor de la materia orgánica.

El Ingeniero de Minas Sr. Hernández Sampelayo ha hecho un concienzudo y detenido estudio microscópico de los fosfatos de Espuña, y de él entresacamos las notas siguientes:

Observados a la luz reflejada se aprecian sobre el blanco sucio de la caliza granos bastante próximos y calibrados de dos clases: unos verdes muy oscuros, que supone de glauconia, y otros pardo-rojizos, de tonos algo distintos, que llegan a establecer tránsito con los verdes, observándose con luz transmitida y pocos aumentos los granos redondeados y sueltos sobre el fondo de la caliza margosa. Ninguno de los granos tiene tono uniforme, sino que están más o menos oscurecidos en los bordes por la acumulación en ellos de la materia verde en forma algo confusa como de grumos sucios; el borde exterior está realmente marcado y a veces subrayado por trozos de hidróxido de hierro. Los grumos verdes del interior, haciéndose más frecuentes, llegan a constituir una especie de punteado sobre la superficie del grano, ofreciendo aspecto orgánico.

La concentración hidroxidada de hierro se dispone en forma de puntos o trazos algo flexuosos, por bajo de cuya trama se descubre el fondo verde del grano origen

con líneas más amarillentas. Aparece también una tercera materia de tono gris.

La forma de los elementos suele ser algo alargada y hasta con inflexiones que recuerdan la silueta externa de los coprolitos de otros depósitos aunque carentes de su materia gris, uniforme, y de sus características líneas de contracción. A la luz polarizada, los granos verdes o pardos producen la extensión sedosa de la calcita, más o menos marcada, según los casos. El fondo del cemento es granudo, de calcita cristalina, y los granos verdes toman tono verde hierba, al que da tonos dorados el amarillo de la luz natural, que no desaparece por completo.

Algunos de los granos de calcita tienen extinción individual, y los filoncillos de calcita que cruzan la roca se ofrecen cristalizados en placas grandes de división romboédrica, y casi siempre macladas polisintéticamente, según los ejes ternarios.

De todo lo dicho se deduce, que la materia verde tiene muy escasa reacción óptica, no denota policroísmo y es poco birrefringente.

Los restos de conchas observados en los fosfatos de España son de *Globigerinas*, *Dentalinas*, alguna *Rotalina*, una *Cornuspira* y varias *Bolivinas*, idénticas a las vistas en los fosfatos de Boghari (yacimiento del Norte de África); abundan en el criadero *Amonitidos Perisphinctides*, cuyas conchas señalan con línea espatizada sus contornos redondeados; se encuentran también restos óseos y dientes de Escualos.

Los diferentes análisis de estos fosfatos, realizados por el Ingeniero señor Menéndez Puget, revelan tres zonas de riqueza distintas: una con el 30 por 100 de fosfato tricálcico (zona muy poco extensa), otra con el 24 por 100 y una tercera con el 17 por 100; esta última forma la ma-

yor parte del criadero, y parece ser, de momento, la única explotable.

La composición química media por 100 es la siguiente:

Fosfato tricálcico	17,10
Carbonato de cal	37,40
Sílice	21,20
Óxidos de hierro y alúmina	10,35
Potasa	5,50
Nitrógeno	0,60
Vanadio.....	0,25
Titano	0,05
Fluor	Indicios
Humedad y agua de combinación ...	3,11

Tanto el examen microscópico de estos fosfatos como el análisis químico, indican su origen orgánico, o mejor dicho, orgánico-químico. Creemos que en el seno del mar cretáceo, muy rico en organismos, se produjeron bruscos cambios de corrientes, alteraciones importantes en la temperatura, cambios de composición de las aguas, etcétera, etc., que motivaron la muerte de infinito número de seres marinos que se depositaron en los puntos bajos del fondo de aquel mar, y descompuesta su parte orgánica se desprendió su amoníaco, que, al encontrarse en circunstancias especiales y favorables, reaccionó sobre el fosfato de cal, en disolución en el agua marina, y se precipitó el fósforo sobre los restos de aquellos seres.

Una causa orgánica y otra química fueron, pues, necesarias para que se formase el yacimiento de España.

En cuanto al origen del fósforo disuelto en las aguas del mar cretáceo, nos inclinamos a creer que procede del ataque del agua marina, muy cargada de ácido carbónico, sobre rocas fosfatadas que provenían del magma interno, aunque quizás provenga de la mezcla del agua carbónica, con disoluciones de fósforo procedentes del interior de

la corteza terrestre. Enriquecidas las aguas en fósforo y carbonato de cal, a consecuencia del ataque de la roca, y obedientes dichas aguas al régimen regular de las corrientes marinas, en casos determinados pudo precipitarse más rápidamente el fósforo que la cal, extendiéndose aquél en un cordón paralelo a la orilla; pero en algunos lugares las precipitaciones se verificaron simultáneamente, por lo que el fosfato y el carbonato aparecen mezclados, dando lugar a un yacimiento pobre en fósforo, que es, a nuestro juicio, el caso de España.

Movimientos orogénicos muy posteriores (probablemente de edad alpina) a la formación del yacimiento motivaron la actual posición de la Sierra de España, a la que quedó adosado un cordón cretáceo rico en fosfato, que por estar formado de sustancia blanda sufrió mucho los efectos de la erosión, que barrió gran parte del criadero, por lo cual sólo encontramos en algunos puntos restos del cordón fosfatífero. Por otro lado, gracias a la erosión pudo presentarse a nuestra vista el afloramiento de la capa fosfatada, afloramiento que, debido a la acción de las aguas meteóricas, no debe revelar la verdadera riqueza de su parte profunda y hasta hoy oculta. Los sondeos en proyecto pondrán en claro esta última hipótesis.

Dada la naturaleza del mineral, su baja ley en fósforo (en la parte descubierta) y su ganga caliza, deben clasificarse los fosfatos de España como inadecuados para su transformación en superfosfato, y, por tanto, al estudiar su aprovechamiento sólo hubo de pensarse en enriquecerlos o aplicarlos directamente.

Los diferentes ensayos de laboratorio para aumentar la riqueza de estos fosfatos han sido satisfactorios, obteniéndose por calcinación y subsiguiente levigación fosfa-

tos cuya ley es del 75 % de tricálcico. También en laboratorio se han obtenido con el mineral de España fosfatos precipitados; partiendo de muestras que no daban más del 22 % de tricálcico, se obtuvieron fosfatos con el 42 por 100.

El mineral se ataca con suma facilidad, pero de todos modos, y aun contando con que junto al criadero se encuentra otro de lignito, los gastos de enriquecimiento son un tanto elevados, y sólo cuando se tratara de aplicarlos en puntos muy distantes convendría adoptar los métodos de enriquecimiento o precipitación a fin de aminorar en lo posible los gastos de transporte. Mas como es segura la venta en puntos cercanos (las huertas de Valencia y Murcia están muy próximas, y la región de la Mancha, donde el cultivo de cereales es extensísimo, está a pocos kilómetros y con fácil comunicación por ferrocarril), la aplicación directa de los fosfatos de España parece, hoy por hoy, la más indicada, y además han de tenerse en cuenta los favorables resultados de su experiencia en los diferentes cultivos.

Mucho se ha escrito, ensayado y aun discutido acerca de la aplicación directa de los fosfatos; es decir, sin ser preciso transformar por la acción del ácido sulfúrico; mas los resultados se oponen unos a otros, y las opiniones son tan contradictorias que es un tanto difícil formar juicio definitivo. Dura la controversia hace algunos años, a pesar de que gran número de investigadores tratan de conocer el valor fisiológico del ácido fosfórico en los superfosfatos y en los fosfatos naturales.

Bastante se ha adelantado en las diferentes ramas de la ciencia agrícola desde el año 1840 en que el sabio alemán Liebig descubrió las ventajas de transformar el fosfato tricálcico en monocálcico; pero no fué lo suficiente este

adelanto para librar a la agricultura de tan pesada carga como es el consumir colosales cantidades de ácido sulfúrico para preparar sus abonos fosfatados.

Cierto que el eminente Liebig, que tantísimo beneficio ha causado a la Humanidad con su descubrimiento, sólo trató de hacer que el fosfato fuese soluble en poca agua (transformándolo en superfosfato), estimando erróneamente que en estado soluble lo asimilaba la planta, y cierto también que las bases que existen en el suelo precipitan al fosfato soluble y lo transforman de nuevo en insoluble, antes de que la planta pueda asimilarlo; pero es preciso reconocer que este fosfato precipitado se difunde extraordinariamente en el terreno y se encuentra entonces en un estado especial y favorable para que se desdoble la molécula de fósforo, abandone su base y se sature de otra nueva, y que ese especial estado de la molécula de fósforo no es idéntico al que se obtiene con la simple molienda del mineral, y por ello, si se ha de conseguir que el efecto sea el mismo o, al menos, parecido, es preciso se reúnan condiciones determinadas que el agricultor debe conocer antes de decidirse por uno u otro abono para fosfatar sus tierras.

Es, pues, necesario determinar bien, en cada caso, con qué clase de fosfato, terreno, cultivo y condiciones debe aconsejarse la aplicación directa, dado que las experiencias efectuadas no han sido todavía las suficientes para obtener consecuencias definitivas para mantener, como mantienen algunos, que el ácido sulfúrico es imprescindible en todos los fosfatos, o, al contrario, afirmar que cualquier mineral de fósforo proporciona a la planta su elemento fertilizante después de convenientemente molido.

Los partidarios de la aplicación directa razonan muy

cuerdamente que la eficacia del superfosfato sólo se debe a la tenuidad del fósforo precipitado al ponerse en contacto con las bases del terreno, y que esta tenuidad puede obtenerse con el conveniente grado de molienda. Mas no deben detener aquí su razonamiento; deben pensar, como antes dijimos, que el estado de equilibrio molecular de la partícula de fósforo obtenida por medio mecánico no es exactamente igual a la que resulta si se obtiene por medio químico; es decir, sometida a la acción de un disolvente y precipitada en el terreno. En la mayoría de los casos estos estados de equilibrio no serán idénticos, pero sí tan semejantes, que, en ambos, la planta pueda absorber perfectamente el fosfato que precisa para su desarrollo.

Por otro lado, es indudable que la asimilación del fosfato por la planta es función de su grado de finura, aunque autorizadas experiencias han tratado de hacer ver lo erróneo de tal afirmación. Sospechamos que tales experiencias se efectuaron con mineral de fosfato molido y después clasificado; sólo así pudo suceder que el mineral más fino diese peor resultado que el grueso, y la causa no debió ser otra sino que la ganga que generalmente acompaña al mineral es más blanda que el fosfato mismo y el producto fino tiene menor riqueza por contener mayor proporción de ganga. Si se hubiera analizado previamente la porción de fosfato después de clasificado, seguramente se hubiera observado esta diferencia de riqueza y justificado el error de los resultados obtenidos en los ensayos.

Otro punto interesantísimo debe tenerse en cuenta al tratar de los efectos que pueden conseguirse al aplicar directamente un fosfato y es el origen del mineral de fósforo, pues de ser uno u otro la constitución física varía y,

por tanto, su actuación sobre el terreno. Así, a los fosfatos de origen filoniano, cuya compacidad es grande, difícilmente podrán atacarlos los jugos ácidos que exuda la parte pilosa de las raíces de la planta o el ácido carbónico de las aguas; al contrario, atacarán fácil y rápidamente a un fosfato de origen sedimentario. De aquí la necesidad de no prescindir de examinar al microscopio la textura del mineral, pues granos *gruesos poco compactos darán más utilidad (dentro de la misma ley) que los finos, pero más compactos*, dado que estos últimos presentan menor superficie de contacto.

El estado del suelo, su reacción, es otro punto esencialísimo que se debe tener en cuenta. Un suelo de reacción ácida favorece la desagregación de las moléculas fosfatadas, y por ello la aplicación directa de los fosfatos está indicadísima en terrenos ácidos, cuya acidez bien puede provenir de la naturaleza del terreno mismo o también de su descalcificación motivada por la constante aplicación de los abonos ácidos (superfosfato) o salinos (sulfato y nitrato amónico); de aquí que en muchos casos deba aconsejarse la aplicación alterna de fosfatos naturales y superfosfatos.

Para juzgar de los efectos de aplicación directa de un fosfato no basta conocer su riqueza en fosfórico, pues si coexisten ciertos elementos, aumentan los efectos sobre la planta. Así, la cal, unida al fósforo, ejerce acción altamente beneficiosa para el cultivo, y, por tanto, es necesario determinar si el mineral que ha de utilizarse contiene cal en proporción conveniente, y más si se ha de aplicar en suelos ácidos, porque en tal caso es indispensable neutralizar la acción perjudicial de ciertos ácidos orgánicos que desprende la planta y pueden producir efectos tóxicos para la misma. También destruye la cal ciertas

bacterias que existen en el suelo y perjudican a la vegetación. La cal ejerce, por último, beneficiosos efectos en el terreno, pues su presencia puede dar lugar a fenómenos biológicos mediante los cuales se favorecen la descomposición de la materia orgánica.

Debe tenerse muy en cuenta que el empleo de ciertos abonos salinos, como sulfato amónico, hace perder al terreno porción considerable de cal. En tales casos la aplicación directa de fosfatos calizos es altamente beneficiosa, y para juzgar de ello basta considerar que 100 kilogramos de sulfato amónico hacen perder en una hectárea de terreno cerca de 70 kilogramos de cal; por tanto, la acción continuada de tal clase de abono llegaría a descalcificar el terreno, haciéndole improductivo para la vegetación. He aquí un caso en que está justificadísima la aplicación alternante de abonos ácidos y salinos (superfosfato, sulfato amónico, etc., etc.) con abonos básicos (fosfato natural).

La potasa es otro de los elementos que precisa tener en cuenta para juzgar de la utilidad de un fosfato aplicado directamente, pues comprueba la práctica que los compuestos potásicos brutos (leucita, fonolita, etc. etcétera), mezclados con los fosfatos naturales, producen una doble descomposición que favorece mutuamente la acción del fosfato y de la potasa. De aquí la conveniencia de que el fosfato bruto se mezcle con sales potásicas poco solubles, para aumentar la energía de su acción. Además, si un mineral de fósforo contiene potasa, debe contener también cal para que pueda obtenerse beneficio aplicado directamente, si esta base no ha de encontrarse en el terreno en cantidad suficiente, pues la cal descompone el silicato de potasa y lo hace asimilable a la planta.

La sílice parece ser que es también factor importantísi-

mo en los fosfatos naturales, favoreciendo la descomposición de la molécula fosfatada, lo que da como consecuencia que la cantidad de anhídrido fosfórico que la planta absorbe sea mucho mayor cuando hay sílice que cuando no existe. Desde luego, la sílice coloidal o precipitada ejerce la más eficaz acción, y parece ser que los beneficios sólo se obtienen cuando se trata de fosfatos pobres, pues si la cantidad de fosfórico es un tanto elevada, la acción de la sílice resulta nula.

Otro punto que es preciso tener en cuenta para juzgar del valor fisiológico de un mineral de fosfato utilizado directamente, es saber si contiene o no fluor, pues está demostrado que los fosfatos ricos en fluor, aunque se apliquen al terreno en forma de polvo finísimo, no producen efecto útil a la planta hasta pasados algunos años, a causa de que la existencia del fluor dificulta el que los ácidos orgánicos que segregan las bacterias y el bióxido de carbono que eliminan las raíces del vegetal transformen el fosfato tricálcico en monocálcico, transformación que también dificulta el carbonato de cal en exceso.

Debe, por último, considerarse muy detenidamente, antes de juzgar el efecto fisiológico de un mineral de fosfato natural o tribásico aplicado directamente, la clase de planta que se va a cultivar, pues las leguminosas, así como las plantas de prado y bosque que en el principio de su vegetación no precisan cantidad grande de fosfórico para elaborar las células vegetales, están más indicadas que no las cereales, que en todo momento precisan encontrar en el suelo ácido fosfórico fácilmente asimilable.

Vemos por lo expuesto que para prejuzgar los efectos que han de obtenerse con la aplicación directa de un fosfato, es necesario conocer primeramente su origen, pues si éste no es sedimentario los beneficios serán nulos o, al

menos, reducidos. Es preciso conocer también si el mineral contiene cal, potasa y sílice en proporciones convenientes, y, por último, que no contenga fluor y que el grado de finura obtenido con la molienda sea el apropiado.

Determinados estos diversos elementos y el estado del suelo en que ha de aplicarse el fosfato (reacción ácida o básica), fácil será predecir si el mineral es o no apto para usarlo directamente en la agricultura sin necesidad de transformarlo en superfosfato.

Realizaron la mayoría de los estudios y ensayos, que hemos enumerado, Empresas productoras de superfosfatos, que parece no han sabido prescindir del temor de que la aplicación directa pueda comprometer seriamente las cuantiosas cantidades invertidas en la instalación de las actuales fábricas; cuando, a nuestro juicio, es exagerado tal temor; pues ciertos criaderos de fosfatos necesitarán forzosamente del concurso del ácido sulfúrico a fin de proporcionar a la planta su riqueza en fósforo. Si hubiesen verificado los ensayos entidades libres de todo prejuicio, quizás a estas fechas sabríamos bastante más de lo que sabemos respecto a la utilidad de un fosfato aplicado directamente.

Son indudables las ventajas de la aplicación directa, mas sólo para determinados fosfatos, determinados terrenos, determinados cultivos y determinadas circunstancias; pero mientras no sea más conocida y divulgada la misteriosa, complicada y maravillosa actuación de los diferentes elementos de la naturaleza en el desarrollo de la planta, el superfosfato se empleará de modo rutinario, perjudicando con ello al agricultor y, por tanto, a la economía nacional, puesto que en muchos casos, utilizando el fosfato natural, se pueden obtener los mismos o aun mejores resultados con gasto muchísimo menor.

Poco se avanzará en tan interesantísimo punto mientras lo estudien y aun lo resuelvan casi exclusivamente las Empresas propietarias de fábricas de superfosfatos, y entendemos que los Gobiernos de cada país debieran encomendar asunto tan primordial para su riqueza agrícola a personas peritas e independientes, a fin de que estudiaran, ensayaran y resolvieran con la mira puesta sólo en el interés agrícola de la nación. Mientras así no se haga se seguirá discutiendo empíricamente respecto a si el fosfato molido puede o no sustituir al superfosfato y continuarán apareciendo contradictorias opiniones y muy diferentes resultados.

En España, las Granjas Agrícolas y Estaciones Agronómicas hace ya algunos años que se están ocupando de tan interesante problema para la agricultura.

Aplicado cuanto hemos dicho al mineral de España, veremos que reúne casi todas las condiciones anteriormente enumeradas: es de origen orgánico-sedimentario, viene acompañado de potasa y sílice en proporciones respectivas de 5,50 y 21,20 por 100, y no contiene fluor, aunque sí demasiada proporción, 37,88 por 100, de cal; nos encontramos, por tanto, en un caso en que no es dudosa la aplicación directa, y así lo ha confirmado la práctica, pues estos fosfatos de España se han experimentado lo suficientemente para advertir su utilidad en diferentes cultivos, utilidad que, como es lógico, resulta mucho mayor cuando se trata de terrenos con reacción ácida.

Se ha aplicado el fosfato de España como abono en cultivos de trigo, cebada, centeno, alfalfa, maíz, patata, pimiento, arroz, árboles frutales, etcétera etc., y siempre con beneficioso efecto, comparable y aun superior al obtenido con el superfosfato 15/16, si el terreno tiene reacción ácida, principalmente terrenos ricos en humus, y co-

mo la proporción de ácido fosfórico contenida en el mineral de España es relativamente pequeña, su poder fertilizante no puede atribuirse sólo a la acción del fosfórico, sino que debe atribuirse también a la cal, potasa, sílice, nitrógeno, vanadio y titano que contienen estos fosfatos, y así podremos explicarnos tan favorable resultado. Se han empleado también con buen éxito mezclados con estiércol, y para cultivos especiales en los que se precisa gran cantidad de nitrógeno (naranjos, por ejemplo), se los mezcló con fosfato amónico en proporción conveniente, y se han obtenido resultados comparables a los del mejor abono compuesto.

Actualmente se están realizando experiencias para emplear estos fosfatos en usos metalúrgicos, y al parecer los resultados también son satisfactorios.

Terminando ya la relación de los ensayos efectuados con los fosfatos de Sierra de España, mencionaremos que, tratados a conveniente temperatura con una sal alcalina y carbón, son susceptibles de transformarse en un producto cuyo fosfato resultante es soluble en el citrato amónico al 2 por 100 y algo soluble en el agua; tratamiento costoso y que a nuestro juicio, no compensa los beneficios, que, en suma, no son otros que llamar la atención del agricultor, dado que los fabricantes de superfosfato han arraigado en los labradores la errónea creencia de que las plantas sólo asimilan fosfatos solubles en agua o ácidos débiles.

Después de los imprescindibles análisis químicos y microscópicos para asegurarse de las cualidades del mineral de España, la entidad propietaria del yacimiento ha montado cerca del mismo una pequeña fábrica, a fin de preparar convenientemente este fosfato, y al efecto instaló un molino pulverizador, sistema de péndulos, que re-

duce el mineral a tal estado de finura, que el 80 por 100 del producto pasa por la malla 200 (numeración francesa) y el resto por la malla 100. La molienda es fácil y el gasto por este concepto no es elevado; puede calcularse en unas tres pesetas por tonelada para una producción anual del molino de 10.000 toneladas. La trituradora, molino, tolva, cadena de cangilones, etc., etc., vienen a consumir una fuerza de 70 caballos.

El molino es capaz de aumentar el grado de finura, lo que sería beneficioso, pero se tropieza con el inconveniente de que los sacos de yute, empleados generalmente para el envase de abonos, no son bastante tupidos y se pierde en el transporte cantidad importante del mineral molido.

Las labores de investigación en el criadero de la Sierra de Espuña no son suficientes para dar cifra exacta del número de toneladas aprovechables que tenga el yacimiento, pero sí bastantes para tener la idea aproximada de su cubicación. Estas labores se han reducido a descubrir el criadero en una extensión de 100 metros (véase fotografía adjunta), arrancando para ello la montera que lo cubría, y que es de tierra vegetal, con espesor medio de sólo unos dos metros. Así ha podido verse que la potencia es de 10 metros cerca de la superficie, pero que va ensanchando en profundidad y que llega a los 30 metros (máxima profundidad alcanzada) a 21 metros de potencia, la cual parece continúa aumentando a medida que se descende, pero estimamos que, llegado al codo del pliegue, ha de aparecer la capa de fosfato en su posición y potencia verdadera, que suponemos ha de ser de 20 metros. A los 30 metros de profundidad, máxima alcanzada, el mineral aparece limpio y libre de las impurezas que se observan en el afloramiento.

Aparte de esta labor de reconocimiento y preparación para el arranque, a lo largo de la corrida del criadero, que es de 8.000 metros, se han perforado varios pocillos y calicatas de relativa importancia, en la mayoría de los cuales aparece la masa fosfatada, pues aunque se han observado soluciones de continuidad, parecen superficiales y que corresponden a las vaguadas de esta ladera de la Sierra.

La masa fosfatada tendrá probablemente forma lenticular, de modo que su espesor aumentará hacia la parte central; pero como no se han efectuado todavía los sondeos en proyecto para comprobar este supuesto, al mismo tiempo que la existencia del fosfato bajo la caliza numulítica, admitamos como potencia media del criadero en su parte explotable 20 metros, y para el cálculo del número de toneladas reconocidas tomaremos como base la corrida comprobada de ocho kilómetros, potencia media de 20 metros y que la profundidad no pase de 50 metros. Con tales datos resultan unos ocho millones de metros cúbicos reconocidos, que para una densidad de 2,50 hacen 20 millones de toneladas de mineral, de los que habrá que descontar un 30 % por angostamientos y esterilizaciones, de modo que quede un mínimo de 14 millones de toneladas explotables.

El cálculo anterior sólo se refiere a la parte que podemos decir vista; aproximadamente el labio del pliegue. Probablemente la capa fosfatada se extenderá bajo la caliza numulítica con extensión aproximada de cuatro millones de metros cuadrados, que para la potencia media antes dicha de 20 metros, da 80 millones de metros cúbicos de mineral, que con una densidad de 2,50 vienen a ser 200 millones de toneladas probables.

En cuanto a las toneladas posibles, se carece de datos

para poder dar cifras que se aproximen a la realidad, pero deben ser muy grandes.

Vemos por todo lo dicho el interés que ha de tener para la economía nacional, el comprobar que estos fosfatos de la Sierra de Espuña, cuya cantidad se puede considerar prácticamente inagotable, sirven para ser aplicados directamente, es decir, sin necesidad de transformarlos en superfosfato.

LOS YACIMIENTOS PREHISTÓRICOS

DE LOS

ALREDEDORES DE MADRID

POR

JOSÉ PÉREZ DE BARRADAS

LAS INVESTIGACIONES PREHISTÓRICAS MADRILEÑAS.—SU HISTORIA E IMPORTANCIA

Las investigaciones prehistóricas madrileñas tienen gran valor, no sólo local, sino también por constituir la clave de toda una serie de problemas que afectan no sólo a toda la Península Ibérica, sino también al Occidente de Europa y al Norte de África.

Anotaremos que en los cerros de San Isidro, situados entre los cementerios de San Isidro y de Santa María, se encuentra el primer yacimiento paleolítico descubierto en España. Los estudios prehistóricos de nuestra patria tuvieron su cuna en Madrid y los primeros vestigios del hombre fósil fueron hallados por don Casiano de Prado y los sabios franceses L. Lartet y E. de Verneuil en 1862, cuando se discutía en la Academia de Ciencias de París si el hombre había sido o no contemporáneo de los grandes mamíferos cuaternarios. En varias ocasiones hemos dado cuenta detallada del descubrimiento del paleolítico de San Isidro (1).

(1) Para la historia crítica de los trabajos prehistóricos madrileños, véanse: *Wernert (P.)* y *Pérez de Barradas (J.)*.—«Yacimientos paleolíticos del valle del Manzanares» (Madrid). Memoria n.º 33 de la Junta Superior de Excavaciones. Madrid, 1921.—Idem «El yacimiento paleolítico de San Isidro». Revista de la Biblioteca, Archivo y Museo del Ayuntamiento de Madrid. Tomo II, páginas 31-68. Madrid, 1925.

Tanto don Casiano de Prado, como Lartet y Verneuil, se ocuparon en sendos trabajos de tan importante estación arqueológica, que fué objeto de posteriores estudios por toda una serie de investigadores nacionales y extranjeros. Entre los primeros citaremos los nombres de R. de Garay, F. M. Tubino, F. Fulgosio, J. Vilanova, E. Rotondo y Nicolau, J. y F. Quiroga, M. Cazorro, L. Hoyos, M. d. I. P. Graells, D. de Cortázar y M. Antón; y entre los segundos los de E. Verneuil, E. Cartailhac, H. C. Mercer, G. de Mortillet, L. Siret, E. Capelle, J. de Baye, A. Penck, A. Gaudry, Ch. A. Read, M. Hoernes, R. Hoernes, H. Obermaier, E. Harlé, R. R. Schmidt y P. Wernert. En la actualidad no hay obra de Prehistoria, grande o pequeña, buena o mala, en la que no se dediquen algunas líneas al yacimiento de San Isidro. Hachas talladas de esta localidad se guardan en los principales museos del mundo.

A pesar de nombres tan prestigiosos y del tiempo transcurrido desde los primeros trabajos hasta el aparente agotamiento del yacimiento, debemos hacer constar que nunca se efectuó un estudio sistemático, serio y definitivo. En la bibliografía aparecen los más diversos y encontrados resultados sobre geología, estratigrafía, paleontología y arqueología de San Isidro. Los materiales aparecidos o se han extraviado o figuran en colecciones extranjeras. Sólo existe la colección Rotondo, dividida entre el Museo Antropológico y el Museo Prehistórico Madrileño.

Al Sr. Obermaier a correspondido iniciar una nueva era de trabajos con el estudio de los yacimientos de Las Carolinas (1916) y de Las Delicias (1918) realizado en colaboración de P. Wernert.

En este año y en colaboración con P. Wernert, dimos comienzo al estudio intenso de la prehistoria madrileña,

primero por cuenta del Museo Nacional de Ciencias Naturales (julio 1918-julio 1919), después por la Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades (1920-1924); y por último por el Excmo. Ayuntamiento de Madrid.

La importancia de lo realizado hasta el 1.º de enero de 1929, la podemos hacer resaltar en poco espacio. Según la segunda edición de «El hombre fósil» del profesor H. Obermaier, había en España en 1925, ciento cuatro yacimientos paleolíticos, de ellos cuarenta y dos de la provincia de Madrid y sesenta y dos de las restantes. A esta cifra hay que añadir veinte, descubiertos a partir de la fecha citada (doce de la cuenca del Manzanares, siete de la del Henares y uno de la del Tajuña). Debemos advertir que no contamos aquí toda una serie numerosa de yacimientos de superficie de escasa importancia. En realidad, hay en el valle del Manzanares un solo yacimiento, que se extiende desde la Casa de Campo hasta Vaciamadrid y que ocupa varios kilómetros cuadrados de extensión superficial. La única región comparable en este aspecto es la de los alrededores de Amiens.

Otra de las razones por las cuales son tan valiosos los yacimientos madrileños es su extremada riqueza. De ordinario, se considera un yacimiento como abundante si en él se llegan a recoger quinientas piezas. Pues bien, en las cercanías de Madrid han aparecido cantidades fabulosas de sílex tallados. Mencionaremos, como ejemplo, que hemos entregado al Museo Arqueológico Nacional 3.948 piezas como fruto de la campaña de 1920-21, y 5.508 de la de 1921-22. Cifras análogas pudieran darse para los otros años.

Pero, además, como Madrid está situado en el centro de la Península, y como ésta es un puente tendido entre dos Continentes, hay en sus alrededores yacimientos de

todos los tiempos y de culturas de todas las procedencias. Está representado el Paleolítico inferior completo, el Auriniense, el Neolítico final y la Edad del Cobre. En menor número existen otros de la Edad del Bronce y alguno de la Edad del Hierro. Por último, hay villas y poblados de época romana. En Madrid lo mismo aparece la cultura musteriense, venida de las comarcas septentrionales de Europa, que el Precapsiense, el Sbaikiense y el Ateriense, llegados del Norte de África. Igual la «cultura del vaso campaniforme», nacida en Andalucía, que la llamada «de Almería», y que tuvo su origen en el Levante español. Todo esto obliga a buscar en Madrid la solución de importantes problemas prehistóricos, de interés nacional e internacional.

II

LAS INDUSTRIAS PALEOLÍTICAS Y EL CUATERNARIO MADRILEÑO

El estudio de los yacimientos paleolíticos de los alrededores de Madrid tiene una gran importancia por contribuir a la resolución de varios problemas geológicos, como son el deslinde de las capas terciarias y cuaternarias, y especialmente el de las terrazas pleistocenas, mucho más complejo, a nuestro juicio, de lo que ordinariamente se cree.

a) **Los nuevos problemas del Terciario y Cuaternario de Madrid.** — En 1924, al llevar a cabo el estudio de los alrededores de Madrid, que en 1926 editó el Excelentísimo Ayuntamiento con motivo de la reunión en esta Corte del XIV Congreso Geológico Internacional, nos llamó la atención el parecido, por no decir identidad, de ciertas capas cuaternarias y miocenas. Así, le chocó a algún geólogo que consideráramos como terciario el cerro de San Blas y parte de la barriada de Atocha, pues juzgaban que las arcillas compactas de esta zona eran, por su aspecto, idénticas a otras dadas como cuaternarias en mi monografía. Yo me había basado en su parecido con las margas amarillentas de cortes próximos al Puente de To-

ledo, en el camino bajo de San Isidro y en los vecinos al camino de las Ánimas, donde no había lugar a dudas por presentar pequeños lechos de sílex.

Por aquel tiempo se había descubierto el yacimiento paleontológico del Puente de Vallecas, donde han aparecido, según los Señores Hernández Pacheco (E. y F.), gran cantidad de molares de *Anchitherium*, de pequeños suidos, de ruminantes y algunos de *Mastodon* entre arenas arcillosas, que descansan sobre una capa de arcilla con restos de una *Testudo* gigantesca.

En el invierno pasado visité una importante fábrica de ladrillo de D. Modesto Chapa, situada en la carretera de Extremadura y próxima a las tapias de la Real Casa de Campo. En los cortes utilizados para la extracción de tierra pude ver el siguiente corte de arriba a abajo:

- a) Arena arcillosa rojiza.
- b) Arcilla arenosa, gris verdosa, con restos de dos ejemplares de *Testudo*, de unos 60 centímetros de largo.
- c) Marga verde, donde me dijeron habían aparecido con anterioridad restos de una *Testudo* mayor que fué reconocida por el Sr. Hernández Pacheco (E.).

No lejos de este yacimiento de *Testudo* se encuentra Cuatro Vientos, donde se han hallado recientemente dos defensas de *Mastodon* en los terrenos arenosos. Yo, por mi parte, tenía conocimiento por D. José Vilorio, de haberse encontrado también restos de molares de *Mastodon* en los cortes de arenas del paseo de las Moreras, de la Moncloa, no muy lejos del corte del camino que une la carretera de Puerta de Hierro a la Dehesa de la Villa con la Escuela de Ingenieros Agrónomos, donde yo había recogido entre las arenas arcillosas restos fósiles indeterminables, como otros hallados en el camino de Fuenlabrada a Parla.

Al estudiar la colección formada por D. Emilio Roton-do y Nicolau, entregada en depósito al Ayuntamiento de Madrid, me sorprendió ver que algunos ejemplares de *Mastodon* y *Sus* llevaban adheridos abundantes granos de cuarzo, que demuestra haber sido su yacimiento capas de arenas y arcillas amarillentas.

Todos estos hechos que prueban la gran complejidad geológica de los alrededores de Madrid, me han hecho abandonar teorías e hipótesis expuestas en mi Memoria de 1926 y a puntualizar mi punto de vista.

Reconocemos como un hecho indiscutible, de conformidad con el Sr. Royo Gómez (J.), que una parte de las arenas tenidas hasta ahora como cuaternarias, son miocenas, pero lejos de considerar que con esto se ha logrado una solución al problema, lo juzgamos como el punto de partida de nuevas investigaciones. Por nuestra parte, no creemos que sea Mioceno todo lo que nosotros hemos llamado «Cuaternario de arrastre lento» ni tampoco los aluviones de Torrelodones. Así, por ejemplo, nos parece injustificado el colocar en el Cerro de Almodóvar, próximo a Vallecas, una capa de arenas amarillentas, con arcillas verdosas y *Testudo bolivari* entre la capa inferior de sepiolita y la superior de sílex de la cima, pues la tortuga apareció en un corte lejos del cerro formado por marga verde («peñuela») de cinco metros de espesor coronado por 50-75 centímetros de marga magnésifera. Las arenas amarillentas que aparecen en la cima y que habían inducido a error, son cuaternarias, como las que se encuentran en los cortes vecinos del ferrocarril y en otros muchos lugares con sílex tallados paleolíticos *in situ*. Estas arenas no tienen relación alguna, por consiguiente, con las del yacimiento del Puente de Vallecas.

Del mayor interés son los escarpes del Jarama com-

prendidos entre Paracuellos del Jarama y la carretera y línea férrea de Madrid a Barcelona. A esta región hemos efectuado repetidas excursiones, en las cuales hemos descubierto varios yacimientos que han sido estudiados con el profesor Obermaier, y, por consiguiente, tenemos elementos de juicio para discutir la cuestión que ahora se nos presenta. Los barrancos de Paracuellos están formados de abajo a arriba, según los señores Royo Gómez (J.) y Menéndez Puget (L.), por las siguientes capas: En la base margas verdosas yesíferas del Oligoceno; sobre ellas margas verdosas oscuras entre las cuales se intercalan hacia la base algunas capas margosas blancas y un potente lentejón de sílex; a continuación arenas arcillosas amarillo-rojizas con otro lentejón de sílex y algunas capas de caliza cavernosa; y por último, «arenas de grano grueso, constituídas por granos sueltos de granito, cuarzo, ortosa y mica, arenas que son iguales a las que forman la parte alta de Madrid». Sobre este último estrato se colocan las gravas, arenas y arcillas muy rojas de la terraza de 100-120 metros que se extiende por la llanura de Paracuellos.

«Este corte—según los subdichos autores—es muy importante, porque estratigráficamente demuestra que las arenas de Madrid son miocenas, y de ellas, las más superiores y de grano grueso, pertenecieron probablemente al Pontiense, por lo cual así están representadas en el mapa. La terraza fluvial que viene encima con sus cantos de cuarcita, naturaleza totalmente distinta a la de los materiales que forman dichas arenas, es otro dato que indica la diferencia de la edad».

Por nuestra parte, consideramos estos argumentos como discutibles por lo que respecta a la pretendida edad de las arenas del Norte de Madrid. Las inferiores con ca-

pas de pedernal y caliza, las juzgamos más propiamente pontienses, pero las superiores nos parece que no sería equivocado el tomarlas como pliocenas. La cuestión de si existe o no terreno plioceno en la cuenca del Tajo es otra de las abiertas recientemente a la investigación. Claro está que no existen fósiles y que hay que basarse únicamente en la estratigrafía. Con arreglo a ésta pudiera ser Plioceno las capas de arenas cuarcíferas gruesas y de color rojo inferiores del Cuaternario de arrastre lento del Pardo y de la Casa de Campo. De todas maneras, hay que admitir que en el Plioceno, o con más exactitud, antes del tercer período interglaciar, tuvo lugar la gran erosión del Mioceno que produjo los cerros testigos del Sur de Madrid, orientados todos de Norte a Sur. Sobre la existencia de fauna pliocena, hay algunos puntos por estudiar, especialmente las tortugas pequeñas, y por último un molar de elefante, recogido en las gravas cuaternarias de Las Mercedes, que no parece ser contemporáneo de las mismas.

Pero de todas maneras, aunque las arenas del Norte de Madrid fueran exclusivamente miocenas, hay necesidad de tener en cuenta que en muchos casos, como ocurre con las otras capas, se han formado por erosión y nuevo depósito, niveles de aspecto idéntico a las originarias, pero de edad cuaternaria. Pueden citarse como ejemplo las arenas rojas de San Isidro, Tejar de Don Joaquín, Plaza del Bonifa, Fuente de la Bruja, arenero del Olivar de la Granja, etc., con Musteriense medio de tipos pequeños. Además, en muchos lugares (Ciudad Lineal, El Pardo, Casa de Campo) hemos recogido *in situ* entre arenas rojas sílex tallados paleolíticos.

Tampoco nos parece acertado el considerar a los aluviones de grandes bloques de Torrelodones, ni como mo-

rrenas glaciares, como se hizo en el siglo pasado, ni como depósitos del Tortonense-Sarmatiense, como hace J. Royo, pues aunque efectivamente las arenas de El Pardo sean miocenas, siempre hay que suponer que durante el Cuaternario fue erosionado el Guadarrama y que los productos más gruesos de esta acción se depositaron al pie de la Sierra. La sospecha del Sr. Royo parece una modificación de la teoría de R. Hoernes, que consideraba este terreno como las formaciones costeras de los grandes lagos terciarios.

b) La estratigrafía del terreno cuaternario madrileño y el problema de las terrazas.—El primer problema que plantean los yacimientos paleolíticos de Madrid, es el averiguar si se trata de niveles arqueológicos limpios de mezclas o no, pues si ocurre lo primero, entonces se tiene un material considerable de elementos para llevar a cabo estudios prehistóricos y geológicos, que no son fáciles de llevar a cabo en otras regiones. Para nuestros propósitos actuales sólo tomaremos las industrias paleolíticas como «fósiles» típicos para el conocimiento de la edad de los niveles cuaternarios.

Procederemos primeramente a disipar la prevención repetidamente apuntada, tanto en España como fuera de ella, hacia los yacimientos paleolíticos al aire libre. Se dice que las industrias paleolíticas aparecen mezcladas, esto es, que no forman niveles arqueológicos definidos. Pero, es tan débil esta sospecha, que no puede ser tomada en consideración por persona que conozca prácticamente el problema. Las dificultades del estudio de los yacimientos paleolíticos al aire libre, no residen en sí mismos, sino en el investigador, pues hay mezcla indudable cuando éste no hace más que recoger materiales comprándoselos a

los obreros, ya que éstos ignoran con frecuencia su procedencia estratigráfica y adaptan sus respuestas a los gustos del comprador, como hizo notar V. Commont en 1915 (1).

Repetidas veces, en 1922 y en 1924, he indicado mi método de estudio, consistente en visitas sistemáticas y continuas a cada arenero o tejár, para conocer en todo momento el lugar exacto de los hallazgos, y en pasar días enteros al lado de los obreros, para marcar en fotografías y cortes el lugar exacto de los mismos. Favorece, además, la seguridad estratigráfica el que en unos lugares haya sólo un nivel de gravas explotable, y que en otros el trabajo se lleve de manera sistemática. En este caso, se alterna en la extracción de los niveles.

De esta manera, las posibilidades de mezclas son muy pequeñas, pero cuando las hay, el estudio tipológico las denuncia en seguida, pues es bien sabido que la pátina y en general, el estado de conservación, son distintos según la antigüedad y también las piezas, según hayan estado expuestas al aire libre, o hayan rodado junto con los guijarros y las arenas. Por mi parte, sólo di a conocer el primer corte ideal de la estratigrafía del Cuaternario del Manzanares, después de seis años de estudio monográfico de yacimientos (1924). La edad quedaba fijada no sobre un centenar de piezas, sino sobre varios millares, y por lo que se refiere al Musteriense, he llegado con el profesor H. Obermaier a establecer el porcentaje de cada tipo.

Mis resultados estratigráficos y arqueológicos, establecidos ya con anterioridad a mi trabajo de 1926, han sido

(1) *Commont (V.)* — Contribution à l'étude des silex tailles de Saint Acheul et de Montières. (Bul. de la Société Linnéenne du N. de la France. T. XVII, pages 292-302. 1915).

admitidos sin dificultad, aunque presentara dos nuevas industrias paleolíticas, el Precapsiense y el Musteriense ibero-mauritánico. El basar mis estudios de las terrazas pleistocenas sobre mis resultados arqueológicos estratigráficos, resultaba bastante justificado y era garantía de éxito. Los resultados fueron de gran interés, pues aparecieron sobre una misma terraza gravas de edades diferentes superpuestas. En la terraza baja (a un metro sobre el nivel actual del río) había gravas chelenses y del Musteriense superior (ibero-mauritánico); en la alta de Las Vaquerías del Torero (9 metros) gravas chelenses y del Musteriense medio de tradición acheulense; en la alta del Parador del Sol (14 metros) gravas chelenses y del Musteriense medio de tradición acheulense; y en la terraza superior de San Isidro (30 metros) gravas chelenses.

El sistema de terrazas del Valle del Manzanares está integrado, según nosotros, por las siguientes:

- a) **Terraza inferior:**
De depósito, a 2-4 por debajo del nivel actual del río.
- b) **Terraza baja:**
De erosión, a 4-6 metros por encima del nivel actual del río, como las siguientes.
De depósito a un metro.
- c) **Terraza media:**
De erosión, a 7-11 metros.
De depósito, a 3-5 metros.
- d) **Terraza alta:**
De erosión, a 15-26 metros.
De depósito, a 9-14 metros.
- e) **Terraza superior:**
De erosión, a 35-70 metros.
De depósito, a 30 metros.

f) **Plataforma, a 100-125 metros.**

Las mismas gravas se encuentran también en diferentes terrazas, como veremos a continuación.

Gravas chelenses: se hallan en las terrazas baja (Sotillo), alta (Vaquería del Torero y Parador del Sol), superior (San Isidro).

Gravillas del Musteriense inferior: constituyen las terrazas media (Portazgo) y alta (Almendro).

Gravillas del Musteriense medio: afloran en la terraza alta (Parador del Sol y Vaquerías).

Gravillas del Musteriense superior (ibero-mauritánico): forman las terrazas baja y media (Sotillo, Huerto de Don Andrés y La Parra).

El que haya gravas con nivel arqueológico chelense y acheulense en las terrazas situadas a escasa altura sobre el río es discutible según el Sr. Hernández-Pacheco, que supone que los ejemplares de los tipos citados «están fuera de sus yacimientos primitivos, los cuales corresponden a las terrazas de San Isidro, mejor dicho, a sus antiguas prolongaciones por las márgenes del río... El hallarse en las terrazas más bajas se explica fácilmente por la destrucción parcial de la alta a causa de los desplazamientos laterales del río y ahondes del cauce posteriormente a la formación de la terraza en que se depositaron primitivamente las piezas chelenses y acheulenses; destruyéndose aquella parcialmente, fueron arrastrados por la corriente tales utensilios, juntamente con los cantos, gravas y arenas removidas, y se depositaron en las terrazas bajas de nueva formación». Efectivamente, siguiendo la teoría de Déperet, ésta sería la conclusión lógica, pero por nuestra parte no la juzgamos acertada.

El problema de las terrazas del Manzanares es sumamente claro, aunque conduzca a resultados extraños. Bas-

tará como prueba la indicación de cómo aparece la industria chelense en los principales yacimientos, esto es, en San Isidro, zona del Parador del Sol y Sotillo. En el primero, el Chelense se halla, según nos indican entre otros C. de Prado (1864), E. de Verneuil (1867), J. Vilanova (1869, 1872, 1889, 1894), G. de Mortillet (1886, 1893), E. de Cartailhac (1886), A. Penck (1894) y H. Obermaier (1916), y según nuestras últimas investigaciones, en el nivel inferior de gravas, que tiene un espesor de 2-4 metros y que está delimitado por abajo por las margas terciarias y por arriba por limo arenoso de color verde, que contiene Acheulense superior.

En la zona del Parador del Sol (areneros de San Antonio, Puerta, Parador del Sol y Vaquerías), hay sobre el Terciario un grueso nivel de gravas. Los hallazgos consisten exclusivamente en piezas chelenses, toscas y talladas a grandes golpes, con escasos retoques. Solamente es discutible la existencia de un nivel acheulense, aunque los hallazgos de este tipo se han hecho siempre en la parte superior de las gravas. No cabe duda de que las piezas son de depósito primario por existir algunas hachas con aristas frescas y escasamente patinadas y del mismo tipo y hasta cierto punto gemelas de otras con aristas suavizadas y muy patinadas, hecho que ya anotó V. Commont en sus espléndidos estudios en el valle del Somme. En San Isidro ocurre lo mismo y del examen de conjuntos procedentes de los últimos trabajos de ambas localidades, se deduce su pertenencia a la misma fase paleolítica. Como en todos los areneros del Parador del Sol, la capa de limo verde que separa las gravas inferiores de las superiores es muy gruesa, la explotación procede primeramente a la extracción de estas últimas. Los conjuntos son entonces completamente musterienses, y no aparecen las

piezas características del nivel inferior. Los sílex muestran el plano de percusión facetado, retocado u ondulado a la manera musteriense, o sea con arreglo a un distinto método de talla que el cheleo-acheulense. Las hachas de mano son, o pequeñas y periformes, como las del tipo de La Micoque, o toscas y degeneradas.

En El Sotillo eran también las gravas inferiores el nivel exclusivo de las piezas chelenses. Igualmente aquí para la buena explotación extraían sistemáticamente las diferentes capas del terreno, explotando en último término las gravas que yacían sobre el Terciario y que estaban cubiertas por la arena de miga que extraían con cuidado para atender a determinadas demandas industriales (mol-des de fundición). Además, la mayoría de los hallazgos se hicieron delante de mí o de P. Wernert, con lo que pudimos fijar en cortes o en fotografías, su lugar exacto. En las gravillas superiores con Musteriense ibero-mauritánico no hay ninguna pieza de edad remota que autorice a pensar en mezclas; al contrario, se da el caso de que las piezas más evolucionadas, como buriles y raspadores sean precisamente las más patinadas.

Por último, hemos de insistir en la identidad de las industrias del Musteriense inferior de tradición acheulense, del Almendro, Casa del Moreno, Portazgo y areneros de Don Domingo Martínez y Don Domingo Portero, que aparecen en las terrazas media (3-5 metros) y alta (14 metros).

En algunos casos aislados, P. Wernert y yo, hemos mencionado la existencia en conjuntos musterienses de piezas chelenses y acheulenses, claramente reconocidas por que su talla, estado de conservación y pátina son muy diferentes del resto de los ejemplares; pero son tan escasas que no son aprovechables para apoyar la tesis del Sr. Hernández-Pacheco. En el problema de las terrazas del valle

del Manzanares, es esencial el profundo estudio tipológico de las industrias paleolíticas y su estratigrafía, y mientras no se demuestre otra cosa por excavaciones e investigaciones profundas, no creemos que deban rechazarse nuestras conclusiones por oponerse a una teoría, que no resuelve de manera general el problema de las terrazas, como veremos más adelante.

c) Terrazas monogénicas y poligénicas.—Hace dos años, el profesor de Geología de la Universidad de Dijon (Francia), Mr. E. Chaput, publicó un trabajo de gran importancia sobre las terrazas de la Aquitania (1), en el que aporta nuevos datos para los estudios que ahora ocupan a tantos geólogos. El interés principal reside en la distinción de dos tipos de terrazas: monogénicas y poligénicas (2) relacionadas con dos tipos diferentes de aluvionamiento. Las primeras son llanuras aluviales antiguas, en las que los aluviones son sensiblemente de la misma edad en todos los puntos del valle. Una terraza monogénica se conoce porque las curvas de nivel forman una V muy abierta con la punta dirigida hacia la desembocadura y su perfil es horizontal. Las terrazas poligénicas son, por el contrario, aquéllas en que puntos situados a diferentes alturas son de edades diversas, a pesar de la aparente continuidad de las gravas. La llanura aluvial, es de edad variable, de origen múltiple, un complejo de lechos fluviales sucesivos, situados sucesivamente más bajos y progresi-

(1) *Chaput (E.)*.—Recherches sur l'évolution des terrasses de l'Aquitaine (Bull. de la Soc. d'Histoire Nat. de Toulouse. Tome LVI, pag. 17-100. Toulouse, 1927).

(2) *Chaput (E.)*.—Deux types de nappes aluviales: terrasses monogéniques et terrasses polygéniques. (C. R. Ac. Scien. Tome CLXXVIII, pag. 2.187-2.188. París, 1924).

vamente abandonados. Las curvas de nivel forman en las terrazas poligénicas una V cerrada con la punta dirigida hacia la cabecera del valle. Pueden formarse terrazas poligénicas, según E. Chaput, en los lóbulos convexos de los meandros encajados y en débiles pendientes. En el primer caso, como la velocidad de la corriente es desigual, hay erosión en la parte aguas abajo de la orilla cóncava y aluvionamiento en la parte aguas arriba de la orilla convexa. Las modificaciones de los meandros dejan al descubierto llanuras aluviales inclinadas hacia el río. En el segundo caso, las terrazas se originan especialmente por desplazamiento lateral del río, con aluvionamiento paralelo a la excavación del valle. Los aluviones rellenan los lechos anteriores fluviales y su espesor es igual a la profundidad media del río en las crecidas.

Las observaciones de E. Chaput son de gran interés, pero según nuestra humilde opinión no contribuyen a resolver por completo el difícil problema del origen de las terrazas.

Ahora bien, nos interesa sobremanera averiguar si las terrazas del valle del Manzanares son monogénicas o poligénicas como sospecha el Sr. Hernández-Pacheco.

Del examen de los espléndidos planos de Madrid, a escalas 1:2.000 y 1:5.000, que ha publicado últimamente el Instituto Geográfico por encargo del Ayuntamiento de Madrid, se deduce que aunque las construcciones y toda clase de obras hayan modificado la superficie natural del terreno, las curvas de nivel son paralelas al río, nunca oblicuas. Por otra parte, faltan meandros bien desarrollados.

Solamente pueden haber terrazas poligénicas de débil pendiente cosa a primera vista bastante posible, pues el valle del Manzanares es disimétrico desde la desembocadura

del arroyo Abroñigal hasta su desembocadura en el Jarama. Su margen izquierda está formada por un continuo acantilado de margas yesíferas terciarias y la derecha por gravas y arenas pleistocenas. Si olvidamos por el momento la estratigrafía de estos elementos, pudiera pensarse que en el Cuaternario el río corría más al Oeste, y que, desplazándose hacia el Este, ha formado terrazas poligénicas al mismo tiempo que erosionaba el Terciario y formaba el acantilado. Esta teoría tropieza en seguida con una grave objeción. En la margen izquierda hay también terrazas, no sólo de erosión, sino de depósito. Frente al puente de Villaverde Bajo se encuentran los yacimientos paleolíticos de El Almendro y del camino de Santa Catalina. Están formados por gravas y arenas y su base está a 14 metros sobre el nivel actual del río. La edad de estos materiales está plenamente demostrada por la industria, libre de mezclas, perteneciente al Musteriense inferior de tradición acheulense. Otros yacimientos de la opuesta vertiente demuestran la existencia de la misma terraza. Llamaremos la atención muy especialmente sobre el reconocido últimamente por el Sr. Hernández-Pacheco (1), que fué estudiado por nosotros y Paul Wernert en 1920. Está formado por gravas con Chelense y por gravi-

(1) No comprendemos la insistencia en situar la estación de Villaverde Bajo en el terreno terciario, puesto que en sus cercanías no aparecen las margas mas que en el camino de Villaverde a Vallecas, detrás de la finca de La Capona. Pero aquí el camino es hondo y hay a ambos lados cortes cuaternarios de alguna altura. De arenas cuaternarias son los cortes de la trinchera de la línea de Toledo, próximos a la estación, y solamente estos materiales han aparecido en la explanación de los talleres de la Compañía de M. Z. A. y de Euskalduna. En el pozo de la fábrica de briquetas distante unos 200 metros de la estación, el Terciario está a 5-6 metros de profundidad.

llas y arenas con Musteriense inferior de tradición acheulense. El punto de contacto con éstas está a 17 metros de altura sobre el río, por lo cual hay que relacionarlo con nuestra terraza alta de depósito, a la que pertenece también El Almendro. A la terraza alta de erosión pertenece también la correspondiente a la superficie natural del terreno del yacimiento de Los Rosales (Villaverde). De paso, insistiremos en que esta terraza no se puede homologar con la de San Isidro. Aquí no es la superficie sino la base de las gravas la que se encuentra a 30 metros de altura sobre el nivel del río y sobre el Terciario existen 10 metros de aluviones, de limos verdes producidos en un clima seco, arenas coluviales y limos eólicos. Hay, por consiguiente, una falta absoluta de concordancia en las alturas de Los Rosales y de San Isidro, y por el contrario, una concordancia con las de El Almendro. De esta manera ambas pertenecen a una misma fase de aluvionamiento y sus gravas, según mis investigaciones, pueden considerarse como sincrónicas, y dichas terrazas como monogénicas. El carácter regional de la terraza de El Almendro está comprobada, no sólo por los cortes vecinos del arenero del camino de Santa Catalina y trinchera del ferrocarril de la estación del Cerro Negro a Vallecas, sino por las gravas que aparecen encima del acantilado terciario en La Gavia y en las cercanías de la casa de Albergues.

Río arriba, las edificaciones de la ciudad de Madrid estorban el estudio geológico, especialmente por lo que se refiere a las terrazas cuaternarias. Entre las observaciones fragmentarias hechas en la margen izquierda merecen especial mención las practicadas con motivo del ensanche de las trincheras del ferrocarril de circunvalación situadas entre la calle de Toledo y el paseo Imperial, pues

aparecieron gravas a altura muy próxima de la del yacimiento de San Isidro. Pero, sin embargo, del examen de la figura 80 de la obra de D. Casiano de Prado se puede deducir con toda seguridad la existencia de terrazas escalonadas en toda esta margen, que han sido borradas después por las construcciones y obras de urbanización.

Para la margen derecha hay, por el contrario, gran cantidad de cortes que prueba que las terrazas no son de origen poligénico. Ante todo, sorprende que la superficie del Terciario no ofrezca una inclinación uniforme en dirección al río, como ocurriría en el caso de haber terrazas poligénicas, sino que de cuando en cuando forma escalones que, en algunos casos, llegan hasta la superficie actual. Uno de estos escalones va paralelo al primer trozo de la carretera de Andalucía, y he podido comprobar su existencia repetidas veces, por haber ocasionado la suspensión de los trabajos de areneros y tejares. Muchas veces en éstos se han visto simultáneamente dos terrazas de depósito separadas por un gran escalón de margas terciarias; el ejemplo más claro es el Tejar del Parador del Sol o de Los Bartolos, donde antes de 1919 se trabajaba en la parte baja, próxima a la carretera de Andalucía. Las gravillas contenían un Musteriense medio de tradición acheulense caracterizado por utensilios de gran tamaño y hachas pequeñas del tipo de Le Micoque. *No había huella alguna de mezcla de industrias anteriores.* Por el contrario, sobre el escalón terciario aparecen debajo de estas mismas gravillas un grueso nivel de gravas con un abundantísimo nivel chelense. La base descansa a 15 metros sobre el nivel actual del río. Se trata, por consiguiente, de una terraza de depósito chelense, más baja que la de San Isidro, que está a 30 metros, cubierta por gravas musterienses y limos eólicos posteriores. Las

continuas extracciones de tierra, observadas desde hace aproximadamente diez años, me autorizan para rechazar su consideración como terraza poligénica, lo que hubiera sido racional viendo solamente la superficie natural del terreno descender suavemente hacia el río.

d) El origen de las terrazas del Manzanares.—Dando por sentadas las bases que anteriormente hemos refutado, de que la estratigrafía del cuaternario del Manzanares tal como nosotros la hemos establecido, no está conforme con la realidad, y que cuando las terrazas no corresponden por su altura a los niveles clásicos de 30 a 40 metros y de 12 a 6, corresponden a las llamadas poligénicas por Chaput, el Sr. Hernández Pacheco rechaza de plano nuestra teoría y la considera como «incompatible con lo que se sabe de positivo respecto a la formación de los depósitos fluviales, formación de terrazas y excavación de valles».

A nuestro entender, esta afirmación es fruto de no haber entendido los verdaderos términos del problema. Si hay niveles gravas musterienses no cabe duda que ha habido en el valle una alternancia de rellenos y de erosiones. Este hecho hemos visto que es indiscutible. Además, si los utensilios chelenses procedieran de la erosión de terrazas colocadas a mayor altura en este caso abundarían en las capas superiores y no en las inferiores, pues se erosionarían primeramente los niveles musterienses que los cubrían en la terraza alta. Además, se daría un estado distinto en el estado de conservación de los objetos, pues los de las terrazas inferiores estarían más rodados y patinados, lo cual no ocurre.

Es más, creemos que es poco justo pensar en que la erosión fluvial sea continua, pues es raro que en la Natu-

raleza se de un fenómeno en un sentido determinado sin ninguna oscilación. Precisamente se dan éstas en las terrazas, tanto terrestres como marinas. Por lo que se refiere a aquéllas, presentamos aquí un gráfico de Denizot (1) de las oscilaciones del Loira (fig. 1) y para las segundas anotaremos que, según los estudios del doctor O. Jessen (2), realizados en el Estrecho de Gibraltar, hubo una emersión de la tierra en el Plioceno superior y principio del Cuaternario, una sumersión en el Cuaternario medio, un segundo levantamiento de la tierra en el Cuaternario superior y una segunda sumersión desde el final del Cuaternario. Nuestra teoría no creemos que repugne a ningún investigador sin prejuicios, ante estos casos análogos.

En cambio, creemos que a pesar del cúmulo de observaciones recientemente aportadas por D. Eduardo Hernández-Pacheco no hay base suficiente para deducir consecuencias de carácter general sobre el fenómeno de las terrazas pliocenas y pleistocenas en España. Faltan, a nuestro juicio, medidas de altura de precisión y referir las cifras a un punto determinado; el delimitar las diferentes clases de terrazas (de erosión o de depósito, monogenéticas y poligenéticas, fluvio-glaciares y fluviales, etcétera); el buscar elementos arqueológicos o faunísticos para determinar la edad; el seguir las terrazas durante todo el valle, y el ver las relaciones entre las terrazas flu-

(1) Tomado de *Hjalmar Larsen*.—Niveauperänderungen. (Reallexikon der Vorgeschichte. Tomo VIII, Lám. 176^a). Berlín, 1927.

(2) *Jessen (O.)*.—Nuevas investigaciones sobre el Estrecho de Gibraltar. (Investigación y Progreso. Año III, páginas 2-3). Madrid, 1929.

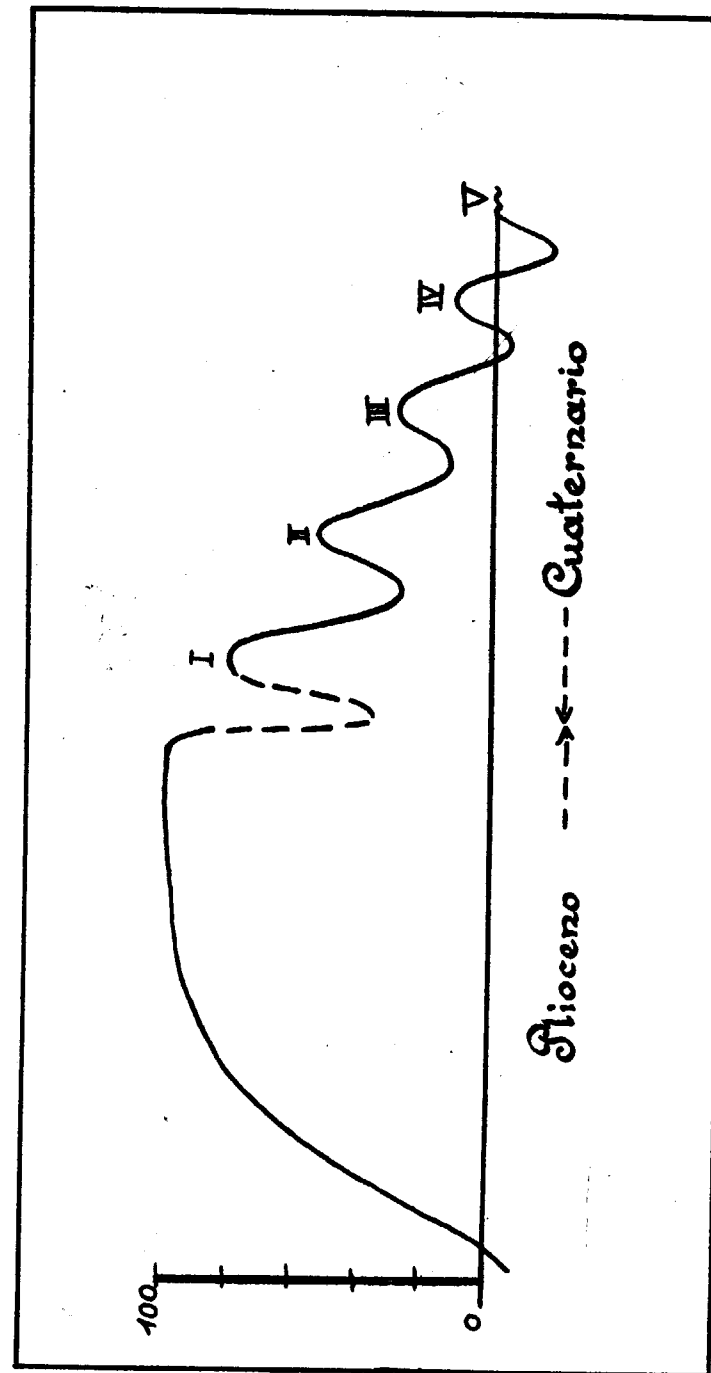


FIG. 1.—Oscilaciones de nivel de la desembocadura del río Loira, durante el Cuaternario, según G. Denizot.

Tomado de *Hjalmar Larsen*.

viales y las fluvio-glaciares por una parte y por otra con las marinas.

Faltando estos poderosos elementos de juicio, no juzgamos aceptables las cifras dadas por el Sr. Hernández-Pacheco para los ríos Duero, Tajo, Ebro y Guadalquivir, de 10, 30, 60 y 100 metros, con límites variables de 10 metros, ni tampoco el interpretar como poligénicas las terrazas cuya altura no encaja en estas cifras.

Tampoco nos parece definitiva la teoría de relacionar

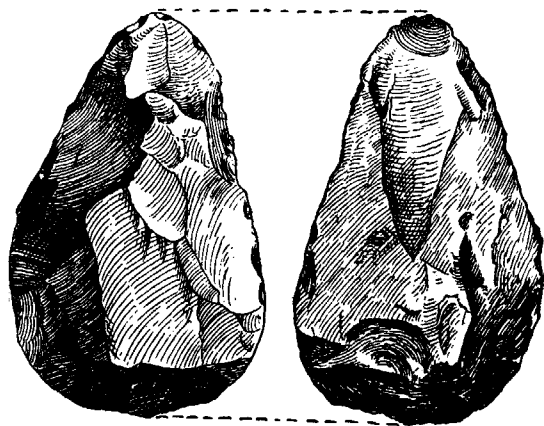


FIG. 2. — Hacha de mano musteriense de los limos eólicos del arroyo de los Meaques (Casa de Campo)
Escala 2:3

las terrazas fluviales con las fluvio-glaciares. E. Hernández-Pacheco considera que «la acción climatológica que produjo en la montaña la lengua glaciar, y como resto de ella los materiales detríticos acumulados en la morrena, ocasionó en el llano caudalosos aportes líquidos que, arrastrando los detritus rocosos, los depositaron en extensas capas de cantos rodados y de aluviones gruesos en el valle y formaron la terraza». A los períodos interglaciares de clima seco y subdesértico atribuye la excavación de los cauces y la formación del escalón. Las cua-

tro terrazas las considera correspondientes con las cuatro glaciaciones cuaternarias.

Francamente, no comprendemos cómo tan celebrado geólogo ha caído en error tan manifiesto, pues si bien en algunos casos hay terrazas fluvio-glaciares, es lo cierto que la casi totalidad de las españolas son de época interglaciar. Así lo indica la defensa de *Elephas antiquus* recogida por el mismo Sr. Hernández-Pacheco en una gravera de Villaverde, los restos del mismo animal de San Isidro, y un sin fin de datos. Todos sabemos que el Chelense superior, Acheulense y Musteriense, industrias todas incluidas con las gravas y con frecuencia con el mismo grado de conservación que ellas, corresponden al tercer período interglaciar. Según A. Penck y H. Obermaier, no hubo en los períodos glaciares, ni en Suiza, ni en España, una pluviosidad mayor que en la actualidad. Por último, modernos estudios realizados en Suiza, comprueban la existencia de terrazas fluviales sin relación con las fluvio-glaciares y de edad interglaciar.

III

LOS YACIMIENTOS PREHISTÓRICOS DE LOS ALREDEDORES DE MADRID. ESTADO ACTUAL DE SU INVESTIGACIÓN

En las páginas siguientes, nos proponemos dar una idea de la riqueza en yacimientos prehistóricos de los alrededores de Madrid, y resumir el fruto que hemos obtenido en once años de investigaciones. Para no repetir inútilmente los caracteres de las industrias prehistóricas, daremos aquí solamente la clasificación que han recibido los hallazgos, y en páginas siguientes haremos el estudio de cada una de ellas, abarcando lo aparecido en todos los yacimientos similares.

Hemos de hacer notar que incluimos también las antigüedades romanas para completar el estudio arqueológico y para poder separar los yacimientos verdaderamente prehistóricos, correspondientes a la última fase de la Edad del Hierro, de aquellos otros romanos en los que sobrevive mucho elemento indígena.

Término de El Pardo

En el Real Monte de El Pardo hemos encontrado dos sílex tallados en la superficie del terreno. Uno

en Valdepalomar, muy patinado, y otro en Valdela-
peña, que son indicios claros de probables yacimientos.



FIG. 3. — Punta-raedera musteriense de las arenas rojas de San Isidro.

Escala 2:3

Se ha hallado también una lápida sepulcral romana estudiada por el Sr. Gómez Moreno.

Término de Pozuelo de Alarcón

El yacimiento prehistórico del Valle del Manzanares más septentrional, está situado en los alrededores de un arroyo, afluente al de Los Meaques, próximo a la cañada de la Carrera. Es de superficie, aunque los hallazgos procedan probablemente del terreno cuaternario a través del cual ha abierto su curso el arroyo. Entre las piezas recogidas mencionaremos una punta de hacha de sílex muy tosca, y varias lascas de cuarcita con aristas y bordes suavizados del Paleolítico inferior.

Término de Carabanchel Alto

Valle del Arroyo de Luche.—En las cercanías del cruce del ferrocarril de Cuatro Vientos con el camino de Boadilla a Carabanchel Alto, he encontrado varios sílex talla-

dos con plano de percusión reducido, que denuncian la existencia de un yacimiento paleolítico de superficie de edad musteriense.

Finca de la Condesa de Montijo, hoy Convento de Oblatas.—En ella se halla un hermoso mosaico romano, estudiado por el Sr. Rada y Delgado. Tanto en la finca como en sus alrededores han encontrado «terra sigillata» los señores Fuidio y Viloria.

Término de Carabanchel Bajo

Alrededores del Cementerio.—Al hacer el camino y al ampliar el cementerio, se hallaron monedas, cerámica y otros restos romanos. El hallazgo principal fué un brazal de asiento, de bronce, helenístico que representaba una cabeza de asno beodo.

Todavía en la inmediata trinchera del ferrocarril de Cuatro Vientos aparecen «terra sigillata», cerámica negra, vidrio, ladrillos, tejas, clavos de hierro y trozos de estuco y de mosaicos.

Campamento.—«Terra sigillata» en superficie, recogida por el Sr. Viloria.

Valdenarros.—En la carretera de Toledo, y en las proximidades del quemadero de la Viuda de J. Barnosel, se hicieron en 1923, excavaciones para extraer arenas y gravas. En ellas aparecieron lascas, cuchillos perforadores y puntas pertenecientes al Musteriense medio o de tipos pequeños.

Término de Alarcón

En el valle del arroyo Butarque, entre la venta de la Rubia y el ventorro del Ciervo, existe un pequeño yaci-

miento paleolítico de superficie sobre terreno cuaternario. En él he recogido un núcleo amorfo de sílex, varias lascas con plano de percusión, intacto en unas y retocado en otras y un cuchillo con dorso curvo. Este yacimiento puede considerarse como Musteriense.

También he encontrado entre la carretera de Madrid a Portugal y la fuente de la Canaleja, en el cauce del mismo arroyo, dos lascas de sílex muy suavizadas y patinadas, del Paleolítico antiguo. Próximos a la referida fuente hay cortes en los que después de dos metros de arenas sueltas grisáceas aparecen arenas rojizas con gravas, que quizás formen abajo algún estrato. De estos niveles es probable que procedan los anteriores hallazgos.

Término de Chamartín de la Rosa

No lejos de la carretera de Chamartín a Ciudad Lineal se encuentran cortes de arenas gruesas cuarcíferas con alguna grava. Pudieran proceder de éstas varios paleolitos musterienses encontrados en la superficie del terreno próximo al camino de la Magdalena, de los que merece citarse una cuarcita tallada, quizás raedera, un disco irregular de sílex y un hacha triangular de cuarcita.

Término de Madrid (margen derecha)

Campos inmediatos al Puente de los Franceses.—«Terra sigillata» en superficie hallada por el Sr. Vitoria.

Casa de Campo.—En 1920 tuvimos la suerte de encontrar en este hermoso parque real cuatro yacimientos prehistóricos.

El más importante está situado en los cortes de arcillas arenosas eólicas próximos al puente del arroyo de Los Meaques, del camino del Robledal. En ellas encontramos

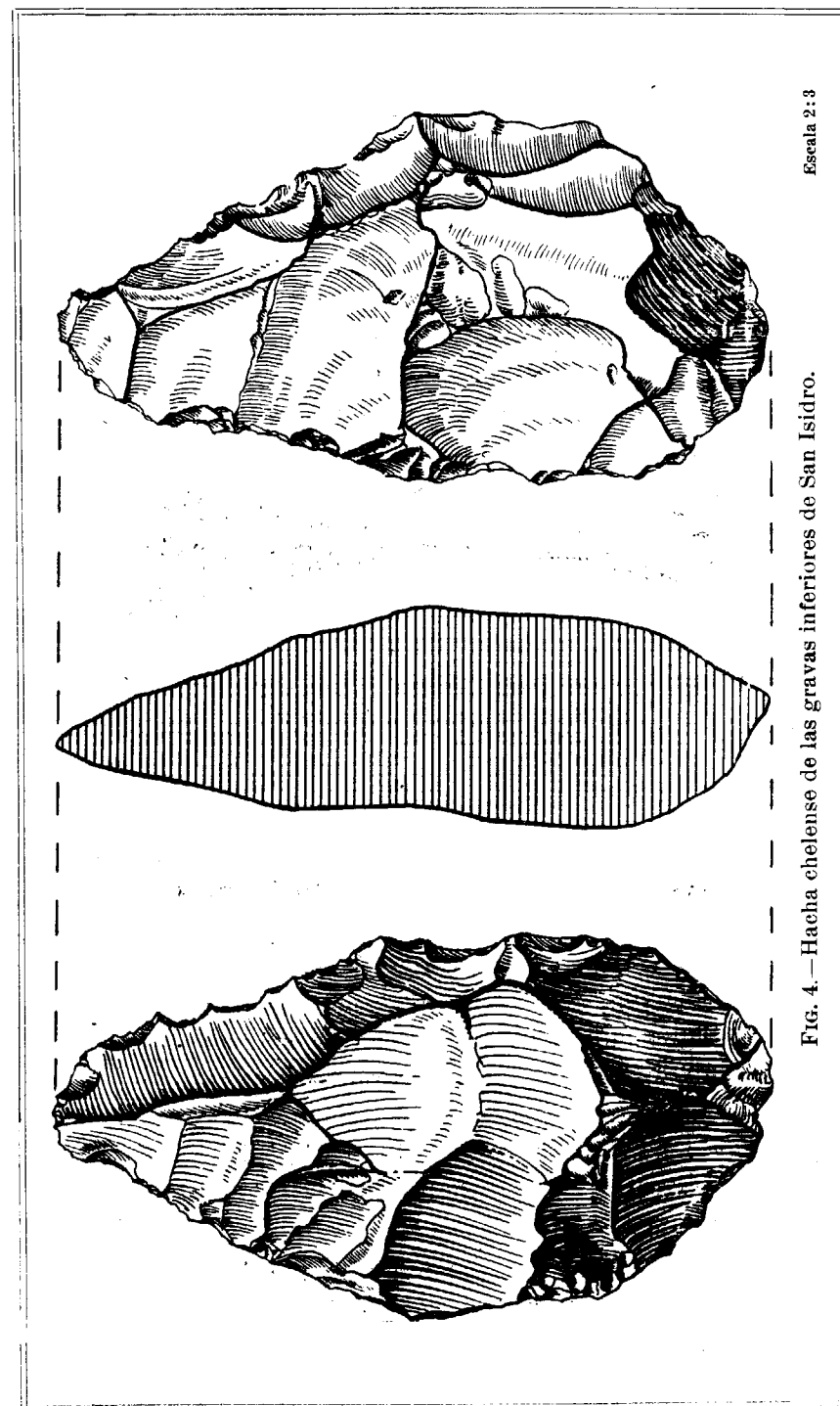


Fig. 4.—Hacha chelense de las gravas inferiores de San Isidro.

Escala 2:3

a dos metros de la superficie e *in situ* una hermosa hacha de mano del Musteriense final de tradición acheulense. Está tallada sobre lasca gruesa de cuarzo grisáceo-verdosa y tiene forma amigdaloides. Sus aristas y filos están medianamente suavizados. Su cara inferior es ligeramente convexa y el bulbo ha sido anulado parcialmente por talla supletoria. El plano de percusión está retocado. De la punta parte un extenso plano de lascado, producido indudablemente por el uso de la pieza. El borde derecho o sea el más arqueado, ofrece una talla superficial y plana. La cara superior es abombada y está tallada superficialmente. Los filos cortantes son casi rectos y tienen algún retoque escaleriforme (fig. 2). Otro yacimiento, aunque también en él se hayan recogido escasas piezas, es el del camino de la Encina de San Pedro. Allí he recogido *in situ*, entre gravas, una gruesa punta de sílex, con intensa pátina amarillenta, aristas y filos suavizados y plano de percusión muy reducido, y una lasca subtriangular, con plano de percusión extenso y retocado y que tal vez sea un fragmento de punta.

En la falda del cerro de Garabitas he encontrado en superficie una punta de sílex paleolítica.

Por último, señalaremos que en la superficie de la vauada del arroyo de Los Meaques hemos hallado varios sílex tallados musterieneses y trozos de cerámica neolítica, tosca y de barro negro muy arenoso.

Colonia del Conde de Vallellano.—Seguramente procede de un nivel paleolítico de las arenas rojas con gravillas una punta de sílex patinada, que fué hallada en superficie y que debe ser considerada como musterienese, pues presenta el plano de percusión facetado y retocado. De mucha mayor importancia son los fondos de cabaña

eneolíticos explorados por el Sr. Vitoria y en los que ha salido mucha cerámica del tipo de Ciempozuelos, entre la que merece mencionarse un trozo con dos soles grabados (figura 45).

Cortes del camino de las Ánimas.—Fondos de cabaña romanos, explorados por los Sres. Fuidio y Vitoria.

San Isidro.—Sobre el camino alto de San Isidro se extiende el terreno y forma una llanura que está cortada por el arroyo de Valdecelada, sobre la cual aparecen los cementerios de San Isidro y de Santa María, unas humildes casas, varios tejares y algunos cortes de la clásica y renombrada estación paleolítica de San Isidro, que fué descubierta por el insigne ingeniero de minas D. Casiano de Prado y los sabios franceses, L. Lartet y E. de Verneuil, el 30 de abril de 1862.

Del estudio crítico de la bibliografía referente a tal renombrado yacimiento, efectuado con Mr. P. Wernert, y de nuevas investigaciones sobre el terreno, deducimos los siguientes resultados:

a) Los aluviones cuaternarios descansan sobre margas terciarias («cayuela»), considerables como sarmatieneses por los hallazgos fósiles de *Anchitherium*.

b) La base de los estratos cuaternarios está a 30 metros de altura por término medio, sobre el nivel del río.

c) El nivel inferior cuaternario estaba formado por 2-3 metros de gravas por término medio. Este piso fué reconocido por C. de Prado (1864), E. de Verneuil (1867), J. Vilanova (1869, 1872, 1889), J. Vilanova y J. de Rada y Delgado (1894), G. de Mortillet (1886 y 1893), E. de Cartailhac (1886), A. Penck (1894), D. de Cortázar (1897), R. Hoernes (1905), H. Obermaier (1916). A intervalos de

jaría de verse este estrato inferior de gravas según se deduce de los testimonios de E. de Verneuil y L. Lartet (1863), J. de Baye (1893), L. Siret (1893), A. Gaudry (1895), E. de Cartailhac (1912).

d) El piso medio («gredón» de C. de Prado) está constituido por limo de color verdoso que alterna con capas de arenas finas.

e) El piso superior está formado en su mayor parte por arenas rojizo-amarillentas a las que cubre un estrato arcilloso de color gris oscuro y por tierra vegetal. La arcilla de decalcificación («canutillo»), o sea la parte alta del estrato superior, ha sido citada por C. de Prado, J. Vilanova y D. de Cortázar.

f) Respecto a fauna son seguras las indicaciones siguientes:

Piso inferior: *Bos*, por C. de Prado.

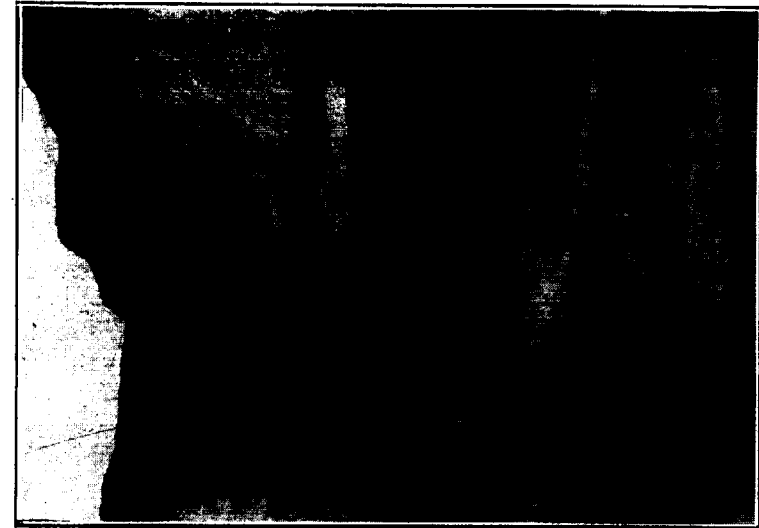
Piso medio: *Elephas antiquus*, por C. de Prado, M. Graells y E. Harlé; *Cervus elephus* y *Equus*, por C. de Prado.

Piso superior: Restos de rumiantes indeterminables, por J. Vilanova, y de perisodáctilos y equidos indeterminables, por M. Cazorro.

Son inutilizables las indicaciones de los géneros y especies siguientes: *Hippopotamus*, por no proceder de San Isidro sino de las inmediaciones del Puente de Toledo; *Rhinoceros*, que procede de los estratos terciarios; *Elephas meridionalis*, de errónea determinación; *Hyaena vulgaris*, *Ursus* y *Sus scrofa*, procedentes de otras localidades, y restos humanos de dudosa estratigrafía y determinación.

g) Todos los tres pisos cuaternarios contienen industria paleolítica, excepción hecha del gredón puro del piso medio.

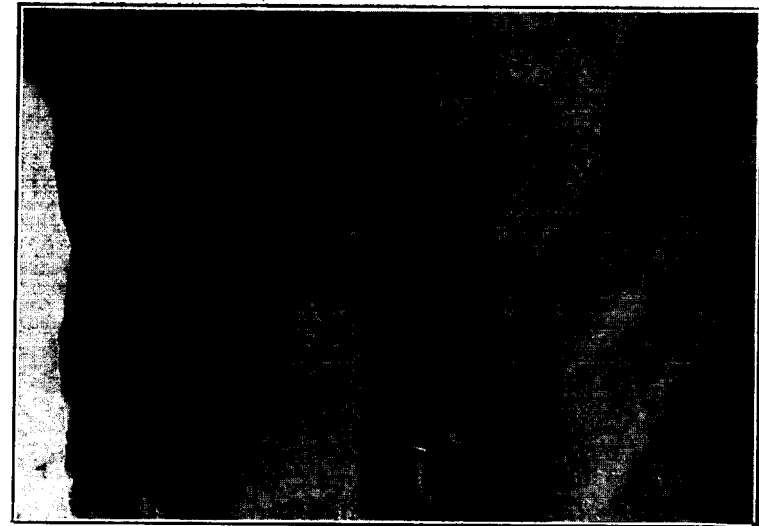
LÁMINA I



For. 2.—Otro corte de San Isidro, con gravas y arenas, separadas por un nivel de limo verde.

Fols. J. P. de Barradas

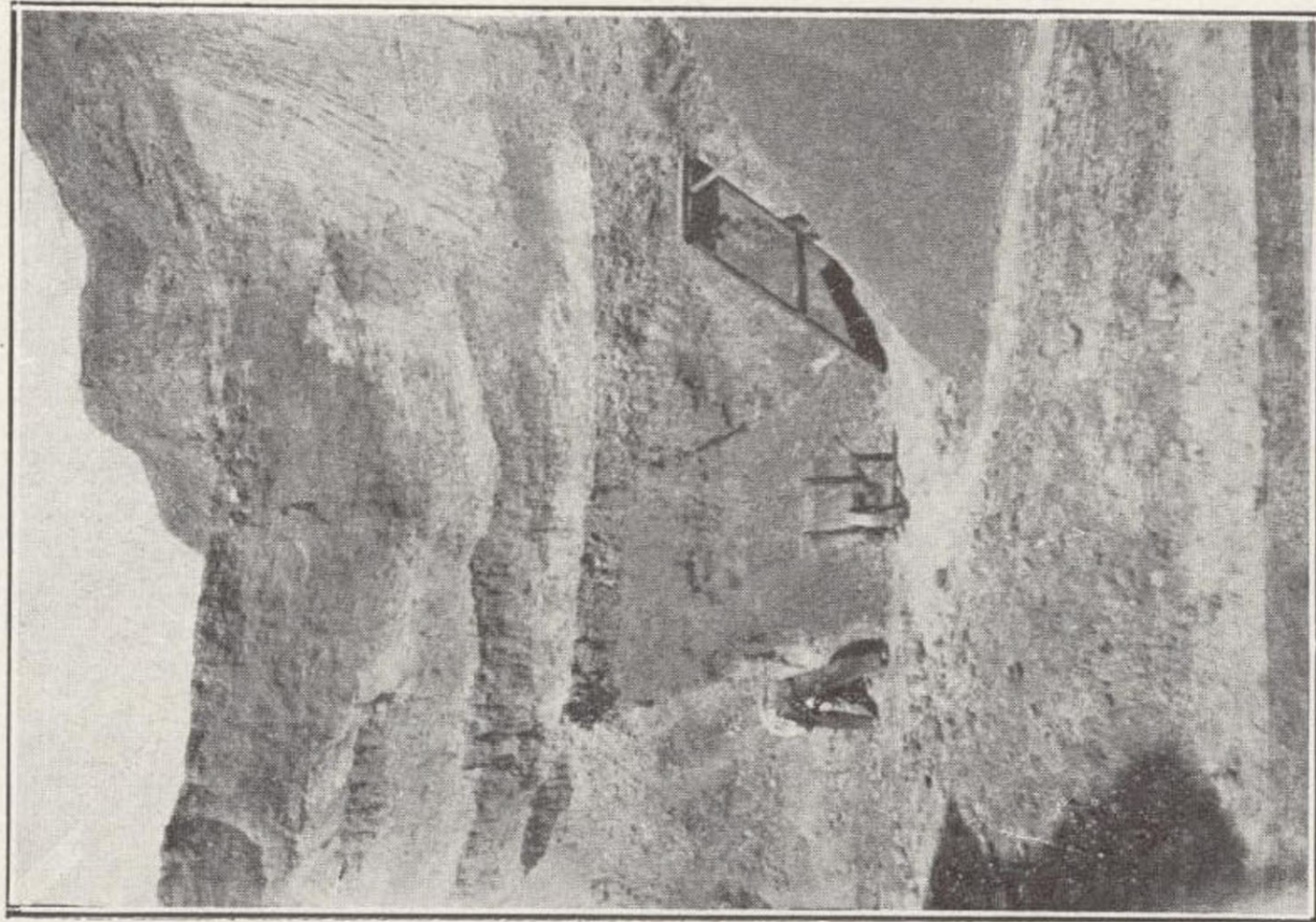
YACIMIENTOS PREHISTÓRICOS DE LOS ALREDEDORES DE MADRID



For. 1.—Un corte de San Isidro. Gravas chelenses en la base, cubiertas por arenas rojas musterienses.



FOT. 1.—Un corte de San Isidro. Gravas chelenses en la base, cubiertas por arenas rojas musterienses.



FOT. 2.—Otro corte de San Isidro, con gravas y arenas, separadas por un nivel de limo verde.

Fots. J. P. de Barradas



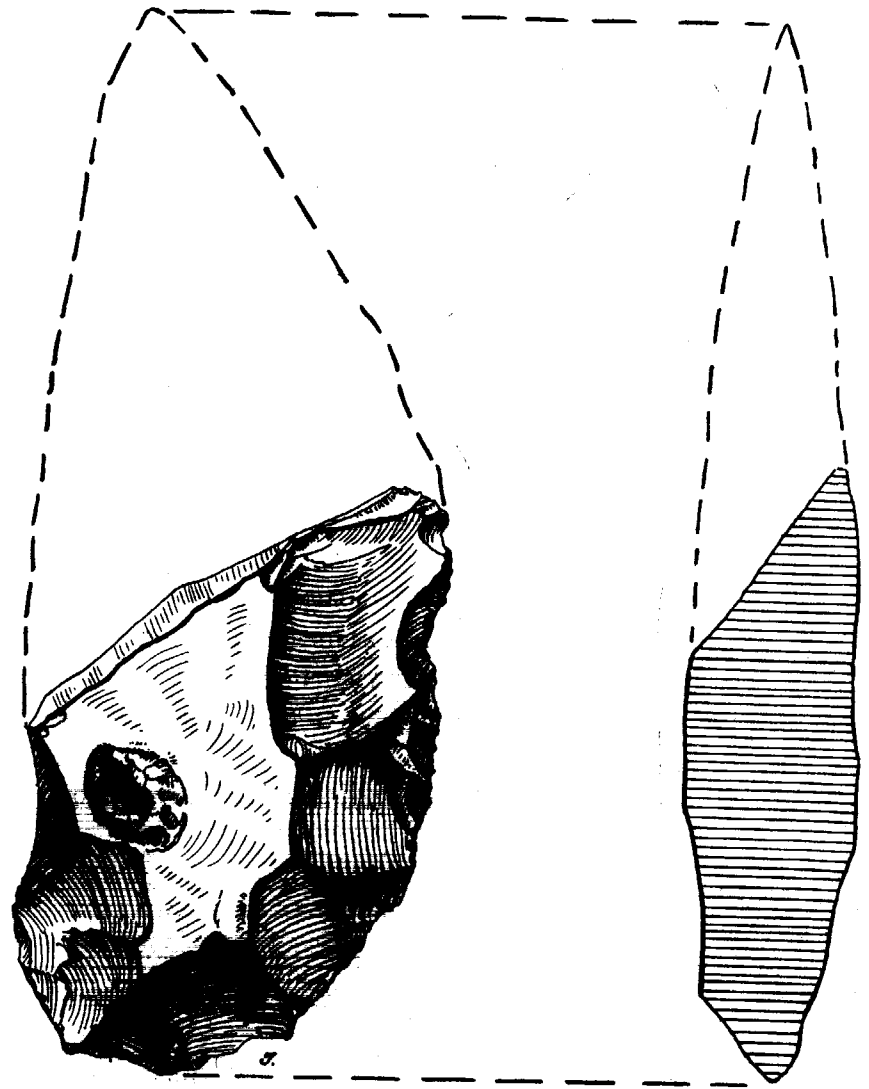


FIG. 5.—Hacha chelense de las gravas inferiores del yacimiento de San Isidro.

Escala 2:3

h) Las gravas inferiores contenían industria chelense, y según G. de Mortillet también acheulense.

Fuera de L. Siret y J. de Baye, que no admiten la existencia de paleolitos ni gravas de base, y de M. Antón que interpreta los hallazgos como eólitos, todos los demás autores están conformes en este punto.

i) La industria del piso medio sería acheulense antiguo según el Profesor H. Obermaier (1916) y acheulense superior, según P. Wernert y J. Pérez de Barradas (figura 32).

j) La industria del piso superior, de arenas rojas, es musteriense, como afirmaron G. de Mortillet y E. de Cartilhac. Ha sido considerada como chelense por J. Vilanova, M. Cazorro, M. Antón, H. E. Mercer, L. de Hoyos y A. Gaudry; como musteriense y acheulense por J. de Baye y como chelense, musteriense y solutrense por L. Siret.

k) La subdivisión superior del estrato arcilloso de las arenas rojizo-amarillentas ha sido considerada como nivel arqueológico de una industria auriñaciense, que fué clasificada como magdalenense por G. de Mortillet (1887) y L. Siret (1893).

l) En la tierra vegetal que cubre este terreno pleistoceno, se han efectuado hallazgos eneolíticos.

Los trabajos efectuados últimamente dan la siguiente estratigrafía. (Lám. I):

a) Tierra vegetal y arcillas de decalcificación con eneolítico (una punta de flecha de sílex, cerámica lisa y un hacha pulimentada).

b) Limo arcillo-arenoso eólico de color amarillento («tierra blanca»), un metro de espesor.

c) Arenas rojizo-amarillentas, seis metros. Musteriense medio de tipos pequeños (fig. 3). (*Equus*).

d) Limo arcillo-arenoso de color verde («tierra de fundición») con lentejones de arena, dos metros.

e) Gravas y arenas gruesas, teñidas fuertemente por óxidos de hierro y manganeso, 0,80 metros. Chelense superior (figuras 4-5). *Equus*.

f) Marga blanquecina terciaria («cayuela»).

Barrio de San Antonio.—En el comienzo de la calle de Antonio Vicent aparecen sobre la marga terciaria arenas rojizas cuaternarias, en las cuales encontramos en 1918, con P. Wernert, huellas de industria paleolítica.

Arenero de Don Domingo Martínez.—Este yacimiento, que es el más inmediato al Cerro de San Isidro, está situado entre las calles de la Inmaculada Concepción y Díaz de Mendoza, en el barrio de San Antonio y en una loma cuaternaria, hoy muy destruída, que domina la carretera de Andalucía y el arroyo de Bayones o del Torero.

Fué descubierto y estudiado en 1918-19 en unión de P. Wernert. Estaba formado por los siguientes estratos de arriba abajo:

a) Tierra vegetal.

b) Tierra cenicienta. Suponemos proceda su color de la infiltración de las aguas humosas; a y b tienen juntas un espesor de 50 centímetros.

c) Arenas rosáceas superiores, 0,75 metros.

d) Limo arcilloso compacto, verde, con arena finísima, 1,50 metros.

e) Limo arcilloso; análogo al anterior pero más arenoso, de dos metros de espesor.

f) Arenas finas, dos metros.

g) Limo muy arenoso con mica, 65 centímetros.

h) Limo muy arcilloso y compacto, de color verde claro, 75 centímetros.

i) Gravillas inferiores, 3,50 metros. Este piso se encuentra subdividido por una serie de fajas de limo arcilloso, de color verde («tierra de fundición»), de variable espesor (10-25 centímetros) y discontinuas. La zona inferior, que reposa sobre el Terciario, es muy arenosa y húmeda. La zona media muestra gravillas-arenas y guijos y la zona superior es arenosa.

j) Marga terciaria de color verde.

En las gravillas inferiores se han encontrado escasos restos fósiles indeterminables y una abundante industria paleolítica perteneciente al Musteriense inferior de tradición acheulense.

Cantera de Don Domingo Portero.—Este arenero está inmediato al anterior. Los estratos que están a la vista son la continuación de los señalados con las letras f y g en la reseña de Don Domingo Martínez. Hasta la fecha no se han encontrado restos faunísticos en esta cantera.

Del estrato de las gravillas inferiores, que tienen un espesor de 2,50 metros, procede un lote de utensilios líticos del Musteriense inferior de tradición acheulense.

Fueron descubiertos y estudiados en 1918-19 en unión de P. Wernert.

Tejar de Don Joaquín.—Entre el antiguo tejar y la calle de Díaz de Mendoza, existió una pequeña extracción de arenas y gravas. El terreno está formado por arenas rojizas. Su parte inferior visible ofrecía estratificación entrecruzada y estaba formada por arena gruesa de uniforme tamaño, coloreada intensamente de rojo. Igualmente presentaba la zona superior, que era más limosa y

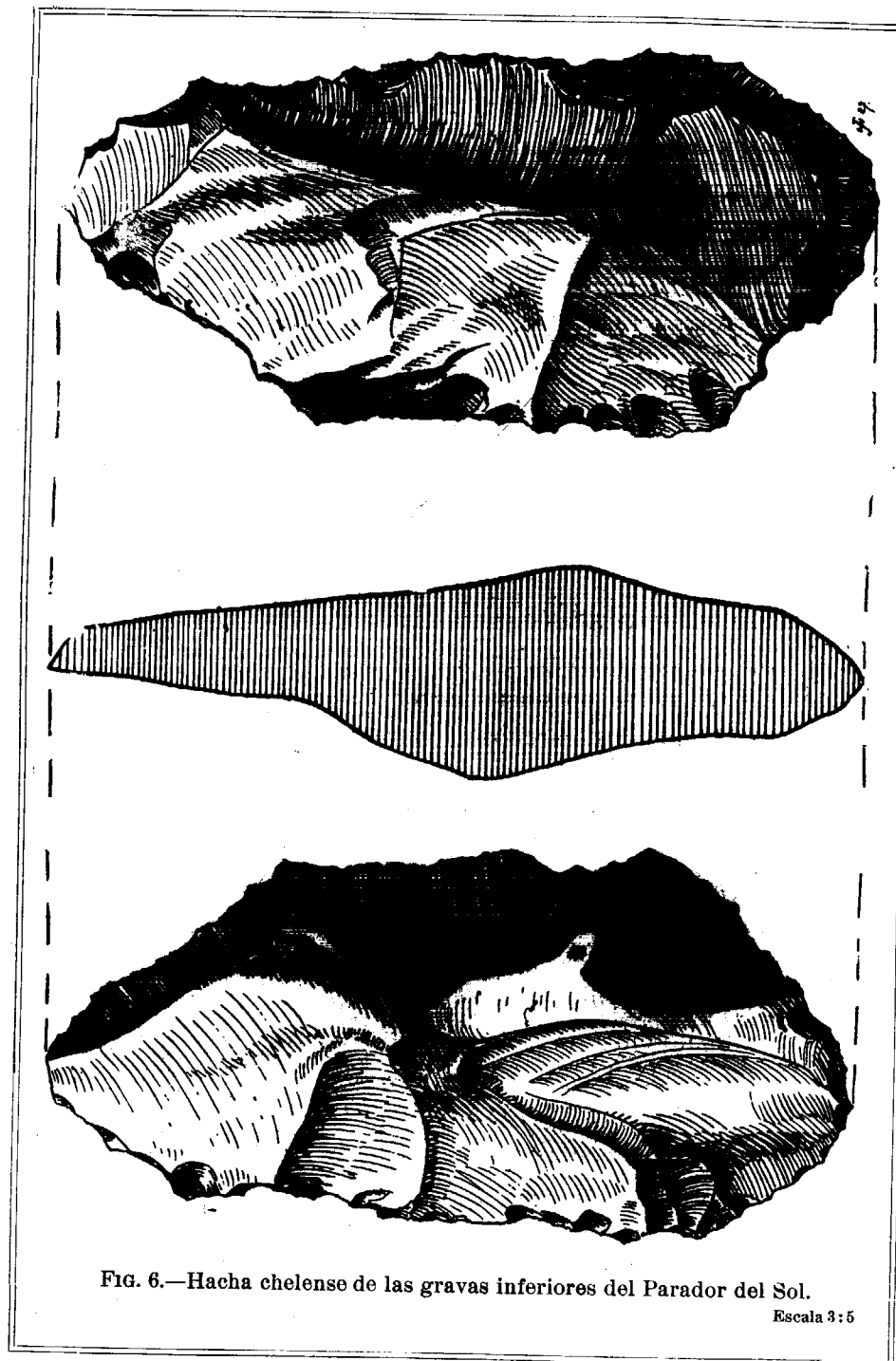


FIG. 6.—Hacha chelense de las gravas inferiores del Parador del Sol.

Escala 3:5

presentaba abundantes guijos de cuarzo blanco. Entre ambas se interponía una capa arcillosa de color verde claro, análoga a la capa h de la cantera de Don Domingo Martínez.

El número de piezas que ha aparecido es relativamente poco numeroso y pertenecen al Musteriense medio de tipos pequeños.

Fué descubierto y estudiado en 1918-19 en unión de P. Wernert.

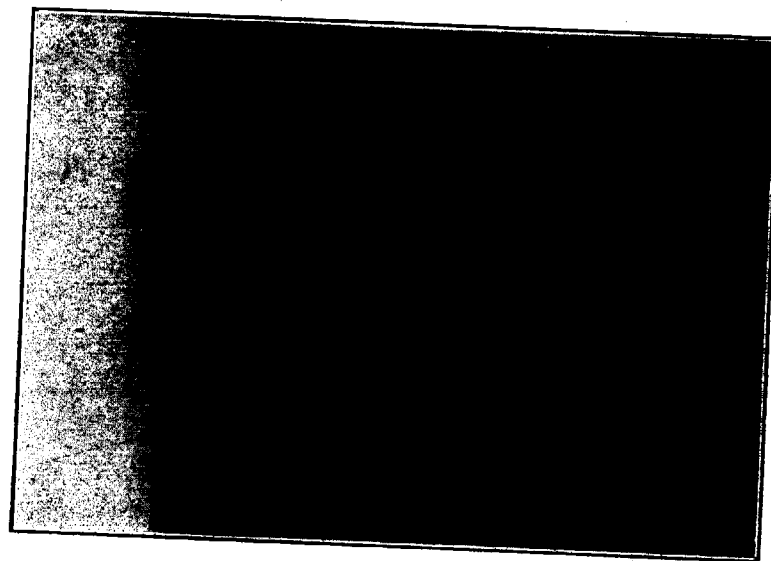
Arenero de San Antonio.—Nuevo yacimiento situado en la calle del Parador del Sol. Su corte de arriba a abajo es el siguiente:

- a) Tierra vegetal.
- b) Limo arcillo-arenoso.
- c) Gravillas con Musteriense.
- d) Limo arcillo-arenoso con restos fósiles indeterminables y musterenses.
- e) Gravas inferiores con Chelense superior (fig. 30).

Arenero de Puerta.—Próximo al anterior y con idénticas estratigrafía e industrias (ambos inéditos).

Tejar del Parador del Sol o de los Bartolos.—Se encuentra situado entre la carretera de Andalucía y el arroyo de Bayones, y es de gran importancia, no sólo porque en este lugar han aparecido abundantes paleolitos, sino también por los grandes cortes del terreno que las labores de extracción de arenas y arcillas han puesto al descubierto. Los más próximos a la carretera de Andalucía nos ofrecían arenas y gravillas musterenses sobre las margas terciarias, que aparecían formando el escalón de una terraza.

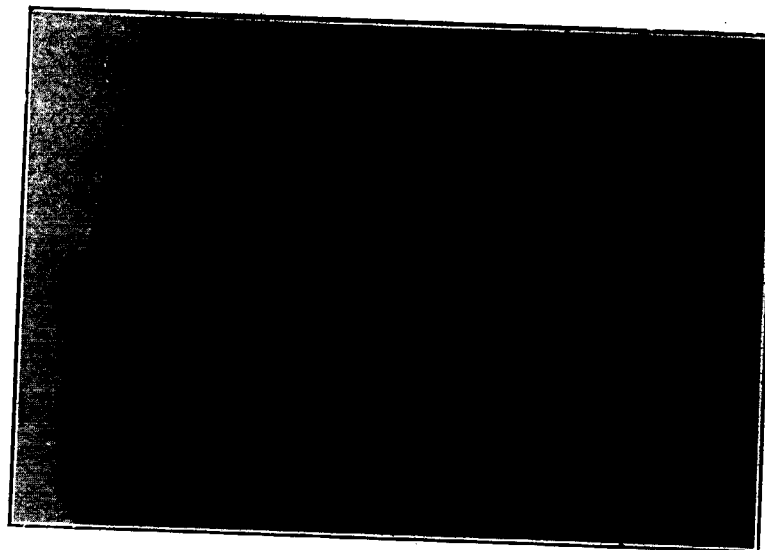
LÁMINA II



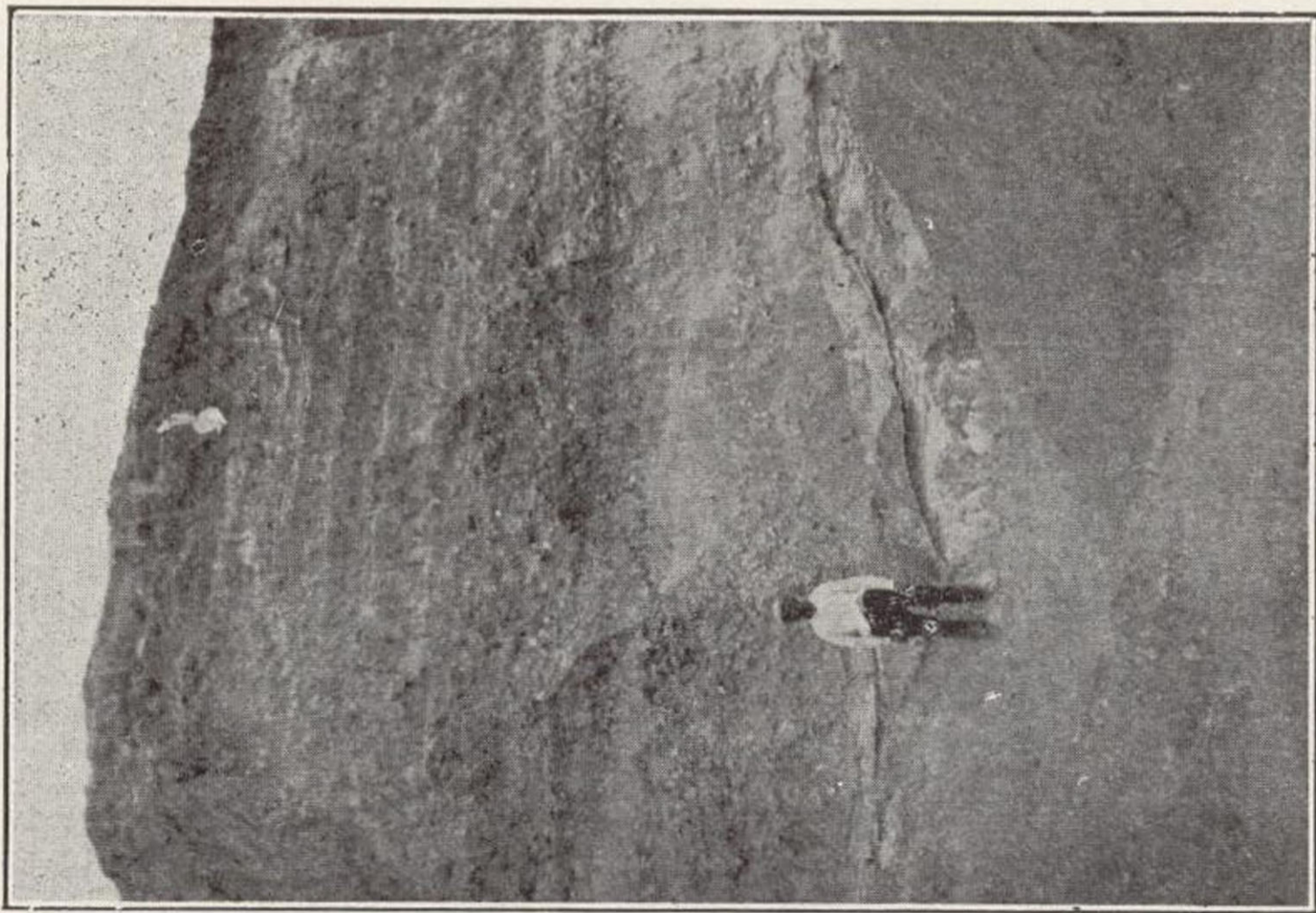
For. 2.—Corte de Los Rosales (Villaverde)

Fots. J. P. de Barradas

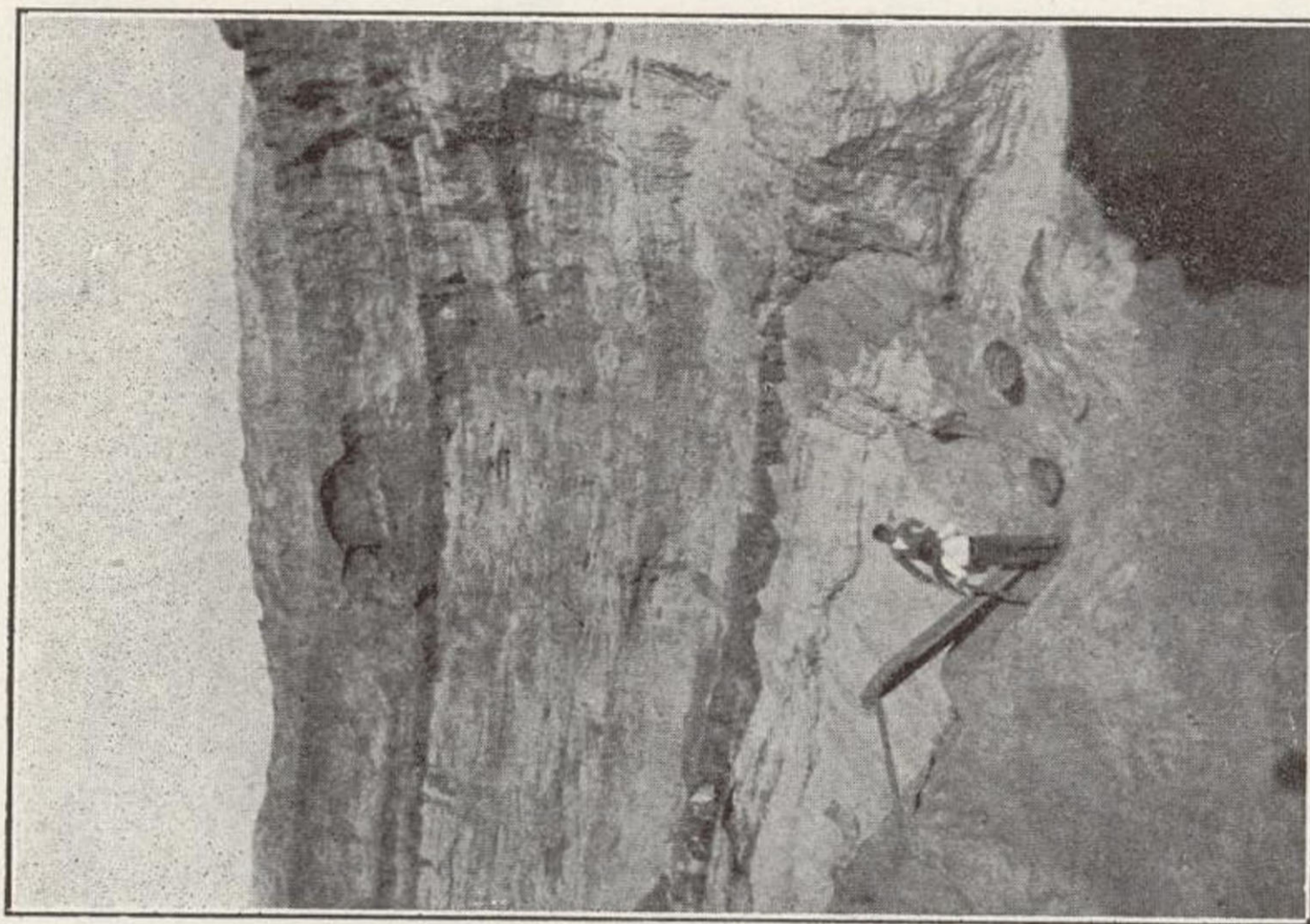
YACIMIENTOS PREHISTÓRICOS DE LOS ALREDEDORES DE MADRID



For. 1.—Corte del Parador del Sol (Madrid)



Fot. 1.—Corte del Parador del Sol (Madrid)



Fot. 2.—Corte de Los Rosales (Villaverde)

Fots. J. P. de Barradas



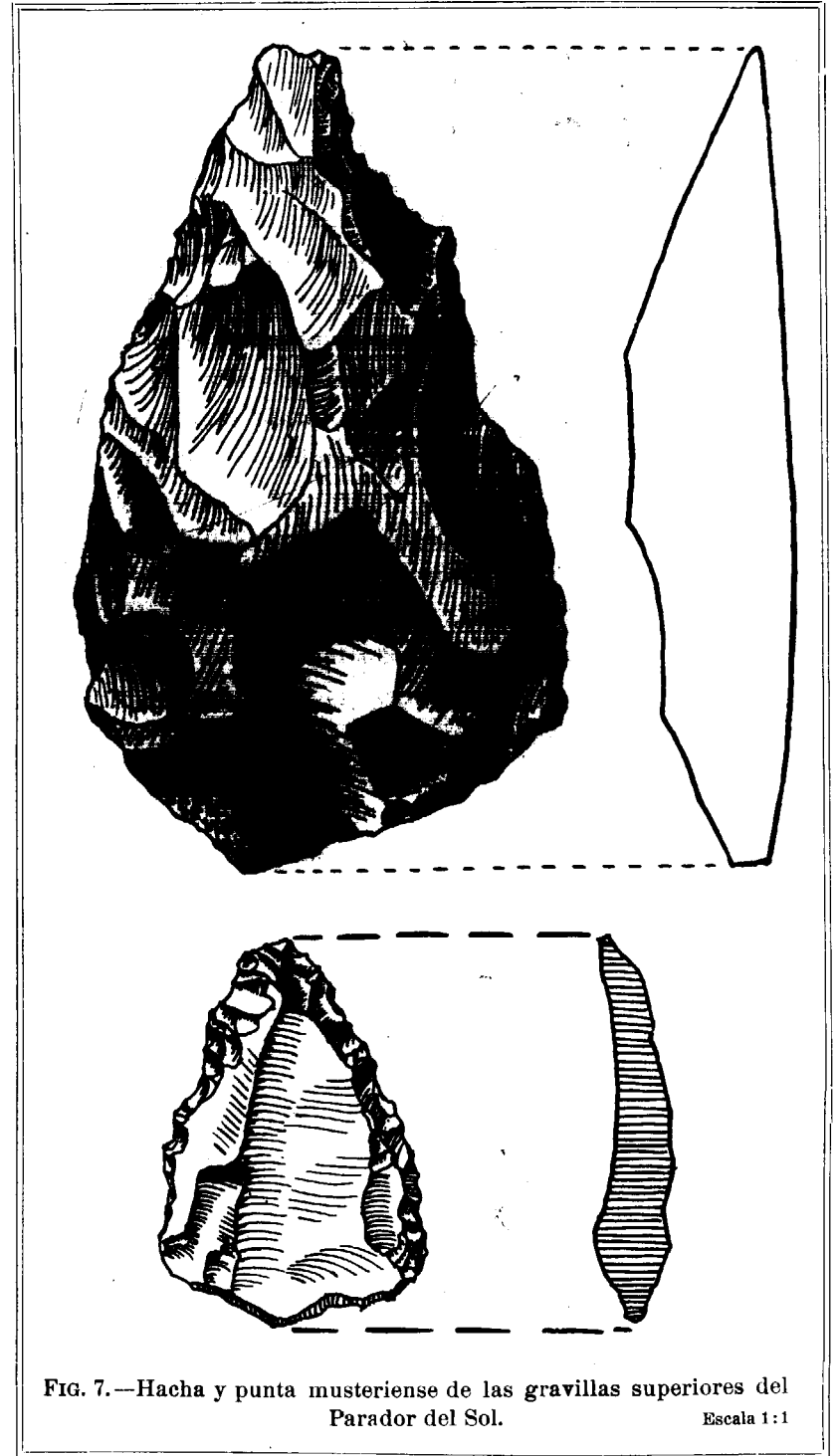


FIG. 7.—Hacha y punta musteriense de las gravillas superiores del Parador del Sol.

Escala 1:1

Los materiales cuaternarios situados a más alto nivel, descansan sobre otra terraza y están formados por las siguientes capas, de arriba a abajo:

a) Tierra vegetal con cerámica eneolítica lisa y restos de *Cervus*.

b) Limos arcillo-arenosos de color claro con escasas piezas del Musteriense final de tradición acheulense.

c) Capas de arcilla desecada en forma de prismas, formadas especialmente por arrastre de margas verdes terciarias (*Equus* y *Cervus*).

d) Gravillas de cuarzo con arenas rojas. La industria lítica, que contiene, formada por núcleos, lascas, cuchillos, perforadores, puntas, raederas, escasos raspadores y buriles y numerosas hachas de mano, bien de formas finas, o bien toscas y degeneradas, ha sido clasificada como perteneciente al Musteriense medio, de tradición acheulense (fig. 7).

e) Limo arcillo-arenoso de color verde («tierra de fundición»).

f) Gravillas. *Equus*. Industria chelense superior muy típica, en la que entre los núcleos, lascas, bloques amorfos de talla bifacial, cuchillos, raederas, puntas y taladros, destacan las hachas de mano de forma tosca, talladas a grandes golpes con escasos retoques (fig. 6).

h) Terciario.

Descubierto y estudiado en 1920-25.

Vaquerías del Torero. —Estaba situado este yacimiento cerca de las calles de Pedro Yagüe y de Trifón Pedrero, en el barrio de Carbonell y en las inmediaciones de unas vaquerías y del ferrocarril militar de Cuatro Vientos. Hoy agotado.

El corte era extenso y de ocho metros de altura sobre

el Terciario. En el Oeste lo formaban de arriba a abajo, los siguientes estratos:

a) Tierra vegetal.

b) Limo pardo rojizo muy arenoso, 40 centímetros.

c) Lentejón de arcilla arenosa de grano fino y de color verde claro, 30 centímetros.

d) Capa de 50 centímetros de arena gruesa compacta, salpicada de gravas de cuarzo y granito, y fajas teñidas de negro por manganeso.

e) Gravillas inferiores con Acheulense inferior o Chelense superior.

f) Marga terciaria verdosa («peñuela»).

El frente Norte estaba formado por:

a) Tierra vegetal.

b) Limo arcillo-arenoso de color amarillo.

c) Faja de arcilla acanutillada, muy agrietada, de color verdoso claro cuando seca. Es marga terciaria arrastrada, y formaba una faja que cruza casi todo el corte.

d) Arena muy compacta, con vetas de manganeso en su base.

e) Arcilla de color aceitunado, compacta, de aspecto eólico.

f) Masa compacta de gravillas y arena, con intercalaciones de estratos arcillosos pardos, marga terciaria rodada y arenas gruesas. Las cuarcitas talladas ofrecen caracteres de la industria de La Micoque. El material de sílex está formado por hachas, lascas, puntas, raederas, cuchillos, hojas y buriles. Todos estos instrumentos muestran caracteres musterrienses, por lo que atribuimos el conjunto al Musteriense medio de tradición acheulense.

g) Limo arcillo-arenoso de color verde. Estrato de 1,50 metros, con estratos intercalados de arena gruesa.

h) Gravas gruesas, inferiores mezclas con arenas. Los

utensilios paleolíticos ofrecen un aspecto muy primitivo; sus aristas están suavizadas. Consideramos esta industria como perteneciente al Chelense superior (figura 8).

i) Marga terciaria.

La Parra.—Este arenero está situado a la izquierda de la carretera de Andalucía, cerca del río y del lavadero de la Parra y próximo al puente que enlaza la ribera del Manzanares con el paseo del Canal.

El corte está formado por 1,5 metros de arena y gravillas, que corresponden con las que forman el piso c del yacimiento del Sotillo. Las gravas son frecuentes sobre la marga terciaria, y encima de estos estratos cuaternarios, hay 1,2 metros de tierras modernas de diverso origen.

Los paleolitos proceden de las referidas arenas y gravillas y pertenecen al Musteriense ibero-mauritánico, siendo notable este yacimiento por sus raspadores del tipo de «piedra de fusil». Se hallaron también dos puntas tenuifoliadas sbaikienses.

El Sotillo.—Pasaremos ahora a ocuparnos del yacimiento paleolítico más importante de los alrededores de Madrid.

Está situado entre el río Manzanares y la carretera de Andalucía y cerca del merendero del mismo nombre.

Fué reconocido por P. Wernert en julio de 1918, un año después de haberse comenzado los trabajos industriales. Desde dicha fecha hasta julio de 1919, efectuamos su estudio por cuenta de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas y desde julio de 1919, hasta primeros de 1920, continuamos con P. Wernert el estudio de este interesante yacimiento y abonamos de nuestros

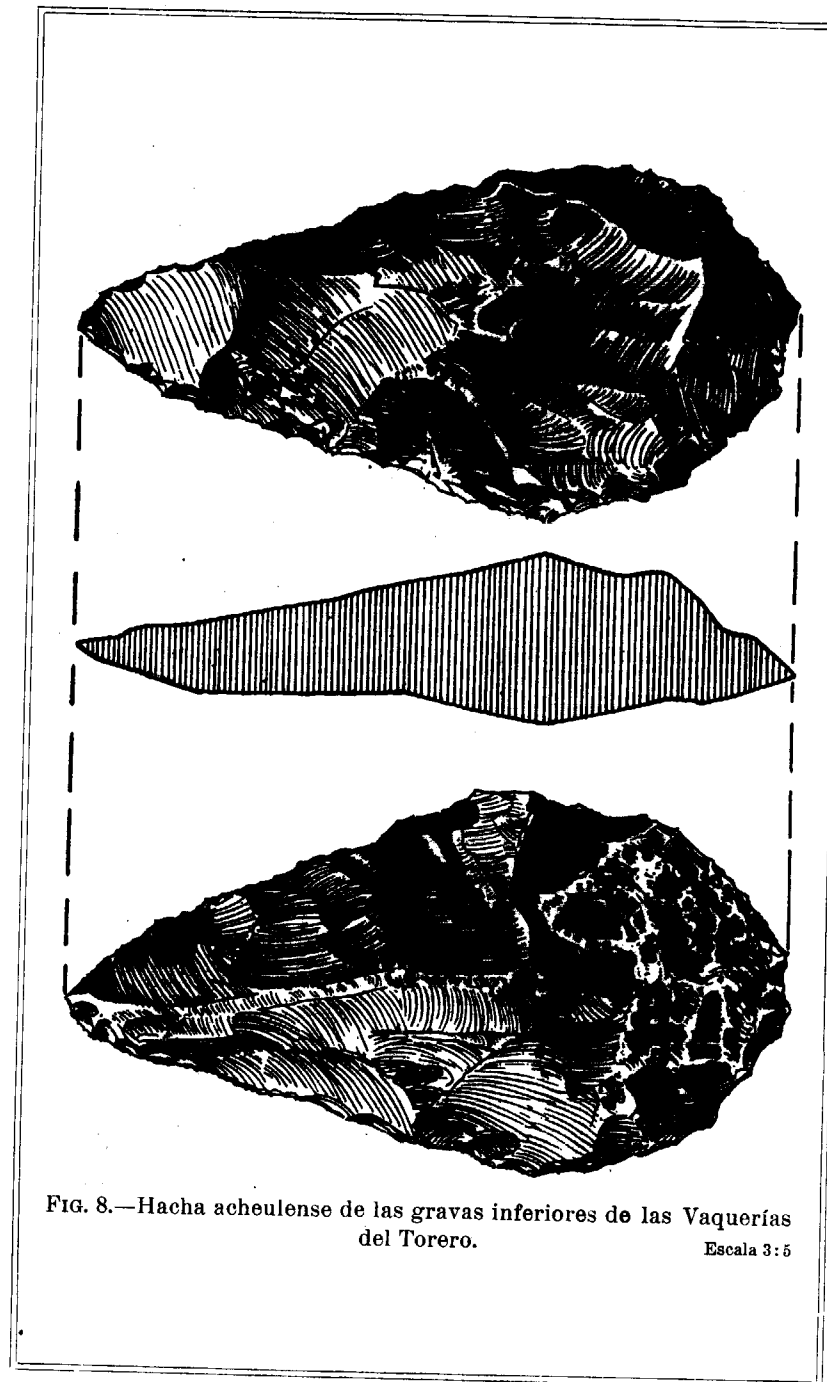


FIG. 8.—Hacha acheulense de las gravas inferiores de las Vaquerías del Torero.

Escala 3:5

pequeños ahorros los gastos que originó. Una parte de la colección que formamos, la hemos donado al Museo Arqueológico Nacional y la otra se encuentra en depósito en el Museo Municipal.

Su corte estaba formado por las siguientes capas de arriba a abajo:

a) Tierra vegetal con cerámica y sílex neolíticos.

b) Limo arcillo-arenoso eólico («canutillo», «tierra blanca») de color amarillo, con concreciones calizas y zonas oscuras decalcificadas. En ella había excavado tres fondos de cabaña neolíticos, con cenizas, carbón, sílex amorfos, trozos de cerámica y restos de *Cervus*. En la base de este piso se encontraron huesos fósiles indeterminables.

c) Gravillas con arena («garbancillo»). En la zona media predominan las gravas sobre las arenas. *Equus*, *Cervus*, *Nassa reticulata*. Industria paleolítica muy abundante del Musteriense ibero-mauritánico, con núcleos, lascas, cuchillos, lascas con muescas, perforadores, hachas de mano, puntas tenuifoliadas sbaikienses, raederas, puntas, raspadores, buriles, cepillos, hojas, etc. (fig. 9).

d) Limo arcillo-arenoso, de color verde («tierra de fundición») con lentejones de arena blanca. Un hacha (figura 10) y otras piezas del Acheulense superior.

e) Arenas blancas. *Cervus*. La industria de este piso ha sido designada por nosotros con el nombre de Precapsiense, por formar el conjunto un 30 por 100 de hojas; cuatro de ellas presentan dorso rebajado.

f) Arenas finas («arena de miga») compactas de color verde. En la base encontramos un hacha del Chelense superior o Acheulense antiguo.

g) Gravas toscas basales. Chelense superior con hachas de mano características (fig. 11).

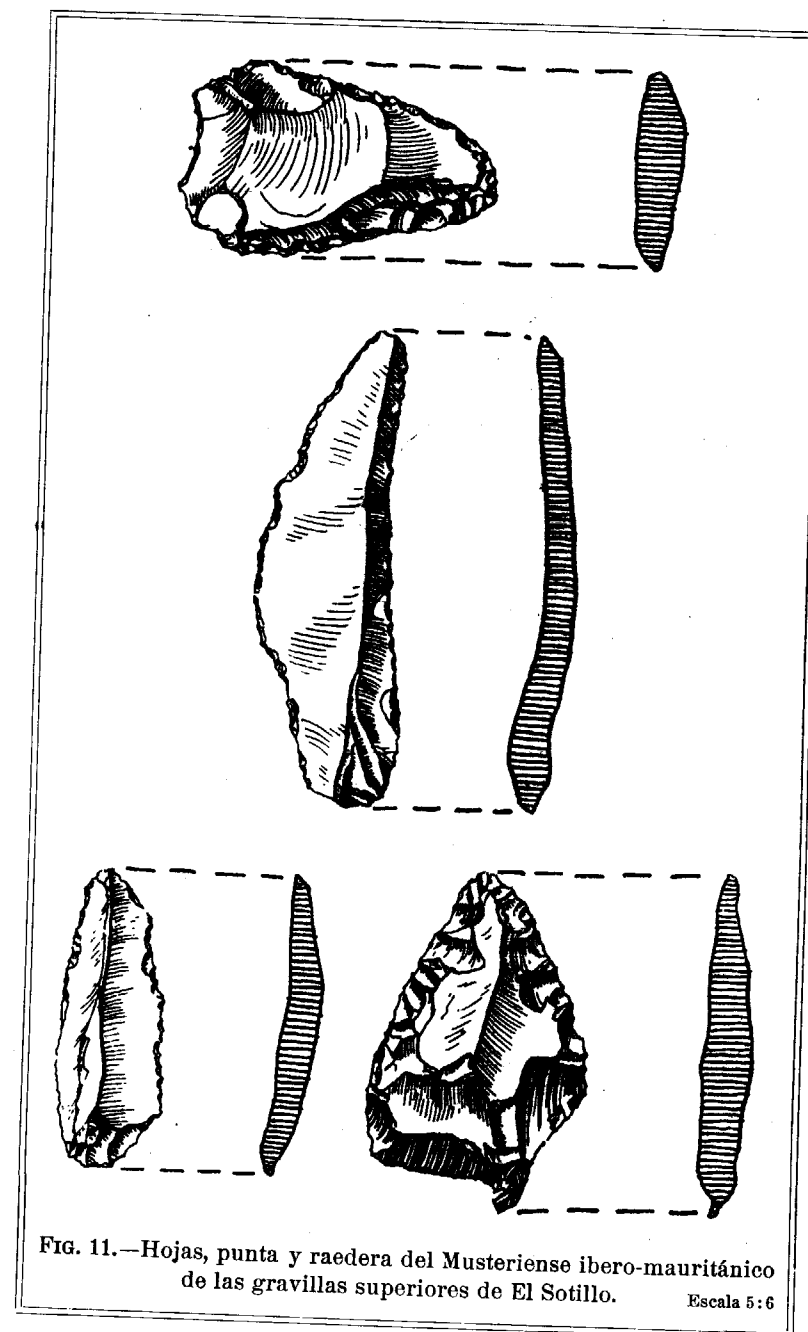
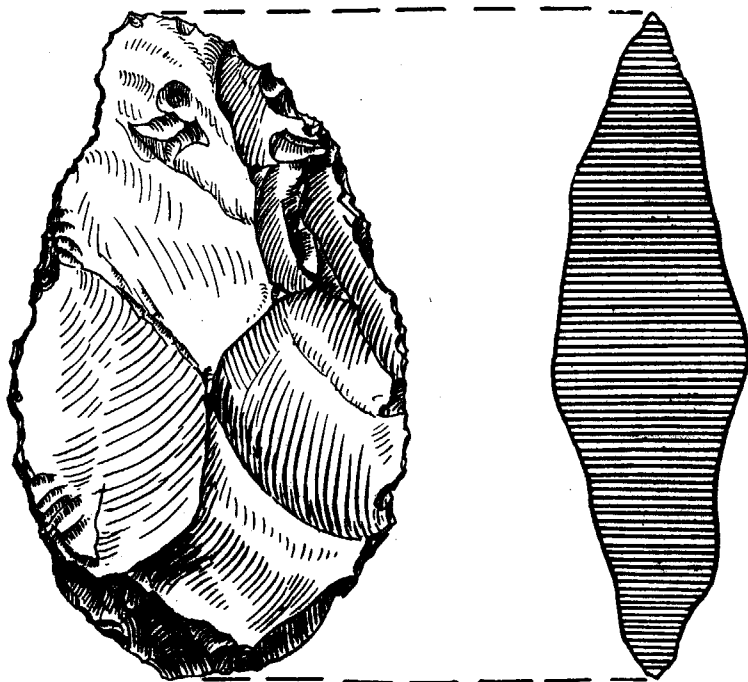


FIG. 11.—Hojas, punta y raedera del Musteriense ibero-mauritánico de las gravillas superiores de El Sotillo. Escala 5:6

- i) Arenas finas.
- j) Margas terciarias.

Huerto de Don Andrés.—Entre El Sotillo y el Prado de los Laneros se encuentra el huerto de Don Andrés Lorenzo, donde en 1922 comenzaron a extraerse arenas y



Escala 2:3

FIG. 10.—Hacha acheulense, del limo verde de El Sotillo.

gravas cerca del paredón de «tierra blanca» que la separa de El Sotillo. En los cortes así formados, aparecen las siguientes capas:

- a) Tierra vegetal.
- b) Limos arcillo-arenosos eólicos de color claro, 2-3 metros.

YACIMIENTOS PREHISTÓRICOS DE LOS ALREDEDORES DE MADRID
LÁMINA III

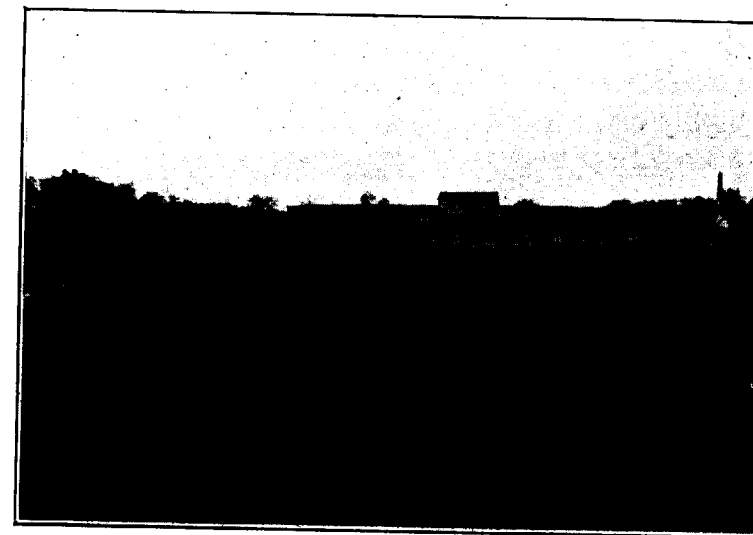


FIG. 1.—Vista del yacimiento de El Sotillo, desde la margen izquierda del Manzanares.

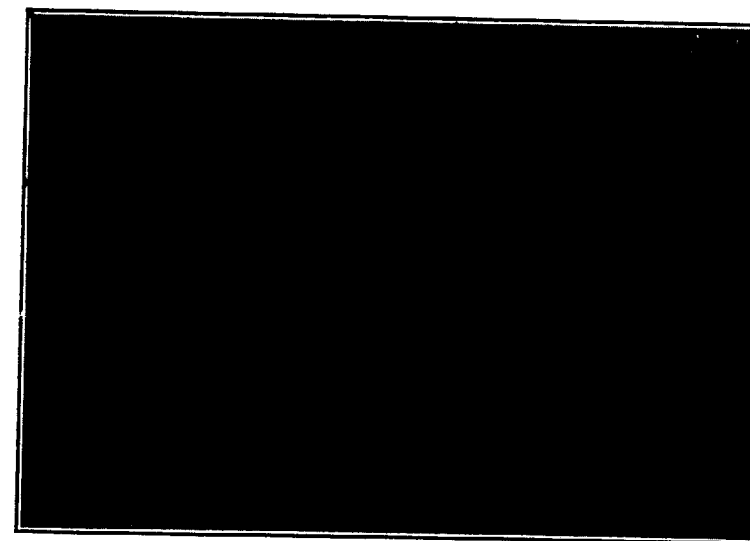
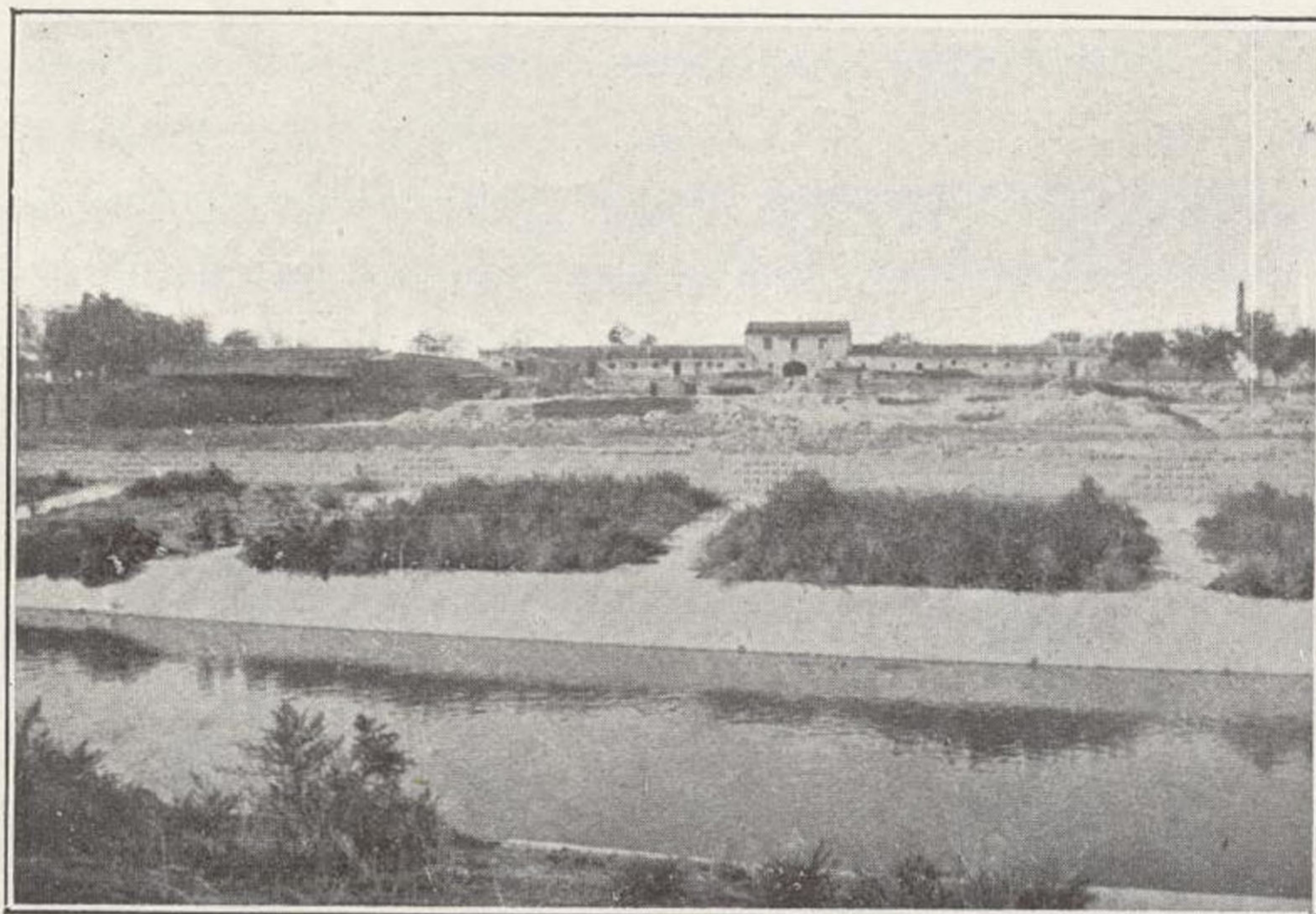


FIG. 2.—Detalle de uno de los cortes de El Sotillo. En la base gravas chelenses, cubiertas por arenas con Precapsiense, limo verde (lentejones oscuros) con Acheulense superior, y gravillas con Musteriense Ibero-mauritánico

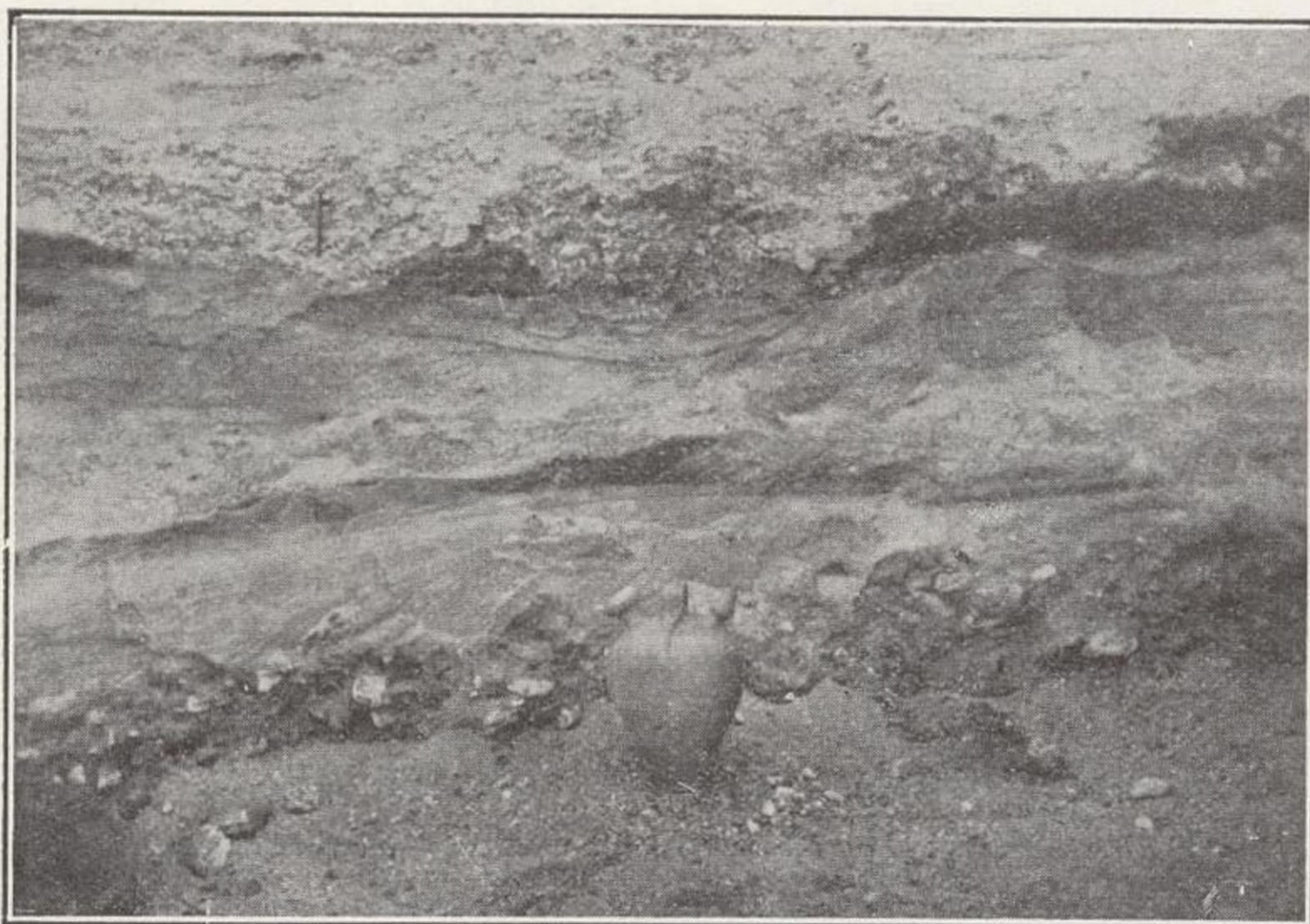
Fots. J. P. de Barradas



YACIMIENTOS PREHISTÓRICOS DE LOS ALREDEDORES DE MADRID
LÁMINA III



FOT. 1.—Vista del yacimiento de El Sotillo, desde la margen izquierda del Manzanares.



FOT. 2.—Detalle de uno de los cortes de El Sotillo. En la base gravas chelenses, cubiertas por arenas con Precapsiense, limo verde (lentejones oscuros) con Acheulense superior, y gravillas con Musteriense ibero-mauritánico

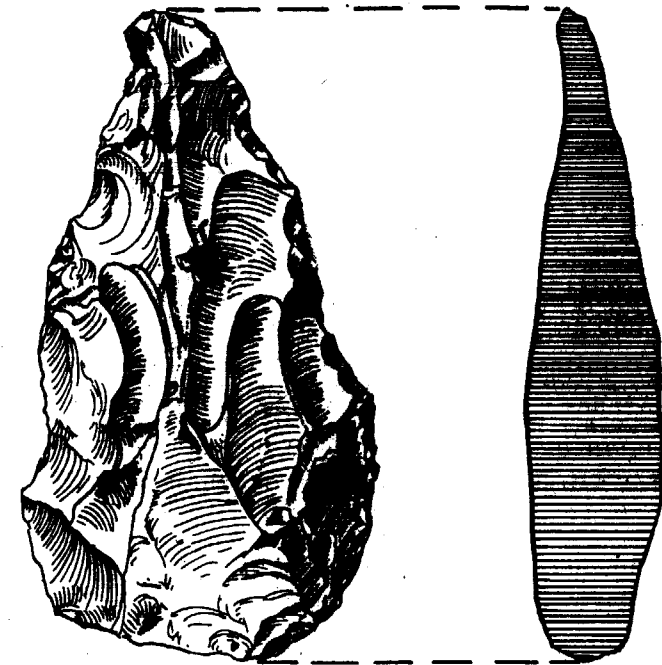
Fots. J. P. de Barradas



c) Gravillas y arenas que corresponden a los estratos de «garbancillo» del vecino yacimiento, 1-2,5 metros.

d) Margas terciarias.

La industria paleolítica procede exclusivamente del nivel c. En su casi totalidad está tallada en sílex. Los utensilios líticos son de reducidas dimensiones, ofrecen una



Escala 2:3

FIG. 11.—Hacha chelense de las gravas inferiores de El Sotillo.

talla fina y evolucionada y pertenecen al Musteriense ibero-mauritánico. Merecen citarse varias puntas tenuifoliadas sbaikienses.

Prado de los Laneros.—Este yacimiento, uno de los más importantes del Valle del Manzanares, está situado

entre la carretera y el río, en las inmediaciones del puente de la Princesa.

Sus cortes están formados por:

- a) Tierra vegetal, con cerámica romana, según J. Martínez Santa Olalla.
- b) Tierras oscuras arcillosas, 50-75 centímetros. Restos neolíticos. *Equus*, *Capra*, *Cervus* y *Lepus*.
- c) Limo rojo, con gravillas, formando bolsones en las cercanías de la carretera. Nivel arqueológico, de edad auriñaciense (núcleos, lascas, cepillos, buriles y retocadores).
- d) Limo arcillo arenoso eólico, de color amarillo grisáceo («tierra blanca») que se deseca en forma de pequeños prismas, 1-2,5 metros. *Bos*.
- e) Arenas gruesas, limosas, 0,2-0,5 metros.
- f) Limo arcillo-arenoso, de color verde («tierra de fundición»), quizás de depósito secundario, 0,2-0,6 metros.
- g) Arenas y gravillas cuarcíferas, coloreadas de rojo y negro por los óxidos de hierro y manganeso. Se asemejan a los estratos de El Sotillo, conocidos vulgarmente con el nombre de «garbancillo». Caso de admitirse esta identidad, se confirmaría nuestra suposición de ser la industria del piso h de este yacimiento anterior a la del «garbancillo» de El Sotillo, 0,5-1,00 metros.
- h) Lentejones de limo arcillo-arenoso verde («tierra de fundición»).
- i) Gravillas inferiores cuarzosas y otros elementos petrográficos de la Sierra del Guadarrama, 1-2 metros. *Equus*. Abundante industria del Musteriense superior, de tipos pequeños, con influencias africanas.
- j) Margas terciarias.

Es notable que en los primeros cortes que se hicieron de este yacimiento en la parte cercana al río, formados

por las referidas gravillas, se encontraba marga terciaria a un nivel inferior al río Manzanares, que está canalizado, cuyo cauce está ahora más bajo que antes de que se efectuaran las obras de canalización.

La Sangrería.—Nuevo arenero situado al lado derecho de la carretera de Andalucía, detrás de la fábrica de Productos Químicos de Nocher. Su corte es el siguiente, de arriba a abajo:

- a) Tierra vegetal y arena arcillosa oscura acanutillada.
- b) Limos arcillo-arenosos amarillentos.
- c) Arenas con Musteriense.
- d) Margas terciarias.

Arenero de la plaza del Bonifa.—Inmediato al anterior. Su corte está formado por los siguientes estratos:

- a) Tierra vegetal, con un molino neolítico.
- b) Limo arcillo-arenoso de poco espesor.
- c) Arenas blancas o rojizas análogas a las del yacimiento de López Cañamero, 2-3 metros.
- d) Margas terciarias.

No han aparecido restos faunísticos.

Los paleolitos proceden del nivel c. son de pequeño tamaño y, tanto por sus especiales caracteres, como por sus relaciones estratigráficas, pertenecen al Musteriense medio de tipos pequeños.

Arenero de San Julián.—Inmediato al anterior. Con idéntica estratigrafía e industria paleolítica. (Inédito).

Atajillo del Sastre.—Al lado del yacimiento de El Atajillo, se extrajeron arcillas y arenas en 1922. Su corte es-

taba formado de arriba a abajo por los siguientes estratos:

- a) Tierras modernas, 0,5 metros.
- b) Limos eólicos de color amarillo con caliza, 1,5 metros. En su superficie se encontraron algunas lascas auriñacienses y más profundas otras del Musteriense final de tradición acheulense.
- c) Limos verdosos con caliza, 1,5 metros.
- d) Arenas y gravas de cuarzo, granito, neis, etc., 2,5 metros. Huesos indeterminables terciarios y cuaternarios y molares de *Equus*.

Industria poco abundante del Musteriense superior, de tipos pequeños, con influencias africanas.

- e) Margas terciarias.

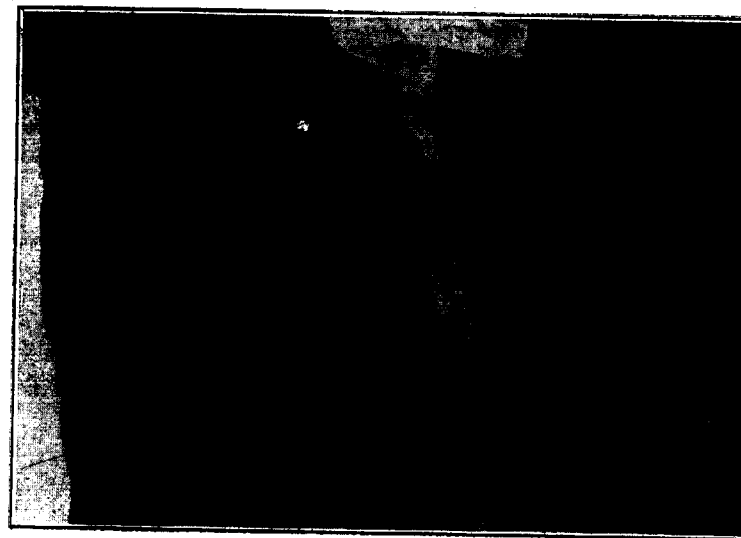
Atajillo.—Este yacimiento está situado al lado derecho de la carretera de Andalucía, entre el camino viejo de Villaverde y el que conduce a la Colonia de la Concepción.

Con los resultados de las investigaciones puede darse el siguiente corte:

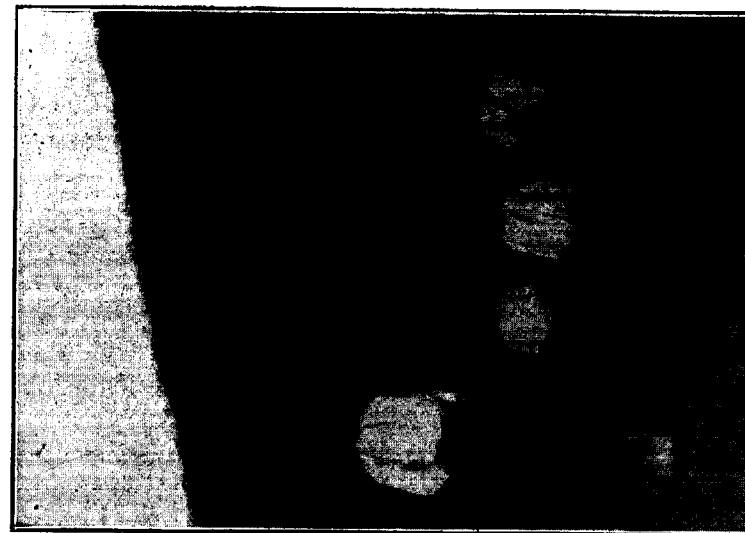
- a) Tierras modernas.
- b) Limo rojo con gravillas. Auriñaciense.
- c) Limo arcillo-arenoso eólico. Musteriense final de tradición acheulense.
- d) Arenas rosadas. Musteriense.
- e) Limo arcillo-arenoso, de color verde.
- f) Arenas y gravas. Musteriense superior, de tipos pequeños, con influencias africanas.
- g) Terciario.

Colonia de la Concepción.—En sus calles, como también en las obras de apertura de zanjas para la construcción de cimientos, he podido apreciar un estrato de arenas ro-

LÁMINA IV

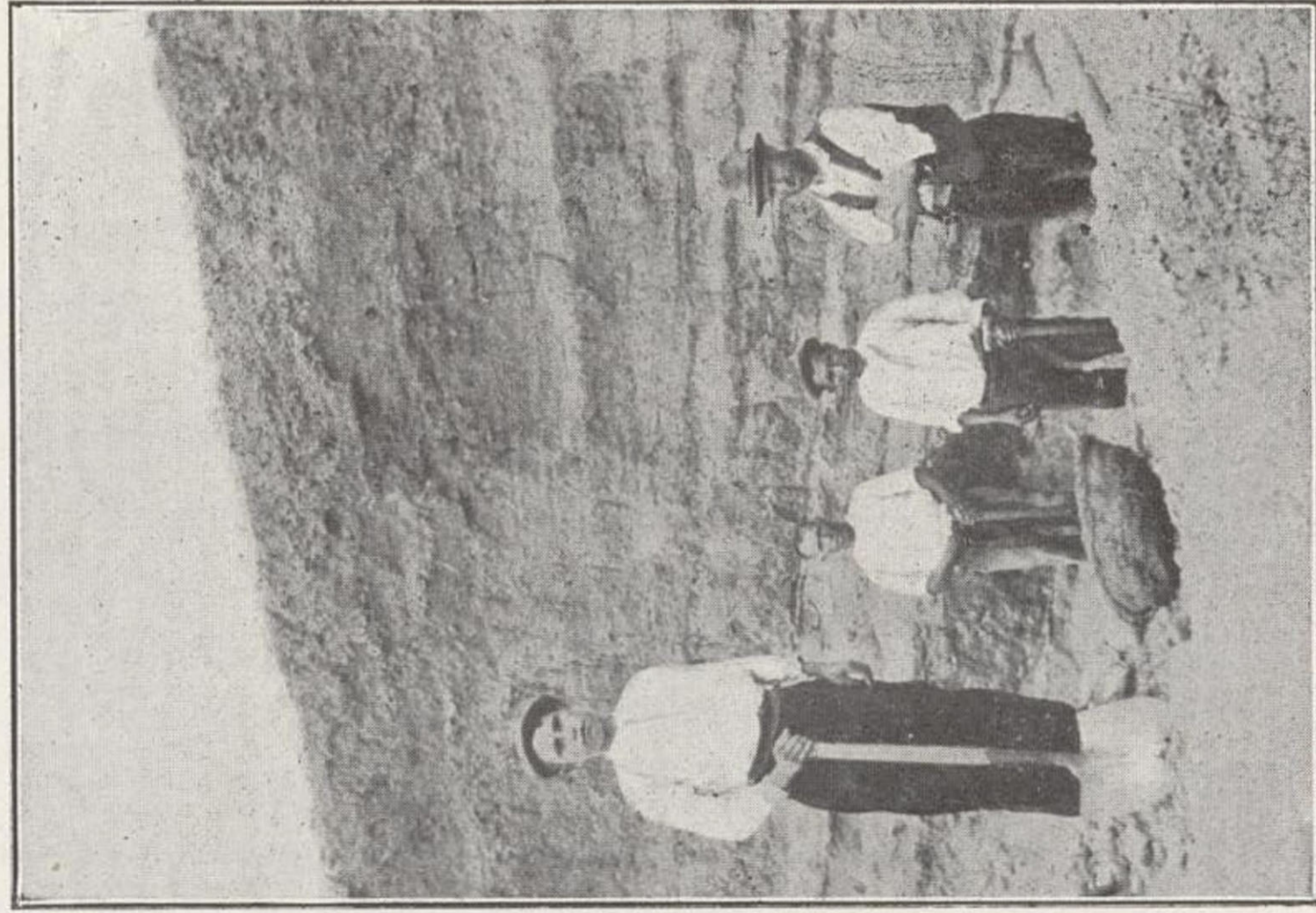
FOT. 2.—Yacimiento del Huerto de don Andrés
I. o. s. J. P. de Barradas

YACIMIENTOS PREHISTÓRICOS DE LOS ALREDEDORES DE MADRID



FOT. 1.—Yacimiento de El Atajillo





FOT. 1. - Yacimiento de El A:ajillo



FOT. 2. - Yacimiento del Huerto de don Andrés
F.o.s. J. P. de Barradas



jizas gruesas con algunos sílex tallados, que está superpuesto a las margas azulado-verdosas del Terciario.

Los Almendrales.—Pequeño arenero, situado en esta colonia. Sus cortes estaban formados por arenas rojas que contenían Musteriense medio de tipos pequeños. (Inédito).

López Cañamero.—El yacimiento estaba situado al lado derecho de la carretera de Andalucía, entre la calle de Carmen del Río y el tejár del Portazgo.

Los cortes estaban formados de arriba a abajo por:

a) Estratos modernos. En la parte cercana al camino, aparecía una tierra gris cenicienta aluvial, que formaba primero bolsones en el Cuaternario, al que sustituía después en la parte correspondiente al trazado de la futura calle de López Cañamero. Se divide en:

1.º Tierra blanca grisácea, muy compacta, formada por arcilla, arena cuarcífera y algún que otro guijo, 40 50 centímetros.

2.º Zona de espesor variable, de color negruzco, formada por arcilla arenosa compactísima, que a veces aparece blancuzca por materias eflorescentes. Contiene guijos de cuarzo y encierra carbón, cenizas, cerámica tosca negruzca, sin labor incisa y sílex, neolíticos ambos, conchas de moluscos y huesos de cabra, etc.

3.º Tierra análoga al 1.º, a veces con un piso inferior de gravas.

b) Limo rojo con gravillas en estratos de desigual espesor, con lascas y hojas aurifiacienses.

c) Arenas rojas de grava de variado tamaño, son muy arcillosas y están envueltas por un limo de color rojizo. Encierran abundante guijo, formado en su mayor parte

por cuarzo blanco, sin que por ello falten materiales de la Sierra del Guadarrama, granito, pórfido, etc. No se han encontrado restos osteológicos determinables, pero sí una abundante industria formada por núcleos, lascas, hachas de mano, escasas; puntas, raederas, perforadores, cuchillos, hojas, etc., del Musteriense medio, de tipos pequeños.

d) Marga terciaria verdosa azulada («peñueta») con restos de *Testudo*.

Tejar del Portazgo.—Está situado al lado del anterior y frente al antiguo Portazgo de Aranjucz. Fué descubierto y estudiado por P. Wernert.

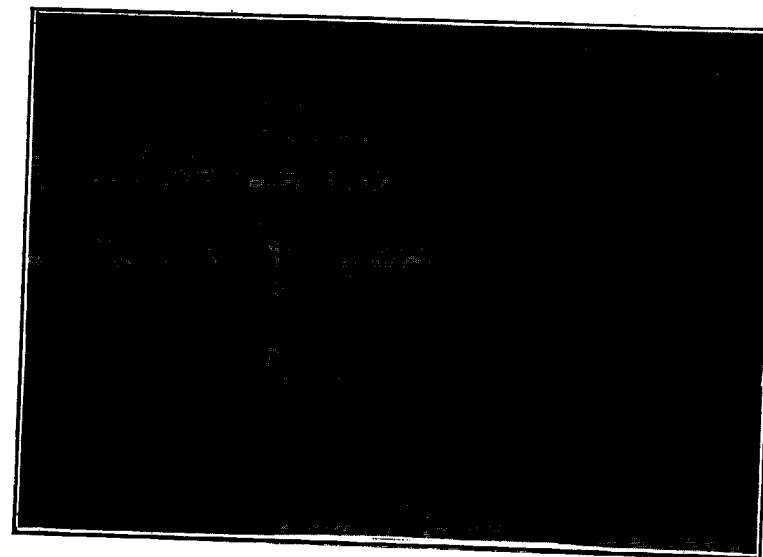
Su corte está formado por:

a) Tierra vegetal de color gris pardo, 0,25 metros, con fondos de cabaña eneolíticos estudiados en 1924 por Julio Martínez Santa Olalla. Dieron cerámica lisa y con labores incisas, cuchillos y una sierra de hoz. Estos fondos proporcionaron a D. Fidel Fuido hojas, raspadores, dientes de hoz y puntas de flecha de sílex, un hacha pulimentada de fibrolita y trozos de cerámica lisa y con labores incisas.

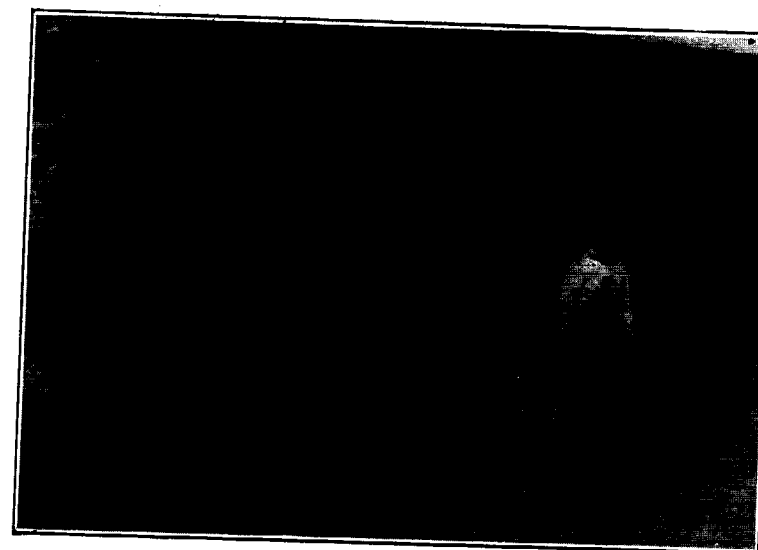
b) Limo rojo con gravillas formando bolsones. *Equus*. Industria abundante y notable (cepillos, disco-raspadores, buriles, puntas-raederas sobre lascas macizas, núcleos, retocadores, lascas y hojas), de edad auriñaciense.

c) Arcilla oscura que se deseca en forma de prismas («canutillo») con lentejones de arenas rojas, 1-0,10 metros. Algunas lascas musterrienses poco típicas.

d) Limo arcillo-arenoso («tierra blanca») de color amarillento y verdoso y de origen eólico, 3-5 metros. Por regla general, la mitad inferior es de primera formación, y la superior, de depósito secundario. *Equus*. Núcleos,



FOR. 1.—Corte del Prado de los Laneros

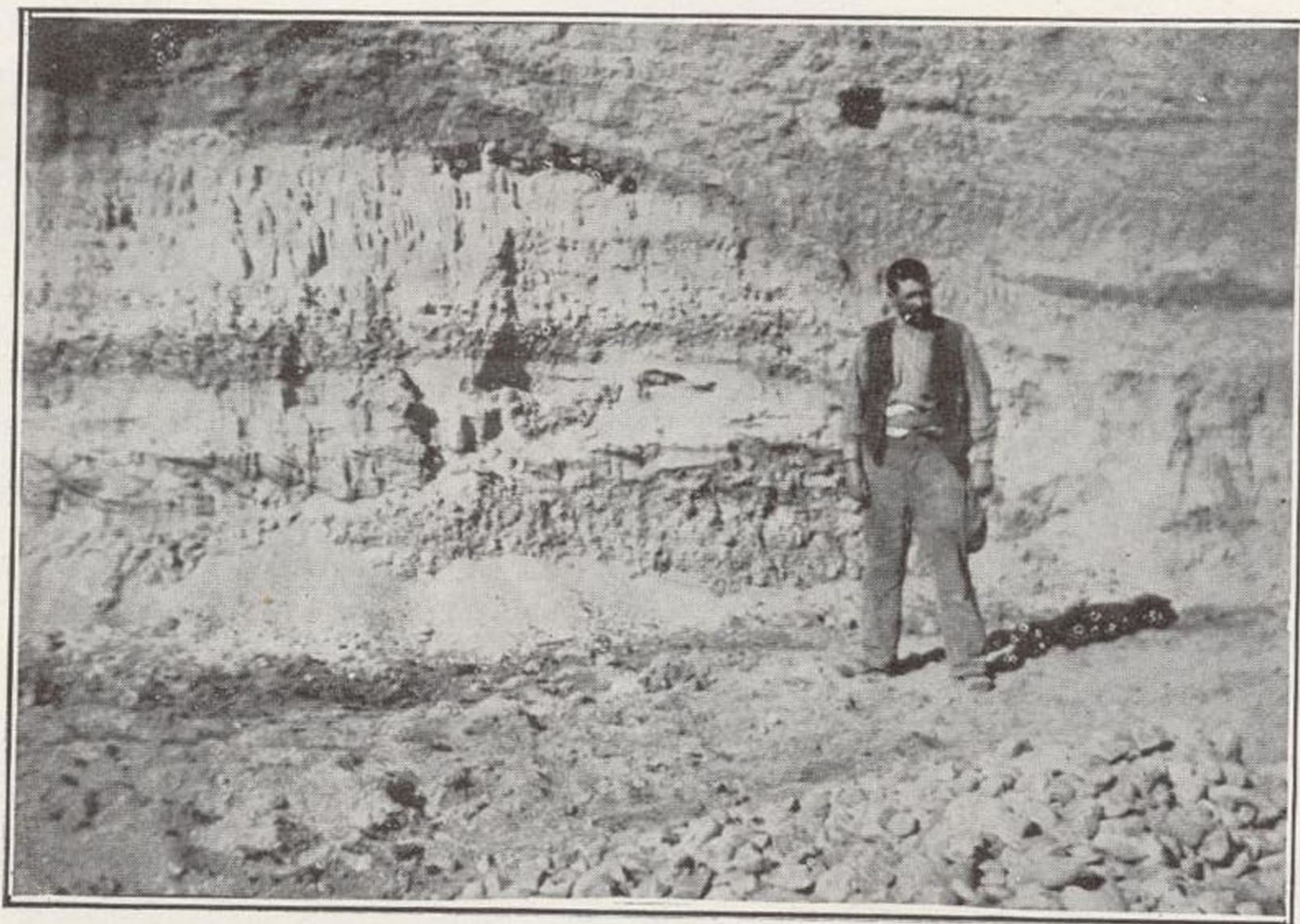


FOR. 2.—Corte de la Plaza del Bonifa

Fots. J. P. de Barradas



YACIMIENTOS PREHISTÓRICOS DE LOS ALREDEDORES DE MADRID
LÁMINA V



FOT. 1.—Corte del Prado de los Laneros



FOT. 2.—Corte de la Plaza del Bonifa

Fots. J. P. de Barradas

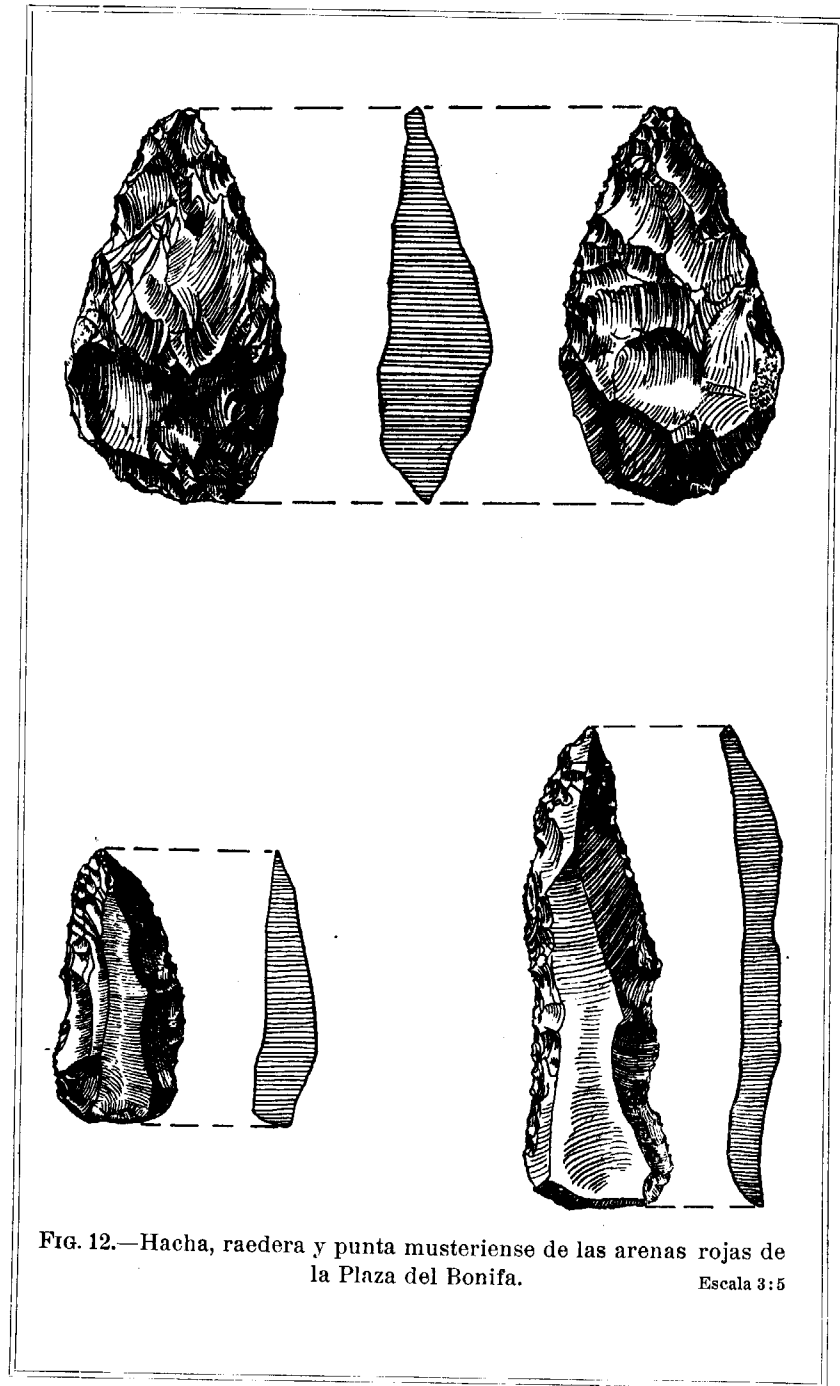


FIG. 12.—Hacha, raedera y punta musteriense de las arenas rojas de la Plaza del Bonifa.

Escala 3:5

lascas, hachas pequeñas y cordiformes, cuchillos, puntas y raederas del Musteriense superior de tradición acheulense.

e) Arenas finas superiores (10-20 centímetros), formadas por granos pequeños de cuarzo, ortosa y mica.

f) Arcilla terrosa verdosa, que alterna con fajas delgadas de arenas finas (0,5-1,00 metros).

g) Arenas superiores rosadas con gravas, 0,75 metros.

h) Limo arcillo-arenoso de color verde («tierra de fundición»), 2 metros. Huesos fósiles indeterminables.

i) Gravillas inferiores, con gravas y arenas. *Equus*. Industria abundantísima y muy típica del Musteriense inferior de tradición acheulense y con primeras influencias africanas (lascas, cuchillos, raederas, taladros, puntas, raspadores, lascas con muescas, buriles, núcleos, cinceles, hojas, dos puntas tenuifoliadas sbaikienses y hachas de mano), junto con hachas y otras piezas chelenses y acheulenses, que han sido acarreadas por las aguas de su primitivo yacimiento.

j) Marga terciaria («peñuela»).

Arenero del Portazgo.—Inmediato al tejat se encuentra este otro yacimiento, cuyo corte es continuación de aquél.

Fué descubierto y estudiado con P. Wernert. La estratigrafía es la siguiente:

a) Tierra vegetal (0,30 metros).

b) Arcilla oscura desecada en forma de prismas («canutillo»).

c) Limo arcillo-arenoso («tierra blanca»), de los mismos caracteres de la del tejat. Huesos de gran tamaño, indeterminables. Industria formada por núcleos, lascas, cuchillos, puntas, perforadores, raederas, raspadores y cuchillos del Musteriense final de tradición acheulense.

d) Arenas rosadas entrecruzadas en lentejones, de espesor variable (0,50 metros por regla general). Los granos que las forman son de regular tamaño y están formados por ortosa, cuarzo y laminillas de mica.

e) Limo arcillo-arenoso verdoso («tierra de fundición») compacto, 0,50-1,20 metros. En el frente Sur apareció, en su parte superior, un estrato de gravas empastadas en el mismo; contenían también lascas, puntas, cuchillos, un hacha pequeña, una raedera y varios núcleos, todo ello de edad musterense.

f) Gravillas inferiores con gravas y arenas. *Bos*, *Equus*, *Lepus*. Industria abundante y notable, formada por núcleos, lascas, perforadores, lascas con muescas, puntas, raederas, raspadores, cepillos, buriles, cinceles, cuchillos y hachas del Musteriense inferior de tradición acheulense con primeras influencias africanas, y hachas y otras piezas chelenses y acheulenses, que han sido acarreadas por las aguas de su primitivo yacimiento.

g) Marga terciaria («peñuela»).

Arenero del Carmen.—Su corte y hallazgos son los siguientes:

a) Tierra vegetal, con cerámica lisa eneolítica y molinos de granito.

b) Arenas rojas con gravillas y Musteriense medio de tipos pequeños.

c) Terciario.

Fuente de la Bruja.—Cerca del camino viejo de Villaverde, del Quemadero viejo del Federal y de la casa de Quitapenas. A este arenero se le llamó así por estar próximo a la Fuente la Bruja, manantial inmediato, del que se deriva un viaje de agua que, después de pasar cerca del

Portazgo y por debajo de la carretera y el río, se dirige a la Casa del Rey, lugar famoso en los tiempos de Fernando VII.

El corte abierto para su explotación presentaba la estratigrafía siguiente:

- a) Tierra vegetal con fondos de cabaña eneolíticos.
- b) Limo rojo, donde he encontrado un núcleo del Paleolítico superior.
- c) Limo arcillo-arenoso eólico. De muy escaso espesor, como el piso suprayacente.
- d) Arenas gruesas rojas y limosas, con un espesor de 2-3 metros. Nivel arqueológico principal, pero los hallazgos no han sido muy numerosos: núcleos, lascas, tipos pequeños y un hacha de mano cordiforme. Pertenecen al Musteriense medio de tipos pequeños.
- e) Marga terciaria a nivel superior que la de los arenos cercanos a la carretera de Andalucía.

Término de Madrid (margen izquierda)

Dehesa de la Villa.—El primer indicio de yacimientos paleolíticos, fué la lasca de sílex encontrada en 1919 por don Francisco Molina, preparador del Laboratorio de Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales, entre Cuatro Caminos y la Dehesa de la Villa. Algo después, esto es, en 1923, recogí en las cercanías del cementerio de San Martín, un raspador del tipo de «piedra de fusil», hallazgo que no podemos clasificar con seguridad, pues se presentan en el Paleolítico y en el Eneolítico, y en 1925, el señor Fuidio halló otras lascas detrás del Stadium.

Campos situados detrás de El Retiro.—Ya en 1919 hicimos notar la existencia de un yacimiento paleolítico de superficie en los terrenos situados detrás de El Retiro, es-

pecialmente entre la estación del ferrocarril de Aragón y la calle de Alcalá. Entonces recogimos un pequeño lote de piezas y un hacha de mano pequeña, que clasificamos como pertenecientes al Paleolítico inferior y al siguiente año describimos en unión de P. Wernert un núcleo discoidal musteriense bastante típico.

El Sr. Fuidio, que en 1926 recogió en el campo de deportes del Colegio de Nuestra Señora del Pilar algunos vestigios de cerámica y sílex neolíticos, excavó en 1928 unos fondos de cabaña de un desmante próximo a la estación del ferrocarril de Aragón, donde aparecieron un frontal humano y trozos de cerámica decorada con cordones.

Las Ventas del Espíritu Santo.—Debo a mi buen amigo Hr. Hans Jensen, la noticia de un nuevo yacimiento paleolítico de superficie, al parecer musteriense, situado en el valle del arroyo Abroñigal, entre la línea férrea de Madrid a Aragón y la Fuente del Berro.

Próximo a él, pero en la margen izquierda, halló D. José Viloria cerámica romana en un desmante de un tejear.

Hallazgos sueltos en el centro de la población.—Es curioso que en los primeros tiempos de nuestros trabajos con P. Wernert, hayamos encontrado instrumentos paleolíticos en las mismas calles de Madrid.

Mencionaremos el hallazgo de un hacha de mano de cuarcita, efectuado en la calle de García de Paredes, de un núcleo discoidal de sílex musteriense en la de Covarrubias, de un hacha de mano de cuarcita chelense en el Paseo de la Castellana, de una cuarcita tallada en las inmediaciones de la Iglesia del Carmen (calle de Cartagena, Guindalera), de un hacha de cuarcita acheulense o muste-

riense en el Paseo de las Delicias, y de otra en la calle de Alcalá.

Paseo de las Yeserías.—En un desmonte, próximo a los Viveros, encontró J. Martínez Santa Olalla un hacha acheulense y cerca del Matadero otra musteriense.

Estación de Las Delicias.—En el mismo recinto de la estación de Madrid a Cáceres y Portugal, se encuentran margas cuaternarias con industria paleolítica. Las puso de manifiesto la construcción de un almacén de la Cooperativa, frente al muelle cubierto A. Este yacimiento fué descubierto en 1917 por D. Alejandro Guinea, y estudiado por el Profesor H. Obermaier y P. Wernert, los que dirigieron una excavación metódica.

Existían, en total, cuatro capas diferentes, que eran las siguientes, tomadas de arriba a abajo, según los citados autores:

- a) Tierra vegetal mezclada con arcilla; espesor máximo 1,20 metros.
- b) Arcilla mezclada con pequeñas concreciones de caliza.
- c) Capas arenosas con concreciones arcillosas; espesor de 0,05 a 0,08 metros. Falta por completo en la parte Noroeste del yacimiento.
- d) Arcilla terciaria.

La descripción de estas capas la hacen los autores referidos en la siguiente forma:

La capa más alta (nivel a) era la tierra vegetal fuertemente mezclada con arcilla. Tenía un espesor medio de 1,15 metros y contenía sílex tallados, en número muy reducido, y sólo en los últimos 0,40 metros, esto es, en la zona de contacto con la capa b.

Ésta estaba formada por una arcilla oscura, mezclada con pequeñas concreciones blancas y arcillosas. Estas últimas eran menos numerosas en la mitad inferior, donde por consiguiente se presentaba más dura y compacta la arcilla. Los cantos rodados no eran muy raros, siendo generalmente de muy pequeñas dimensiones.

H. Obermaier y P. Wernert encontraron sílex tallados en todo el espesor de esta capa que tenía por término medio 1,30 metros. Estas huellas arqueológicas estaban muy irregularmente dispersadas y eran poco abundantes; en cambio se alteró la situación completamente en la base de este nivel, donde los últimos 10 o 15 centímetros estaban llenos de sílex labrados, formando así un verdadero y abundante nivel paleolítico.

En la porción Noroeste de la excavación, reposaba esta capa b directamente encima de la arcilla terciaria d; en la parte Sudeste una nueva capa c se intercalaba entre estos dos niveles, no teniendo más que cinco a ocho centímetros de espesor. Era arenosa y evidentemente una formación muy localizada de arrastre debido al agua de lluvia. Contenía igualmente, numerosísimos sílex tallados absolutamente idénticos a los de la base del nivel.

La arcilla terciaria (nivel d) estaba formada arriba y en un espesor aproximado de 0,25 metros de greda pura y plástica de color gris azulado, más abajo de greda de color pardo («peñuela»). Fué excavada en una profundidad de un metro.

Ninguno de estos niveles ha dado vestigios paleontológicos que permitieran por sí mismas una determinación más detallada y profunda de las diferentes capas.

En un principio se clasificó la industria de la base del nivel a como perteneciente al Paleolítico inferior, y a lo sumo «como una defectuosa industria de transición al Pa-

leolítico superior»; la del nivel b, como Musteriense antiguo, y la del nivel c, que es la más importante, al Acheulense superior.

Las investigaciones efectuadas en 1924 con H. Obermaier, nos han permitido rectificar esta clasificación. Atribuimos al Musteriense de tradición acheulense, y Sbaikiense la industria del nivel c, pudiendo considerar la del b como Musteriense, y la del a como Musteriense final, de tradición acheulense.

Trinchera de Las Delicias.—En la monografía que sobre el yacimiento paleolítico de la estación de Las Delicias publicaron en 1917 los profesores H. Obermaier y P. Werner, se refiere que el primero de los autores citados observó en la trinchera situada entre la estación y el puente del ferrocarril la presencia, en su parte derecha, próximamente en el centro del corte, de un grande y abundante yacimiento de sílex tallados, distribuidos por estratos y al parecer, de la misma edad que los del yacimiento de Las Delicias.

Indicaremos además que ofrece un corte máximo de ocho metros. Está formado por margas verdosas poco compactas, con niveles de arenas cuarcíferas de poco espesor. No aparecen en la base los materiales terciarios.

No hemos recogido ningún resto faunístico. Mencionaremos, sin embargo, que nuestro querido amigo don Alejandro Guinea encontró en esta trinchera una valva incompleta de *Pectunculus*, que en unos de nuestros trabajos hemos comparado con el *Pectunculus pulvinatus*, que cita J. Vilanova como procedente de la Costanilla de la Veterinaria, hoy calle de Bárbara de Braganza, y que presenta el nates agujereado. Mencionaremos también un

ejemplar de *Pectunculus*, que presenta dicha particularidad, hallado por L. Siret en el Paleolítico superior de la Cueva Ahumada (Murcia).

Los sílex tallados se encuentran en tres niveles arqueológicos, correspondientes a otros tantos estratos de arenas. En el inferior hemos recogido, además de varias lascas con plano de percusión intacto, una punta fortuita, cuyo ápice muestra dos planos de buril opuestos, que originan un buril mediano y un hacha cordiforme. Este ejemplar está tallado toscamente, lo que se debe seguramente a la mala calidad de la materia prima. Es sílex de color azulado, y la corteza del mismo ocupa una buena porción de la pieza. Las aristas son vivas y la pátina poco intensa. Los planos de lascado son extensos y los bordes sinuosos (fig. 13).

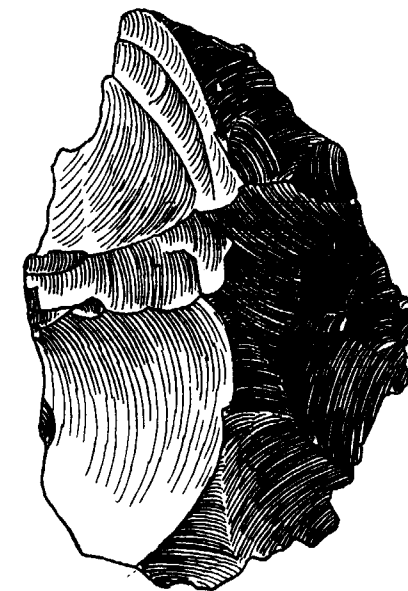


FIG. 13.—Hacha musterriense de las margas de la trinchera de Las Delicias Escala 2:3

Del nivel medio procede una gruesa lasca de sílex con un plano de buril fortuito en la cara inferior.

Del superior hemos recogido una lasca de cuarcita con plano de percusión intacto, una hoja grande, irregular, del tipo del yacimiento de la estación de las Delicias y una hachita escasamente tallada, con retoques escaleriformes en uno de sus bordes.

Los estratos que forman esta trinchera pertenecen, co-

mo los del yacimiento de Las Delicias, al Musteriense inferior de tradición acheulense y sbaikiense.

También aparecen estas margas en dos cortes de las trincheras de las líneas de enlace de las estaciones de Las

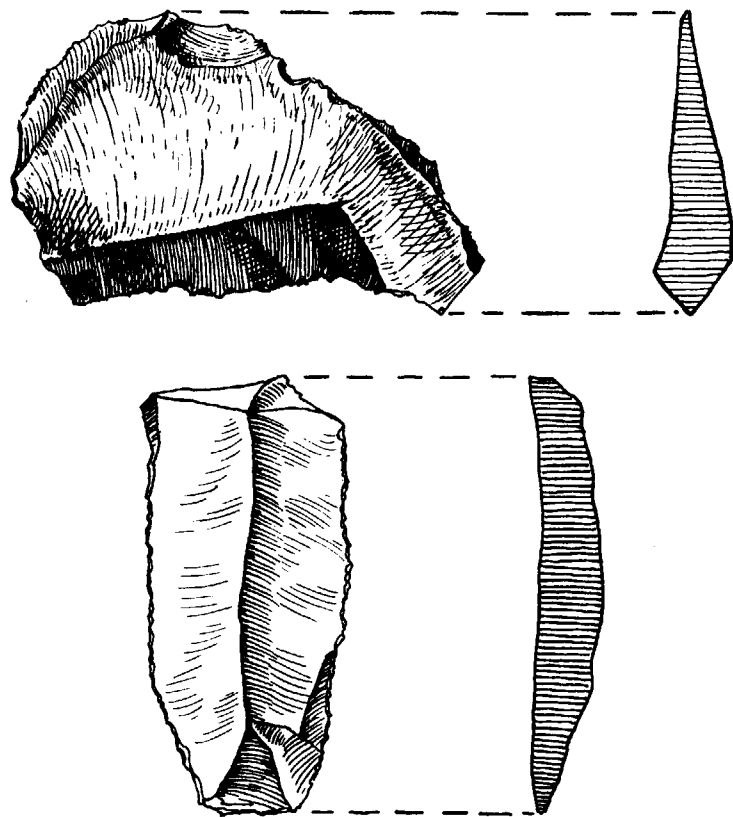


FIG. 14.—Cuchillo y hoja musteriense de los campos de Las Delicias.
Escala 5:6

Delicias y la de clasificación del Cerro Negro. Aquí el espesor es variable, pues forma bolsones, a veces profundos y extensos. En ellos se encuentran también sílex tallados análogos a los niveles de Las Delicias.

Campos situados entre las trincheras de Las Delicias y el paseo del mismo nombre.—Gran yacimiento paleolítico de superficie explorado por los señores Fuidio y Vitoria. Corresponde al Musteriense final de tradición acheulense (fig. 14).

Campos situados entre las trincheras de Las Delicias y el Arroyo Abroñigal.—Están constituidos por las mismas margas cuaternarias que forman la trinchera de la línea de Madrid a Cáceres y a Portugal. Entre ellas hemos encontrado sílex tallados paleolíticos, de los que ya hicimos mención en 1926.

En una excursión verificada ese año con P. Wernert y E. Giménez Caballero recogimos *in situ*, en la trinchera de la línea de enlace de las estaciones de Las Delicias y la de clasificación del Cerro Negro, un hacha tosca de cuarcita, otra de sílex mejor trabajada y varias lascas con plano de percusión retocado. Las clasificamos, por consiguiente, como Musteriense. En cortes próximos apreciamos la existencia de hogares neolíticos, y recogimos trozos de cerámica tosca.

Cerro de la Plata.—En sus alrededores encontró el señor Vitoria un hacha de mano, de sílex de talla bifacial, abultada y de bordes rectilíneos, que consideramos como musteriense.

Cerro de San Blas.—Descubierto en 1926 por los profesores marianistas, señores Fuidio y Rieca. Fondos de cabañas eneolíticas con cerámica lisa y puntas de flecha de sílex.

Algo después, hallé en superficie un hacha triangular paleolítica muy patinada, que pudiera clasificarse como musteriense.

Canalización del Manzanares.—En la zona comprendida entre la línea férrea de Madrid a Cáceres y Portugal y el nuevo Matadero, se han encontrado en la superficie del terreno algunas piezas paleolíticas, procedentes, sin duda, de los vecinos yacimientos paleolíticos. Los hallazgos consisten en un hacha de mano del Paleolítico inferior, y dos cepillos-buriles y dos hojas del Aurifa-ciense.

Término de Villaverde (margen derecha)

Las Carolinas.—Cerca de la barriada del mismo nombre. Yacimiento descubierto por D. Alejandro Guinea y excavado por éste en 1911 y por el profesor H. Obermaier en 1916. Como resultado de ambas series de investigaciones y de las realizadas por nosotros y P. Wernert, puede darse la siguiente estratigrafía:

a) Tierra vegetal, con cerámica del tipo de Ciempozuelos. Un trozo tiene ciervos y soles esquemáticos grabados.

b) Arcilla arenosa oscura («canutillo») con cerámica neolítica tosca.

c) Arcilla compacta gris con lentejones de arenas. En la parte más alta se encontró un esqueleto humano, perdido, que se atribuye a una sepultura neolítica, y en los niveles inferiores probable Paleolítico superior y Musteriense final con *Equus caballus* y *Bos* sp.

d) Arenas finas (?) con Musteriense (?).

e) Terciario. En las excavaciones no se llegó a este último, que estaba a dos metros de profundidad y a cinco metros sobre el nivel del río.

Tejar de Indalecio.—Frente al anterior y al otro lado de la carretera.

En la tierra vegetal y en la arcilla arenosa oscura, aparecieron sílex amorfos y molinos de mano neolíticos.

Quitapenas.—Cerca de la casa del mismo nombre. Su corte es:

a) Tierra vegetal.

b) Gravillas y arenas con Musteriense inferior de tradición acheulense, a juzgar por los últimos trabajos, y no Musteriense medio de tipos pequeños, como indicamos en 1921-1926.

Valle del Arroyo de Pradolongo.—Aguas arriba de su cruce de la carretera de Andalucía y a continuación del yacimiento de la Casa del Moreno, existe un cerro, cuya base está formada por marga verde terciaria y su cima cubierta por arenas cuaternarias, con yacimiento paleolítico de superficie.

Cerros testigos terciarios, continuación de éste van paralelos a la carretera de Andalucía; pero sus lados y cimas son cuaternarios. Sobre este terreno hemos encontrado sílex tallados, de aspecto musteriense y cerámica neolítica en el Cerro del Basurero, principalmente en la vertiente del valle del Pradolongo y en los cerros de enfrente, en dirección a la Casa del Moreno.

Pozos de Feito.—En el verano de 1919, D. José González Feito ordenó la apertura de tres pozos para utilizar el agua en el riego de su finca, en la vaguada del arroyo de Pradolongo. Su corte, de arriba a abajo, era:

a) Tierra vegetal limosa.

b) Limo arcillo arenoso eólico muy calizo.

c) Arena algo fina con guijos de caliza.

d) Faja de limo arcillo-arenoso de color verde («tierra de fundición»).

e) Arena gruesa con marga terciaria arrastrada.

f) Arena algo gruesa con filones de limo arcillo-arenoso de color verde («tierra de fundición»).

g) Gravas gruesas cuarcíferas.

h) Marga terciaria.

No se han hallado restos osteológicos.

Los paleolitos aparecidos en la capa g están tallados en su mayor número en sílex. Los tipos son núcleos, lascas de desvastamiento y del tipo de Levallois, sierras, cuchillos, lascas con muescas, perforadores, raederas, puntas y hojas. Pertenecen, según las últimas investigaciones, al Musteriense inferior de tradición acheulense.

Casa del Moreno.—Está situado este tejár a la derecha de la carretera de Andalucía y en la margen derecha del arroyo de Pradolongo.

Es uno de los yacimientos paleolíticos más importantes del valle del Manzanares. El corte principal está formado de arriba a abajo por:

a) Tierra vegetal oscura, con restos neolíticos (una sepultura, un hacha pulimentada y cerámica), 0,20-0,50 metros.

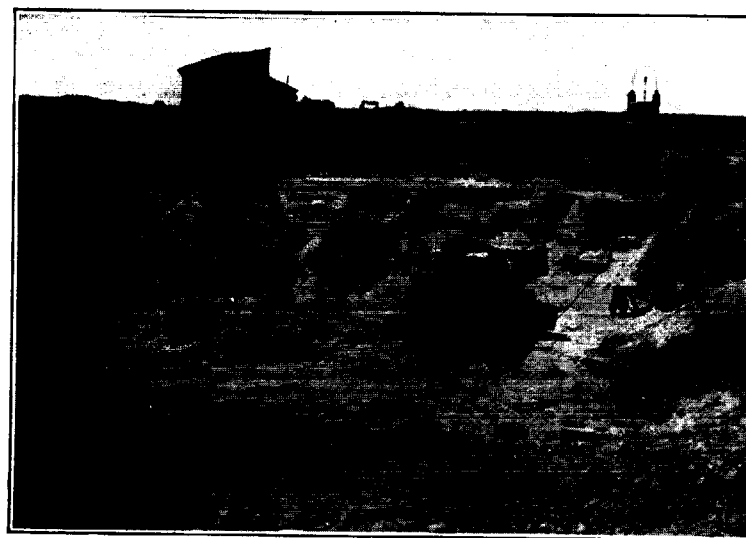
b) Arenas rubias, con Musteriense.

c) Tierra gredosa o limos de color verde, con fajas de arenas gruesas o finas (3-4 metros). Huesos fósiles indeterminables. Musteriense medio de tradición acheulense.

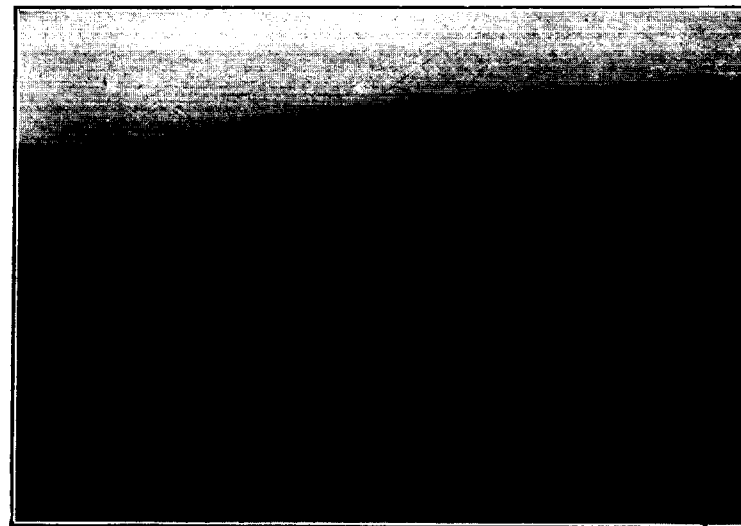
d) Gravillas inferiores, 1-1,5 metros. Musteriense inferior de tradición acheulense.

e) Margas terciarias.

Tejar del Sastre.—Este yacimiento está situado al lado



FOT. 1.—Arenero de las Mercedes



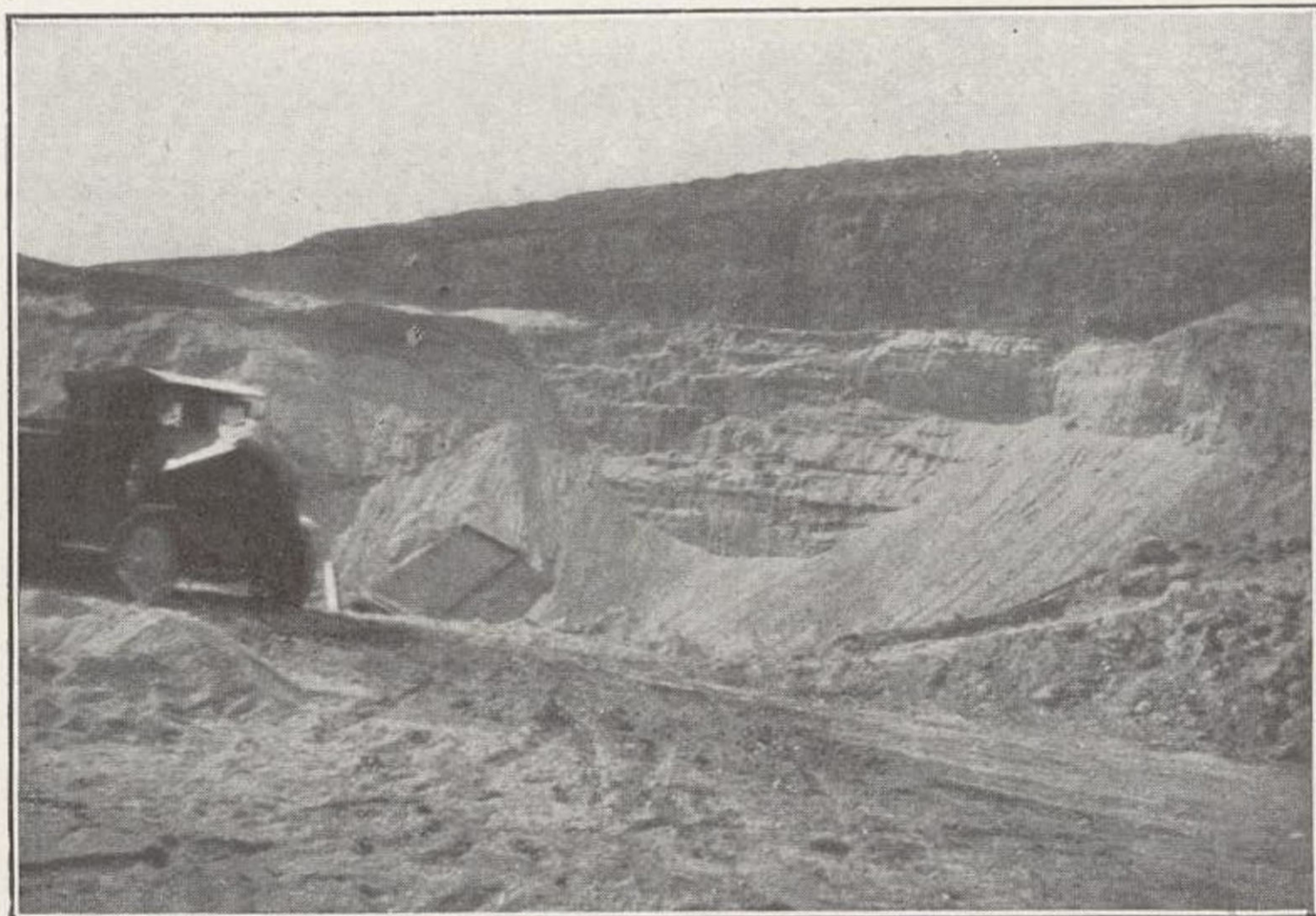
FOT. 2.—Uno de los cortes del arenero de las Mercedes
Fots. J. P. de Barradas



YACIMIENTOS PREHISTÓRICOS DE LOS ALREDEDORES DE MADRID
LÁMINA VI



FOT. 1.—Arenero de las Mercedes



FOT. 2.—Uno de los cortes del arenero de las Mercedes

Fots. J. P. de Barradas

derecho de la carretera de Andalucía, entre el yacimiento de la Casa del Moreno y la bifurcación de la carretera de Villaverde de la de Andalucía, en el kilómetro 6 de ésta, frente al yacimiento de La Perla.

Los cortes están formados por los siguientes estratos:

- a) Tierra vegetal.
- b) Arcilla gris acanutillada, 0,25 a 0,40 metros.
- c) Arcilla gris con granos de arena, 0,50 metros.
- d) Arcilla gris acanutillada, 0,40 a 0,75 metros.
- e) Arcilla gris igual a la c.
- f) Arcilla verdosa, 0,75 a un metro.
- g) Arenas rubias, 0,75 a 1,50 metros.
- h) Limo arcillo-arenoso, de color verde y de espesor variable por aparecer con lentejones.

i) Arenas, con gravillas, 1,00 a 1,5 metros. Principal nivel arqueológico (núcleos discoidales, lascas de desbastamiento, cuchillos, puntas, raederas y hachas de mano de talla tosea). Musteriense inferior de tradición acheulense.

j) Terciario.

La Perla.—Unos cientos de metros río abajo, y en un llano situado entre la carretera y el río, había una cantera abandonada llamada La Perla.

El corte está formado por gravillas y arenas rojas limosas. Entre un montón de gravas extraídas de aquéllas, hemos encontrado un núcleo discoidal biconvexo musterense.

Arenero de las Mercedes.—Nuevo yacimiento situado al lado de la carretera que enlaza las de Andalucía y la de Toledo, no lejos de la finca de D. Ricardo Ferrando. Inédito. Su corte está formado de arriba a abajo por:

a) Tierra vegetal con Neolítico (cerámica de cordones) y Eneolítico.

b) Arcilla oscura desecada en forma de prismas y limo arcillo-arenoso, 0,5 a un metro.

c) Arenas y gravillas (4 a 6 metros) con Musteriense inferior de tradición acheulense (fig. 15). *Elephas* sp. *Equus* (dos especies).

d) Terciario.

Areneros de los Vascos.—Nuevos e importantes yacimientos situados cerca de la cañada de Madrid a San Martín de la Vega. Su corte es el siguiente:

a) Tierra vegetal con Eneolítico.

b) Limo arcillo-arenoso.

c) Gravillas con Musteriense ibero-mauritánico, con puntas sbaikienses (figs. 16 y 17).

d) Terciario.

Arenero de Valdivia.—Inédito. Entre el barrio de Orcasitas y el río. El corte está formado por:

a) Tierra vegetal.

b) Arcilla arenosa oscura con una sepultura eneolítica.

c) Gravillas con Musteriense ibero-mauritánico. *Equus*.

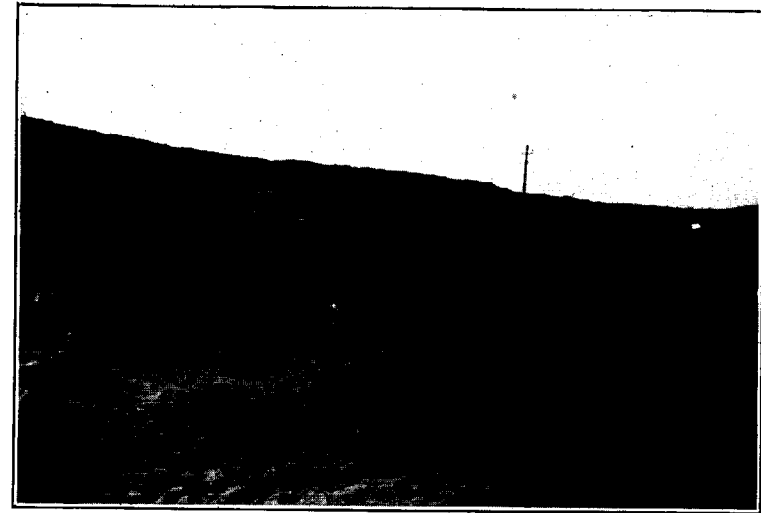
d) Terciario.

Arenero de Esteban.—Inédito. Próximo al anterior; con igual corte y Musteriense ibero-mauritánico en las gravillas.

Areneros del Ventorro del Tío Blas.—Inéditos. Son tres. Su corte, en general, es:

a) Tierra vegetal y tierras grises con restos romanos.

YACIMIENTOS PREHISTÓRICOS DE LOS ALREDEDORES DE MADRID
LÁMINA VII



FOR. 1.—Yacimiento del arenero de Los Vascos

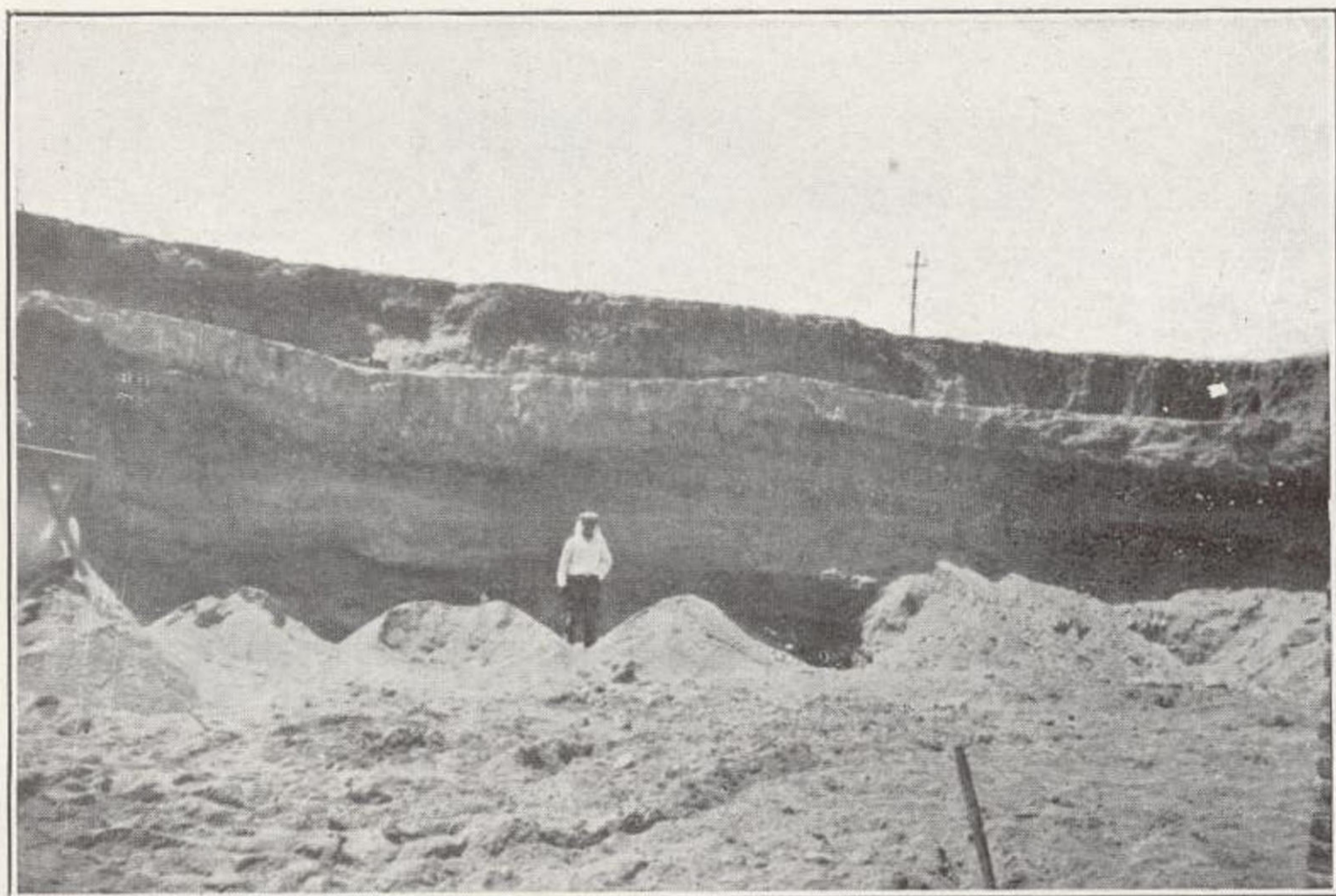


FOR. 2.—Detalle de un corte de gravillas inferiores de la Casa del Moreno

Fot. J. P. de Barradas



YACIMIENTOS PREHISTÓRICOS DE LOS ALREDEDORES DE MADRID
LÁMINA VII



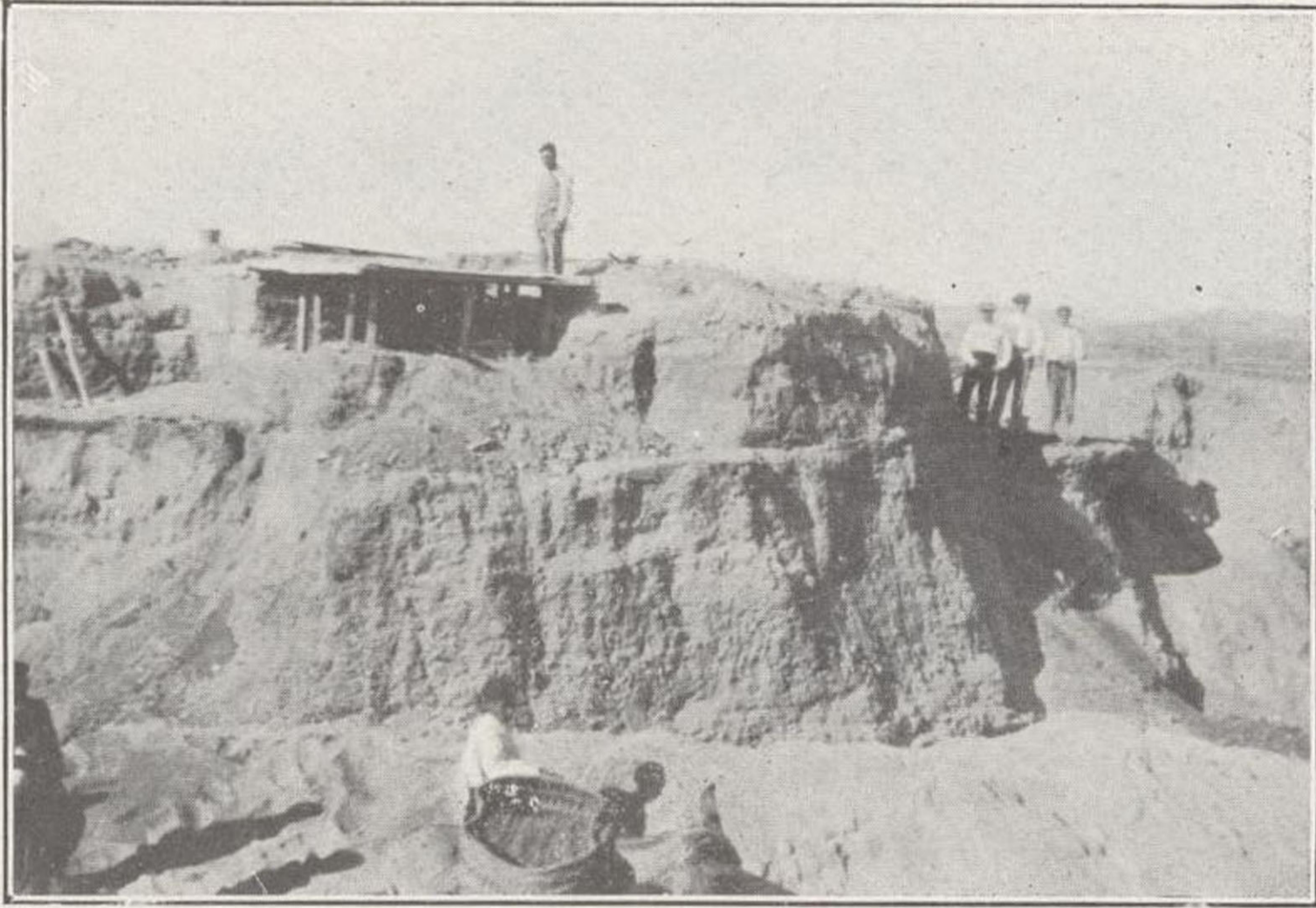
FOT. 1.—Yacimiento del arenero de Los Vascos



FOT. 2.—Detalle de un corte de gravillas inferiores de la Casa del
Moreno

Fots. J. P. de Barradas





FOR. 1.—Arenero del Ventorro del Tío Blas. En la base gravillas con Musteriense ibero-mauritánico: arriba restos de dos villas romanas superpuestas del siglo IV d. de J. C.



FOR. 2.—Mosaico romano del siglo IV d. de J. C. de Villaverde Bajo (Madrid) *Fots. J. P. de Barradas*

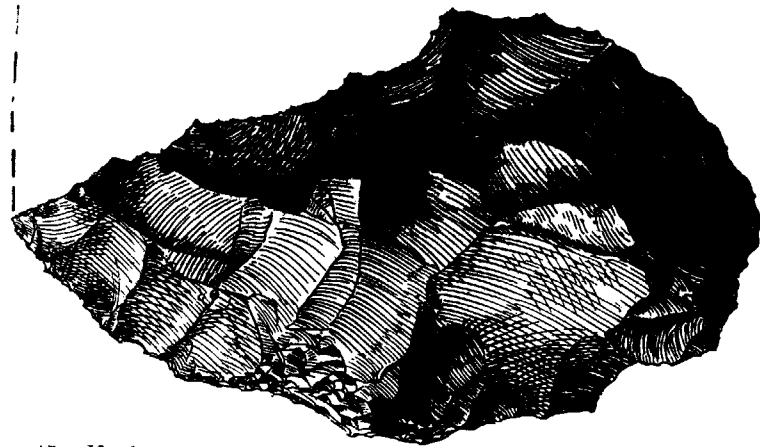
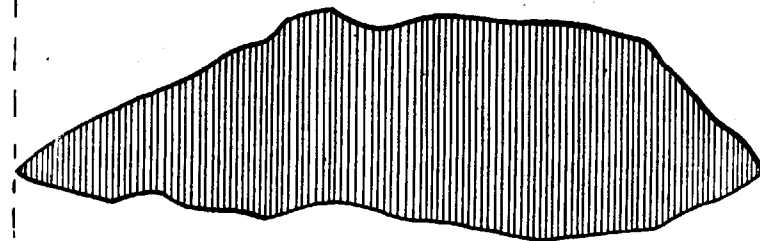


Fig. 15.—Hacha musteriense de las gravillas inferiores de Las Mercedes.
Escala 1:2



En los dos más alejados del camino de Villaverde a Vallecas, han aparecido sólo cerámica y otros hallazgos. En el restante han sido excavados los restos de dos villas,

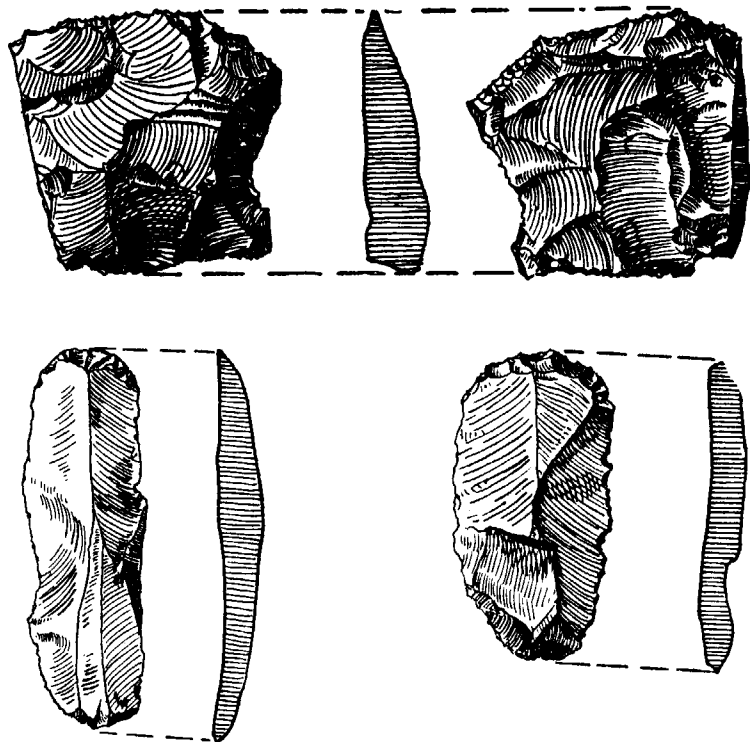


FIG. 16.—Punta sbaikiense y raspadores musteriense del arenero de Los Vascos. Escala 2:3

del siglo IV d. J. C., con dos mosaicos geométricos, una columna de mármol, estucos, ladrillos, tejas, depósitos de agua, cerámica, monedas, objetos de bronce y hierro, etc.

b) Arcilla arenosa oscura. Con dos cuchillos de sílex eneolíticos.

c) Limo arcillo-arenoso.

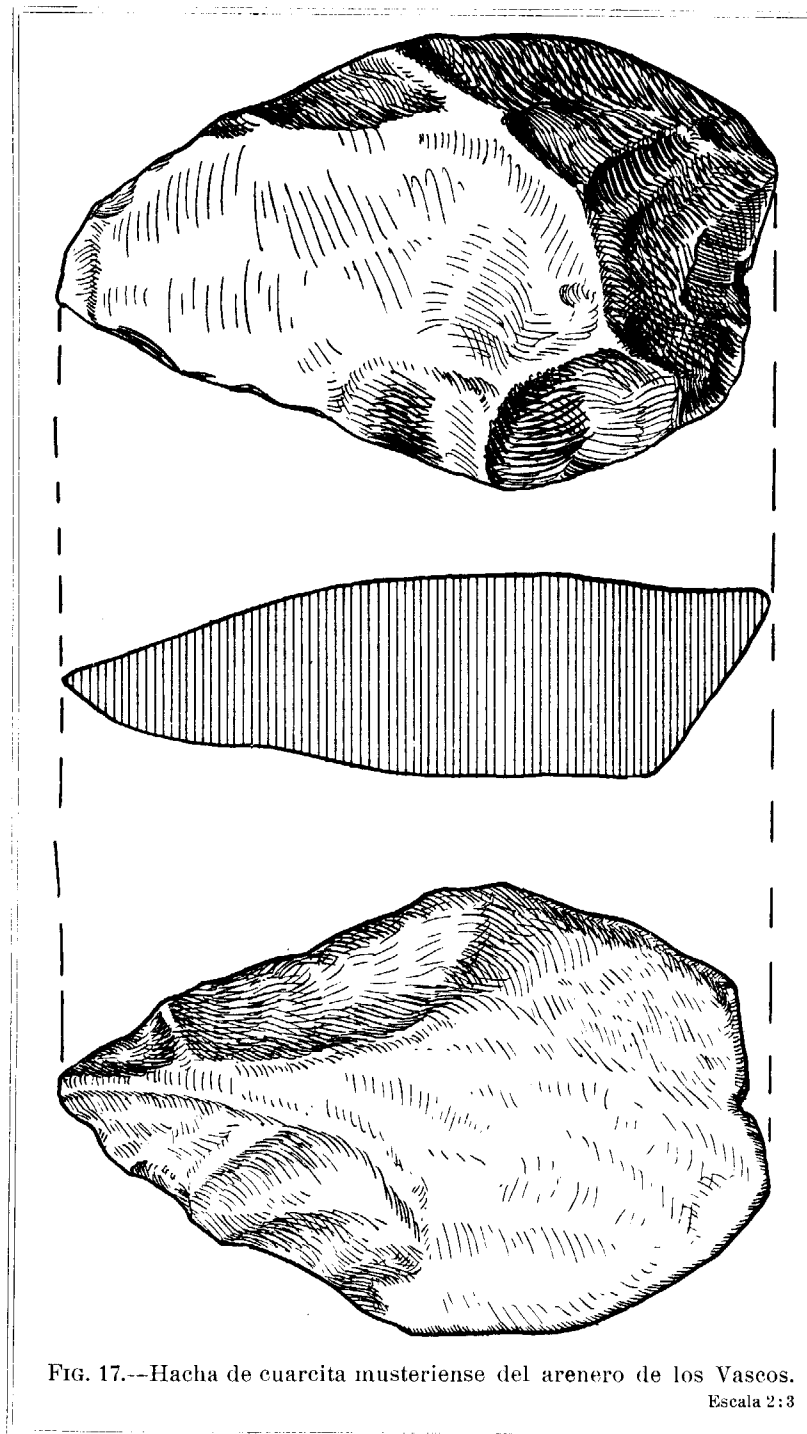


FIG. 17.—Hacha de cuarcita musteriense del arenero de los Vascos. Escala 2:3

d) Gravillas y arenas con *Equus*, *Sus* y *Lepus* y Musteriense ibero-mauritánico, con puntas sbaikienses.

e) Terciario.

Areneros del Puente de Villaverde:

a) Tierra vegetal con restos romanos.

b) Arcilla arenosa oscura.

c) Limo arcillo arenoso.

d) Gravillas y arenas con *Equus* y Musteriense ibero-mauritánico.

e) Terciario.

Colonia del Conde de Valdecilla.—Fondos de cabaña y una sepultura, eneolíticos con cerámica lisa y molinos de mano de granito.

Tejar de Don Pedro.—Está situado detrás de los talleres de la Compañía Euskalduna. Fué descubierto en 1926 por F. Fuidio y otros Profesores del Colegio de Nuestra Señora del Pilar.

Su corte está formado por:

a) Tierra vegetal y arcillas de decalcificación con Eneolítico (puntas de flecha, hachas pulimentadas, molinos, etc.)

b) Limo arcillo-arenoso eólico, con Musteriense.

c) Arenas y gravillas con Musteriense.

Cercanías de la estación de Villaverde Bajo.—Al Suroeste de la estación de Villaverde Bajo, no lejos de la bifurcación de la línea de Toledo de la de Andalucía, y a la izquierda de ésta hubo varios cortes muy interesantes desde el punto de vista geológico y prehistórico.

Los más próximos a la vía estaban formados de arriba a abajo por las siguientes capas:

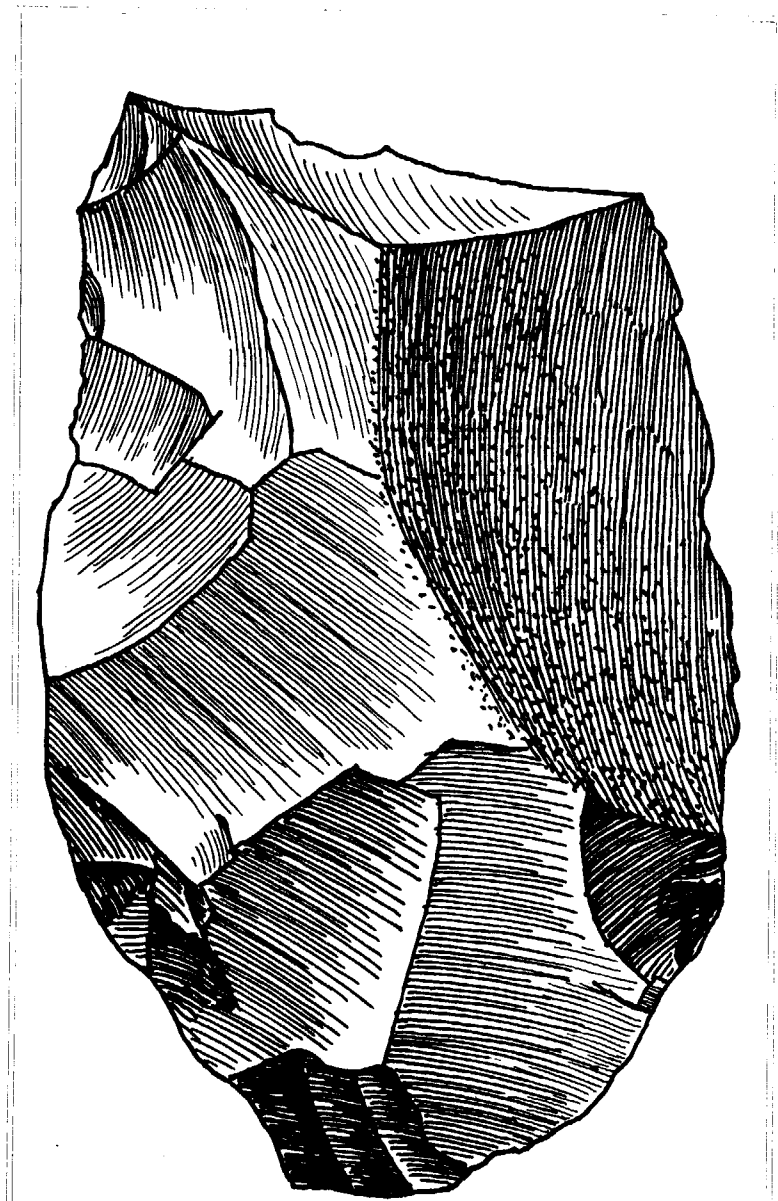


FIG. 18.—Hacha acheulense de los limos verdes inferiores de la Estación de Villaverde Bajo.

Escala 1:1

- a) Arcilla acanutillada de decalcificación.
- b) Arcillas eólicas de color oscuro.
- c) Arcillas arenosas con manchas blancas y calizas de color amarillo y de aspecto eólico.
- d) Limo arcillo-arenoso de color verde (tierra de fundición) en estratos inclinados.
- e) Arenas blancas.
- f) Marga verde compacta, con aspecto de «peñuela», plegada e inclinada.
- g) Arenas blancas.

Todas estas capas pertenecen al Cuaternario.

En el piso e, he recogido una lasca de cuarcita tallada y dos sílex con plano de percusión intacto, y en el nivel d, una hermosa hacha de mano que justifica la edad pleistocena de los pliegues del terreno, de grandes dimensiones, y su punta, rota actualmente, hace pensar en un tipo amigdalóide. Ambas caras son muy abultadas y presentan porciones de corteza. La talla es fina y los planos del lascado poco profundos y extensos. Los bordes son rectilíneos y están retocados. Todos sus caracteres hacen que la consideremos como perteneciente al Acheulense (fig. 18).

También cerca de la fábrica de briquetas de los señores Chavarri, se encuentran cortes formados de:

- a) Tierra vegetal.
- b) Arcilla roja acanutillada, con arena y algún guiño. Presenta fondos de cabaña neolíticos con carbón vegetal, ceniza, cerámica tosca, sílex típicos, huesos de *Bos* y de *Equus*. En otra excursión encontramos restos craneales y molares humanos.
- c) Arenas rubias con gravillas, en absoluto pleistocenas, cuyo espesor, de cinco a seis metros, pudimos apreciar en el pozo.
- d) Margas yesíferas.

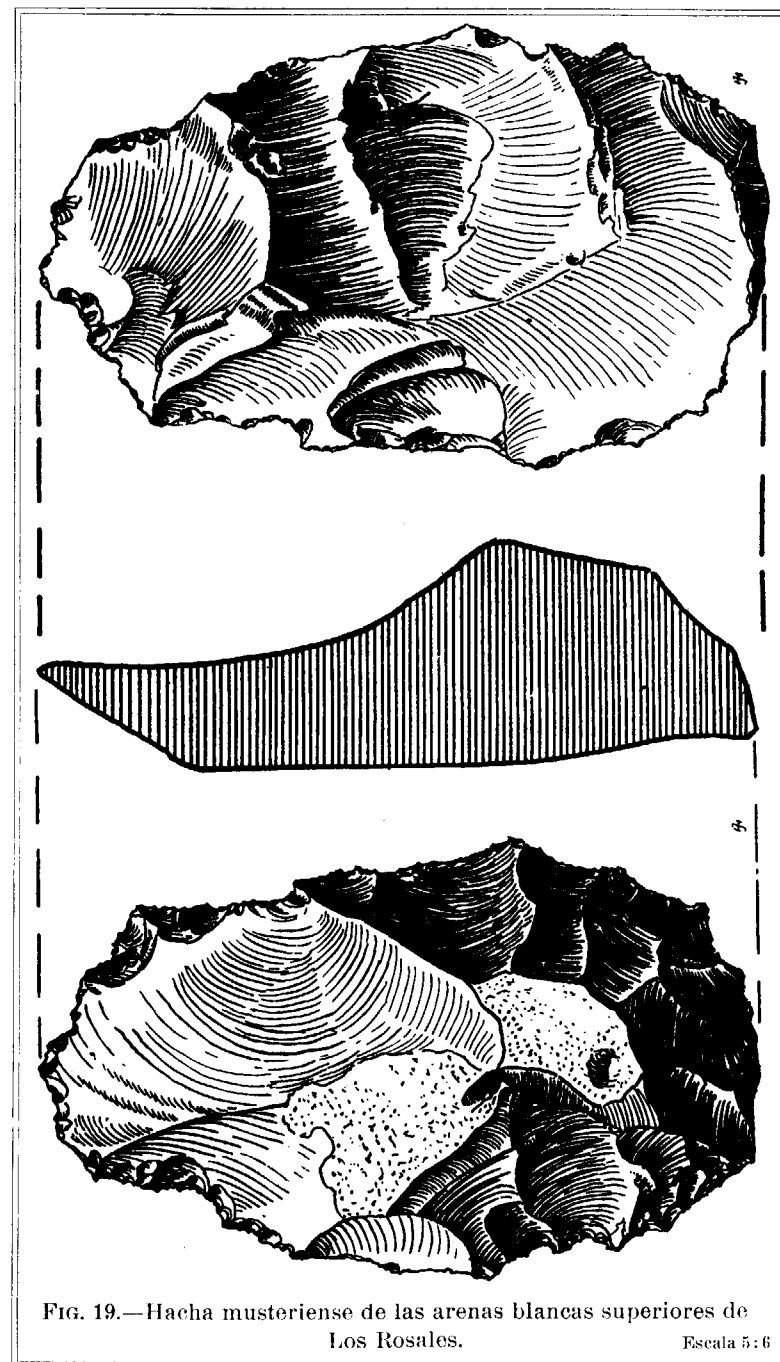


FIG. 19.—Hacha musteriense de las arenas blancas superiores de Los Rosales.

Escala 5:6

En los cortes de un nuevo camino paralelo a la vía férrea, y que aparecen formados por arenas rubias con alguna grava, encontré dos lascas y un núcleo discoidal alargado, y en superficie, en la vaguada del arroyo Butarque, una base de hacha de mano del Paleolítico inferior.

Inmediatamente detrás de la estación, halló don Fidel Fuidio un hermoso molino de granito neolítico.

Tejar de Laborda.—Entre la línea de Toledo y la estación de Villaverde Bajo, especialmente en la parte que mira al arroyo Butarque, hay un yacimiento neolítico de superficie con cerámica tosca y sílex trabajados.

Areneros de Orcasitas.—Uno de ellos, excavado por el Sr. Conde de la Vega del Sella, da la estratigrafía siguiente:

- a) Tierra vegetal.
- b) Arcilla arenosa oscura.
- c) Gravillas y arenas con Musteriense inferior de tradición acheulense, y en la base Chelense.

El otro presenta:

- a) Tierra vegetal.
- b) Arcilla arenosa oscura.
- c) Limo arcillo-arenoso.
- d) Arenas y gravillas. Musteriense.
- e) Limo arcillo-arenoso de color verde.
- f) Gravillas y arenas. Musteriense.
- g) Terciario.

Los Rosales o Las Graveras.—Yacimiento importante visitado por P. Wernert y nosotros en 1920, y estudiado recientemente por D. Eduardo Hernández-Pacheco.

Su corte, según nuestra opinión personal, está formado por:

- a) Tierra vegetal.
- b) Arcilla arenosa oscura.
- c) Arenas blancas con Musteriense inferior de tradición acheulense (figs. 19 y 20).
- d) Limo arcillo-arenoso verde.
- e) Gravillas y arenas con Chelense superior y *Elephas antiquus* y *Bos primigenius*.
- f) Terciario.



Fig. 20. —Punta y raspador musterienenses de las arenas blancas superiores de Los Rosales. Escala 2:3

Cerro del Tomillo.—El Dr. Hubert Deselaers mencionó en 1917 el hallazgo de una bóveda craneal y mandíbula neolíticas. No se conocen detalles sobre las condiciones en que yacían ni si se encontraron vestigios de industria.

Término de Villaverde (margen izquierda)

Cerro Negro (cumbre).—En el comienzo de nuestros trabajos, esto es, en 1918, tuvo lugar la primera excursión a este conocido cerro testigo, que por su situación, dominando el valle del Manzanares, nos hizo suponer la exis-

tencia de yacimientos prehistóricos de superficie. En efecto, encontramos algunas lascas de sílex blanco del Paleolítico inferior, y J. Carballo recogió en nuestra presencia una pequeña hacha neolítica.

Cerro Negro (base).—Con motivo de las obras de desmonte practicadas en este lugar para la construcción de la nueva estación de clasificación, he podido comprobar la existencia de una marga verdosa, de edad cuaternaria, idéntica a la de los yacimientos de las Delicias. Forma grandes bolsones en el Terciario de la base del cerro, pero se distingue fácilmente de las margas verdes sarmatienses.

Los sílex tallados que contiene, son análogos a los de Las Delicias, aunque, por desgracia, amorfos. Sin embargo, pude recoger un cuchillo de dos filos y varias lascas de talla bifacial.

Es probable que muchas de las margas verdosas que se encuentran en los cortes de las líneas de Andalucía y de la estación de clasificación, sean de segunda formación y de edad cuaternaria.

Trinchera de la línea de Andalucía.—En los cortes de la trinchera próxima al kilómetro 5, ha encontrado el señor Vilorio: arriba, «terra sigillata», cerámica pintada de tradición ibérica y un trozo de una estatuita de barro; en fondos más inferiores, puntas de flecha de sílex, hachas pulimentadas y cerámica lisa eneolítica; y, por último, entre las margas cuaternarias de segunda formación, sílex musterienses.

Trinchera de la línea de enlace de las estaciones del Cerro Negro y de Vallecas.—Su estratigrafía es la siguiente:

- a) Tierra vegetal.
- b) Limo arcillo-arenoso rojizo con sílex musteriense.
- c) Marga verde con derrubios terciarios, arenas ferruginosas y manganésíferas y sílex musterienses.
- d) Arenas rojas limosas.
- e) Arenas gruesas blancas o rojas con sílex paleolíticos.
- f) Margas terciarias.

Arenero del camino de Santa Catalina.—Yacimiento situado entre la línea de Alicante y la de la estación de clasificación, frente al kilómetro 6 de aquélla y entre la misma y el camino de Villaverde a Vallecas, en la misma terraza de El Almendro y no lejos de éste.

Sus estratos cuaternarios son los mismos que los de la trinchera inmediata de la línea de la estación de clasificación y el corte orientado al Oeste está formado por los siguientes niveles, de arriba a abajo:

- a) Tierra vegetal, 0,30 metros.
- b) Limos verdosos con Musteriense final de tradición acheulense y huesos fósiles indeterminables, 3,50 metros.
- c) Arenas y gravillas con abundantes huesos fósiles indeterminables, *Equus* y Musteriense inferior de tradición acheulense.
- d) Terciario.

El Almendro.—Fue descubierto este importante yacimiento en unión de mi querido amigo M. Paul Wernert en 1919.

Está situado sobre un acantilado oligoceno a 14 metros de altura sobre el río. Abajo, entre ambos, se encuentran unas huertas y el caserío llamado La Tercera, cuyo nombre se explica por corresponder este nombre a la tercera

sección del antiguo Canal del Manzanares. Un poco más al Sur se halla la Casa Blanca.

Los cortes están formados por las siguientes capas, de arriba a abajo:

a) Tierra vegetal de color claro, humosa y arcillosa con algunos guijarrillos. Cerámica neolítica con incisiones, cordones de barro con impresiones dactilares y tetones, un trozo de encella de barro y molinos, 12-20 centímetros.

b) Gravillas de color oscuro, mezcladas con arena fina y elementos terrosos, 0,50 metros.

c) Arena terrosa, algo oscura, fina y estratificada, 0,35 metros.

d) Gravas análogas a b, 2-3 metros. *Cervus*.

En toda la extensión del yacimiento han aparecido numerosísimos sílex tallados, algunas cuarcitas, núcleos, lascas, puntas-lascas, puntas-raederas, puntas, cuchillos-hojas, cuchillos con dorso curvo, raspadores, perforadores, raederas, lascas Levallois, lascas con muescas y buriles, abundando las hachas de mano, entre las cuales destaca por su talla finísima la alabarda triangular. Esta industria pertenece al Musteriense inferior de tradición acheulense.

Las gravas cuaternarias siguen en dirección Sur en la baja terraza, separados de El Almendro por el barranco del camino de Aceiteros. En ellas encontré con P. Werner en 1919, algunos sílex tallados.

Entre El Almendro y La Gavia.—El Sr. Viloría ha recogido de este sitio dos hachas de sílex patinadas que consideramos como del Paleolítico inferior.

La Gavia.—El yacimiento está situado entre tierras de

labor, cerca de una casa, y a altura superior al acantilado terciario, que bordea el camino de Vaciamadrid.

Los cortes del yacimiento están formados por gravillas y arenas grisáceo-blancuzcas. Al Sur aparecen arenas rojizas sueltas. La base de los cortes del yacimiento está cubierta por derrubios.

Los ejemplares que hemos recogido son: grandes lascas del tipo de Levallois, raederas, perforadores, cuchillos con dorso curvo, puntas, raspadores sobre lasca, algunas hojas con plano de percusión retocado y hachas de mano talladas a grandes golpes y con escasos retoques

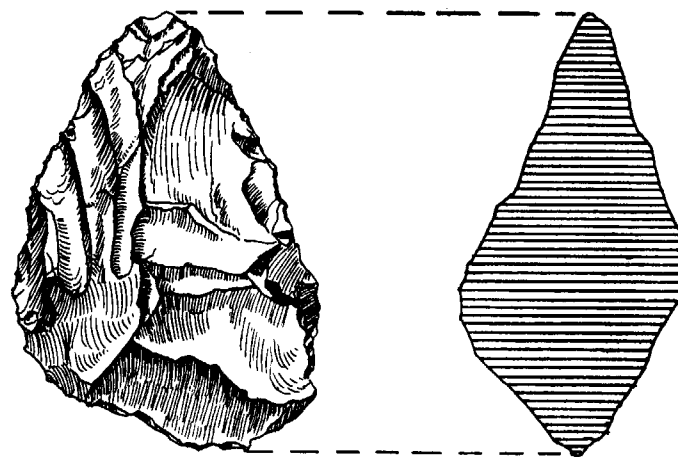


FIG. 21.—Hacha musterriense de las arenas de La Gavia.

Escala 2:3

del Musteriense inferior de tradición acheulense, y no al Musteriense medio de tipos pequeños (fig. 21).

Término de Vallecas

Como procedente de Vallecas, pero sin precisar el lugar del hallazgo, se conoce un vaso campaniforme, que fué adquirido por D. Antonio Vives, y que figura ahora

en las colecciones del Museo Arqueológico Nacional. Su decoración consiste en zonas de rayas verticales rellenas de pasta, que alternan con otras, en las cuales se presenta intacta la superficie del vaso. (Lám.VIII).

Campos entre el Cerro Negro y Vallecas, y campos entre el vértice Palomeras y Vallecas.—Yacimientos de superficie del Paleolítico inferior.

Camino de Los Yeseros.—Entre el paso a nivel del ferrocarril de Madrid a Zaragoza hasta el camino de la Rosilla y la línea de enlace de las estaciones del Cerro Negro y Vallecas, se encuentra un vasto yacimiento paleolítico de superficie.

Trinchera del kilómetro 4 del ferrocarril de Madrid a Zaragoza.—En ella aparece, de arriba a abajo:

a) Arcilla rojiza con arena y sílex abundantes, en su mayoría, con plano de percusión retocado. Sus límites con el nivel b no es muy claro, pues hay una marga blanco-verdosa intermedia, como ocurre en las canteras de sepiolita del Cerro de Almodóvar.

b) Margas magnesíferas con zonas sepiolíticas rosadas, que pasan insensiblemente a

c) Margas verdosas («peñuela») terciarias.

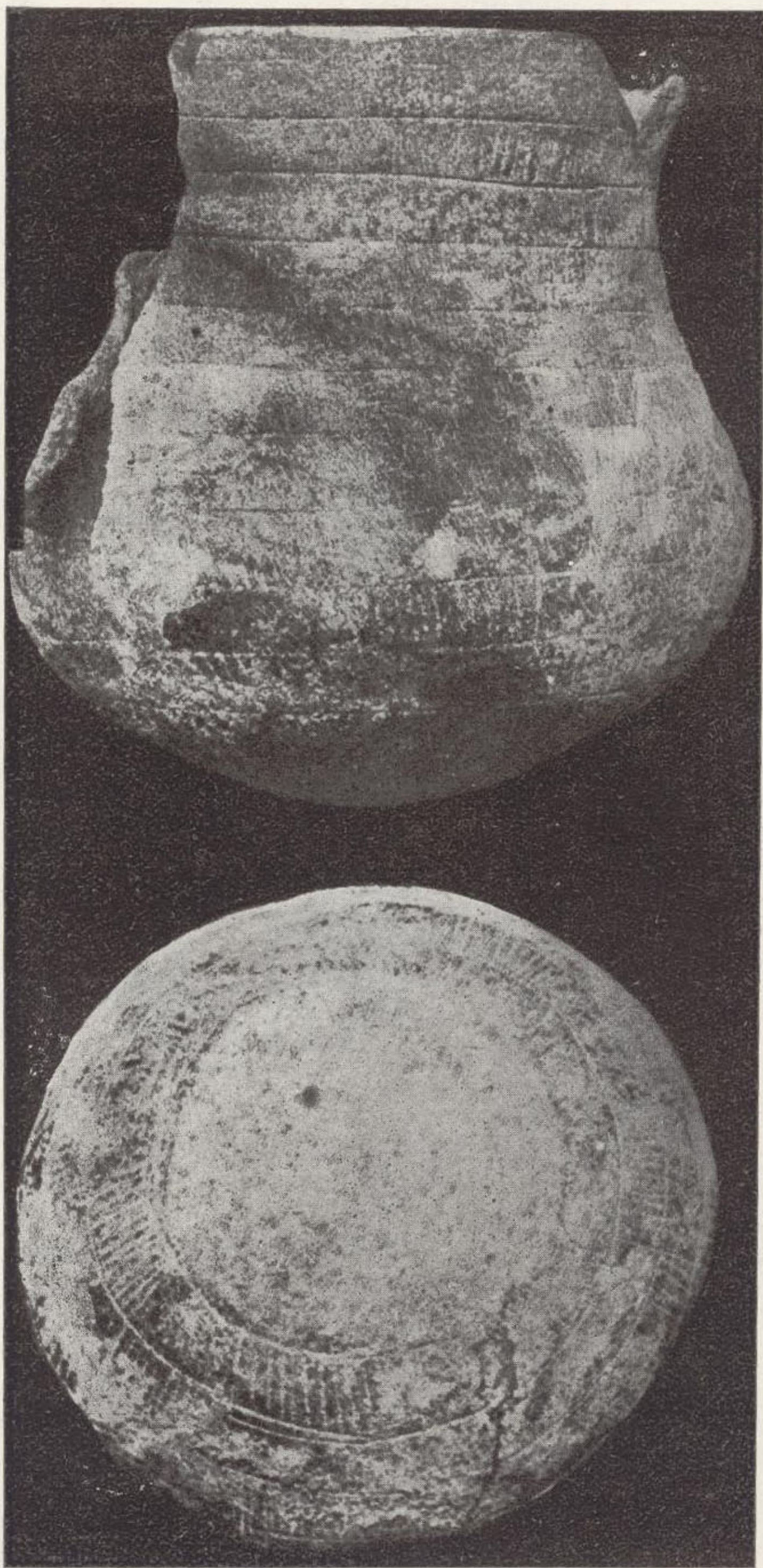
En el final de la trinchera se encuentran grandes nódulos de sílex entre la sepiolita.

Trincheras del ferrocarril de enlace de las estaciones del Cerro Negro y Vallecas.—En las trincheras próximas al valle del arroyo de la Gavia se encuentran cortes formados por:

a) Tierra vegetal.



Vaso campaniforme eneolítico de Vallecas. (Museo Arqueológico Nacional) Fot. P. Bosch Gimpera



Vaso campaniforme eneolítico de Vallecas. (Museo Arqueológico Nacional) *Fot. P. Bosch Gimpera*

b) Arcilla rojiza.

c) Marga blanca.

En todas estas capas hay sílex tallados. De mis recolecciones, que permiten señalar la existencia de lascas con plano de percusión intacto (figura 22) en el nivel c, y fa-

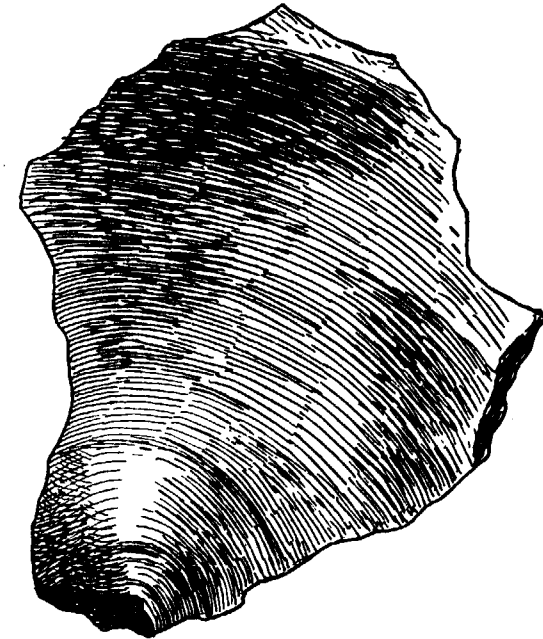


FIG. 22.—Lasca paleolítica de las margas blancas de las trincheras del ferrocarril de enlace del Cerro Negro y Vallecas

Escala 1:1

cetados a la manera musteriense en la b, se deduce un cierto paralelismo con los cortes de la tercera trinchera del ferrocarril de las Canteras de Vallecas.

Cerro de Almodóvar.—Como corresponde a un lugar en que hay bancos de sílex al descubierto, se extiende en sus laderas un yacimiento musteriense de superficie, que fué reconocido en 1916 por H. Obermaier y P. Wernert, y en 1918 por este último y el autor.

Campos situados entre el Cerro de Almodóvar y las canteras del kilómetro 13 de Madrid a Castellón.—En ellos se encuentra otro yacimiento musteriense de superficie descubierto en 1919.

Valle del arroyo de la Gavia (porción superior).—Yacimiento paleolítico de superficie. Merece citarse una punta de cuarcita con aristas muy suavizadas y retoques marginales, encontrada en 1919. Recolecciones posteriores efectuadas con F. Fuidio, permiten fijar la existencia de un vasto yacimiento de superficie del Paleolítico inferior.

Valle del arroyo de la Gavia (porción inferior).—Yacimiento musteriense de superficie, descubierto en 1919 con P. Wernert. Entre los sílex recogidos sobresalen dos núcleos discoidales, dos buriles y dos grandes lascas raederas.

Cerro de La Magdalena.—En el cerro que se eleva sobre la cueva de La Magdalena, que está situada en la margen izquierda del arroyo de la Gavia y próximo a la desembocadura, reconocimos en 1919 con el profesor H. Obermaier y P. Wernert, vestigios de una fortificación prehistórica. Posteriormente, un discípulo del primero, nos entregó un trozo de un vaso fino de forma ibérica, adornado por franjas paralelas pintadas de rojo, y nosotros mismos recogimos otros fragmentos de barro negro lisos, que atribuimos al Neolítico.

Las modernas recolecciones efectuadas con el Sr. Fuidio (F.) nos permiten afirmar—con toda salvedad hasta llevar a cabo las excavaciones—que se trata de una fortificación de la segunda Edad del Hierro, pues se encuen-

tra cerámica estampillada como la aparecida en el cerro de Las Cogotas (Cardeñosa, Ávila) y cerámica pintada ibérica, con círculos.

Canteras de Vallecas.—En una excursión efectuada en compañía de los señores H. Obermaier y P. Wernert en 1919, tuvimos la suerte de descubrir que tienen un alto interés para la ciencia, las canteras de yeso situadas al Sur de Vallecas, así como los cortes de las trincheras del ferrocarril que a ellas conduce.

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 algunas excavaciones pequeñas. Está abandonada. La mayor parte de su corte está constituido por un zócalo de marga 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 decalcificación, de color oscuro y formando canutos.
- c) Arena arcillosa amarilla eólica, con concreciones de caliza y sílex tallados. Su superficie de separación con el estrato b, es horizontal. De uno a cuatro metros de espesor.

Los sílex se encuentran generalmente en los frentes de Este y Norte de la cantera principal, y especialmente en la parte media de la capa b, y casi en contacto con el nivel c.

De los sílex recogidos, en parte *in situ*, citaremos un gran núcleo piramidal alargado y dos raederas 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:

- a) Tierra vegetal, 30 centímetros.
- b) Arcillas de decalcificación, de color pardo oscuro, 70 centímetros.
- c) Capa amarilla formada por arcilla, poca arena y caliza, la que forma concreciones esféricas en su base. 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 4,00 metros.
- f) Yesos oligocenos.

Hemos encontrado, en los estratos d y e, sílex tallados.

En el nivel c del corte de la izquierda, o sea el opuesto al anterior, hemos hallado además de mucho material amorfo, dos azuelas o hachas toscas y un instrumento cortante de talla bifacial.

Las canteras restantes no ofrecen interés. Está formado su corte por margas yesosas y los estratos a, b y c, precipitados.

La última cantera, única en explotación, ofrece un corte de gran altura de margas yesosas, cubiertas por algún 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 sobre los yesos un interesante depósito de dos metros de espesor, de color amarillo; tiene una zona de decalcificación de color rojizo, y se parece al estrato c, precipitado. Contiene arcilla arenosa de cuarzo, caliza y muchas concreciones de caliza de uno a dos centímetros

cúbicos. Es de gran interés la circunstancia de contener sílex tallados en todo su espesor, como también bastantes conchas de *Candidula striata*.

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 cuatro metros de altura.

Transcribiremos aquí la descripción de la misma, ligeramente modificada, publicada en 1921 en unión de los señores H. Obermaier y P. Wernert.

«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 concreciones tienen el tamaño de un garbanzo y son comparables con las «poupeés» 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 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 marga verde oscura («peñuela») con vetas blancas de caliza y de yeso. Este es abundante y pulverulento. La parte superior de esta marga es más blanquecina por contener mayor cantidad de caliza.

»Sucedan al anticlinal capas inclinadas de marga verde, unas poco consistentes y otras muy compactas con arenas glauconíferas. A estos estratos está superpuesto un grueso banco de marga caliza blanca muy consistente, dura en su parte media y algo más blanda en sus porciones superior e inferior.

»Cubre a este banco, formando un sinclinal, otra vez marga verdosa azulada, con estratos de marga blanca y

violáceo oscura, y arcilla arenosa de edad cuaternaria como acreditan los sílex tallados que contiene.

»A los 75 metros de la entrada vuelve a aparecer un anticlinal, formado también por marga verde con zonas de arenas glauconíferas y con marga blanca cuya parte superior se halla sustituida por una faja de arena rubia, con mucho cemento calizo y enorme cantidad de sílex tallados paleolíticos o fracturados por causas naturales.

»Más adelante, entre los 90 metros y los 105, el corte presenta arenas rubias que pasan insensiblemente en su parte superior a marga blanca arenosa, 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 **decalcificación**. Todos estos estratos, y también la tierra vegetal, contienen sílex tallados, extraordinariamente abundantes en las arenas rubias y en la base de la arcilla arenosa superior.

»A los 105 metros reaparecen en la base margas blancas alternantes con capas de marga verde, cubiertas por la precitada arcilla arenosa que contiene muchos sílex tallados.

»El resto de la trinchera está formado por los siguientes materiales, de abajo arriba: marga verdosa o «peñuela», marga blanca y marga azulada (estos estratos terciarios no contienen sílex tallados), marga gris verdosa, arenas rubias, arcillas arenosas amarillentas y tierra vegetal, todos con sílex tallados. Forman anticlinales y sinclinales».

La estratigrafía resumida de esta trinchera con las industrias de los niveles cuaternarios es la siguiente:

- a) Tierra vegetal.
- b) Arcilla arenosa oscura.
- c) Limo arcillo-arenoso de color amarillo con abun-

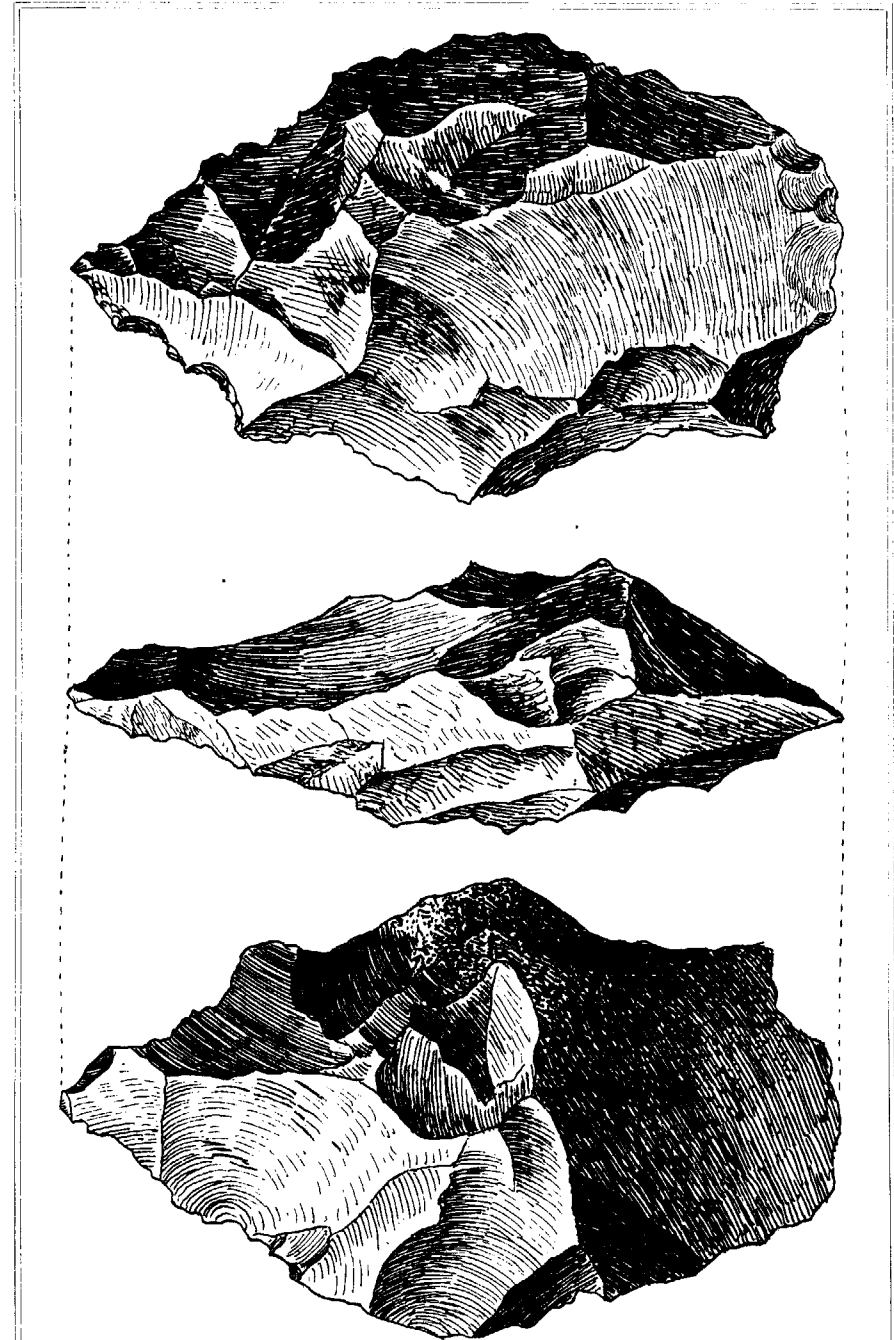


FIG. 23. -Hacha de transición del Acheulense al Musteriense, de las arenas rubias de Las Canteras de Vallecas Escala 2:3

dantísima industria del Musteriense final, de tradición acheulense.

d) Marga blanca arenosa con Musteriense.

e) Arenas rubias con un compacto nivel arqueológico que pertenece a una fase de tránsito entre el Musteriense y el Acheulense.

f) Marga gris verdosa con industria acheulense poco abundante.

g) Terciario.

Las suposiciones del Sr. Royo (J.) de que se trata, en vez de niveles arqueológicos, de gujarros de sílex rotos naturalmente, son injustificadas en absoluto, pues se han recogido hachas de mano (fig. 23), utensilios típicos, cuarcitas talladas, sílex quemado, etc.

Sur de las canteras de Vallecas. —En 1919 encontré allí, con H. Obermaier y P. Wernert, un abundante yacimiento musteriense de superficie. Merecen citarse de nuestras recolecciones, una punta de facha de mano y una racdera.

Casa de Murcia. —Pasada esta casa y siguiendo en dirección del Cerro Redondo, llama la atención encontrar una tierra grisácea con mucho guijo de materiales calizos terciarios, en la que se encuentran abundantes sílex tallados paleolíticos. Aunque respecto a éstos pudiera tratarse de un yacimiento de superficie, el hallazgo de los guijos calizos hace suponer un transporte desde el Este, ya que no afloran en las proximidades, lo que no está en consonancia con la red fluvial actual. Por otra parte, es significativo que si los sílex paleolíticos denunciaran únicamente un yacimiento de superficie, que yació sobre los yesos, hubiera sido destruido y acarreado por las mismas

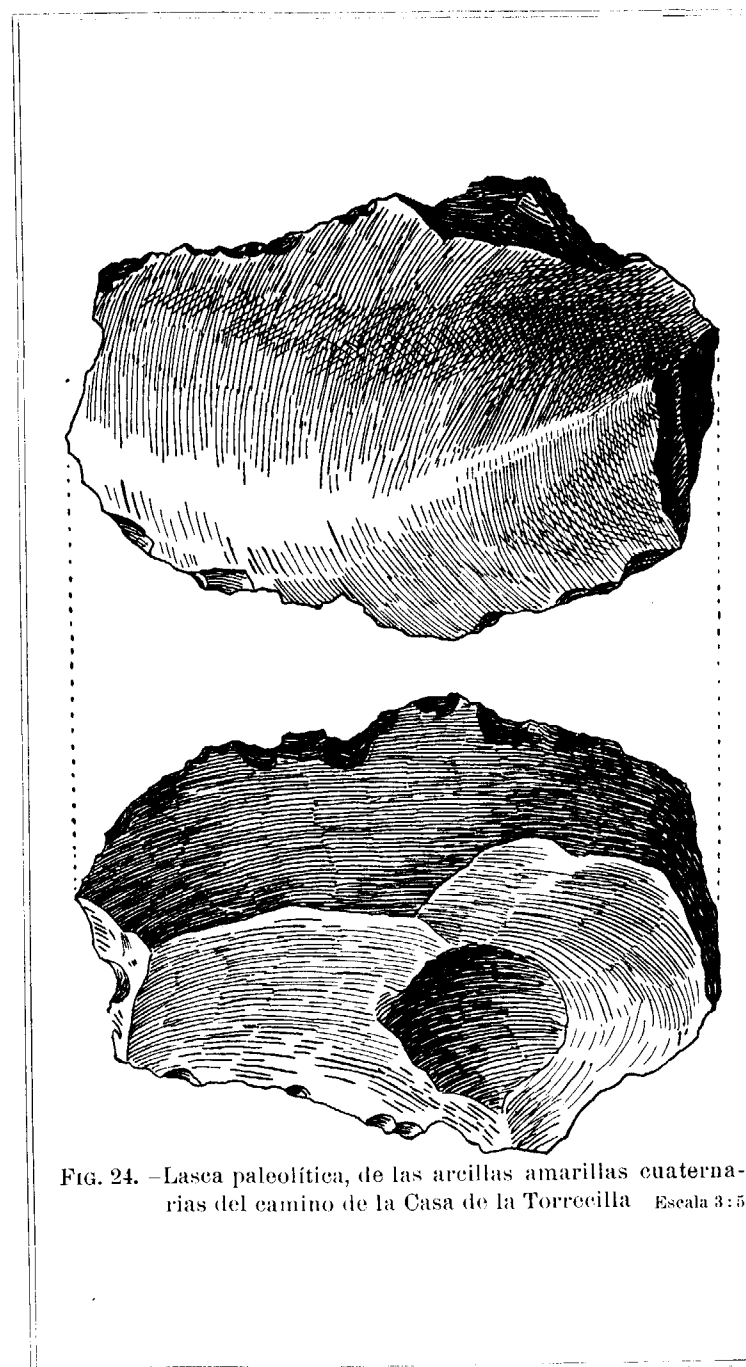


FIG. 24. —Lasca paleolítica, de las arcillas amarillas cuaternarias del camino de la Casa de la Torreçilla Escala 3:5

aguas que descompusieron los yesos y acarrearón los detritos calizos. La confirmación más absoluta de la edad cuaternaria de estos depósitos nos la da un corte próximo al camino de la casa de Torrecilla, en el que, a 0,5 metros de profundidad, encontré *in situ* varias lascas de sílex, indudablemente paleolíticas, en unas arcillas de color amarillo pardusco claro, poco coherentes, con arenas de granos redondeados, con caliza en guijarrillos, nódulos y pulverulenta, formando un reticulado. Entre los sílex tallados presentaremos una lasca grande de sílex de forma rectangular, con bulbo y plano de percusión; este último bifacetado, escasa talla, retoques marginales y huellas de uso. Esta pieza se hallaba en la base del corte y fué extraída por nosotros mismos de su milenario yacimiento (fig. 24).

Este Cuaternario, en dirección a Vallecas adquiere carácter eólico, tratándose de arcillas terrosas algo compactas, de color rojizo pardo, con granos redondos de arena y con caliza en nódulos o terrosa formando retículas.

Camino de Val de la Culebra.—A un kilómetro del pueblo encontré un hacha de sílex de forma triangular, sobre lasca, con corteza en la base, tallada toscamente y de edad probablemente musteriense y otros sílex trabajados (figura 29, a).

Monteviejo.—Entre este lugar y las canteras de Vallecas hay un extenso yacimiento de superficie sobre las arcillas rojas cuaternarias que yacen encima de los yesos. Es de edad musteriense, y destaca en el material recogido un núcleo biconvexo discoidal muy típico.

Cañada Real de las Merinas.—Un yacimiento muy análogo al anterior es el situado entre la subdicha Cañada y

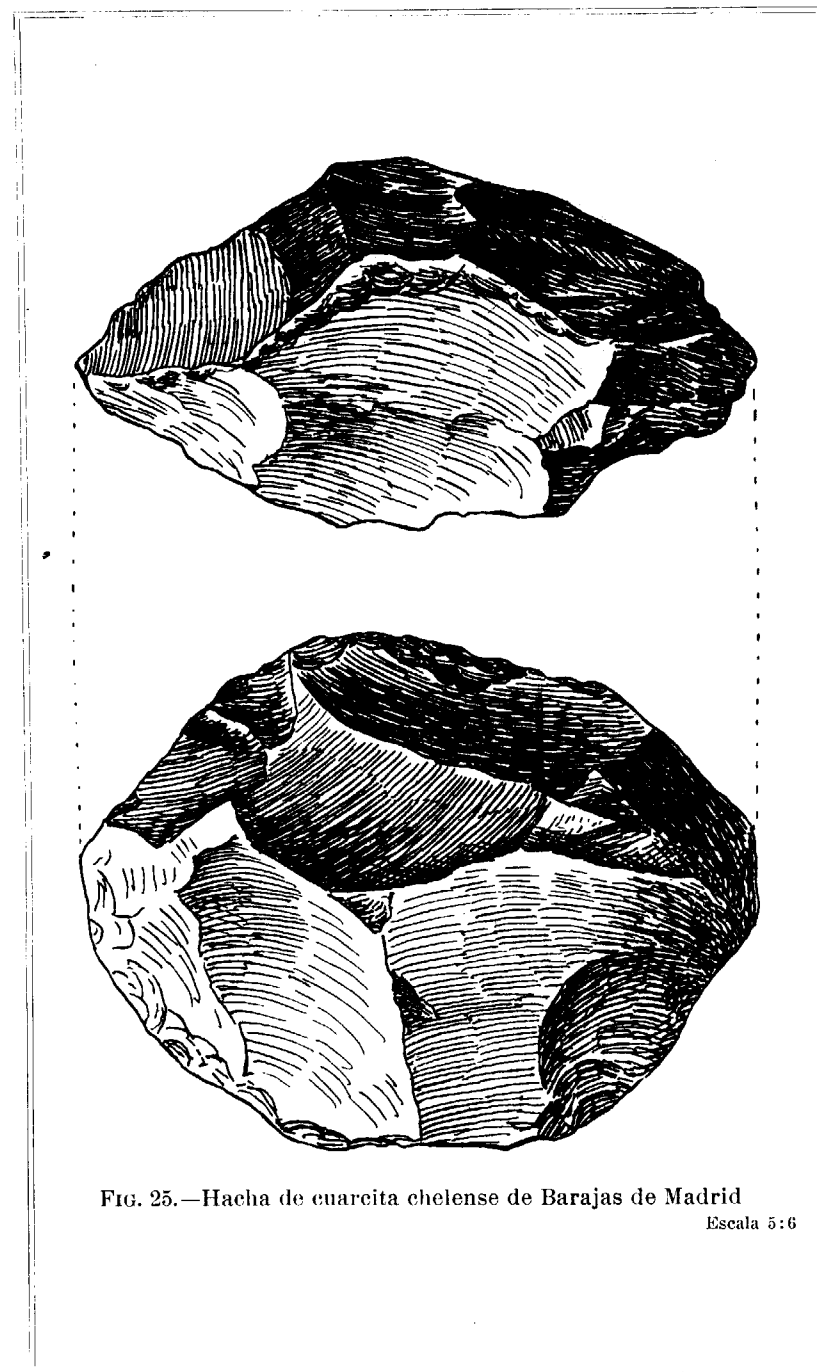


FIG. 25.—Hacha de cuarcita chelense de Barajas de Madrid

Escala 5:6

el Cerro Redondo, también sobre arcillas rojas cuaternarias. En él hallé una raedera musteriense, de cuarcita con retoques escaleriformes en el borde, que se empuña con facilidad.

Entre Monteviejo y la Cañada Real de las Merinas existen también a flor de tierra, sílex tallados, pero poco frecuentes. Entre las piezas recogidas merece citarse un cuchillo con dorso curvo y plano de percusión intacto.

Camino de Valdemina.—Entre la Cañada y el camino citado hay excavaciones de más de un metro de profundidad, formadas de arriba a abajo por:

- a) Limo arcilloso eólico de color oscuro, con sílex tallados y trozos de marga blanca.
- b) Marga caliza con abundantes sílex tallados amorfos. Recogimos uno muy patinado, con talla bifacial y retoques.
- c) Marga verdosa muy caliza.

Este corte es análogo al del centro de la trinchera tercera del ferrocarril de las canteras de Vallecas.

Cañada del Santísimo.—Entre ella y los caminos del Congosto y de la casa de Salmedina, hay un extenso yacimiento paleolítico de superficie, descubierto en 1919 por P. Wernert.

Término de Vicálvaro

Trinchera del kilómetro 6 de la línea del ferrocarril de Aragón.—En la superficie del terreno, y cerca de la trinchera, hallé una punta de hacha tosca y primitiva, con escasa talla, perteneciente al Paleolítico inferior.

Caserio de Ambroz.—Entre él y Vicálvaro existe un ya-

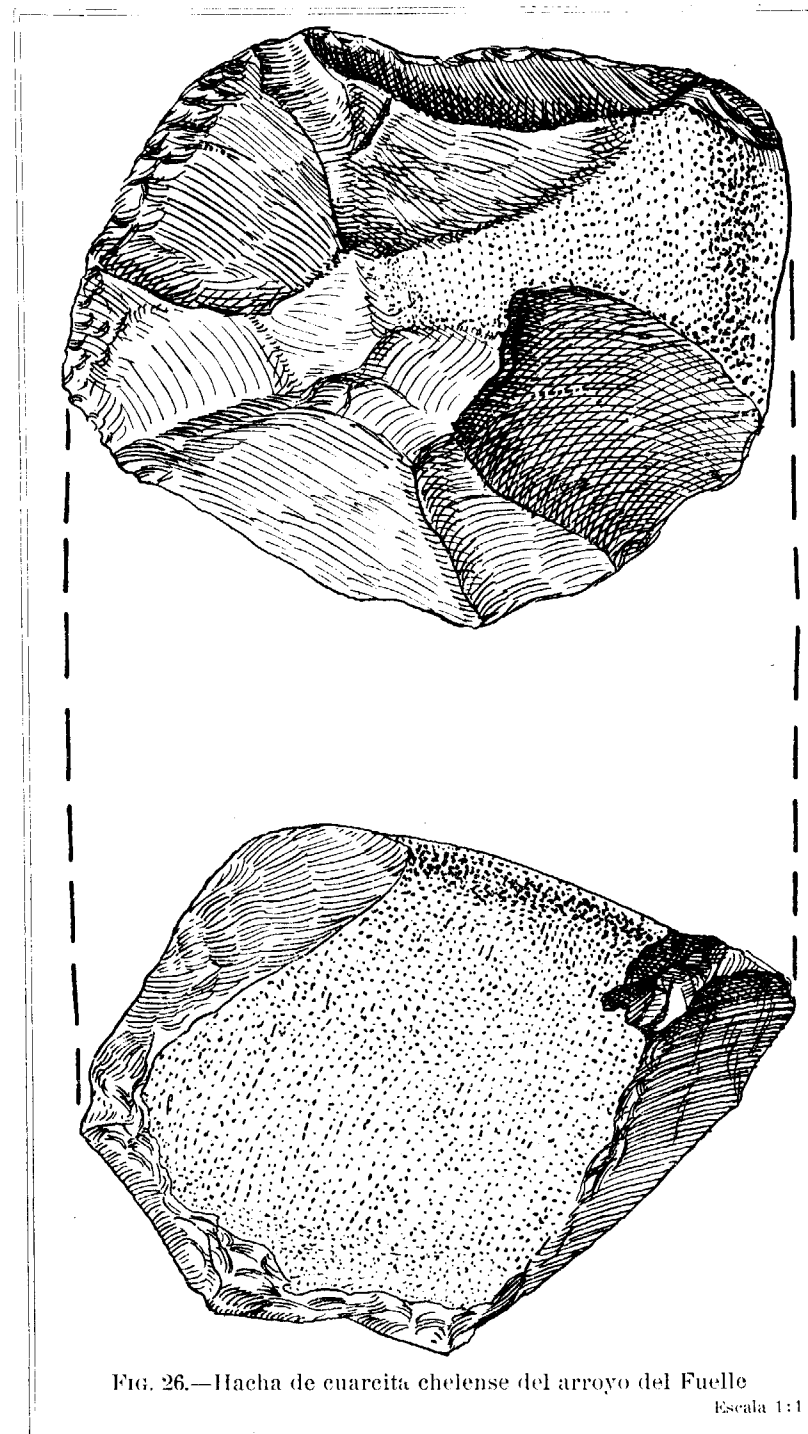


FIG. 26.—Hacha de cuarcita chelense del arroyo del Fuelle

Escala 1:1

cimiento paleolítico de superficie muy extenso. Las lascas tienen plano de percusión intacto.

Trincherá situada entre los hectómetros 8 y 9 del kilómetro 12 de la línea férrea de Zaragoza.—Entre arenas rubias de arrastre lento de segunda formación, encontré *in situ*, sílex musterienses, entre los que merece citarse un buril de un solo golpe y bisel rectilíneo hallado sobre extremo de plano de percusión.

Término de Canillas

Ciudad Lineal.—En la base de las arcillas arenosas oscuras («canutillo») de los cortes del camino de la Cuerda encontró P. Wernert en 1926 una lasca de pedernal paleolítica, muy patinada y con plano de percusión liso.

Tejar de Quintana.—Yacimiento paleolítico de superficie entre la carretera de Francia, el arroyo Calero, el camino del tejear de Quintana y la Colonia de Casas Baratas del siglo XX.

Término de Alcobendas

Las Zorreras.—Yacimiento acheulense con hachas de cuarcita.

Término de Barajas de Madrid

Entre el pueblo y el caserío de los Corralejos.—Un hacha chelense de cuarcita (fig. 25) de superficie.

Arroyo del Fuelle.—Yacimiento chelense, con hachas de cuarcita (fig. 26) de superficie.

Entre la Muñosa y la estación de San Fernando de Henares.—Yacimiento musteriense y acheulense de superficie descubierto por el Sr. Heiss (J.).

Desembocadura del arroyo de Rejas.—Ruinas romanas descubiertas por F. Fuidio. Un hacha pulimentada neolítica.

Término de Paracuellos de Jarama

Huerta de los Frailes.—Al pie de los acantilados hallé

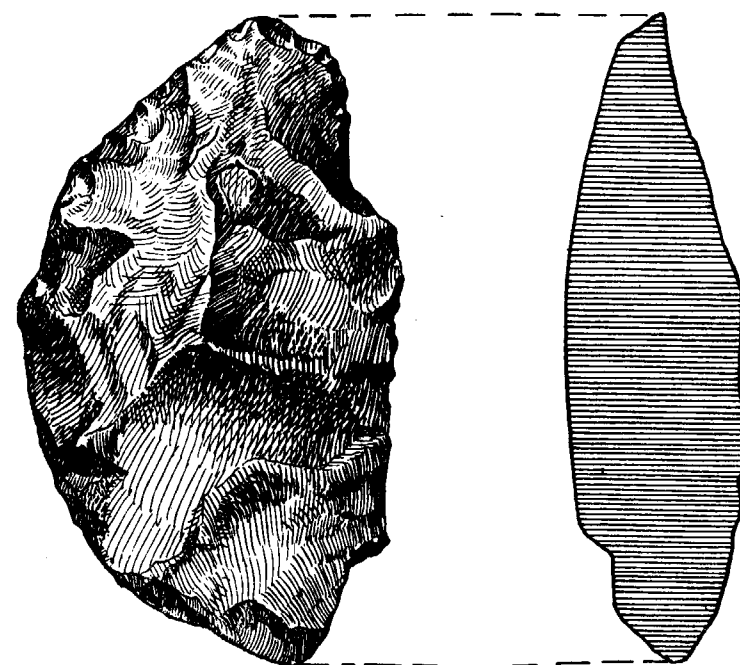


FIG. 27.—Hacha acheulense de cuarcita del N. de la Casa de Garcini
Escala 3:5

en 1927 varias cuarcitas talladas, de superficie, entre las que se destacan dos raederas y un raspador musterienses.

Norte de la casa de Garcini.—Yacimiento de superficie en cuarcita de edad chelense (fig. 27).

Suroeste de la misma.—Yacimiento musterriense de superficie (sílex y cuarcitas).

Las Fuentecillas.—En las gravas de las canteras próximas al kilómetro 17 de la carretera de Madrid a Francia, hallé algunas piezas musterrienses.

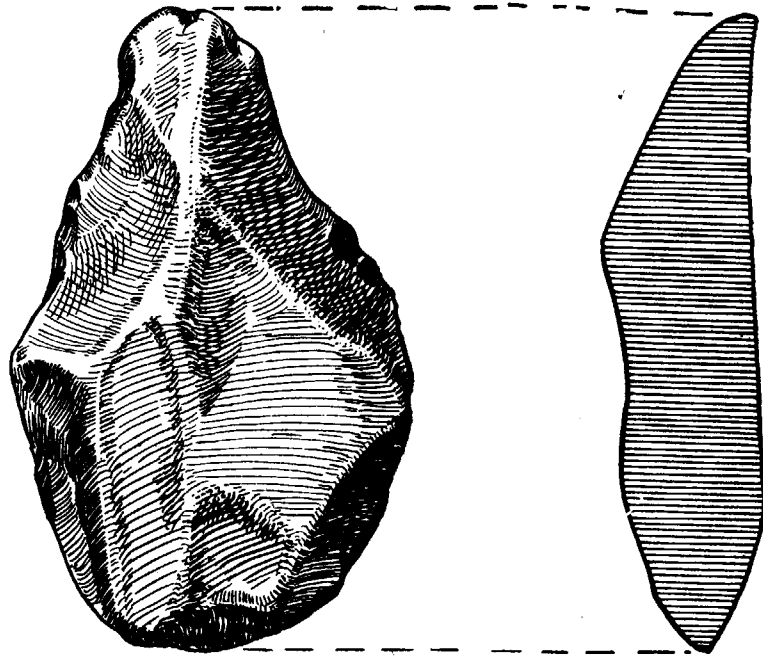


FIG. 28.—Hacha de cuarcita del Paleolítico inferior de San Fernando de Henares

Escala 2:3

Término de Coslada

Sobre el terreno terciario que forma un pequeño manchón al Norte de Coslada a ambos lados del camino de

Barajas, poco después del cruce con el camino del Romero se encuentra un yacimiento de superficie musterriense muy abundante. Allí encontré también un hacha pulimentada neolítica de fibrolita blanca y trozos de cerámica primitiva.

Término de San Fernando de Henares

Entre la estación y el pueblo.—Yacimiento paleolítico de superficie (fig. 28).

Desmontes situados entre los dos puentes.—Restos romanos (cerámica, cristal, etc.), descubiertos por el señor Viloría.

Camino de la Presa.—En cortes próximos a él encontró el señor Viloría fondos de cabaña con cerámica estampillada de la Edad del Hierro.

Cantera del kilómetro 3 de la carretera.—Fondos de cabaña neolíticos y eneolíticos. En 1919 se hallaron: un cuenco de barro muy grueso y toseco, un trozo con incisiones rellenas de pasta blanca, una hoja de sílex y dos hachas de fibrolita. Posteriormente apareció otro vaso pequeño liso y un puñal de sílex (C. Resines) y, por último, F. Fuidio halló cerámica de cordones y un molino de granito.

Cruce de la cañada Real de las Merinas con el camino del caserío de Ambroz a San Fernando.—Allí hay cortes en los que aparecen encima de una marga caliza blanca 30-50 centímetros de arcillas rojizas, con sílex amorfos en su mayoría, pero indiscutiblemente tallados; el plano de

percusión es liso, habiendo algunos, pocos, que lo tienen retocado; también encontré una cuarcita tallada. Entre la cañada referida y la casa de Tillí, donde aparece el Terciario al descubierto, hay un manchón cuaternario formado por arcilla rojiza, con arena y sílex, algunos de los cuales están tallados (núcleos y lascas) y son de edad musteriense. Su espesor es de 0,5-1 metro.

Término de Ribas de Jarama

Estación de La Fortuna.—En sus inmediaciones, principalmente en dirección a Ribas de Jarama, se halla un vasto yacimiento paleolítico de superficie. La mayoría de los sílex tallados son de tipos y técnica musteriense, como demuestran sus formas (hachas, puntas, perforadores y lascas) y el frecuente retoque y facetación del plano de percusión.

Camino de Vicálvaro al Piul.—Al pie del Cerro de Ribas, y a ambos lados del referido camino, hay un yacimiento paleolítico de superficie del Paleolítico inferior.

Proximidades de la estación de Montarco.—Pequeño yacimiento musteriense de superficie sobre el Terciario.

Este de Montarco.—A ambos lados del camino de Ribas de Jarama a Vaciamadrid, se encuentra un yacimiento musteriense de superficie.

Camino de Salmedina a Vaciamadrid.—A ambos lados del mismo, entre el arroyo de los Migueletes y Vaciamadrid, se extiende un yacimiento musteriense de superficie, sobre la vega del Manzanares que está formado en

esta parte por arcillas y arenas y gravillas. Entre las primeras han aparecido *in situ* sílex tallados en los cortes de la desembocadura del arroyo de los Migueles, y en la trinchera de la línea férrea de Madrid a Aragón, próxima a la estación de Vaciamadrid. También se han recogido sílex tallados *in situ* en las arenas y gravillas del Canal del Manzanares, entre el arroyo de los Migueles y Vaciamadrid.

Arenero del kilómetro 19 de la carretera de Madrid a Castellón.—Sus cortes están formados de arenas rubias o blancas con gravillas, cubiertas por arcillas amarillas o grises; entre las primeras recogí, en 1924, algunos sílex tallados con plano de percusión intacto (fig. 29, e) y un hacha de mano muy tosca. Es de sílex, de forma groseramente rectangular, muy gruesa, de talla tosca, muy patinada y con escasos retoques marginales, que más bien parecen huellas de uso. Es probable que estemos en presencia de un yacimiento paleolítico chelense.

Cerros del Piul.—En la vertiente meridional de estos cerros, que dominan los valles de los ríos Manzanares y Jarama, he recogido en la superficie del Terciario trozos de cerámica neolítica y paleolitos musterienses. Entre estos citaré un sílex con huellas de fuego, una punta tosca, varias lascas y un cuchillo sobre hoja.

Término de Getafe

Camino alto de Los Llanos.—En los campos situados entre este camino y la vereda de la Belejona, recogieron H. Obermaier y P. Wernert, en 1915, un lote de sílex ta-

llados muy patinados y suavizados por el roce con arenas, constituido por discos, lascas, puntas y raederas del Paleolítico antiguo.

Camino del Espinillo.—A ambos lados del mismo, y cerca del pinar de Perales del Río, se halla un yacimiento paleolítico de superficie, del que procede una punta de sílex de aristas muy suavizadas y talla descuidada.

Cerro de los Angeles.—Está formado por margas terciarias («peñuela») cubiertas en su cumbre por sílex, sepiolita y calcedonia. En algunos sitios, especialmente en la vertiente Este, aparece un manto de pequeño espesor de arcillas eólicas como las del cerro de Almodóvar (Vallecas). Como es natural, con la existencia de bancos de sílex coincide el que sobre sus laderas Suroeste y Noreste haya un yacimiento musteriense de superficie, que fué reconocido en 1915 por H. Obermaier y P. Wernert, y en 1916 por E. Hernández Pacheco y J. Royo.

Camino de Pinto a Getafe.—Viniendo del pueblo primeramente citado, después de cruzar el arroyo Culebro y de bajar de los cerros terciarios que forman la vertiente izquierda de su valle, se encuentra una marga gris-verdosa, análoga a la de Pinto, con guijos de caliza magnésiana y sílex tallados paleolíticos aunque poco típicos.

Camino de Perales del Río a la casa de la Torrecilla.—Yacimiento musteriense de superficie. Merecen citarse dos hachas de sílex de pequeño tamaño (fig. 29, *b* y *d*).

Casa de la Torrecilla.—Un buril de sílex blanco y varias piezas *in situ* entre arenas rojas, fueron descubiertas con P. Wernert en 1919.

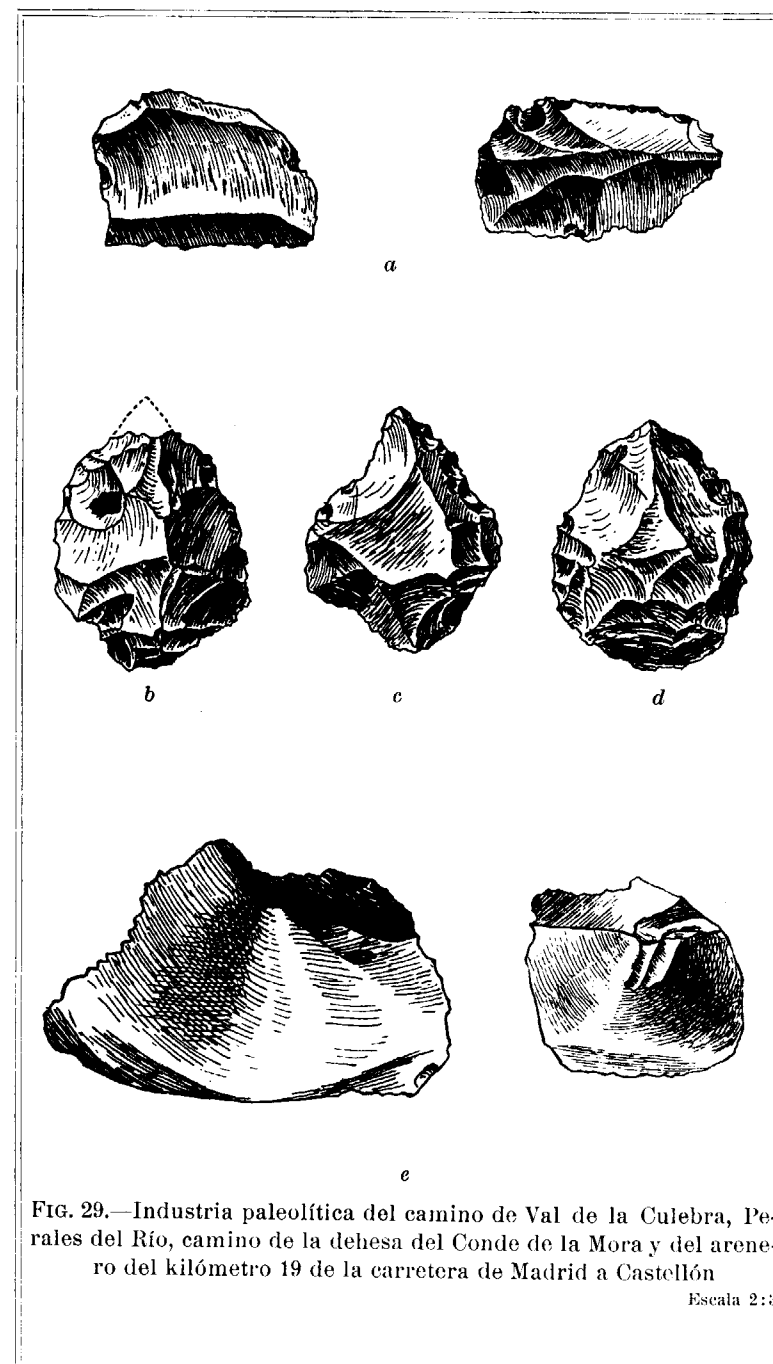


FIG. 29.—Industria paleolítica del camino de Val de la Culebra, Perales del Río, camino de la dehesa del Conde de la Mora y del arenero del kilómetro 19 de la carretera de Madrid a Castellón

Escala 2:3

Vaguada del Río Manzanares, entre la casa de la Torre-cilla y la desembocadura del arroyo Culebro.—Pequeño yacimiento paleolítico de superficie.

Trinchera de la Carretera de San Martín de la Vega a Perales del Río.—En una próxima al valle del arroyo Culebro he extraído de las arenas cuaternarias varios sílex paleolíticos que yacían *in situ*.

Cañada de San Marcos.—En un corte próximo al arenero del Olivar de la Granja, encontré hace varios años restos de la boca de un tinajón, hoy reconstituída, de barro negro, con adornos estampillados. Para unos especialistas a quienes he consultado era de la Edad del Hierro, otros visigoda. Los hallazgos del Sr. Cabré en Las Cogotas (Ávila) y los realizados en el cerro de la Gavia, me deciden a considerarla como perteneciente a la segunda Edad del Hierro.

Arenero del Olivar de la Granja.—Frente a este olivar y cerca de la unión del camino de los Corralejos con la Cañada de San Marcos, existen cortes abandonados de un arenero, formados por las siguientes capas:

- a) Tierra vegetal, 0,10 metros.
- b) Arcilla oscura acanutillada, esto es, desecada en forma de canutos, 0,90 metros.
- c) Arenas rojas limosas, de materiales procedentes de la Sierra del Guadarrama y parecidas a las de San Isidro y otros yacimientos de los alrededores de Madrid, 2,70 m.
- d) Arenas gruesas, blancas, con guijos, principalmente de caliza, 0,40 metros
- e) Arenas blancas de granos de tamaño medio, empastados por caliza, 0,40 metros.

f) Arenas rojizas gruesas, 0,80 metros visibles. No aparece al descubierto la base terciaria.

Los niveles e y f contenían sílex tallados entre los que sobresale un hacha de sílex pequeña y gruesa de forma subtriangular, que pertenece al Musteriense medio de tipos pequeños.

Camino de La Granja.—En la parte próxima al arroyo Culebro hay un yacimiento musteriense de superficie.

Margen derecha del arroyo Culebro.—Entre la cueva Cuniebles y la carretera de Madrid a San Martín de la Vega se extiende otro yacimiento musteriense de superficie. Merece mencionarse un hacha discoidal con plano de percusión retocado ligeramente.

Término de Fuenlabrada

Entre el camino alto de Fuenlabrada a Getafe y el camino bajo he encontrado varias lascas paleolíticas, de sílex, una de ellas con un grueso bulbo de percusión.

Término de Parla

Cerros de las Cantueñas o Alcantueñas.—En la ladera meridional y cerca de la cumbre recogió el señor Fernández Navarro un hacha de mano que clasificó como chelense. Es de sílex de color melado muy trasluciente, con bordes sumamente cortantes. Sus dimensiones son nueve centímetros de longitud por ocho de ancho en la base y la arista central de la cara superior no dista en algún punto menos de tres centímetros de la cara opuesta, lo cual le da un espesor considerable.

Camino de Fuenlabrada a Pinto.—Al lado del camino y cerca del cruce con la carretera de Toledo halló el señor Fernández Navarro entre las tierras de edad cuaternaria sacadas de una noria, hoy abandonada, un cuchillo-raedera paleolítico.

Camino de Parla a Pinto.—En los campos situados a ambos lados del mismo, después de pasar la estación de la línea férrea, se encuentra un vasto yacimiento musteriense de superficie. Fué reconocido en 1919 en unión de P. Wernert. Entre los sílex recogidos destacan uno con huellas de fuego, varias raederas con plano de percusión facetado, un buril sobre bloque pequeño, un núcleo discoidal, etcétera. También hemos hallado una cuarcita tallada.

Término de Pinto

Camino de Parla a Pinto.—A partir del cruce del camino de las Olivas viniendo del primero de los pueblos citados, está formado el terreno por una marga verdosa algo arenosa, terrosa y poco consistente análoga a la de Las Delicias, Cerro Negro y trinchera de la línea de enlace de las estaciones de clasificación del Cerro Negro y de Vallecas. En la superficie de las mismas encontré en 1919 con P. Wernert un hacha de mano acheulense, de forma ovalar y de 16 centímetros de largo, 10 de ancho y 8 de espesor máximo. Está tallada en sílex de mala calidad. Tiene dos pátinas, una negruzca y otra grisácea, lo cual indica que fué usada en dos épocas distintas. La talla está hecha a golpes de percusión relativamente cortos y abundan los retoques escaleriformes marginales. Los bordes cortantes son casi rectilíneos.

Pinto (alrededores del pueblo).—Entre el pueblo y el kilómetro 2 de la carretera de Madrid a Andalucía, se encuentra entre margas verdes cuaternarias un yacimiento paleolítico *in situ* de edad acheulense. Fué descubierto en 1919 en unión de P. Wernert.

Pinto (pueblo).—En 1919 encontramos P. Wernert y yo una cuarcita tallada muy interesante. Está tallada en una gruesa lasca, sacada de un gran guijarro del que conserva en el talón su superficie natural. Frente a éste, muestra un filo cortante transversal con retoques de raspador y en el borde derecho retoques de raedera. Esta pieza recuerda tipos del Norte de la Península Ibérica, del Musteriense de tradición acheulense.

Carretera de Pinto a San Martín de la Vega.—Entre el pueblo y los cerros terciarios, se halla un yacimiento musteriense de superficie.

Camino de los Hornos.—A uno y otro lado del mismo, existe un yacimiento musteriense de superficie. Es notable una punta pedunculada encontrada, en 1924.

Vereda de Canto empinado.—Yacimiento de superficie, del Paleolítico inferior.

Camino de la Dehesa del Conde de la Mora.—A ambos lados del mismo, existe otro yacimiento paleolítico de superficie. Del material recogido en 1919 con P. Wernert, destacan las siguientes piezas: un hacha de sílex de color gris y tipo triangular, tosca y gruesa, con bordes sinuosos, tallada bifacialmente y con un plano de percusión muy vasto, que pudiera ser un plano de fractura retalla-

do; un hacha de sílex, reutilizada como raedera; una lasca del tipo de Levallois, con retoques marginales y plano de percusión extenso y retocado, y una punta con pedúnculo rudimentario (fig. 29, c).

Cueva Cuniebles.—Está situada en el valle del arroyo Culebro, en un pequeño acantilado de margas yesíferas. La entrada tiene lugar por un sendero que la pone en comunicación con la parte superior de aquél. Está dividida en tres compartimentos producidos artificialmente. Su forma y huellas de trabajo son antiguas, siendo posible que se trate de una cueva artificial, como las que se ven en Perales del Tajuña. Es probable que, como las de esta localidad, sea medieval.

Término de Valdemoro

Saliendo del pueblo por el camino de Parla, se pasa primero por cerretes formados por margas blanquecinas con sepiolita y por margas verdes (peñuela). Más adelante se halla una arcilla rojiza cuaternaria que en algunos sitios alcanza un gran espesor. En unos cortes aparecen arriba 1,00-1,50 metros por término medio de arcilla rojiza o gris y abajo arenas y guijarros de marga caliza y cuarzo con sílex, algunos con talla musteriense. Conforme nos acercamos al valle, seco afluente del arroyo Culebro, se reduce el espesor del Cuaternario y debajo de las arenas aparecen las margas terciarias. Buscando en los campos inmediatos al camino, encontramos sílex y cuarcitas tallados atípicos, algunos de los primeros cuarteados por el fuego.

IV

LAS INDUSTRIAS PREHISTÓRICAS DE LOS ALREDEDORES DE MADRID

En 1924 establecí por vez primera, después de seis años de trabajo (1918-1924), la estratigrafía del Paleolítico madrileño, merced a un estudio de conjunto de las industrias y al de la superposición y concordancia de las capas en los distintos yacimientos. Este bosquejo fué ampliado en el trabajo que publiqué con el profesor Obermaier sobre las facies del Musteriense (1924).

No cabe duda, que los resultados a que llegamos eran bien extraños, pero a pesar de las dudas emitidas, los he visto comprobados por otros cinco años de investigaciones (1924-1929). Las líneas generales siguen siendo las mismas. Sólo han sufrido cambio el Acheulense inferior que colocábamos sobre el Chelense. Una y otra industria son idénticas y corresponden a un Chelense superior. También ha sido modificado bastante, cuanto he manifestado hasta ahora sobre Neolítico, Eneolítico, Edades del Metal y Época Romana.

Chelense superior.—Se distingue por su aspecto tosco, su estado de conservación, su pátina profunda de colores oscuros, rojo, pardo, amarillo, etc., su lustre intenso y la suavización extraordinaria de las aristas y filos.

Sus formas toscas y poco perfectas, están talladas a grandes golpes, y los retoques son poco frecuentes. En su casi totalidad las piezas están talladas en sílex, pero hay algunas hachas y lascas de cuarzo y cuarcita.

Los núcleos son amorfos y de grandes dimensiones. En ellos se aprecian planos negativos irregulares de lascas cortas no muy anchas. Hay algunos percutores de cuarcita y sílex.

Las lascas son de grandes dimensiones y conservan grandes porciones de la corteza primitiva del nódulo. Los retoques marginales son poco frecuentes. Existen utensilios fortuitos.

Los cuchillos presentan un dorso protector preparado artificialmente, opuesto al cual, se halla un filo cortante.

Los bloques amorfos de talla bifacial, son característicos de esta industria y representan el último grado de utilización de los núcleos. Son pequeñas piezas talladas sobre ambas caras, y en algunos casos representan raederas, raspadores o puntas casuales.

Las raederas son muy primitivas, y así mismo los raspadores, que son muy raros.

Los taladros son muy abundantes, y las puntas gruesas y primitivas están muy lejos de ser tipos perfectos.

El tipo clásico del Chelense son las hachas que están talladas en nódulo. Son toscas y conservan corteza en el talón, que suele ser grueso y ancho. Los bordes cortantes son sinuosos dependientes de la mayor o menor perfección de la talla. En San Isidro han aparecido tipos chelenses. Nos limitaremos a figurar dos hachas de dicho yacimiento aparecidas últimamente (figs. 4 y 5). Entre los materiales del yacimiento de las Vaquerías del Torero, hay algún hacha tosca de cuarcita formada por medio guijarro y tipos cordiformes. Las hachas del Parador del Sol están

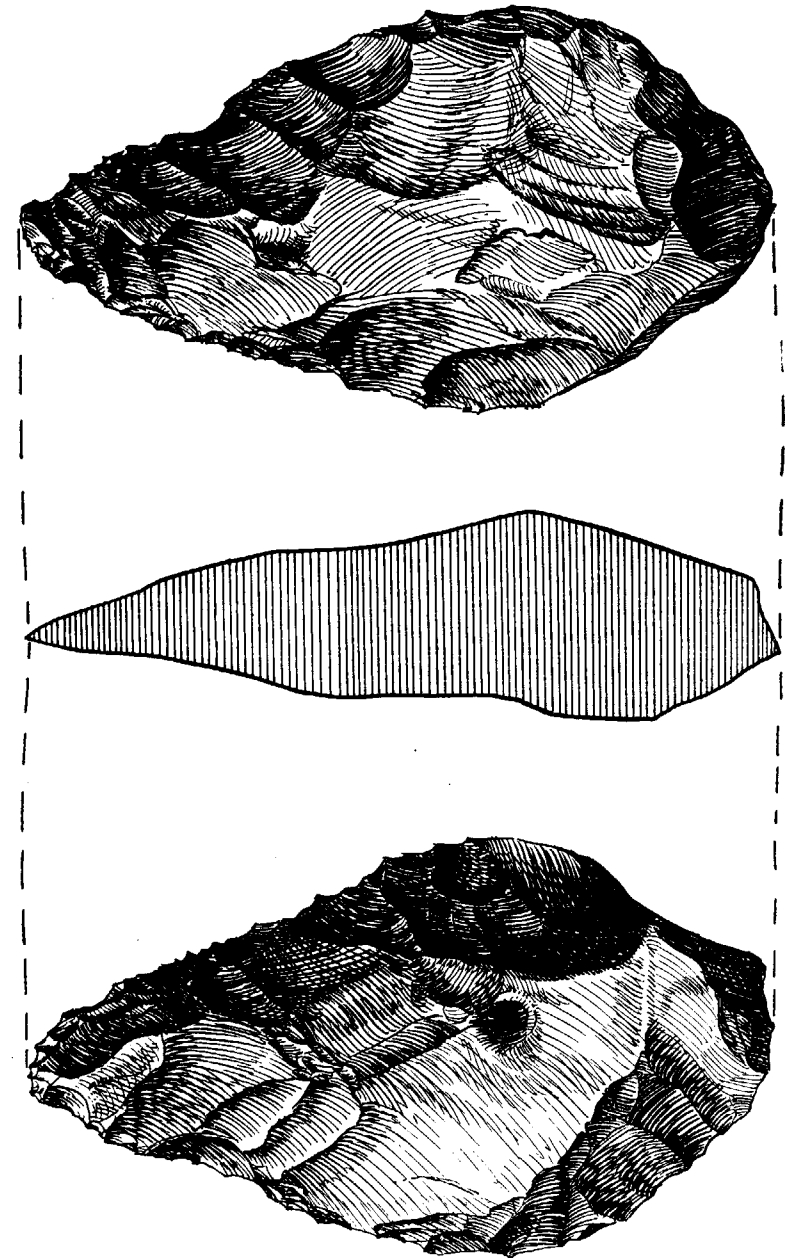


Fig. 30.—Hacha del Chelense superior de las gravas inferiores del arenero de San Antonio. Escala 5:3

talladas en sílex y son muy típicas, especialmente varias talladas sobre lasca con pátina rojiza. El talón en algunos casos está formado por corteza natural del nódulo. La cara inferior es plana y la superior es abultada, y en ella se ven planos negativos de lascado extenso y profundo. Por este hecho, los bordes son rectilíneos, y el retoque se confunde con las huellas de uso. Tanto estas piezas como otras del arenero del Portazgo pertenecen al tipo de hacha de mano, conocido en Francia con el nombre de *fi-cron*. Parecidas a estas hachas han aparecido en el mismo yacimiento algunas que carecen de pátina. También señalaremos un hacha raedera finamente trabajada, que se empuña fácilmente para tal uso (fig. 6).

Las hachas de El Sotillo son muy interesantes y pertenecen a los tipos puntiagudos, cordiformes y ovalar; estos últimos son los más evolucionados (fig. 11).

Es interesante el hecho de haberse encontrado típicas hachas chelenses entre las gravillas musterienses del tejedor y arenero del Portazgo. Seguramente el río erosionó su primitivo yacimiento y mezclados sus restos con industria posterior los volvió a depositar en otro sitio. Entre las hachas recogidas en el tejedor del Portazgo no podemos menos que señalar la existencia de un hacha, tallada sobre un nódulo de sílex del que conservó la casi totalidad de la corteza, que fué desbastada en su porción más ancha mediante golpes alternantes sobre ambas caras produciendo así un filo transversal que pudo ser utilizado como machacador. Otra hacha del tipo amigdalóide muestra una cara inferior formada por corteza; la superior presenta planos negativos profundos. Sus bordes están muy desgastados.

Típicamente chelense es otra hacha de la arenaría del Portazgo, que presenta un talón grueso y una punta fina.

Las otras piezas de los yacimientos no son menos típicas, pero resulta imposible describir, aun brevemente, todos los materiales recogidos.

Hay varias hachas en las que se aprecia un cierto avance industrial. La pátina es menos profunda y las aristas y filos no están tan gastados. La talla no es tan honda, y desde luego más cuidadosa. Los retoques son muy marcados. En el Parador del Sol y arenero de San Antonio, han aparecido hachas de forma amigdalóide talladas sobre nódulos (figs. 8 y 30), ovalares sobre lasca, y una rectangular que pueden ser consideradas como acheulenses. Igual ha ocurrido con una de pizarra anfibólica de las Vaquerías. Es de forma amigdalóide, tallada sobre nódulo, y con bordes rectilíneos finamente retocados.

En un hacha pequeña de sílex del mismo yacimiento, hemos visto P. Wernert y yo cierta relación con la talla fina acheulense típica, de piezas análogas de los yacimientos de Baviera.

Estos caracteres tipológicos y el haber sido recogidas las piezas que los presentaban en la parte superior de las gravas inferiores, nos hizo pensar, hasta ahora, en la existencia de un nivel del Acheulense inferior. Por el momento, nos parece que sólo hay un Chelense superior muy evolucionado que toca ya al Acheulense. Por otra parte, como ambas industrias derivan directamente una de otra, es difícil el marcar un límite justo.

Precapsiense.—Es una nueva industria hallada en las arenas blancas de El Sotillo, verdaderamente extraña y desconcertante, pues faltan en ella las hachas de mano, y abundan por las hojas, que constituyen un 30 por ciento del conjunto.

Esta preponderancia y el hecho de que cuatro de ellas

presenten dorso rebajado, así como también el carácter evolucionado de los restantes tipos, muchos de los cuales presentan facetado el plano de percusión, justifica que dediquemos a esta industria un especial interés.

Las lascas de desbastamiento son muy abundantes. Falta los núcleos. Las lascas tienen caracteres del tipo de Levallois, y en algunos casos el plano es muy reducido y en otros facetado.

Los cuchillos no ofrecen nada notable.

Las puntas son, o puntas-lascas del tipo de Levallois, o puntas típicas, y en ellas no es raro que aparezca la base de la cara superior adelgazada, o facetas y retoques en el plano de percusión, habiendo algunas que presentan todos los caracteres de técnica musteriense.

Poco interés ofrecen los perforadores y lascas con muesca. Ha aparecido un buril plano.

Las raederas tienen retoques escaleriformes y los raspadores son muy evolucionados.

Las hojas, a más de ser tan numerosas, muestran dobles escotaduras marginales opuestas, talón estrecho a modo de mango, adelgazamiento basal, retoque marginal, plano de percusión facetado y retocado, todo lo cual es propio de industrias del Paleolítico superior.

Sin embargo, lo más curioso son cuatro hojas con dorso rebajado, dos de las cuales se asemejan a las hojas capsienes por su longitud y por presentar al mismo tiempo que una cierta precocidad de técnica, caracteres antiguos. Las otras dos se relacionan con el Aurifaciense, recordando una de ellas el tipo de Chatelperron por su dorso arqueado, oblicuidad y técnica del retoque y por la persistencia de caracteres musterienses, mientras que la otra se aproxima al tipo de La Gravette por su dorso rebajado que es vertical y rectilíneo, y que circun-

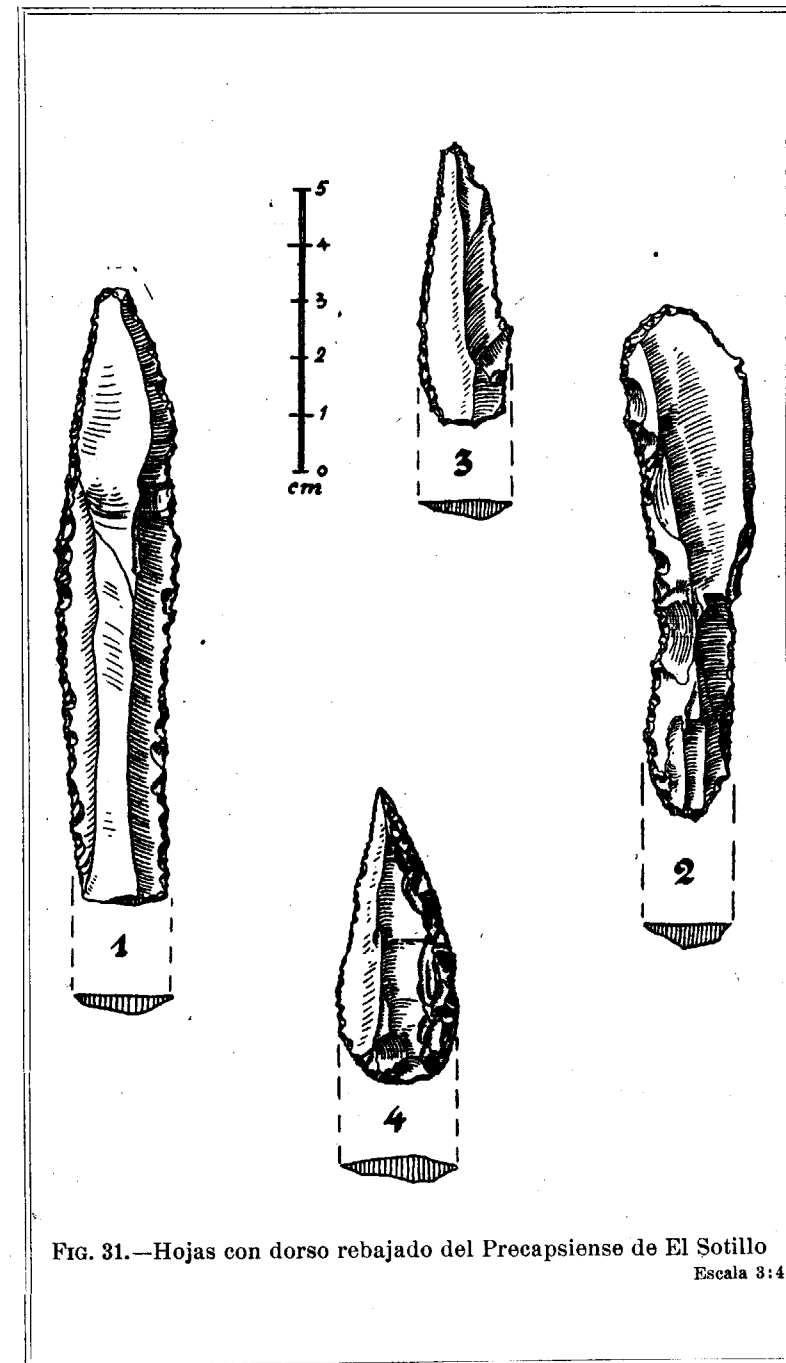


FIG. 31.—Hojas con dorso rebajado del Precapsiense de El Sotillo
Escala 3:4

da al talón (fig. 31). Tan extraña mezcla de caracteres capsio-auriñacienses, unidos con elementos precursores del Musteriense y con reminiscencias cheleo-acheulenses, ha dado motivo para que hayamos bautizado esta industria con el nombre de *Precapsiense* y para que la consideremos como efecto de una oleada de gentes con civilización más evolucionada que la europea, que procedente de África del Norte invadió la Península Ibérica cuando en ésta reinaba la civilización cheleo-acheulense. No es caso único, pues esta anómala industria ha sido hallada en condiciones análogas en Montieres por V. Commont y en Le Moutier por Lucas.

Acheulense superior.—En San Isidro hubo, según se deduce del estudio de la bibliografía, un abundante nivel acheulense. Se encontraba en las capas de limo verde con estratos de arenas «tierra de fundición» y en ellos fué encontrada en 1862 la primer hacha paleolítica del Manzanares, según se deduce del estudio de E. de Verneuil y L. Lartet.

La existencia del Acheulense en San Isidro, ha sido admitida en los últimos tiempos por el profesor H. Obermaier, quien en su conocida obra «El Hombre Fósil», inserta cinco figuras que representan hachas de los tipos amigdaloides, agudo, tosco, triangular y de Levallois. Figuramos un hacha de mano inédita de la Colección Roton-do (fig. 32). H. Obermaier se pronunció, en 1916, por un Acheulense inferior y quizás también por pequeños niveles del Acheulense superior, lo que es aun más acertado.

La tipología procedente de la «tierra de fundición», del yacimiento de El Sotillo, es muy escasa; cinco lascas de desbastamiento, una punta, una hoja y un hacha de ma-

no. Todos los ejemplares están muy patinados. Las lascas muestran intacto el plano de percusión.

La punta es muy gruesa, tiene plano de percusión basal, mucho retoque marginal y huellas de uso. La hoja se

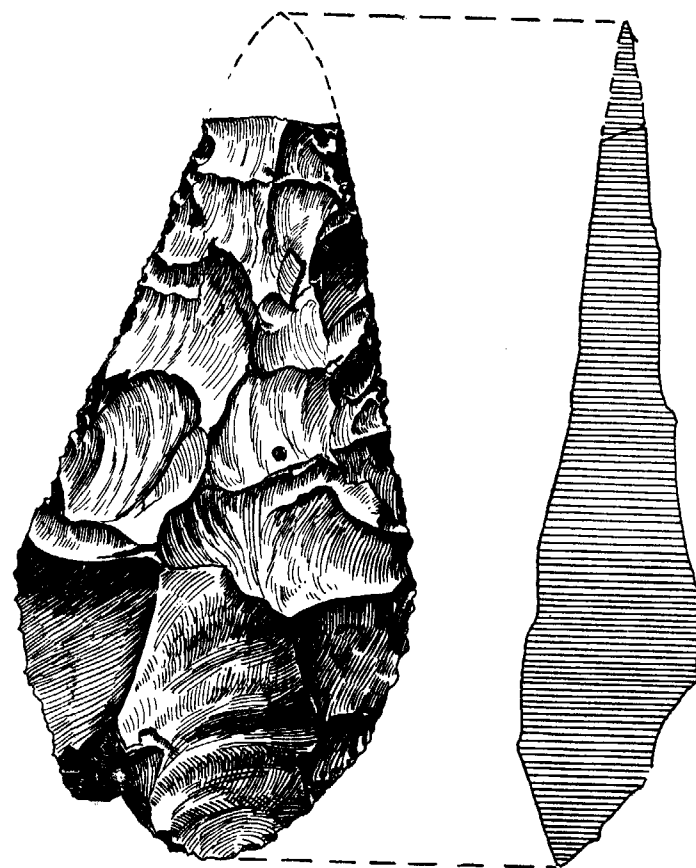


FIG. 32.—Hacha del Acheulense superior del limo verde de S. Isidro
Escala 3:7

caracteriza por presentar el plano de percusión facetado y reducido, y adelgazamiento de la cara superior. La pieza más característica de todo el conjunto es el hacha de mano que pertenece al tipo de hacha raedera. Es de for-

ma amigdaloides. La cara superior presenta una arista mediana y está tallada a grandes golpes. La inferior muestra un plano de lascado ordeado de otros aplicados sobre un borde casi vertical. El filo es sinuoso (fig. 10).

Los hallazgos acheulenses de las margas verdosas de los cortes de la estación de Villaverde Bajo, Pinto y Canteras de Vallecas, no son muy numerosos. En la primera localidad ha aparecido una bellísima hacha de mano (véase pág. 80, fig. 18). La industria de Pinto es atípica, pero no lejos del pueblo, en el camino de Parla, apareció en la superficie de las mismas margas un hacha de mano de edad acheulense, procedente, sin duda, de niveles semejantes erosionados por las aguas. También en la tercera trinchera del ferrocarril de las Canteras de Vallecas, apareció un fragmento de hacha con talla bifacial atribuible a este período.

Tránsito del Acheulense al Musteriense.—Ya hemos insistido antes sobre la excepcional importancia de las canteras de Vallecas. Hicimos notar que en las arenas rubias compactas existía una enorme cantidad de sílex tallados que llegaban a formar verdaderas masas compactas.

Los materiales recogidos por H. Obermaier, P. Wernert y J. Pérez de Barradas, que con arreglo al estado de conservación fueron distribuidos en tres grupos.

Un grupo lo forman puntas, raederas y otros útiles muy patinados con aristas suavizadas y desbastamiento antiguo. Los ejemplares que muestran una mediana suavización, son más numerosos. El desbastamiento es de carácter antiguo. Entre ellos existen hachas, núcleos amorfos, lascas grandes y pequeñas, aprovechadas y adaptadas como raederas, cuchillos, raspadores, perforadores y

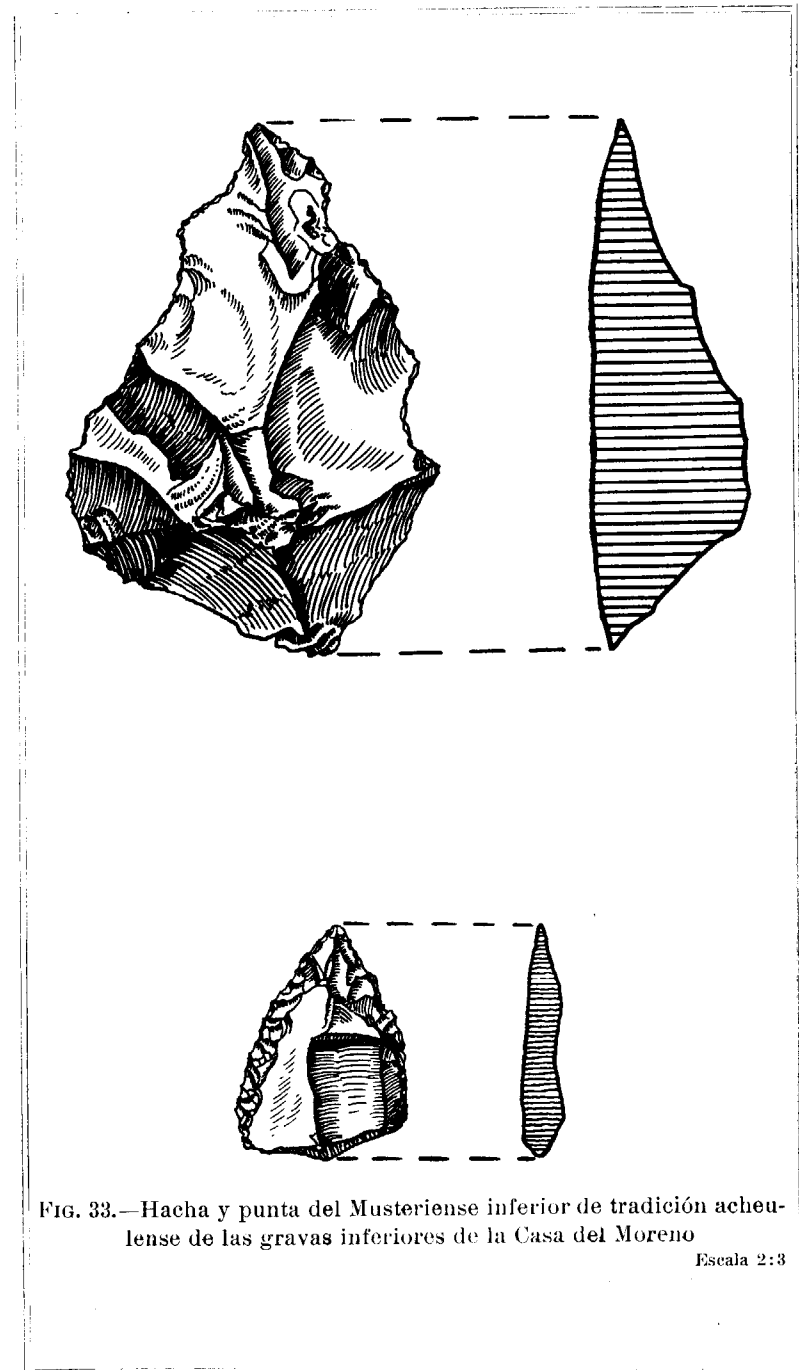


FIG. 33.—Hacha y punta del Musteriense inferior de tradición acheulense de las gravas inferiores de la Casa del Moreno

Escala 2:3

hachas, de talla bifacial (fig. 23). También se ha encontrado una especie de cincel-buril raedera tallado en una gruesa lasca triangular del tipo de Levallois.

El último grupo, formado por escasos sílex de aristas cortantes, comprende cuchillos, raederas y algún otro instrumento sobre lasca. No hay razón alguna que justifique que esta industria no es paleolítica.

Musteriense inferior de tradición acheulense (I).—En los yacimientos de Portazgo, Casa del Moreno, Tejar del Sastre, Las Mercedes, Almendro, etc., es muy numeroso el Musteriense que aparece en las gravillas inferiores, en el que abundan los ejemplares de gran tamaño, siendo los tipos bastante toscos en comparación con los aparecidos en los estratos superiores (1).

En los núcleos predominan los de gran tamaño, y aunque existe gran número de discos, abundan los amorfos presentándose ordinariamente en forma de grandes bloques. Los núcleos de hojas y los núcleos raspadores son muy escasos.

Las lascas de desbastamiento son de gran tamaño y de cierto grosor. Como corresponde a los núcleos de que proceden, muchas de ellas presentan el plano de percusión intacto.

Un tipo muy característico que define las facies a que

(1) El Musteriense, de tradición acheulense, tiene su origen en el Acheulense superior y con entera independencia del Musteriense clásico de tipos pequeños, evoluciona, degenera y desaparece, como ha probado D. Peyrony. A esta facies pertenecen el nivel inferior del loess reciente de Amiens, según V. Commont, los niveles inferiores de Laussel y La Ferrassie, según H. Breuil, los del Pech l'Azé, de Couze y diversos estratos de Combe Capelle y Le Moustier. A él también hay que atribuir los niveles de las cuevas del Castillo y Morín (Santander).

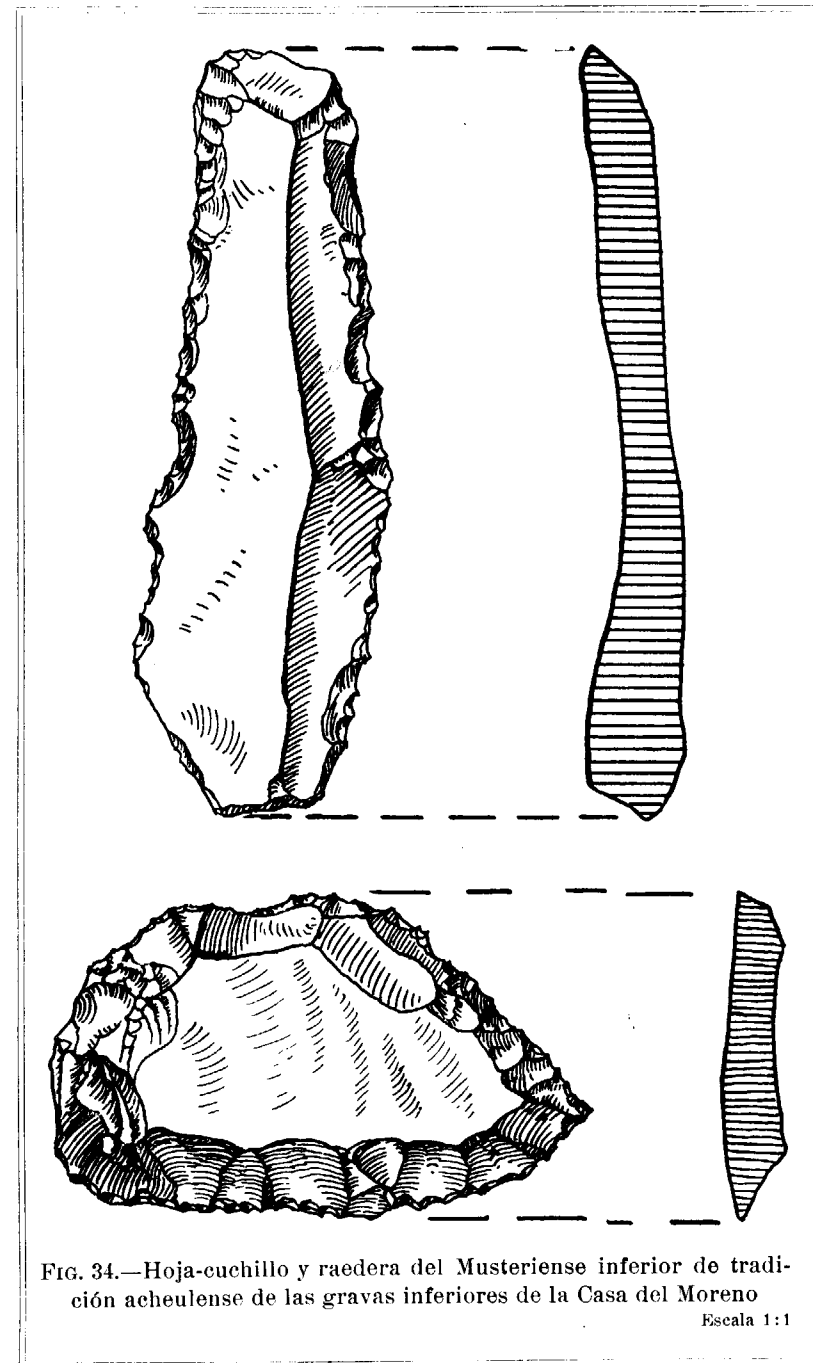


FIG. 34.—Hoja-cuchillo y raedera del Musteriense inferior de tradición acheulense de las gravas inferiores de la Casa del Moreno

Escala 1:1

pertenece este Musteriense, son las lascas de gran tamaño, que muchas veces se acercan a los tipos de Levallois. Entonces presentan formas rectangulares o puntiagudas y retoques en su cara superior y bordes. El plano de percusión suele presentar los clásicos caracteres musterien- ses o sea facetas extensas o retoques.

En este nivel musteriense es en el que las hachas de mano son más frecuentes. Ofrecen los caracteres típicos de las hachas musterien- ses, esto es, reminiscencias acheu- lenses por un lado y por otro una marcada degeneración. La talla suele ser bifacial, los bordes unas veces son rec- tilíneos y están finamente retocados, y otras aparecen muy sinuosos y solamente con huellas de uso. En algunas se ha aplicado una técnica evolucionada sobre un tipo primitivo (figs. 15, 19, 21 y 33).

La influencia acheulense es manifiesta en las hachas triangulares de Casa del Moreno y El Almendro, las cua- les están finamente talladas y retocadas y ofrecen ana- logías con las del mismo tipo e igual edad de las estacio- nes del valle del Somme.

Igual ocurre con los tipos amigdaloides, ova- les, lanceo- lados y puntiagudos. Las hachas cordiformes, que son típicamente musterien- ses, están muy bien representadas en estos yacimientos madrileños.

Completa esta visión de conjunto las hachas de talla tosca y con caracteres degenerados las hachas raederas, las azuelas y las hachas con empuñadura lateral. Otras presentan un grosor desmesurado, bordes muy sinuosos y talla tosca y primitiva, dudándose en muchos casos si realmente se trata de hachas o de núcleos. El carácter primitivo de las mismas aumenta cuando la materia pri- ma es el cuarzo, cuarcita u otras rocas duras que no se prestan al trabajo como el sílex.

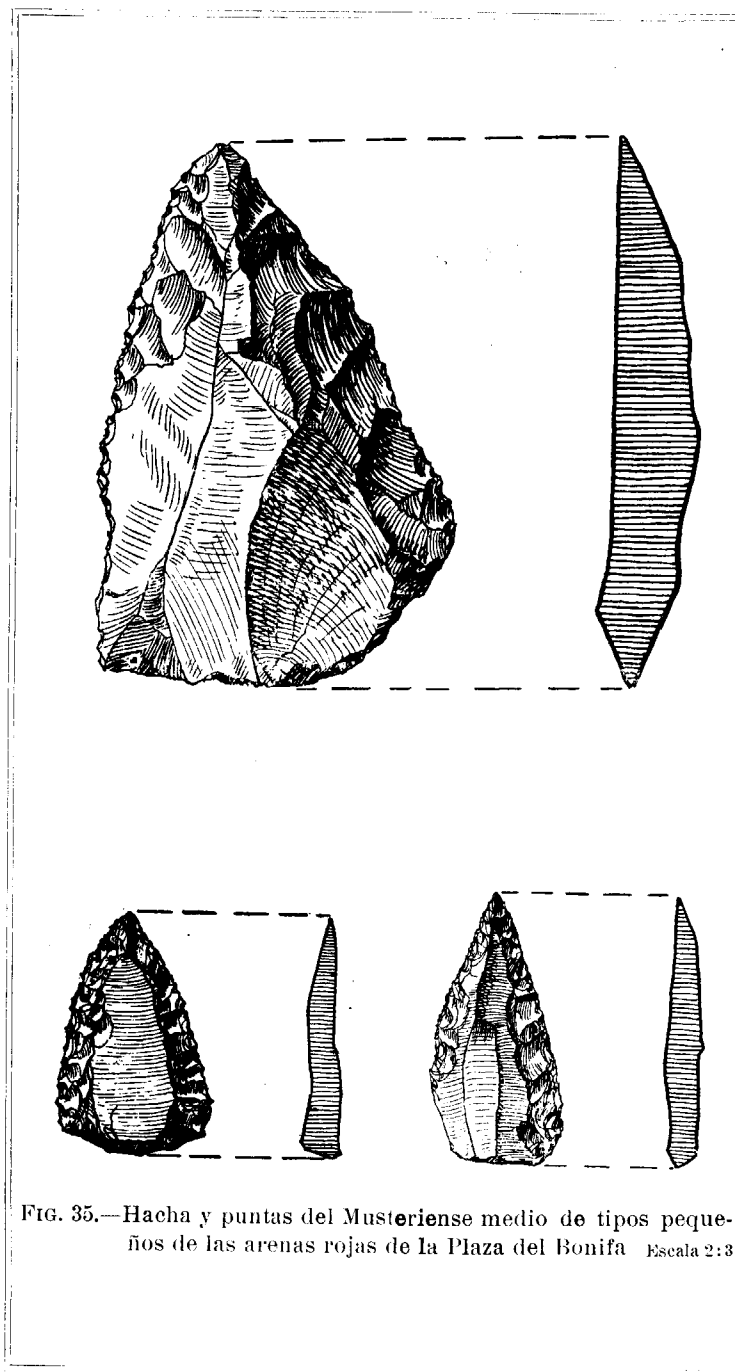


FIG. 35.—Hacha y puntas del Musteriense medio de tipos pequeños de las arenas rojas de la Plaza del Bonifa Escala 2:3

Un tipo clásicamente musteriense es la punta de mano, la cual, entre la industria que nos ocupa, no está representada por ejemplares abundantes y típicos. En algunos yacimientos como los de Casa del Moreno y El Almendro, se han encontrado muy pocos ejemplares típicos (fig. 33) y en otros como el tejár y arenero del Portazgo, las puntas, que son más frecuentes, presentan caracteres antiguos y nunca una talla muy esmerada.

Los buriles son más escasos todavía y pertenecen a tipos antiguos. Predominan los de bisel rectilíneo, de un sólo golpe y de ángulo, siendo muy notables los que están tallados sobre extremos de plano de percusión facetado y retocado a la manera musteriense.

Nada importante sugieren los taladros, las lascas con muescas o escotaduras y los cuchillos, entre los que predominan los tipos con dorso curvo o preparado, esca-seando las hojas (fig. 34).

Las raederas, todavía de formas arcaicas, predominan sobre los raspadores, entre los que aparecen, sin embargo, algunos tipos evolucionados (fig. 34). La influencia de las industrias africanas se nota especialmente en dos puntas tenuifoliadas del tejár del Portazgo, las que señalan el advenimiento de las sbaikienses de Las Delicias y El Sotillo. Con dicho nombre se designan aquellas puntas más o menos foliáceas, alargadas, con dos extremidades puntiagudas y opuestas, y con talla y retoque superficial que cubren ambas caras de la pieza.

Resumiremos los caracteres de esta industria diciendo que en ella abundan los ejemplares de gran tamaño y predominan las hachas de mano sobre las puntas y las raederas sobre los raspadores. Las lascas de Levallois y los cuchillos con dorso curvo contribuyen a dar a esta industria el carácter de Musteriense de tradición acheu-

lense, mientras que las puntas tenuifoliadas y algunos tipos evolucionados anuncian la llegada de las nuevas industrias africanas (Sbaikiense) (1).

Musteriense inferior (II).—Como tal se considera la industria aparecida en la marga blanca de la tercera trinchera del ferrocarril de las canteras de Vallecas, entre las arenas rubias y la arcilla eólica. Este piso no ha sido indicado por H. Obermaier, P. Wernert y J. Pérez de Barradas, pues es difícil su establecimiento, lo cual hemos podido hacer estudiando otros cortes de la misma zona.

Musteriense inferior de tradición acheulense y sbaikiense (III).—En el verano de 1919, apareció en la parte superior de la tierra blanca del arenero del Portazgo, una zona de guijos con lascas cortas anchas y delgadas que representaban lascas, puntas, cuchillos y núcleos. Se encontró también un hachita tosea y una raedera.

Igualmente se han hallado algunos sílex tallados en la Casa del Moreno y en las margas cuaternarias del Cerro Negro.

Sin embargo, los yacimientos más típicos son los de la estación y trinchera de Las Delicias.

(1) El Sbaikiense (S'baïkien) es una nueva industria paleolítica descubierta por M. M. Reygasse en la región de S'baïkia (Argelia), en la que abundan extraordinariamente las puntas finas con talla y retoque bifacial. Se encuentra por todo el Norte de África, hasta Egipto: (Véase, M. Reygasse. Nouvelles études de Paléthnologie maghrebine. Recueil des Notices et Mémoires de la Soc. Archéol. de Constantina, t. LII, 1919-1920. Idem. Etudes de paléthnologie maghrebine; deuxième série. Idem. 1922. H. Obermaier. Nordische-Afrika. Reallexikon der Vorgeschichte. Tomo IX, págs. 110-121, Berlín 1927).

De ellos destacan ciertas puntas finas y delgadas, de talla cuidadosa, parecida a la técnica de las puntas-hojas de laurel solutrense y con base delgada, por lo que ya se indicó en 1918 que «de hecho no tienen que ver nada con las verdaderas hachas».

Junto con estos tipos finos aparecieron hachas de mano de bordes cortantes muy sinuosos, algunas de las cuales tan gruesas y toscas que fueron consideradas como esbozos.

Además se presentaron tipos tallados sobre grandes lascas, discos, lascas del tipo de Levallois y utensilios pequeños. Las penúltimas son muy numerosas y presentan, si bien raras veces, retoques en el plano de percusión.

Algunas recuerdan los tipos del Norte de España, especialmente los del nivel musteriense de las cuevas del Castillo y Morín.

La industria pequeña es relativamente pobre, apareciendo entre ella unas numerosas lascas en forma de hojas, puntas amorfas, raspadores gruesos y raederas.

En 1918, cuando fué estudiado este yacimiento por el profesor H. Obermaier y P. Wernert, se consideró como Acheulense superior.

Musteriense medio (IV).—Han aparecido solamente algunos sílex escasos y atípicos en el Tejar del Portazgo, que pueden considerarse como Musteriense medio (Musteriense IV).

Musteriense medio de tipos pequeños (V).—El material aparecido no es tan abundante como el de otros niveles musterienses, pero no obstante, se notan en él los

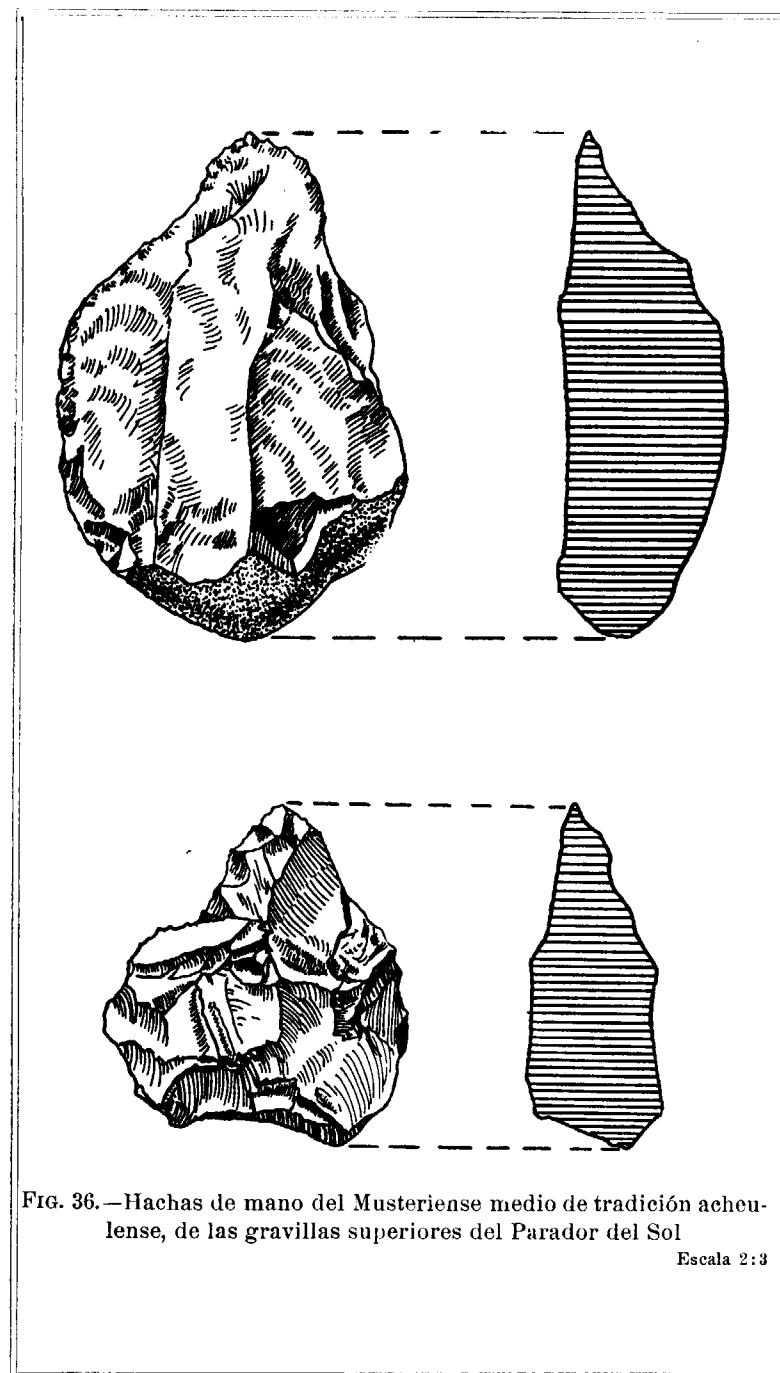


FIG. 36.—Hachas de mano del Musteriense medio de tradición acheulense, de las gravillas superiores del Parador del Sol

Escala 2:3

caracteres clásicos del Musteriense de tipos pequeños (1). Los núcleos son, por lo general, discoidales y pequeños, escaseando los amorfos. El material de desbastamiento es casi totalmente de caracteres musterienenses. Si bien existen algunas lascas Levallois y varias hachas, hay que advertir que ambos tipos son muy escasos. Entre las primeras hay ejemplares típicos y las segundas afectan formas ovales, amigdaloides y cordiformes. Da idea de la rareza de estas piezas el hecho de haberse recogido en once años de exploraciones, tan sólo ejemplares aislados en algunos yacimientos (Plaza del Bonifa, Fuente de la Bruja y López Cañamero) faltando en absoluto en algunos otros similares donde han aparecido centenares de piezas (figuras 12 y 35).

Las puntas siguen siendo tan frecuentes como los perforadores, pero están mejor talladas y retocadas (figuras 12 y 35).

Los buriles vuelven a escasear, como también los raspadores, después de haber alcanzado cierto desarrollo en el nivel musteriense I.

Siguen predominando los cuchillos que son de menor tamaño y más finos que los de etapas anteriores y las hojas son más numerosas. Las raederas muestran los peculiares caracteres de técnica musteriense y en ellas, como en las puntas, se señala un cierto progreso dentro de dicha época.

(1) D. Peyrony, al estudiar las facies del Musteriense, denomina «Musteriense de tipos pequeños» a los conjuntos musterienenses con puntas y raederas y sin hachas de mano. Esta facies aparece en los yacimientos franceses de Saint-Acheul, Montières, Hermies, Marlers, Le Moustier, La Ferrassie, sola o alternando con otras etapas del Musteriense de tradición acheulense, etc. (Véase: *D. Peyrony.—Le Moustérien. Ses faciès.* (Ass. franc. pour l'Avancement des Sciences. Congrès de Strasbourg. 1920. Paris, 1921).

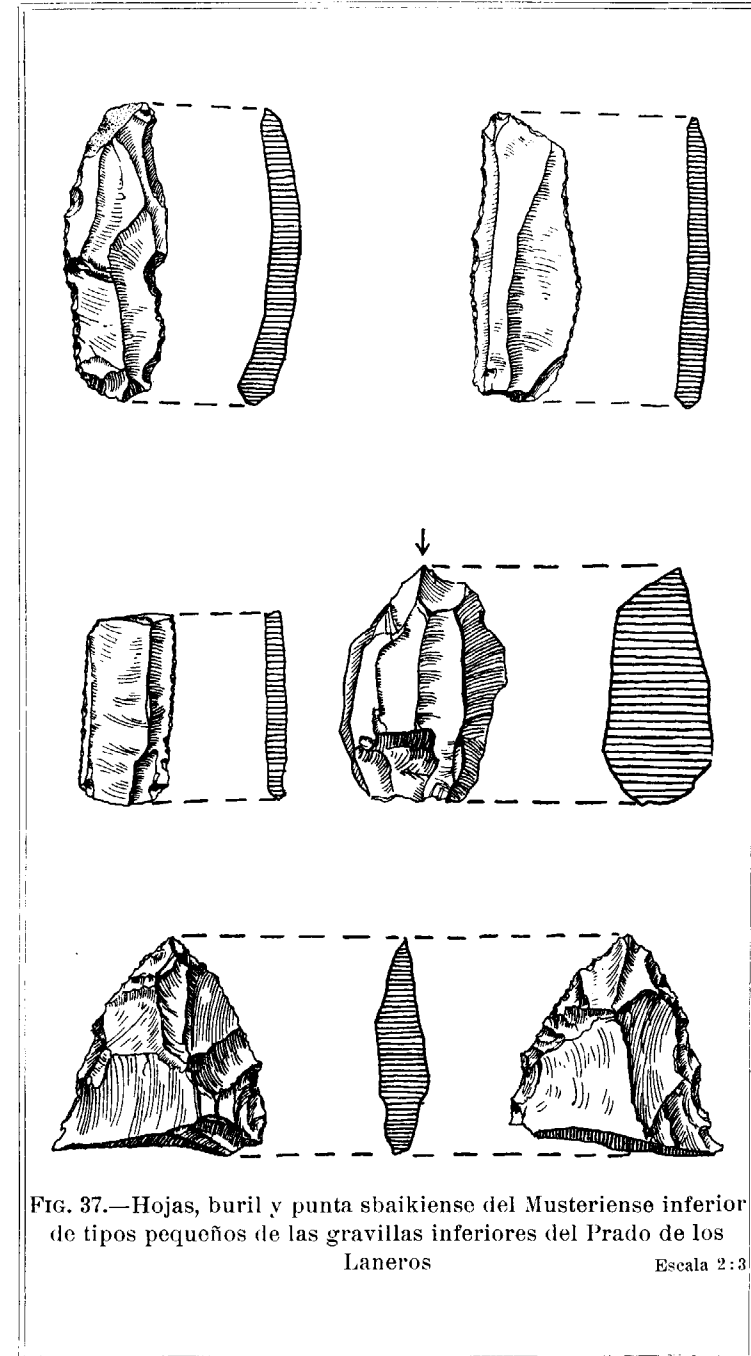


FIG. 37.—Hojas, buril y punta sbaikiense del Musteriense inferior de tipos pequeños de las gravillas inferiores del Prado de los Laneros

Escala 2:3

Musteriense medio de tradición acheulense (VI).— Presenta como carácter especial una cierta abundancia de hachas de mano. En las Vaquerías del Torero predominan las talladas en cuarcita y otras rocas duras. Son de pequeño tamaño y muchas son piriformes con talón grueso y punta alargada y fina, y recuerdan el tipo de La Mi-coque.

Las del Parador del Sol son ovales, amigdalodes, soleiformes, triangulares y de talla tosca y degenerada, como las del nivel musteriense I. También en este yacimiento han aparecido algunas hachitas piriformes, análogas a las del yacimiento anterior (figs. 7 y 36). Se presentan igualmente lascas de Levallois, aunque en menor número que en el nivel musteriense I.

En los núcleos predominan los discoidales, y las puntas y raederas están talladas con esmero.

Nada indican los buriles, taladros, lascas con muescas y raspadores que son poco abundantes.

Musteriense superior de tipos pequeños con influencias africanas (VII).—Se destaca por un predominio absoluto de tipos pequeños y por un carácter evolucionado.

Entre los núcleos predominan los discoidales. La presencia de núcleos amorfos nada dice por sí, pues es muy natural que se siguiera practicando la más sencilla técnica de la talla de la piedra.

Siguen presentándose las lascas grandes del tipo de Levallois, bien rectangulares o bien puntiagudas, pero las hachas de mano escasean de tal forma, que sólo han aparecido siete ejemplares entre los 2.989 paleolitos recogidos en 1920-22. Uno de ellos procede evidentemente de niveles antiguos y los restantes presentan forma cordiforme, puntiaguda, rectangular y triangular. Por último,

la pieza restante parece ser un esbozo de punta tenuifoliada.

Las proporciones en que aparecen los restantes tipos son muy curiosas. Las raederas, de pequeño tamaño y con

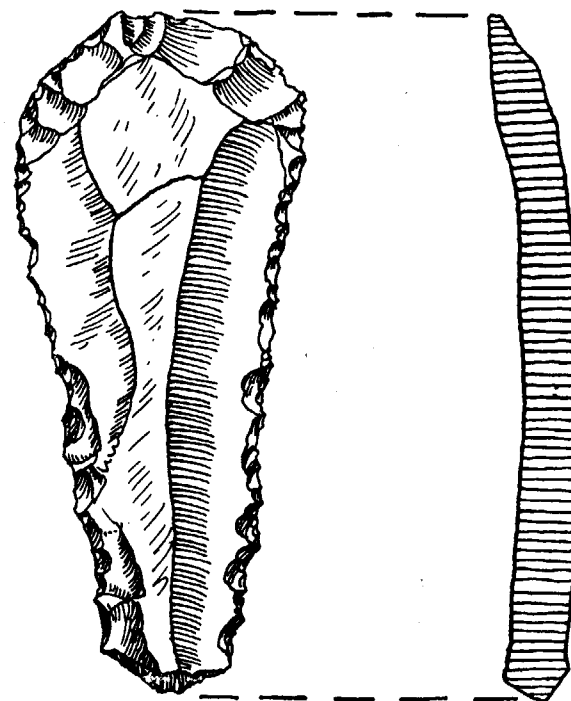


Fig. 38 —Raspador del Musteriense superior de tipos pequeños con influencias africanas de las gravillas inferiores del Prado de los Laneros

finos retoques, predominan sobre las puntas, lo que indica un Musteriense superior.

Los buriles son doblemente abundantes que este tipo clásico del Musteriense francés y presentan una gran variedad de tipos (fig. 37).

Igual ocurre con los raspadores que son tan numerosos como las raederas. Llaman la atención por su carác-

ter evolucionado los raspadores carenados o aquillados y los tallados sobre hoja fina (fig. 38).

Hacen su primera aparición los cepillos (rabots).

Los cuchillos que forman el nueve por ciento de la industria, no dicen nada nuevo, lo que ocurre también con las lascas con muesca y con los perforadores. Las hojas algo abundantes, son finas y ofrecen retoques marginales escaleriformes (fig. 37).

Se han recogido siete puntas tenuifoliadas sbaikienses, tres de las cuales son pequeñas y con talla superficial de lascas algo profundo. Las restantes son muy típicas. Una de ellas es de gran tamaño y ofrece un plano de fractura antigua en su base, su cara inferior es plana y no ha sufrido modificación alguna, mientras que la superior muestra el típico retoque superficial de esta clase de utensilios. Otras son de tamaño más pequeño, reducido espesor y de talla fina (fig. 37).

Se notan, pues, importantes modificaciones en el inventario lítico del Musteriense clásico y se aprecia la abundancia de ciertos tipos propios de industrias más evolucionadas, los que en la etapa siguiente alcanzan un inusitado predominio sobre las raederas y las puntas.

Musteriense ibero-mauritánico (VIII).—Es esta interesantísima industria, que ha sido encontrada en los yacimientos de La Parra, Huerto de Don Andrés, areneros de los Vascos, de Valdivia, de Esteban, del ventorro del tío Blas y de El Sotillo, donde se ha hallado el más abundante y notable conjunto mustericense del Valle del Manzanares, aparecen en unión de un Musteriense superior clásico, tipos relacionados con las industrias sbaikienses y aterienses del Norte de África.

Además de los núcleos discoidales musterenses, exis-

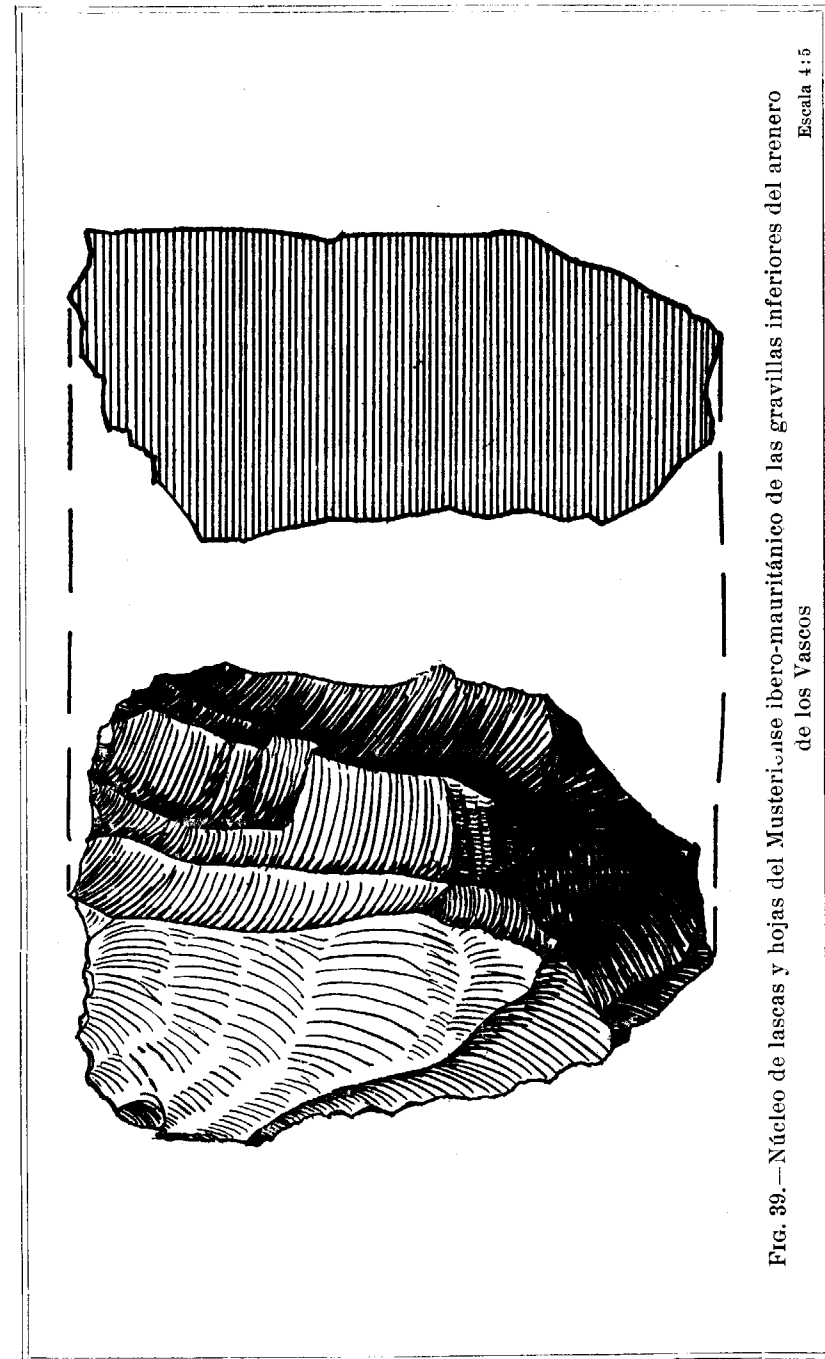


Fig. 39.—Núcleo de lascas y hojas del Musteriense ibero-mauritánico de las gravillas inferiores del arenero de los Vascos
Escala 4:5

ten núcleos mixtos de lascas y hojas (fig. 39) y núcleos de hojas.

No ofrecen interés las lascas de desbastamientos los cuchillos sobre lasca, las lascas con muescas y los perforadores.

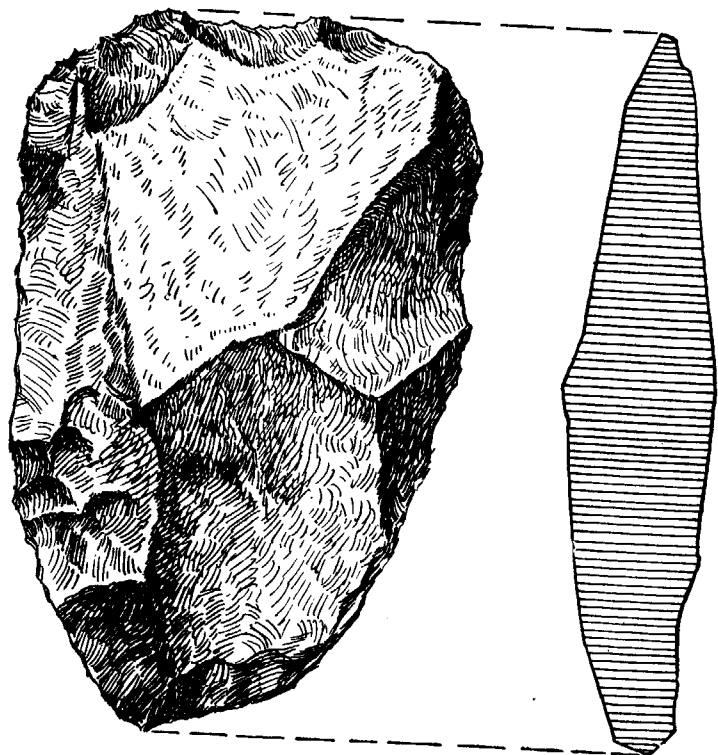


FIG. 40.—Lasca Levallois de cuarcita del Musteriense ibero-mauritánico de las gravillas inferiores del arenero de los Vascos

Escala 3:5

Las lascas de Levallois son poco típicas y pudieran incluirse entre el material de desbastamiento. Predominan las de forma rectangular que son dos veces más abundantes que las puntiagudas (fig. 40).

Las hachas son menos numerosas que las puntas tenui-

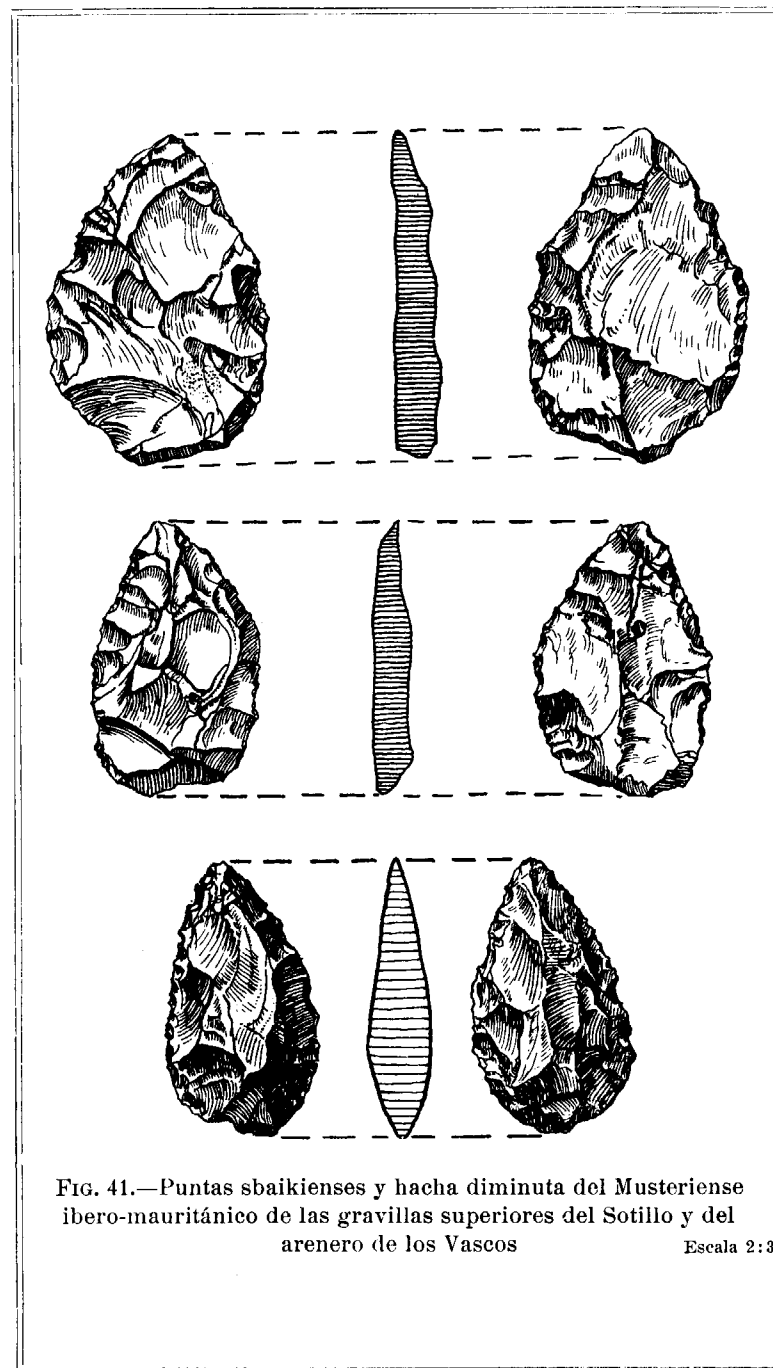


FIG. 41.—Puntas sbaikienses y hacha diminuta del Musteriense ibero-mauritánico de las gravillas superiores del Sotillo y del arenero de los Vascos

Escala 2:3

foliadas sbaikienses. Pertencen a los tipos solciforme, ovalar amigdalóide, triangular y subtriangular con cara inferior plana. Aunque en su mayor parte presentan tradiciones acheulenses, hay algunas pequeñas finamente talladas, propias del Musteriense de tipos pequeños (figura 41).

Las puntas son menos abundantes que las raederas y los buriles presentan numerosas variantes (figs. 11 y 42).

Hasta la fecha no existe ningún yacimiento musterien- se que ofrezca tantos buriles como El Sotillo, y como decimos con P. Wernert en un trabajo aun inédito, es la única estación de tal edad en que se han presentado tipos tan variados como interesantes, pues aparecen desde los buriles primitivos, como los de un solo golpe sobre lascas de tipo Levallois o sobre plano de percusión, hasta los de poliédrico y respaldo arqueado (burins busqué) propios de épocas más modernas.

Otro tanto ocurre con los raspadores en proporción con las raederas que son muy típicas de forma y retoque. El conjunto de raspadores es desconcertante, pues aparecen tipos muy evolucionados, como los raspadores carenados, raspadores tallados sobre extremidad de hojas (fig 42) y raspadores del tipo de piedra de fusil, propios del Paleolítico superior. Un instrumento que más tarde ha de predominar en el Auriñaciense del Manzanares, o sean los cepillos, aparece aquí con tipos sencillos y pequeños.

Las hojas forman un lote bastante numeroso, existiendo tres ejemplares con dorso rebajado. Dos de ellos recuerdan el tipo auriñaciense de la Gravette.

En el yacimiento del Sotillo, en donde han aparecido un mayor número de puntas tenuifoliadas sbaikienses. Son más pequeñas y finas que las del yacimiento de Las

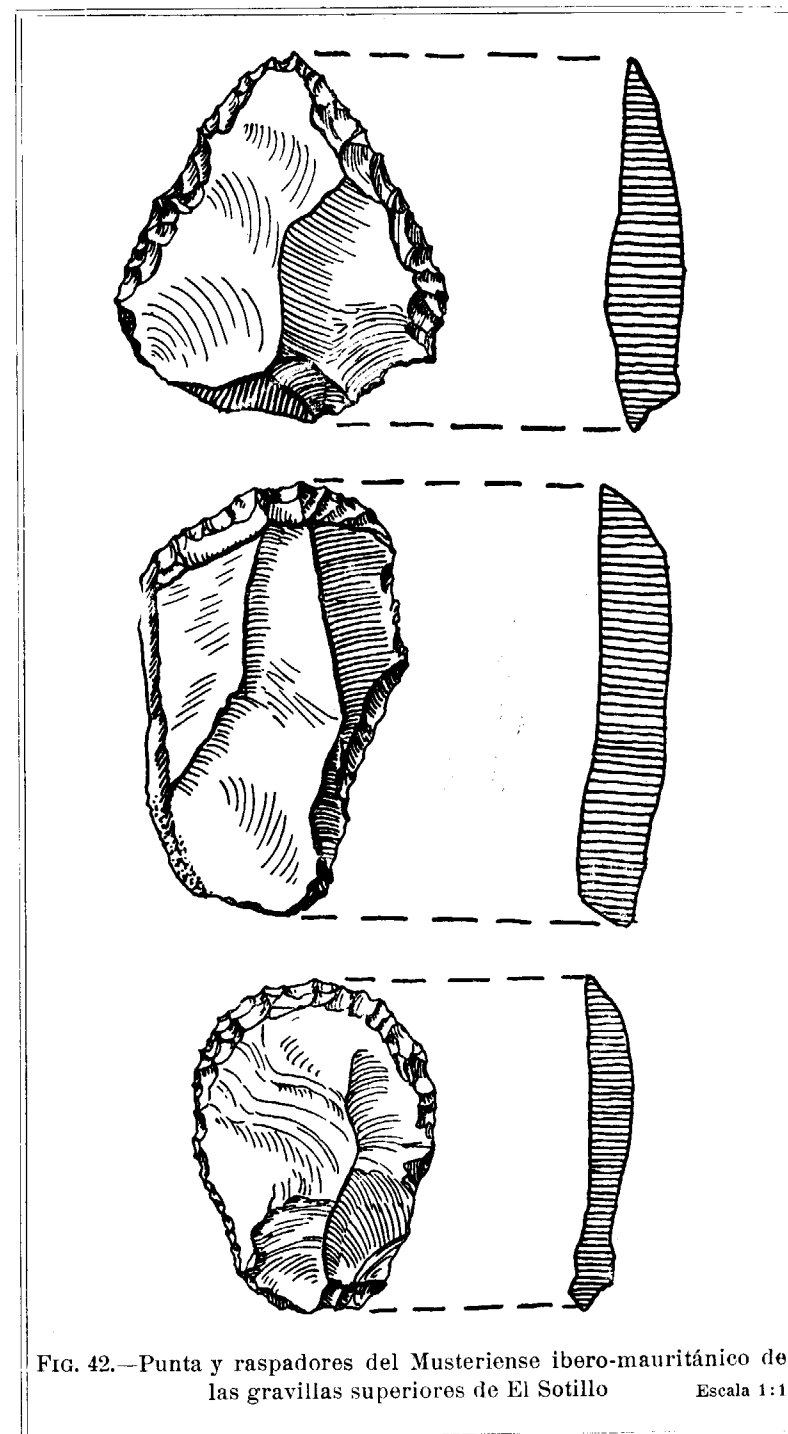


FIG. 42.—Punta y raspadores del Musteriense ibero-mauritánico de las gravillas superiores de El Sotillo

Escala 1:1

Delicias y aparecen diversos subtipos. Las más clásicas presentan dos bordes regulares y rectilíneos que convergen en una punta fina y en una base ordinariamente curva. Otro no raro en el Sotillo y muy frecuente en el Sbaikiense africano, son las puntas tenuifoliadas con un borde curvo. Notables por su finura son las puntas de forma de hoja de sauce e interesan para la sistemática paleoergológica, las que ofrecen plano de percusión. Algunas muestran base cuadrada y otras gruesas, en forma de puñal, se relacionan con tipos africanos de transición entre las hachas de mano y los utensilios que nos ocupan (figuras 16 y 41).

Si echamos una ojeada sobre el nivel musteriense que hemos descrito en líneas anteriores, advertiremos que en unión de un Musteriense superior clásico existen tipos relacionados con el Sbaikiense africano y numerosas piezas muy evolucionadas que pudieran incluirse en el Paleolítico superior.

Así ocurre con los buriles y raspadores que predominan sobre las puntas y raederas, o sea los tipos clásicos del Musteriense.

Seguramente habrán influido en el desarrollo de esta anómala industria los pueblos africanos con civilización ateriense, en cuya industria se nota igualmente la presencia de tipos evolucionados en idéntico predominio sobre puntas y raederas.

El hecho de que en El Sotillo se hayan descubierto tipos musterienses clásicos y piezas de carácter africano, nos hizo pensar en la compenetración de dos civilizaciones distintas, una europea (Musteriense) y otra africana (Sbaikiense, Ateriense) lo que plantea un interesante problema.

El Sbaikiense, que ha sido considerado por M. Reygas-

se como sincrónico con el Acheulense superior, aparece en los yacimientos del Manzanares en los niveles musteriense I, III y IV, y especialmente el VII, o sea un Musteriense superior que presenta en parte caracteres aterienses. Esto nos hizo pensar en que el Sbaikiense africano es probablemente de edad musteriense, como afirmó M. Reygasse en 1921, y que tanto el Sbaikiense como el Ateriense, son únicamente modalidades de una cultura muy evolucionada que prematuramente derivó hacia un Paleolítico superior, incipiente y heterogéneo, que se extendió por la Península ibérica, lo que se comprueba por el hecho de que el Sbaikiense y el Ateriense aparecen en El Sotillo en unión de un Musteriense clásico, habiendo denominado en unión del profesor H. Obermaier, a la unión de dichas tres industrias, Musteriense ibero-mauritánico (Must. VIII).

Musteriense final de tradición acheulense (IX).—Ha sido encontrada en los niveles de tierra blanca del tejedor y arenoso del Portazgo, Carolinas, Canteras de Vallecas y Delicias.

Se señala su edad más reciente con la ausencia casi total de pátina y por su fresco estado de conservación.

Los núcleos son discoidales muy pequeños, como producto de una máxima utilización.

Entre las lascas de desbastamiento se han señalado en el arenoso del Portazgo algunas con tendencia a microlitos.

Los cuchillos y los perforadores no son nada notables. Entre las puntas evidentemente degeneradas, se señalan algunas asimétricas con dorso curvo, como las de Abri Audi.

Igual ocurre con las raederas y con los buriles. Entre

los raspadores se destacan algunos de pequeño tamaño que se acercan a los disquito-raspadores de edad posterior. Los retoques suelen ser escaleriformes y en algunos casos lamelares. En los yacimientos franceses el nivel Abri-Audi presenta los primeros buriles y raspadores bien

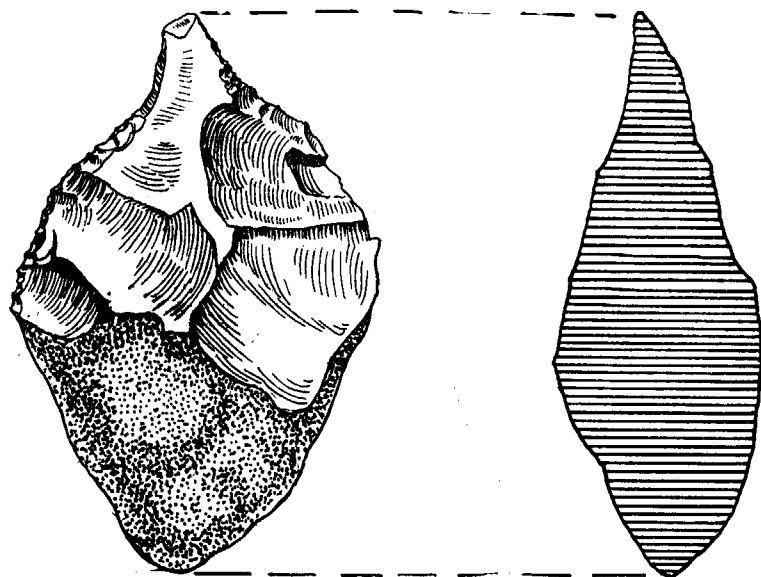


FIG. 43.—Hacha del Musteriense final de tradición acheulense del nivel superior de margas verdes de Las Delicias. Escala 2:3

caracterizados, hecho que por sí solo establece el tránsito del Musteriense al Auriniense, pero como hemos visto, ambos tipos se presentan en el Musteriense más antiguo del Manzanares, lo que modifica nuestros estudios comparativos. Sin embargo, puede decirse que en proporción a los buriles y raspadores de los niveles musterienenses VII y VIII, los de IX son sencillos y degenerados.

No son raras las hojas, entre las que merecen citarse las de perfil alabeado del arenero del Portazgo.

Las hachas son pequeñas y degeneradas (figs. 43 y 44).

Unas cordiformes, de pequeño tamaño, recuerdan las de Abri-Audi, y otras mayores, que muestran talla tosca y degenerada, habiendo algunos ejemplares de talla algo esmerada y forma triangular.

Como habrá notado el lector, esta industria representa un atraso industrial considerable en proporción a los ni-

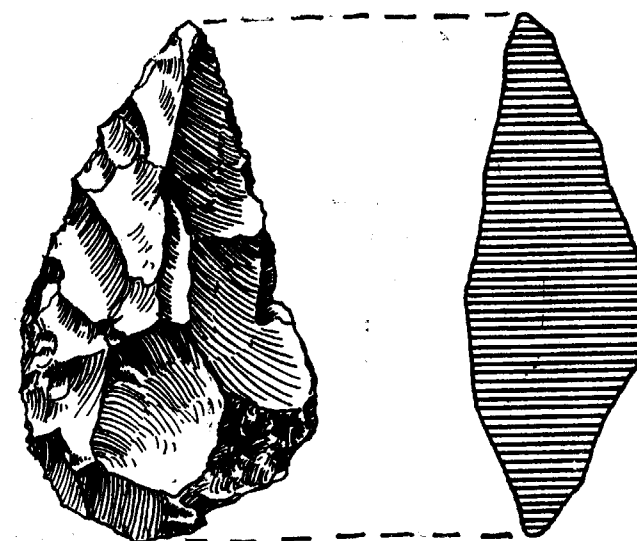


FIG. 44.—Hacha del Musteriense final de tradición acheulense del nivel superior de margas verdes de Las Delicias. Escala 4:5

veles estudiados anteriormente. Representa más bien que una fase de transición hacia el Paleolítico superior, y, por lo tanto, un progreso, una extraordinaria decadencia y corresponde, según los estudios efectuados en unión de H. Obermaier al Musteriense final de tradición acheulense (Must. IX).

Auriniense.—Es de gran interés este nivel paleolítico, pues corresponde a una industria muy evolucionada, aunque con reminiscencias musterienenses.

Los lugares principales han sido, según hemos dicho antes, el arenero del Atajillo y el tejtar del Portazgo.

Se distinguen fácilmente de la de los niveles inferiores por su estado fresco de conservación y por su pátina mate y escasa. Los filos son muy cortantes, y en la forma de los utensilios es aplanada y alargada, siendo los instrumentos abultados poco numerosos.

Los núcleos son amorfos, habiéndose aunque muy escasos discoidales. Algo más numerosos son los de hojas.

Mencionaremos la aparición de un núcleo raspador de cuarzo en el limo rojo con gravillas del tejtar del Portazgo.

Entre las lascas de desbastamiento hay algunos ejemplares con plano de percusión facetado.

Este carácter se repite también en lascas rectangulares grandes y pequeñas. Algunas de el Atajillo ofrecen retoques, y una de la misma localidad, parece ser un tipo de hacha de mano decadente.

En los cuchillos predominan los de forma semilunar con dorso curvo, formado por corteza y rara vez retoado.

Son poco típicos los raspadores, no presentándose en el material recogido durante seis años, la magnífica variedad de tipos de los niveles musterienses, especialmente del nivel VIII. Uno de los del Atajillo está tallado sobre un núcleo discoidal adelgazado.

El grupo de instrumentos más importante y clásico de esta industria son los cepillos, muy abundantes en subtipos. El más característico y numeroso es de borde semicircular y frente perpendicular al plano de sostén del que se encuentran en las colecciones del Museo Arqueológico Nacional de Madrid muy bellos tipos, tanto del tejtar del Portazgo como del Atajillo.

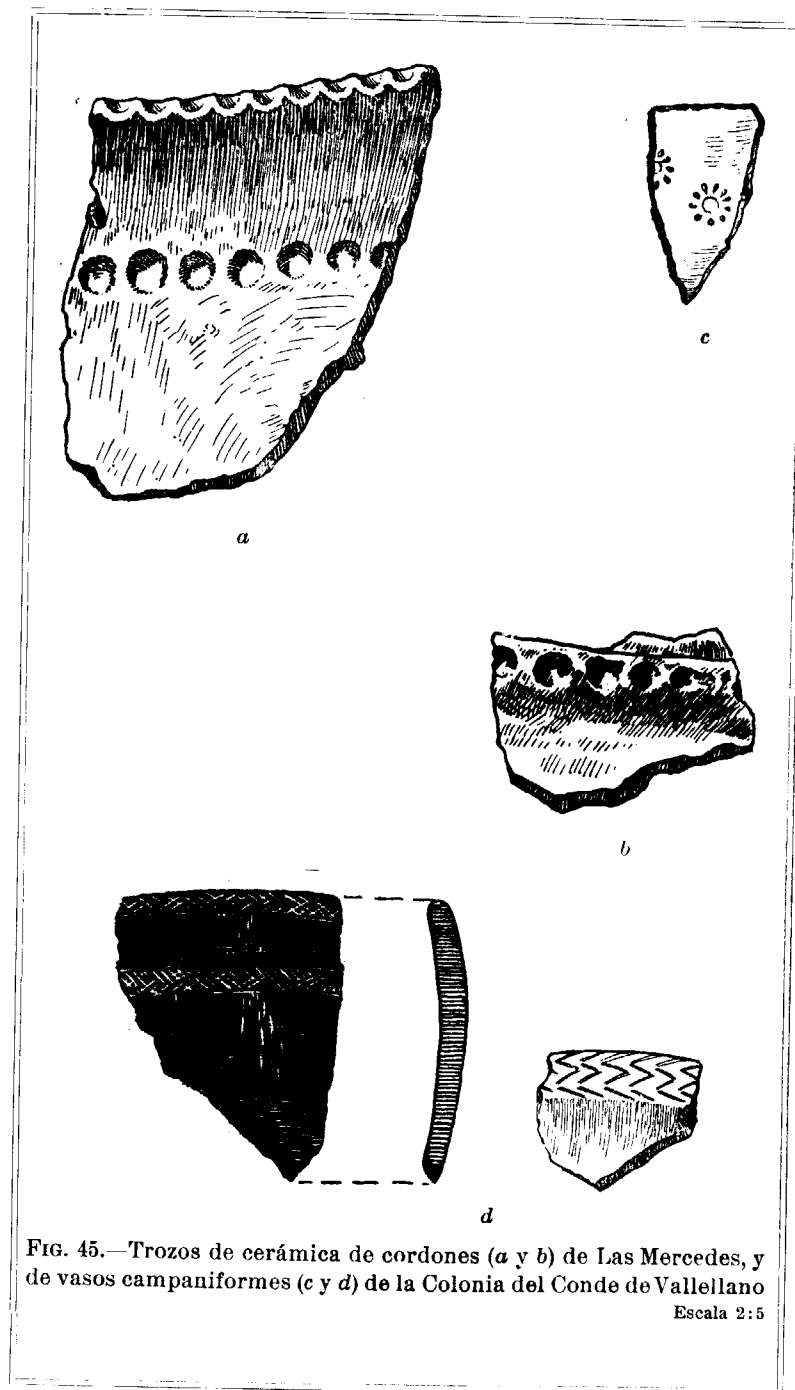


FIG. 45.—Trozos de cerámica de cordones (a y b) de Las Mercedes, y de vasos campaniformes (c y d) de la Colonia del Conde de Vallellano

Escala 2:5

Dos de pequeñas dimensiones cuyos planos de lascado no han logrado desbistar todo el frente del cepillo, por lo que resulta un pequeño resalto o sea los cepillos del tipo de pasta de cabra, han sido encontrados en el último de los dos yacimientos precipitados.

Otros cepillos son circulares o son alargados e inclinados hacia el lado derecho. También hay piezas que ofrecen dos frentes trabajados y tipos de transición con los buriles. Lo curioso de este tipo es la fácil prehensión y el retoque del frente hecho por planos lamerales, estrechos y paralelos.

Productos de avivamiento de los cepillos son las lascas con frentes de quilla y con plana de sostén en los mismos.

Otro grupo interesantísimo son los buriles, en los que predominan los de bisel rectilíneo. Los hay fortuitos, de un solo golpe de ángulo, de boca de flauta, planos, de bisel y retoque transversal. Los de bisel poliédrico frecuentemente son tipos utilizados también como cepillos. Se presentan también retocadores y, sobre todo, hojas sin retoques marginales, talla y escotaduras. Algunas hojas de el Atajillo, presentan un plano de percusión facetado y retocado.

La industria del limo rojo con gravillas fué considerada con P. Wernert en 1921 como Magdaleniense inferior y a esta misma etapa atribuí la del Atajillo en 1923.

Nos basábamos para ello en la falta de cepillos aquillados auriñacienses, en el predominio de los buriles de bisel rectilíneo sobre los poligonales y en la ausencia absoluta de talla, retoques y escotaduras en las hojas. En 1924 nos vimos obligados a rectificar esta opinión, pues aparte de que estos caracteres son solamente negativos, hay lascas y hojas con plano de percusión retocado y facetado,

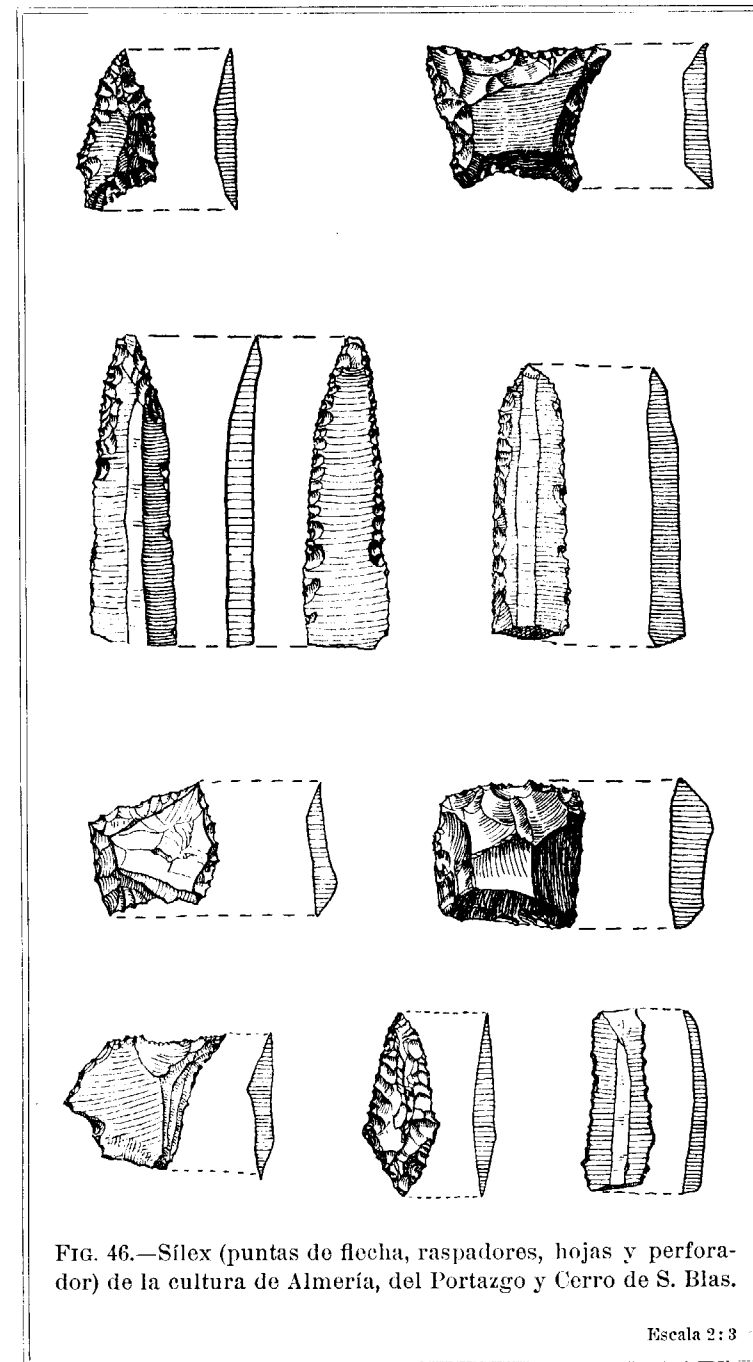


FIG. 46.—Sílex (puntas de flecha, raspadores, hojas y perforador) de la cultura de Almería, del Portazgo y Cerro de S. Blas.

Escala 2:3

lo que indica una cierta proximidad con el Musteriense, cosa nada extraña supuesto que los niveles de «tierra blanca» contienen una industria del Musteriense final (Abri Audi) que se considera como una etapa de tránsito hacia el Auriñaciense.

Por otra parte, basamos con P. Wernert nuestra deter-

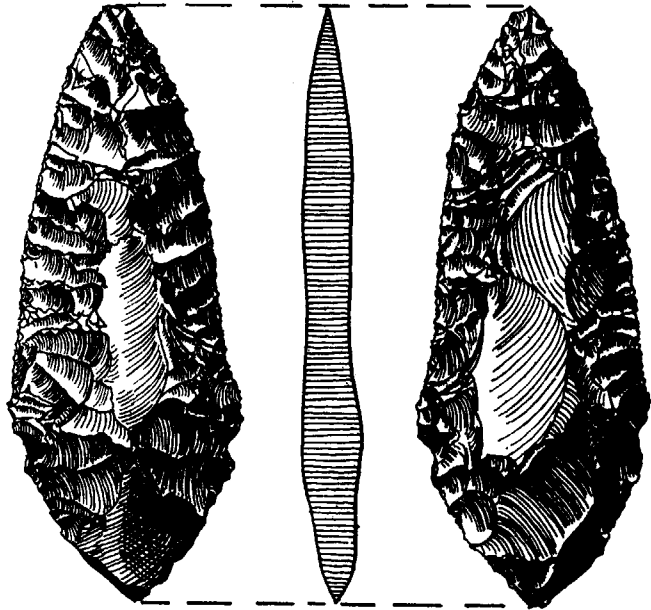


FIG. 47.—Puñal de sílex, eneolítico, de San Fernando de Henares
Escala 2:3

minación en el estudio comparativo con la industria de la base de la «terre a briques» de Montières y Belloy-sur Somme que V. Commont consideró en 1907 como Magdaleniense y como Auriñaciense en 1913 y 1914. Algunas piezas del nivel auriñaciense inferior de Montières presentan igualmente facetas y retoques en plano de percusión.

Neolítico final (*Cultura de las cuevas o de la cerámica*)

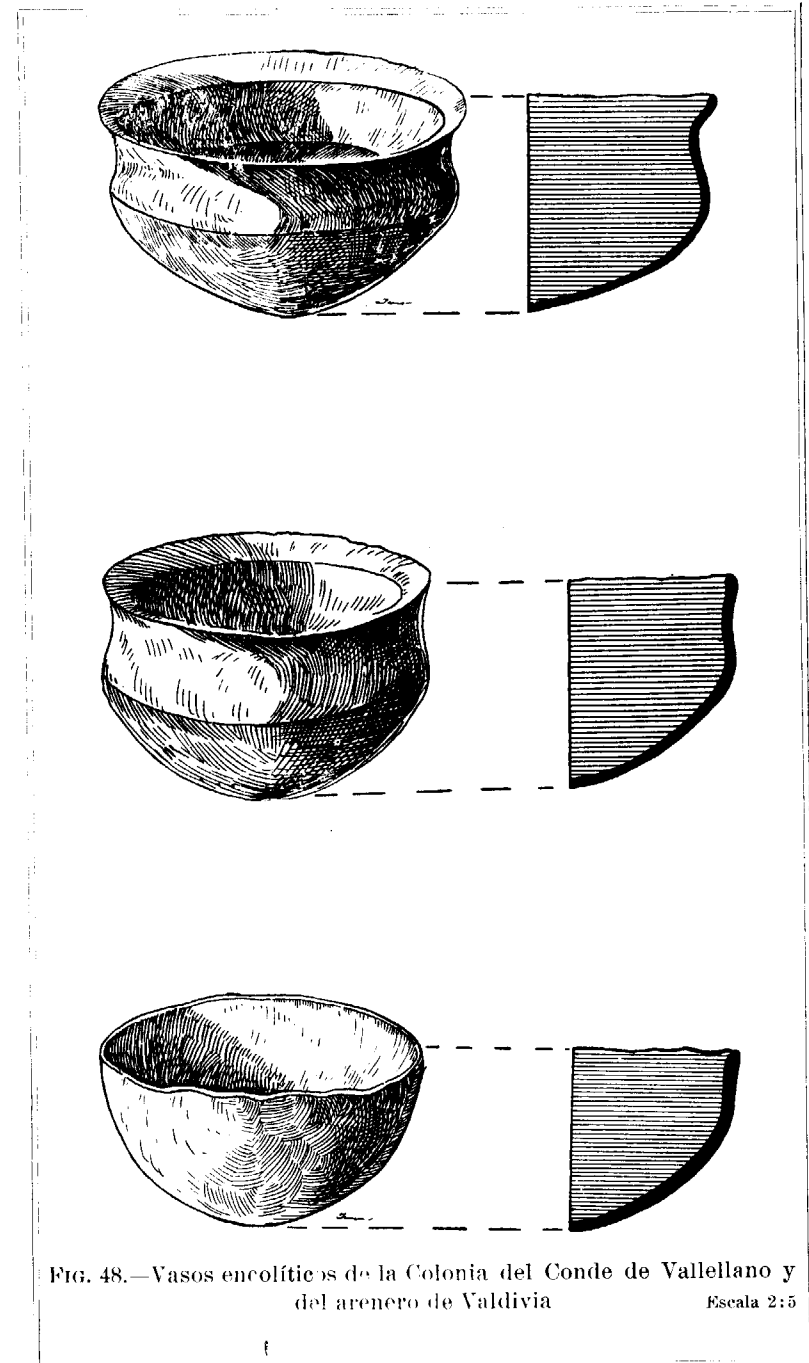


FIG. 48.—Vasos encolíticos de la Colonia del Conde de Vallellano y del arenero de Valdivia
Escala 2:5

de cordones).—No podemos ofrecer, por lo que respecta a las civilizaciones prehistóricas post-paleolíticas, un cuadro tan acabado y detenido como hemos hecho antes para las de la Edad de la Piedra tallada, en parte por no ser abundantes los materiales y en parte por estar pendientes de un estudio detenido.

Sin embargo, adelantaremos algunos resultados, sin perjuicio de que sean modificados más tarde.

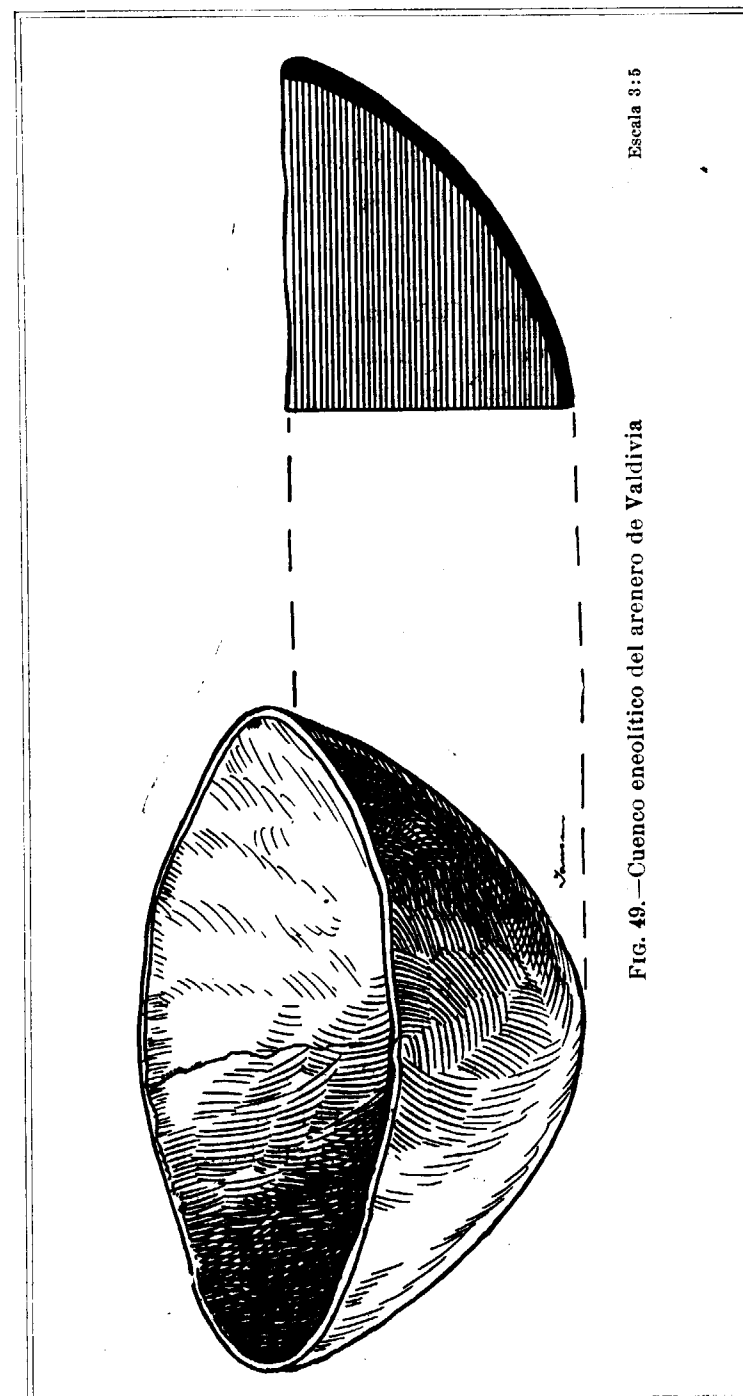
La cultura post-paleolítica más antigua es la de la cerámica de cordones que corresponde, según los estudios sistemáticos del profesor Bosch Gimpera (1) al Neolítico final. No será extraño tropezar con fondos de cabaña del Neolítico medio e inicial con cerámica tosquísima y picos de cuarcita, ni será raro que algunos instrumentos de esta roca, encontrados en superficie, fueran los descendientes de los picos asturienses. Es un problema de interés abierto a la investigación, y, por consiguiente, lo mismo pudieran justificarse las sospechas que desecharse.

Los yacimientos neolíticos son fondos de cabañas y sepulturas. Los primeros aparecen como excavaciones trapezoidales, rellenas de tierra, cenizas, huesos de animales salvajes y domésticos, sílex trabajados, hachas puli-

(1) *Bosch Gimpera (P.) et Pericot (L.)*.—Les civilisations de la Peninsule Ibérique, pendant le néolithique et l'énéolithique. (L'Anthropologie, t. XXXV. Paris, 1925).

Bosch Gimpera (P.).—Las relaciones de los pueblos atlánticos y la Península Ibérica en el Eneolítico y Edad del Bronce. (Investigación y Progreso. Madrid, 1927, n.º 7).

Bosch Gimpera (P.).—O neo-eneolítico na Europa Ocidental e o problema da sua cronología. (Trabalhos da Sociedade Portuguesa de Antropología e Etnologia, t. VIII, Porto, 1928).



mentadas y cerámica decorada con cordones de barro en relieve con huellas dactilares (fig. 45, a y b).

Las sepulturas son simples fosas abiertas en el suelo.

Neolítico pleno. (*Cultura del vaso campaniforme*).—

Otra serie de fondos de cabaña y de hallazgos sueltos corresponde a otra cultura perfectamente definida, a la llamada del vaso campaniforme. Por el momento, su separación de los de la cultura de Almería es difícil por la falta de excavaciones y por la posible mezcla de influencias. Así ocurre con los de la Fuente de la Bruja y de la Colonia del Conde de Vallellano. De aquí, que parece predominar el vaso campaniforme, habiendo trozos con decorado bastante típico (fig. 45, d), sólo se conoce un vaso pequeño de panza esférica y bordes rectos almeriense.

Es un deber manifestar que los vasos campaniformes de San Isidro, del Museo Antropológico de Madrid, han sido señalados como auténticos; son, después del examen hecho en unión de J. Martínez Santa Olalla, falsos o están reconstruidos a base de pequeños fragmentos que no permiten averiguar la forma completa.

Los ejemplares más interesantes de la cerámica del tipo de Ciempozuelos son los de Vallecas (Lám. IX), los de Las Carolinas, estudiados por el profesor H. Obermaier con labores incisas rellenas de pasta blanca y los recientemente aparecidos en el arenero de los Vascos. Uno de los segundos lleva grabados en su interior ciervos y soles. Dos de éstos decoran también un fragmento pequeño de la Colonia del Conde de Vallellano (figura 45, c).

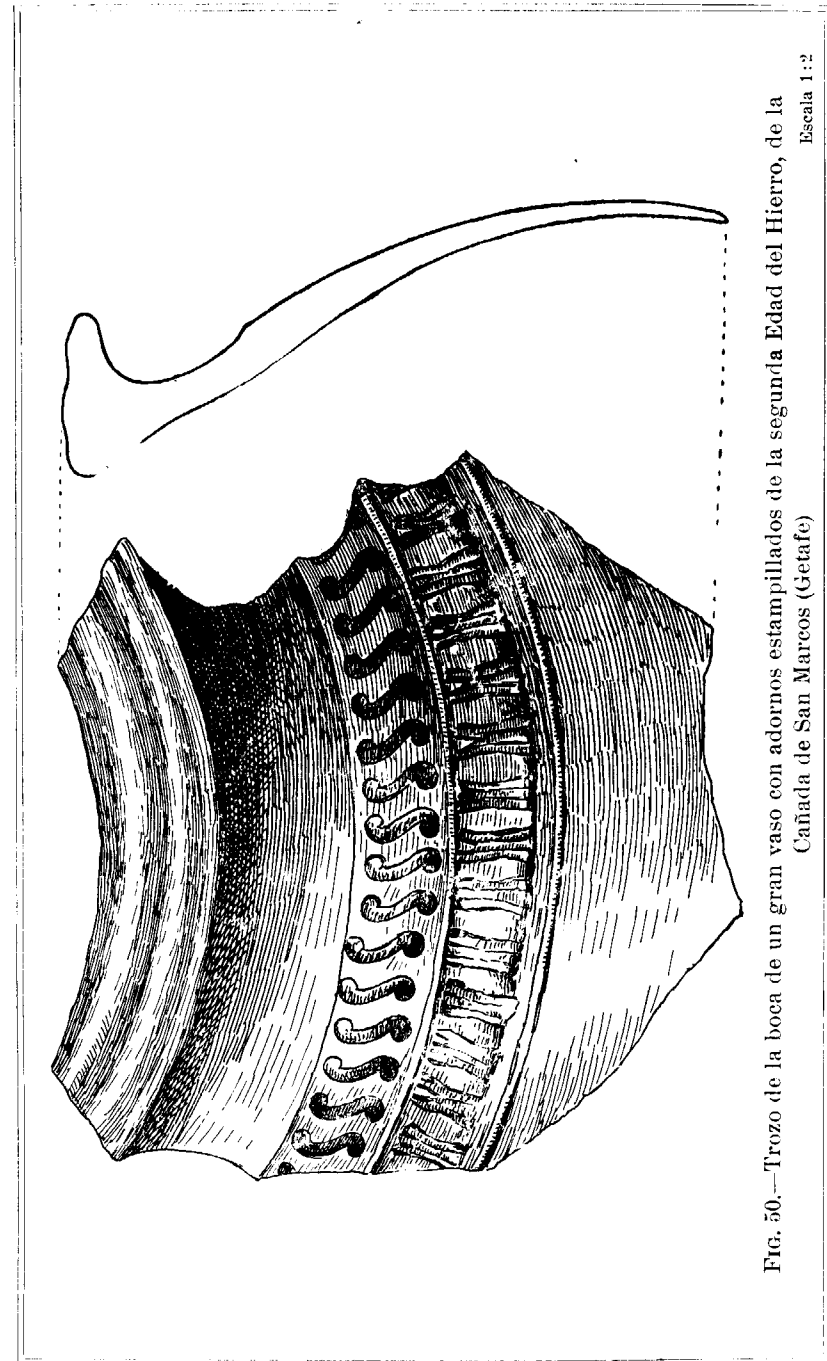


FIG. 50.—Trozo de la boca de un gran vaso con adornos estampillados de la segunda Edad del Hierro, de la Cañada de San Marcos (Getafe)

Escala 1:2

Eneolítico final o principios de la Edad del Bronce. (*Cultura de Almería*). — A mi buen amigo D. Julio Martínez Santa Olalla, profesor de la Universidad de Bonn (Alemania) correspondió el mérito de haber planteado el problema que suscitan los hallazgos de varios yacimientos prehistóricos madrileños. Nos referimos especialmente al Tejar del Portazgo, Tejar de don Pedro y Cerro de San Blas.

Tanto en estos sitios, como en otros menos importantes, aparecen puntas de flecha con aletas y pedúnculo propios de la cultura de Almería (fig. 46), así como vasos de panza ovoide y bordes rectos o ligeramente oblicuos y cuencos muy abiertos, ambos lisos y con la superficie pulimentada (figs. 48 y 49).

En esta cultura hay que incluir también el puñal de sílex de San Fernando de Henares (fig. 47), hallado con cerámica lisa que recuerda mucho los portugueses de Monte Abrão y Folha das Barradas y los de los Millares (Almería), y quizás también la sepultura del arenero de Valdivia con un brazalete de piedra y un vaso de cuerpo esférico y cuello cilíndrico como los hallados en la cueva de los Tollos (Murcia) y en Castelví de la Marca (Barcelona).

¿En qué fecha tuvo lugar el movimiento de pueblos que determinó la llegada de elementos almerienses a Madrid? Faltan excavaciones que esclarezcan este punto. J. Martínez Santa Olalla se inclina a creer que los yacimientos de tipo almeriense corresponden al Eneolítico pleno en que tuvo lugar la máxima expansión de la cultura de Almería. Por nuestra parte sospechamos, ya que en el mismo Portazgo aparece junto con cerámica decadente del tipo de Ciempozuelos, que incluso haya tenido lugar o por

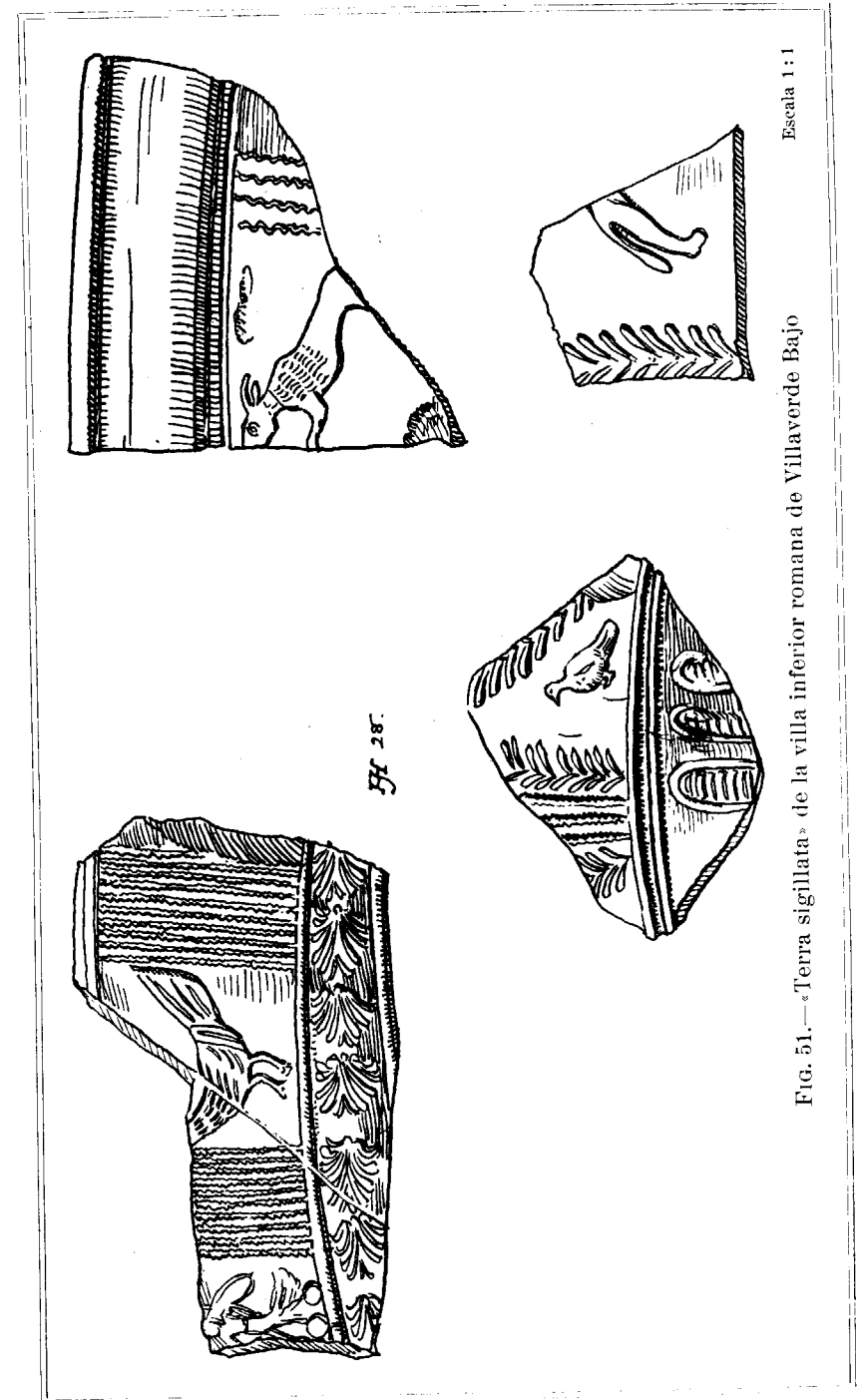


Fig. 51. — «Terra sigillata» de la villa inferior romana de Villaverde Bajo

lo menos perdurara en los primeros tiempos de la Edad del Bronce.

Edad del Hierro.—Otro de los problemas de la prehistoria madrileña abiertos recientemente a la investigación, es el referente a la Edad del Hierro.

Se conocen hallazgos aislados, como los vasos de la cañada de San Marcos (fig. 50) y San Fernando, y los hechos en la fortificación de la Gavia y la estación de Santa

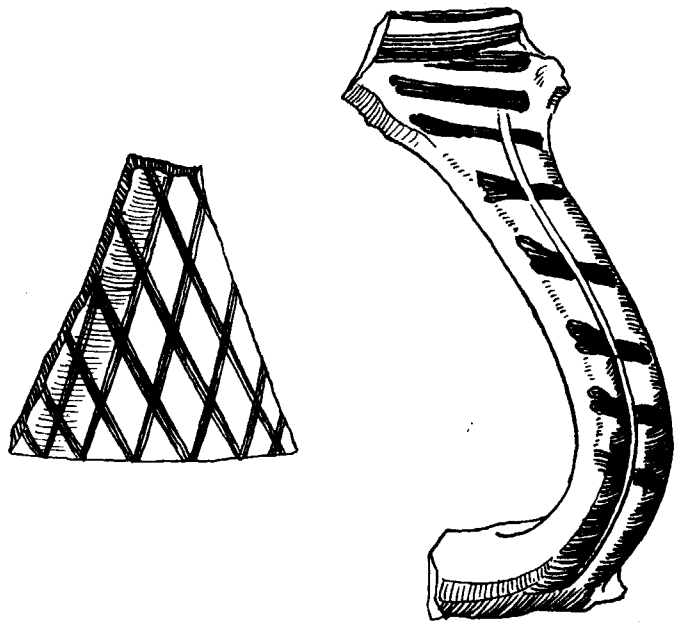


FIG. 52.—Trozos de cerámica pintada de tradición ibérica de la villa inferior romana de Villaverde Bajo Escala 1:1

Catalina de cerámica negra con adornos hechos con estampillas, pero falta, por el momento, una excavación que aclare la cuestión de manera satisfactoria.

Por el momento, sólo podemos decir que es casi seguro que en la segunda Edad del Hierro vivió en Madrid un

pueblo emparentado con el de Las Cogotas (Avila) ligeramente iberizado. La cerámica pintada ibérica muestra círculos concéntricos.

Época Romana.—Hasta el pasado año, era muy poco lo que se sabía del Madrid romano, pues las indicaciones se reducían al mosaico y al brazal de asiento de bronce helenístico que representaba un asno beodo de Carabanchel y a algunas lápidas. Pero a partir de las excavaciones de las villas descubiertas en Villaverde Bajo y que excavé por cuenta del Ayuntamiento de Madrid, se han multiplicado de manera insospechada los hallazgos.

Para nuestro objeto de delimitar la prehistoria madrileña, tiene especial importancia, más que los objetos propiamente romanos, la persistencia del elemento indígena. La cerámica pintada de tipo ibérico perduró hasta el siglo IV d. de J. C.

Mayor es aún la persistencia de elementos aun más antiguos, como la cerámica de cordones, y la negra lisa, que a no ser por conocerse el nivel y estar hecha a torno, se tomaría como prehistórica.

Con objeto de que el lector tenga una idea general de las antigüedades romanas de Madrid daré cuenta somera de los resultados obtenidos en las excavaciones de las villas de Villaverde Bajo.

Estaban emplazadas entre el Manzanares y la carretera de Madrid a San Martín de la Vega, no lejos del puente de Villaverde Bajo y estaba construida la superior sobre las ruinas de otra más antigua, perteneciente al siglo IV post-cristiano.

De la villa inferior no se ha podido trazar plano alguno pues no aparecieron muros sino una capa de tejas y la-

drillos rotos, mezclados con carbones y cenizas. Solamente algunos trozos de mosaicos y de estucos hacen pensar que debió ser tan lujosa como la superior. Es chocante que, mientras en la tierra que cubre la villa superior no aparecen sino raros trozos de cerámica, haya sido la villa inferior el nivel arqueológico principal. Se han recogido abundantes ejemplares de «terra sigillata» (fig. 51), cerámica pintada de tipo ibérico (fig. 52), con rayas incisas (fig. 53), y de barro negro, tosca e incluso con cordones de barro, pero hecha a torno; «pondus» y «fusayolas»; clavos y cuchillos de hierro; un punzón y agujas de hueso, una pulsera de alambre de cobre, cuatro broncees grandes, uno de Trajano y otro de Annia Galeria Faustina; un oenochoe de bronce, etc.

Los cimientos de la villa superior descansaban sobre este nivel arqueológico, su espesor variaba entre 0,55 y 1,50 metros. Estaban formados por piedras grandes de pedernal, marga yesífera y caliza. Los muros eran de piedra y también de ladrillo, pero lo corriente eran adobes, lo cual dificultó mucho la excavación. La falta de piedra y el haberse arado el campo hasta fecha muy próxima, ha ocasionado la desaparición de todo lo que sobresaliera del suelo. Los muros determinaban habitaciones de tamaños y formas variables. La mayor medía 3,50 por 10 metros y tenía suelo encalado. Otras, con pavimento de mosaico, sumamente interesantes por su estilo geométrico y por corresponder a un romano decadente, medían 3,50 por 2,50 y 2,15 por 5,00 metros. (Lám. VIII).

Las paredes de las habitaciones estaban decoradas con estucos pintados, de los que se han podido salvar muchos trozos.

Entre otros restos constructivos merece citarse una dovela de granito, el fuste de una columna de mármol y va-

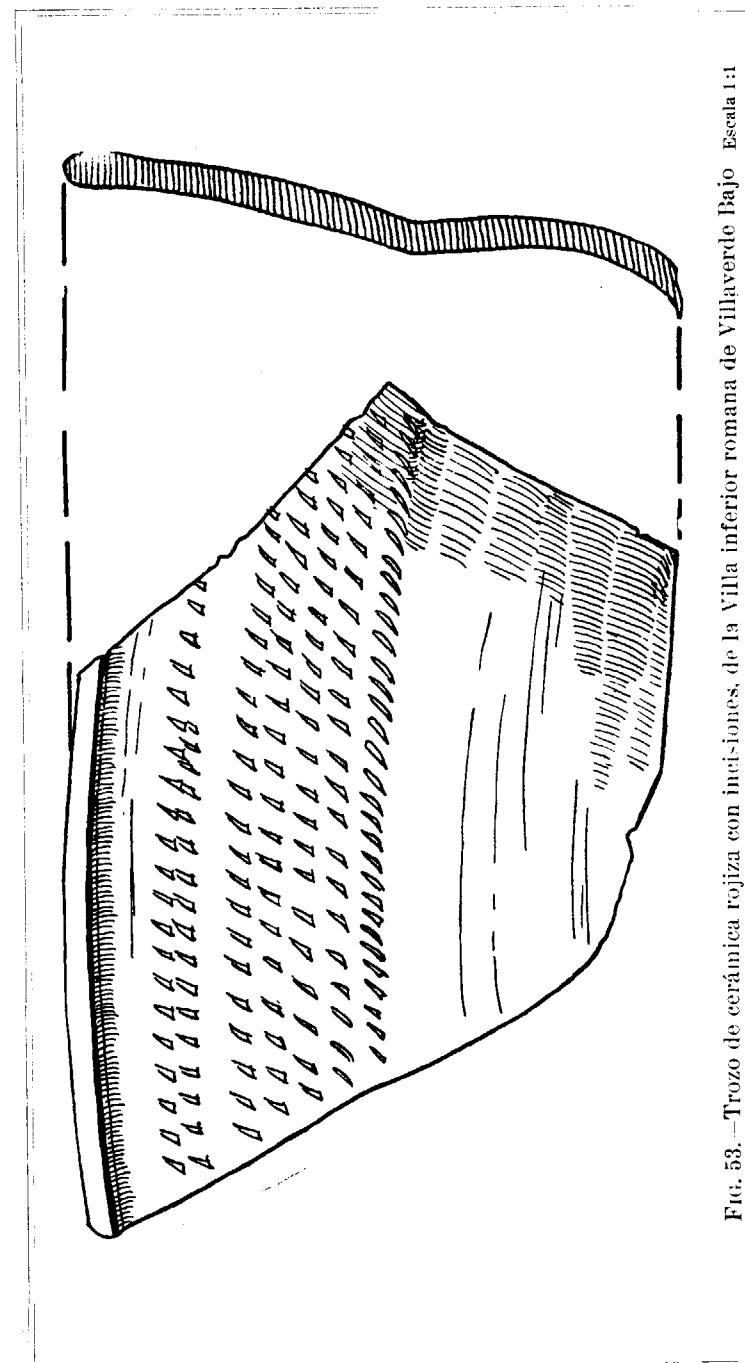


FIG. 53. — Trozo de cerámica rojiza con incisiones, de la Villa inferior romana de Villaverde Bajo. Escala 1:1

rias piscinas. En este verano se ha encontrado una cabeza de mármol, de varón con barba y coronado de laurel muy decadente, como corresponde al siglo IV post-cristiano.

Julio, 1929

NOTA.—Impreso este trabajo he tenido conocimiento de haberse hallado en terrenos próximos al kilómetro 3 de la carretera de Madrid a El Pardo de un sílex interesante, hoy día en las colecciones del Colegio de Nuestra Señora del Pilar. Se trata de un raspador de frente circular, de sílex gris vetado de negro, de edad musteriense. Sus cortes son vivos, carece casi de pátina, no tiene huellas de hierro, ni otras señales de pertenecer a un yacimiento de superficie. Debe proceder de un nivel de gravas o arenas y suscita interesantes problemas.

BIBLIOGRAFÍA ⁽¹⁾

- Aberg (N.)*.—La civilisation énéolitique dans la Peninsule ibérique. (Arbeten utgifna med understöd af Vilhem Ekmans Universitetsfond. Uppsala, 1921).
- Amoedo (E.)*.—«Más sobre la tortuga fósil encontrada en Vallecas».—(B. S. E. H. N.—Tomo VI, pág. 170).—Madrid, 1906.
- Antón (M.)*.—«Los orígenes de la hominación. Estudio de Prehistoria». (Págs. 75 y 81).—Madrid, 1917.
- Azpeitia (F.)*.—«Restos de Mastodon en el Cerro de la Plata, junto al ensanche de Madrid».—(B. S. E. H. N.—Tomo III, páginas 79-82).—Madrid, 1903.

Damos aquí la bibliografía completa sobre prehistoria madrileña y aquellos trabajos de Geología y Paleontología que guardan relación con los temas tratados en nuestro estudio.

Las abreviaturas empleadas son:

- Ac. S. E. H. N. Actas de la Sociedad Española de Historia Natural.
- An. S. E. H. N. Anales de la Sociedad Española de Historia Natural.
- B. S. A. «Bulletin de la Société d'Anthropologie de Paris».
- B. S. E. H. N. «Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural».
- B. S. I. C. N. «Boletín de la Sociedad Ibérica de Ciencias Naturales».
- C. I. A. A. Congrès International d'Anthropologie et d'Archéologie préhistoriques.
- C. I. P. P. M. Comisión de Investigaciones Paleontológicas y Prehistóricas. Memoria.
- L'A L'Anthropologie.
- M. J. S. E. A. Memoria de la Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades.
- M. S. E. H. N. Memorias de la Sociedad Española de Historia Natural.
- R. B. A. M. A. M. . . . «Revista de la Biblioteca, Archivo y Museo» del Ayuntamiento de Madrid.
- T. M. N. C. N. S. G. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Serie Geológica.

- Baye (J. de).*—«Contribution à l'étude du gisement paléolithique de San Isidro, près Madrid».—(B. S. A.—Tomo IV, págs. 274-286).—París, 1893.
- Baye (J. de).*—«Note sur le gisement paléolithique de San Isidro près Madrid».—(B. S. A.—Tomo IV, págs. 391-402).—París, 1893.
- Baysse (A.).*—«Quelques traces glaciaires en Espagne».—(Annuaire du Club Alpin français.—Tomo X, año 1883).—París, 1884.
- Bosch Gimpera (P.).*—«Glockenbecherkultur (Realexekon der Vorgeschichte)».—Tomo IV, 2.^a parte, págs. 345 y siguientes).—Berlín, 1926.
- Bosch Gimpera (P.).*—«Pyrenäenhalbinsel, B. (Ibidem. Tomo X, páginas 348 y siguientes).—Berlín, 1928.
- Cartailhac (E.).*—«Les âges préhistoriques de l'Espagne et du Portugal».—(Págs. 27-28 y 35).—París 1886.
- Castillo (A. del).*—«La cerámica incisa de la cultura de las cuevas de la Península Ibérica y el problema del origen del vaso campaniforme». (Anuario de la Universidad).—Barcelona, 1922.
- Castillo (A. del).*—«La cultura del vaso campaniforme. Su origen y extensión por Europa. Barcelona, 1928.
- Casurro (M.).*—«Indicaciones sobre algunas hachas paleolíticas y varios huesos fósiles hallados en San Isidro».—(Ac. S. E. H. N. Tomo XIX, págs. 42-43).—Madrid, 1889.
- Casurro (M.) y Hoyos (L.).*—«Nota sobre hachas prehistóricas descubiertas en los aluviones de San Isidro (Madrid)».—(Actas de la S. E. H. N.—Tomo XVIII, págs. 94-96).—Madrid, 1889.
- Cortázar (D. de).*—«Explicación del corte del terreno cuaternario de la orilla derecha del río Manzanares».—(Págs. 570-572 de la obra de Graells, titulada: «Fauna Mastodológica Ibérica»).—Madrid, 1897.
- Fernández Navarro (L.).*—«Nota sobre el terciario de los alrededores de Madrid».—(B. S. E. H. N.—Tomo IV, páginas 271-281).—Madrid.
- Fernández Navarro (L.).*—«Sobre un instrumento paleolítico en Fuenlabrada (Madrid)».—(B. S. E. H. N.—Tomo XIII, páginas 119-121).—Madrid, 1908.
- Fernández Navarro (L.).*—«Nuevos yacimientos de objetos prehistóricos».—B. S. E. H. N.—Tomo VIII, páginas 277-280).—Madrid, 1908.
- Fernández Navarro (L.).*—«Notas geológicas: I. Límites entre el Terciario y el Cuaternario al Sur de Madrid».—(B. S. E. H. N.—Tomo IX, páginas 330-336).—Madrid, 1909.
- Fernández Navarro (L.) y Gómez de Llerena (J.).*—«Datos topológicos del cuaternario de Castilla la Nueva».—(T. M. N. C. N. S. G. Número 18).—Madrid, 1916.
- Gaudry (A.).*—«Le gisement de San Isidro, près Madrid».—(L'A.—Tomo V, página 615).—París, 1895.

- Graells (M. de la P.).*—«Sobre el descubrimiento de fósiles verificado últimamente en la vertiente derecha del Manzanares».—(«Boletín oficial del Ministerio de Comercio, Instrucción públicas y Obras públicas».—Tomo IX, páginas 572-574).—Madrid, 1850.
- Graells (M. de la P.).*—«Fauna mastodológica ibérica».—(Memorias de la Real Academia de ciencias exactas, Físicas y Naturales. Tomo XVII).—Madrid, 1897.
- Harlé (E.).*—«Essai de una lista de mamíferos y aves del cuaternario, conocidos hasta ahora en la Península Ibérica».—(«Boletín del Instituto Geológico de España».—Tomo XXXIII, página 145).—Madrid, 1912.
- Harlé (E.).*—«Essai d'une liste de mammifères et des oiseaux quaternaires connus jusqu'ici dans la Péninsule Iberique».—(Comunicações del Serviço Geologico de Portugal. Tomo VIII, página 74).—Lisboa, 1912.
- Hernández Pacheco (E.).*—«Los vertebrados terrestres del Mioceno de la Península Ibérica».—(M. S. E. H. N.—Tomo IX, número 4).—Madrid, 1914.
- Hernández Pacheco (E.).*—«Restos fósiles de grandes mamíferos en las terrazas del Manzanares, y consideraciones respecto a éstas».—(B. S. E. H. N.—Tomo XXVII, páginas 449-464).—Madrid, 1927.
- Hernández Pacheco (E.).*—«Los cinco ríos principales de España y sus terrazas».—(T. M. N. C. N. S. G., núm. 36).—Madrid, 1928.
- Hernández Pacheco (E. y F.).*—«Aranjuez y el terreno al Sur de Madrid».—(Guía de la excursión B-3 del XIV Congreso Geológico Internacional).—Madrid, 1926.
- Hernández Pacheco (F.).*—«Un nuevo yacimiento de vertebrados fósiles del Mioceno de Madrid».—(B. S. E. H. N.—Tomo XXVI, páginas 392-395).—Madrid, 1926.
- Hernández Pacheco (E.) y Royo (J.).*—«Mineralogía, Geología y Prehistoria del Cerro de los Angeles (Madrid)».—(B. S. E. H. N.—Tomo XVI, páginas 533-539).—Madrid, 1916.
- Hoernes (M.).*—«Der diluviale Mensch in Europa. Die Kulturstufen der älteren Steinzeit».—(Pág. 18).—Braunschweig, 1903.
- Hoernes (R.).*—«Untersuchungen der jüngeren Tertiärgebilde des Westlichen Mittelmeergebietes».—(Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften. Mathemat. Naturwissenschaftliche Klasse.—Tomo CXIV, páginas 737 y siguientes).—Wien, 1905.
- Hoernes (R.).*—«Eine geologische Reise durch Spanien».—(Mitteilungen des naturw. Vereines für Steiermark.—Páginas 318, 345, 347 y 365).—1905.
- Hoyos Sáinz (L. de).*—«L'Anthropologie et la préhistoire en Espagne et en Portugal en 1897».—(L'A.—Tomo IX, págs. 37-51).—París, 1898.

- Janini (R.)*.—«Riegos con aguas artesianas. Noticias generales respecto a los pozos artesianos y a los arrendamientos de terrenos para huertas en el Real Patrimonio de El Pardo.»—Madrid, 1913.
- Luján (F. de)*.—«Memoria sobre los trabajos realizados en el año 1850 por la Comisión del Mapa Geológico de la provincia de Madrid y general del Reino.»—(Págs. 22 y siguientes).—Madrid, 1852.
- Luján (F. de)*.—«Memoria sobre los trabajos realizados en el año 1851 por la Comisión del Mapa geológico de la provincia de Madrid y general del Reino.»—(Págs. 22 y siguientes).—Madrid, 1852.
- Mallada (L.)*.—«Explicación del Mapa geológico de España.»—VII.—(Memorias del Instituto Geológico de España).—Madrid, 1911.
- Martínez Santa Olalla (J.)*.—«Algunos hallazgos prehistóricos de superficie del término de Madrid.»—(R. B. A. M. A. M.—Tomo IV, páginas 74-78).—Madrid, 1928.
- Mortillet (G. de)*.—«Photographie des carrières de San Isidro.»—(Bulletin de la Societé d'Anthropologie de Paris.—Págs. 351-354).—París, 1893.
- Nadaillac (M. de)*.—«Ref. sobre H. E. Mercer: Artificial flaked flint in the quaternary gravels of San Isidro (Spain).»—(L'A.—Tomo VI, página 86).—París, 1893.
- Obermaier (H.)*.—«Der Mensch der Vorzeit.»—(Págs. 164 y 432).—Berlín, 1912.
- Obermaier (H.)*.—«Yacimiento prehistórico de Las Carolinas (Madrid).»—(C. I. P. P. M., número 16).—Madrid, 1917.
- Obermaier (H.)*.—«El Hombre Fósil.»—(1.ª edición, págs. 82, 83, 87, 88, 89, 90, 157, 160, 192, 277; figs. 18, 19, 23-26 y 73.—2.ª edición, páginas 67, 80, 101, 158-162, 195-212, 225, 226, 235, 238, 239, 371; figuras 22, 23, 27-30, 69, 86-93, 160; lámina VIII).—Madrid, 1.ª edición, 1916; 2.ª edición, 1925.
- Obermaier (H.)*.—«Fossil Man in Spain.»—(Páginas 69, 70, 74-76, 78, 147, 155, 181-189, 200, 201, 334 y 335; figuras 22, 23, 27-30, 32, 81-83 y 335).—New Haven, 1924.
- Obermaier (H.)*.—«Pyrenäenhalbinsel. A.»—(Reallexikon der Vorgeschichte.—Tomo IX, páginas 336-348).—Berlín, 1928.
- Obermaier (H.) y Carandell (J.)*.—«Los glaciares cuaternarios de la Sierra de Guadarrama.»—(T. M. N. C. N. S. G., número 19).—Madrid, 1917.
- Obermaier (H.) y Carandell (J.)*.—«Sierra de Guadarrama.»—(Guía de la excursión B. 2 del XIV Congreso Geológico Internacional).—Madrid, 1926.
- Obermaier (H.) y Pérez de Barradas (J.)*.—«Las diferentes facies del Musteriense español y especialmente de los yacimientos madrileños.»—(R. B. A. M. A. M.—Tomo I, págs. 143-173).—Madrid, 1924.

- Obermaier (H.) y Wernert (P.)*.—«Yacimiento paleolítico de las Delicias (Madrid).»—(M. S. E. H. N.—Tomo XI, págs. 1 y siguientes).—Madrid, 1918.
- Obermaier (H.), Wernert (P.) y Pérez de Barradas (J.)*.—«El Cuaternario de las canteras de Vallecas (Madrid).»—(Boletín del Instituto Geológico de España.—Tomo XLII, páginas 305-332).—Madrid, 1921.
- Penck (A.)*.—«Studien über das Klima Spaniens, während der jüngeren Tertiärperiode und der Diluvialperiode.»—(Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.—Páginas 109-141).—Berlín, 1894.
- Penck (A.)*.—«Die Pyrenäenhalbinsel. Reisebilder.»—(Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwiss. Kenntnisse.—Band. 34, páginas 14 y siguientes).—Wien, 1894.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Nuevos yacimientos paleolíticos de superficie de la provincia de Madrid.»—(B. S. E. H. N.—Tomo XIX, páginas 212-16).—Madrid, 1919.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Paleolitos musterienses de la Casa de Campo (Madrid).»—(Boletín de la Sociedad Española de Excursiones.—Tomo XXIX, páginas 151-153).—Madrid, 1921.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Yacimientos paleolíticos del valle del Manzanares. Trabajos realizados en 1920-21.»—(M. J. S. E. A.—Número 42).—Madrid, 1922.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Algunos datos para el estudio de la Climatología cuaternaria del valle del Tajo.»—(B. S. I. C. N.—Tomo V, páginas 125-145).—Zaragoza, 1923.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Las terrazas cuaternarias del valle del Manzanares.»—(Ibérica.—Vol. XX, págs. 42-44).—Tortosa, 1923.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Yacimientos paleolíticos de los valles del Manzanares y del Jarama (Madrid). Trabajos realizados en 1921-22.»—(M. J. S. E. A.—Número 50).—Madrid, 1923.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Yacimientos paleolíticos del Valle del Manzanares (Madrid). Trabajos realizados en 1922-23.»—(Memorias de la Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades.—Número 60).—Madrid, 1924.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Introducción al estudio de la Prehistoria madrileña.»—(R. B. A. M. A. M.—Tomo I, páginas 13-35).—Madrid, 1924.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Yacimientos paleolíticos del Valle del Manzanares (Madrid). Trabajos realizados en 1923-24.»—(Memorias de la Junta Superior de Excavaciones y Antigüedades.—Número 64).—Madrid, 1924.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Nuevas civilizaciones del Paleolítico de Madrid (Musteriense ibero-mauritano y Precapsiense).»—(Bulletin de l'Associació Catalana d'Antropologia, Etnologia i Prehistoria.—Tomo II, páginas 1-40).—Barcelona, 1924.

- Pérez de Barradas (J.)*.—«El Cuaternario del valle alto del Jarama».—(Ibérica.—Vol. XXII, número 534, páginas 9-12).—Tortosa, 1924.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Excursiones por el Cuaternario del Valle del Jarama».—(Ibérica. Vol. XXII, núm. 535, págs. 25-28).—Tortosa, 1924.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Estudios sobre el terreno cuaternario del Valle del Manzanares (Madrid)».—Madrid, 1926.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Études sur le terrain quaternaire de la Vallée du Manzanares (Madrid)».—Madrid, 1926.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«El Neolítico de la provincia de Madrid».—(R. B. A. M. A. M.—Tomo III, páginas 76-87).—Madrid, 1926.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«Los suelos y el terreno cuaternario de los alrededores de Madrid».—(Boletín de Agricultura Técnica y Económica.—Año XIX, páginas 425-441).—Madrid, 1927.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«El Madrid prehistórico».—(Revista de las Españas.—Año II, páginas 194-201).—Madrid, 1927.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«El descubridor del hombre fósil en España, Don Casiano de Prado y Vayo».—(Investigación y Progreso. Año II, páginas 1-4).—Madrid, 1928.
- Pérez de Barradas (J.)*.—«La infancia de la Humanidad».—(Apéndice I: La prehistoria madrileña, páginas 163-169).—Madrid, 1928.
- Pérez de Barradas (J.) y Fuidio (F.)*.—«Nuevos yacimientos neolíticos de los alrededores de Madrid».—(R. B. A. M. A. M.—Tomo IV, páginas 283-293).—Madrid, 1927.
- Pérez de Barradas (J.) y Wernert (P.)*.—«Instrumentos paleolíticos de superficie de la ciudad de Madrid».—(Coleccionismo.—Año VIII, páginas 103-106).—Madrid, 1920.
- Pérez de Barradas (J.) y Wernert (P.)*.—«El nuevo yacimiento paleolítico de La Gavia (Madrid)».—(Coleccionismo.—Año IX, páginas 55 y 56).—Madrid, 1921.
- Pérez de Barradas (J.) y Wernert (P.)*.—«Excursión geológica por el valle inferior del Manzanares».—(B. S. I. C. N.—Tomo III, páginas 138-158).—Zaragoza, 1921.
- Prado (C. de.)*.—«Note sur la geologie de la province de Madrid».—(Bulletin de la Société Géologique de France (2.^a serie).—Tomo X, página 168).—París, 1852.
- Prado (C. de.)*.—«Note sur la geologie de la province de Madrid».—(Bulletin de la Société Géologique de France (2.^a serie).—Tomo XI, página 333).—París, 1854.
- Prado (C. de.)*.—«Restos de un Mastodonte en las cercanías de Madrid».—(Revista Minera.—Tomo IX).—Madrid, 1858.
- Prado (C. de.)*.—«Descripción física y geológica de la provincia de Madrid».—(Junta Superior de Estadística).—Madrid, 1864.—(Su parte primera se publicó separada en 1862).
- Quiroga (F.)*.—«Excursiones geológicas en los alrededores de Madrid».—(Boletín de la Institución libre de Enseñanza.—Tomo IX, páginas 248-55 y 263-65).—Madrid, 1886.

- Quiroga (F.)*.—«Excursión al Cerro de Almodóvar y San Fernando».—(Boletín de la Institución libre de Enseñanza.—Tomo XI, páginas 59 y 60).—Madrid, 1886.
- Royo (J.)*.—«El Mioceno continental ibérico y su fauna malacológica».—(C. I. P. P. M., número 30).—Madrid, 1922.
- Royo (J.)*.—«El Mioceno de Vallecas (Madrid) y comarcas próximas».—(Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Congreso de Salamanca.—Tomo VI, págs. 107-120).—Madrid, 1921.
- Royo (J.)*.—«Edad de las formaciones yesíferas del Terciario ibérico».—(B. S. E. H. N.—Tomo XXVI, páginas 259-279).—Madrid, 1926.
- Royo (J.)*.—«Tectónica del Terciario continental ibérico».—(Boletín del Instituto Geológico de España.—Tomo XLVII.) (Comptes Rendus de la XIV sesión du Congrès Géologique International, seconde fase).—Madrid, 1926.
- Royo (J.)*.—«El Terciario continental de la cuenca alta del Tajo».—(Instituto Geológico y Minero de España.—Datos para el estudio de la geología de la provincia de Madrid. Hoja n.º 560, Alcalá de Henares, páginas 17-89).—Madrid, 1928.
- Royo (J.)*.—«Sobre los aluviones de Torrelodones».—(B. S. E. H. N.—Tomo XXVIII, páginas 306-307).—Madrid, 1928.
- Royo (J.) y Menéndez Puget (L.)*.—«Explicación de la Hoja de Alcalá de Henares (Madrid)».—(Instituto Geológico y Minero de España.—Datos para el estudio de la geología de la provincia de Madrid. Hoja n.º 560, Alcalá de Henares, páginas 93-184).—Madrid, 1928.
- Schlosser (M.)*.—«Neuere Funde von Wirbeltieren besonders Säugetieren, im Tertiär und Pleistocän der Iberischen Halbinsel».—(Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, páginas 490-501).—Stuttgart, 1921.
- Schulz.*—«Memoria sobre los trabajos realizados en el año 1853 por la Comisión del Mapa geológico de la provincia de Madrid y general del Reino».—(Páginas 43-44).—Madrid, 1855.
- Simoës (A. F.)*.—«Introducao a Archeologia da Peninsula Iberica».—(1.^a parte. Antigüedades prehistóricas, páginas 32-33).—Lisboa, 1878.
- Siret (L.)*.—«Nouvelle campagne de recherches archéologiques en Espagne».—(L'A.—Tomo III, páginas 385-404).—París, 1892.
- Siret (L.)*.—«L'Espagne préhistorique».—(Revue des Questions scientifiques (2.^a série).—(Tomo IV, págs. 489-562).—Bruselas, 1898.
- Tubino (F. M.)*.—«Note sur l'époque préhistorique en Espagne».—(Association française pour l'avancement des sciences. I Congrès, páginas 715-719).—Bordeaux, 1872.
- Verneuil (E. de.)*.—«Sur le diluvium des environs de Madrid».—(Bulletin de la Société Géologique de France (2.^a série).—T. XXIV, páginas 499-500).—París, 1866-67.

- Verneuil (E. de) et Lartet (L.)*.—«Note sur un silex taillé trouvé dans le diluvium des environs de Madrid».—(Bulletin de la Société Géologique de France (2.^a série).—Tomo XX, págs. 698-702).—París, 1862.
- Vilanova (J.)*.—«Découvertes archéologiques préhistoriques faites en Espagne».—(C. I. A. A.—IV ses., páginas 221-235).—Copenhague, 1869.
- Vilanova (J.)*.—«Lo prehistórico en España».—(An. S. E. H. N.—Tomo I, páginas 129-143).—Madrid, 1872.
- Vilanova (J.)*.—«Estudios sobre lo prehistórico español».—(Museo Español de Antigüedades.—Tomo I, páginas 129-143).—Madrid, 1872.
- Vilanova (J.)*.—«Noticia sobre algunas particularidades del corte de San Isidro».—(Ac. S. E. H. N.—Tomo V, páginas 45-46).—Madrid, 1876.
- Vilanova (J.)*.—«Discurso leído en la Real Academia de la Historia».—(Páginas 28-29, 45, 48, 100, etc.).—Madrid, 1889.
- Vilanova (J.) y Rada y Delgado (J. de la)*.—«Geología y Protohistoria ibéricas».—(Páginas 418, 421, 422, 431-435, 444, 445 y 448).—Madrid, 1894.
- Wernert (P.) y Pérez de Barradas (J.)*.—«El Almendro. Nuevo yacimiento cuaternario en el Valle del Manzanares».—(Boletín de la Sociedad Española de Excursiones.—Tomo XXVII, páginas 238-269).—Madrid, 1919.
- Wernert (P.) y Pérez de Barradas (J.)*.—«Yacimientos paleolíticos del Valle del Manzanares (Madrid). Trabajos realizados en 1919-1920».—(M. J. S. E. A., número 33).—Madrid, 1921.
- Wernert (P.) y Pérez de Barradas (J.)*.—«El Cuaternario del Valle del Manzanares (Madrid)».—(Ibérica. Año VIII, número 373, páginas 233-235).—Tortosa, 1921.
- Wernert (P.) y Pérez de Barradas (J.)*.—«Contribución al estudio de los yacimientos paleolíticos de Madrid».—(Coleccionismo. Año IX, páginas 31-44).—Madrid, 1921.
- Wernert (P.) y Pérez de Barradas (J.)*.—«Contribución al estudio del Paleolítico superior del Manzanares».—(Coleccionismo.—Año IX, páginas 153-157).—Madrid, 1921.
- Wernert (P.) y Pérez de Barradas (J.)*.—«Bosquejo sobre un estudio sintético sobre el Paleolítico del Valle del Manzanares».—(Revista de Archivos, Bibliotecas y Museos.—Tomo XXVIII, páginas 441-465).—Madrid, 1924.
- Wernert (P.) y Pérez de Barradas (J.)*.—«El yacimiento paleolítico de San Isidro. Estudio bibliográfico-crítico».—(Revista de la Biblioteca, Archivo y Museo del Ayuntamiento de Madrid.—Tomo II, páginas 31-68).—Madrid, 1925.
- Zulueta (A.)*.—«Hallazgo de una tortuga fósil cerca de Vallecas».—(B. S. E. H. N.—Tomo VI, páginas 121-22).—Madrid, 1906.

LOS COMBUSTIBLES LÍQUIDOS NACIONALES

POR

LUIS MONTESINO

Marqués de Morella

LOS COMBUSTIBLES LÍQUIDOS NACIONALES

El crecimiento inusitado del consumo de combustibles líquidos, que se observa, no sólo en España sino en todas las naciones, es motivo de gran preocupación para las que, como la nuestra, no poseen yacimientos de petróleos propios o adquiridos, y esto no sólo por la dependencia o mediatización progresiva, que la obligada importación establece en favor de países más afortunados o previsores, sino porque, ya hoy, llega esta importación, en España, a pesar más de lo debido en nuestra balanza comercial y en la emigración de nuestra moneda.

Las siguientes cifras dan una idea, global, del rápido crecimiento de la importación petrolífera, que, para colmo de contrariedades, suele ser de productos ya refinados y venir bajo bandera extranjera:

IMPORTACIÓN DE PRODUCTOS PETROLÍFEROS

AÑOS	ALEMANIA	FRANCIA	ESPAÑA	
				(Aumento)
1924	—	1.579.590	217.214	—
1925	1.284.000	1.979.182	245.287	13 %
1926	—	2.068.177	270.571	10 %
1927	2.048.000	2.214.985	356.854	32 %
1928	2.500.000	2.500.000	511.308	43 %

Crece, pues, el aumento anual de productos petrolíferos, en todas partes, pero proporcionalmente mucho más en España, en estos años, que en Francia y Alemania. Esto obedece, en parte, a que allí se ha puesto ya, a la creciente importación, el freno de la producción nacional de combustibles líquidos, que aquí apenas se ha iniciado, con alguna mayor producción de benzol, en estos últimos años, aunque en cantidades realmente insignificantes (1).

He aquí comparadas estas producciones nacionales de combustibles líquidos en 1928.

PRODUCTOS	ALEMANIA	FRANCIA	ESPAÑA
	Toneladas	Toneladas	Toneladas
Benzol	300.000	100.000	5.000
Alcohol sintético	—	45.000	—
Petróleo sintético	200.000	5.000	—
TOTALES.....	500.000	150.000	5.000

De éstas y aquellas cifras se deduce que Alemania consigue ya fabricar, aproximadamente, la quinta parte de los carburantes líquidos que necesita, Francia la 16.^a y España *menos de la centésima parte*.

Estamos pues, como se ve, en un alarmante retraso, denunciado, claramente, por esta sencilla comparación de algunas cifras, relativamente recientes, tan difíciles siempre de obtener en nuestro país.

No se crea, sin embargo, que estos aumentos rápidos

(1) Véanse las estadísticas de combustibles, al final.

de consumo de sustancias petrolíferas, sean fenómenos locales y mucho menos pasajeros. En todas partes aumenta el consumo a tenor de la extraordinaria difusión de los motores de explosión e ignición, caldeo de calderas, etc., en detrimento, constante y creciente, de la producción hullera, ya en pérdida neta, de 1,25 marcos y 1,50 chelines, respectivamente, en Alemania e Inglaterra, y por tonelada, en estos últimos tiempos, a pesar de todas las restricciones y despidos de personal obrero, habiéndose llegado a una *sobreproducción anual, de carbón, de 80 millones de toneladas, en toda Europa*, mientras que el consumo de combustibles líquidos, viene, por el contrario, más que doblando, cada 10 años, desde el 1880 hasta la fecha, como lo demuestran claramente las siguientes cifras del consumo mundial del petróleo en bruto:

En 1880. Consumo mundial.	4.288.300 toneladas
En 1890. Id. id.	10.947.600 id.
En 1900. Id. id.	21.305.300 id.
En 1910. Id. id.	46.823.000 id.
En 1920. Id. id.	99.468.700 id.
En 1930. Id. id. (Probable)	200.000.000 id.

Esta última cifra se deduce del consumo en estos últimos años que fué:

En 1925.	152.677.300 toneladas
En 1926.	156.912.700 id.
En 1927.	178.949.000 id.

Pero es mucho más digna de atención la situación especial de nuestro país, ya que, además de la considerable importación anual, ya señalada, de 500.000 toneladas de petróleo, y subproductos extranjeros, en barcos extranjeros, se produce aquí, anualmente también, otra, de 120 a 140 millones de pesetas, en vehículos mecánicos para

el consumo de la gasolina importada. Bien puede, pues, decirse que sacrificamos ya, a la creciente necesidad, o comodidad, del empleo del motor a combustión interior, más de 400 millones de nuestra moneda, irremediablemente perdidos para la economía nacional.

El reverso de la medalla de estas hondas preocupaciones, europeas y españolas, lo constituyen los enormes aumentos que alcanzan los capitales, y beneficios repartidos, de la mayor parte de las Compañías petrolíferas Americanas, que sin dejar de repartir éstos con esplendidez, han centuplicado algunas veces, el capital social (sin exigir nada, o casi nada, a sus accionistas), en menos de 30 años.

Así por ejemplo, dentro del grupo «Standard Oil», la «Indiana» creció, de medio millón, capital inicial, a 228 millones, capital actual; la «Standard Oil of New-York» pasó de siete a 420 millones, y por este estilo casi todas las demás.

Solamente los capitales de los cuatro grupos anglo-americanos, que controlan el 72 % de la producción mundial de petróleos («Standard Oil», «Shell», «Burman» e «Independiente»), sumaban ya, en 1926, la enorme cantidad de 8.524 millones de dólares como capital, y los beneficios que repartieron, en dicho año, se elevaron a 668.044 millones de la misma moneda.

Estas cifras deben ser también un aliciente para nosotros, que nos impulse a procurarnos el codiciado líquido, tanto en España como en nuestras posesiones de África, si aquí o allí lo hubiese en cantidad explotable.

A demostrar que este amenazador desequilibrio comercial es evitable, tienden las siguientes líneas en que trataremos, someramente, de la obtención industrial de combustibles líquidos nacionales, los más apropiados al caso,

y que, a precios de competencia mundial, producen ya las modernas instalaciones de destilación y recuperación de subproductos, de la hulla, a alta y baja temperatura, así como los procedimientos de síntesis o hidrogenación directa, del carbón, o de gases carburados, a base del tratamiento de lignitos y carbones, del menor precio y calidad, que con gran abundancia poseemos en España.

CARBURANTES DE DESTILACIÓN

El benzol.—El benzol es el carburante clásico de la destilación de la hulla en las cokerías y fábricas de gas. Hasta aquí se conservaba, en éste, para darle mayor brillantez, pero hoy se extrae y condensa, no siendo ya necesario abrillantar la llama y, sí, muy ventajoso el precio del benzol.

Esta denominación general, comprende los benzoles al 50 y al 90 %, el benzol ligero para aviación, los solvent-nafta, más pesados, y, en fin, los componentes puros del propio benzol: el benceno, tolueno y xilenos. Todos productos valiosos para el motor y en varias industrias, pero de los que no se fabrican en España, mas que las 5.000 toneladas que extraen, hoy, nuestras cokerías, mientras que pasan de 500.000, como hemos dicho, las toneladas de productos similares, petrolíferos, que pedimos al extranjero.

Se trata, pues, nada menos, que de centuplicar nuestra actual producción nacional de carburantes líquidos, si bien no sólo con los benzoles. Estos productos, en efecto, sólo existen en proporción de un 6 % en el alquitrán, producido por la destilación, a alta temperatura (1.000°), y en los gases; y, a lo sumo, se puede conseguir un 10 %, contando con el "cracking" o descomposición de aceites más

pesados. Pero como sólo se obtiene, a alta temperatura, unos 30 a 40 kilogramos de alquitranes, por tonelada de hulla destilada, no se puede conseguir, en definitiva, mas que tres o cuatro kilogramos de benzol por 1.000 kilogramos de hulla.

Como la hulla produce a la vez 750 kilogramos de cok metalúrgico, si sólo se empleara esta clase de destilación para fabricar las 300.000 o 400.000 toneladas de combustibles líquidos necesarios, para substituir la gasolina importada, sería preciso destilar nada menos que ¡100 millones de toneladas de hulla! cuando, en total, sólo producimos seis, y además nos veríamos abrumados con los 75 millones de toneladas de cok metalúrgico, producido a la vez, cuando sólo necesitamos, en total, 3/4 de millón al año.

Felizmente la destilación de hulla a baja temperatura (450 a 500°), que ha hecho rápidos progresos a partir de la guerra europea, permite obtener 100 a 120 kilogramos de alquitrán "primario", por tonelada de hulla, en vez de aquellos 30 o 40, y, en definitiva, produce ocho a diez kilogramos de benzol ligero, en vez de tres o cuatro, más 10 kilogramos de aceites más pesados (White-Spirit y Gaz-Oil), y hasta 20 kilogramos de fenoles (transformables también en benzoles por hidrogenación). Resulta pues, en total, 30 o 40 kilogramos de carburantes líquidos en vez de los tres o cuatro que daría la destilación de alta temperatura de las cokerías, y ya no serían 100 millones de toneladas de hulla, sino 10 solamente, las necesarias para fabricar esas, aun así fantásticas, 300 o 400 mil toneladas de combustibles líquidos, dado caso de que sólo se tratara de fabricar y quemar benzoles.

Es pues, de la destilación a baja temperatura, casi inexistente aún en España, que podríamos sacar, si no toda, buena parte del benzol necesario para nuestro consumo.

Sin embargo, debe apelarse, ante todo, a la destilación a alta temperatura, ya que ha alcanzado un mejoramiento extraordinario, últimamente, no sólo abaratando y mejorando el cok metalúrgico y de consumo usual, sino recogiendo, de un modo total y perfecto, todos los valiosos sub-productos de esta destilación, empleando más útilmente que hasta aquí la gran cantidad de gases combustibles que produce, y hasta liquefiándolos y embotellándolos para servirse de ellos, prácticamente, en la locomoción mecánica, la soldadura autógena, etc.

Finalmente estos gases, del horno de cok clásico, producen el gas hidrógeno más barato que hoy pueda obtenerse; gas combustible, que a su vez, emplea la industria modernísima, para fabricar, por síntesis directa, los amoníacos industriales, así como petróleos, esencias y grasas sintéticas, los alcoholes, y una gama interesantísima de carburantes, abonos, explosivos y productos químicos diversos.

El planteamiento de la fabricación de carburantes nacionales, debe pues empezar, a nuestro juicio, por la construcción de nueva planta, de poderosas baterías de destilación a alta temperatura, conforme al tipo moderno de horno regenerador de calor y recuperador de sub-productos que se generaliza en Europa y en América, estableciéndolos en las propias minas de carbón, a la vez que se llegaba a la adopción de los hornos de destilación a baja temperatura, adaptables a las minas de lignitos y hulla menuda, adoptando para ello los tipos más modernos de hornos de translación o de rotación, hoy empleados, y felizmente asociables al caldeo económico de calderas y centrales termo-eléctricas inmediatas.

Respecto a los hornos de cok metalúrgico es bien sabido que los últimos modelos (1928), producen cuatro veces



más cok, y de mejor clase, que los de 1920, que aun recientemente se construían (24 toneladas diarias en vez de seis) y, por obrero y día, rinden seis veces más que ellos (30 toneladas en vez de cinco), sin exigir otro caldeo, si se quiere, que el que le comunican los económicos gases mixtos de gasógeno, y los de los altos hornos, de escaso o ningún valor hasta ahora.

Conviene hacer notar que estas baterías modernas, contando 70, y más, grandes hornos cada una, funcionan ya en los Estados Unidos, Inglaterra, Francia, Bélgica y hasta en el Japón, existiendo, por supuesto, en las cuatro o cinco mayores cokerías de la Ruhr (Alemania) y llevando camino de reemplazar, totalmente, las existentes en Bélgica. Producen las establecidas de 1.100 a 1.600 toneladas de cok metalúrgico al día, con solo 33 obreros, pero serán ampliadas, hasta 100 y 180 hornos, en varias de dichas cokerías, en vista del buen resultado obtenido, para llegar a producciones de 2.000 y 2.500 toneladas de cok diario, *por batería*, sin más aumento que el de tres o cuatro hombres, sobre los 33 que hoy se emplean.

Fácilmente, se comprende que para nuestras modestas necesidades de cok, actuales, (645.000 toneladas cok español y 130.000, inglés), con dos de estas baterías, no muy grandes, a 1.100 toneladas de producción diaria cada una, tendríamos bastante; aun así no se llegaría, ni con mucho, a una producción de 100.000 toneladas de benzol nacional, que sería un mínimo a que debiéramos aspirar.

Conocido es, en efecto, el gran poder calorífico del benzol, mayor que el de la gasolina (8.500 calorías en vez de 7.500), que hace de él uno de los mejores combustibles líquidos, y permite emplear motores de gran compresión (hasta siete, en vez de 5,5), lo que daría una economía de casi un 15 % en peso y hasta de un 30 % en

volumen (ya que las densidades son diferentes, 0,72 la esencia y 0,88 el benzol), ampliando así considerablemente el radio de acción, o disminuyendo el peso del combustible transportado en toda clase de transportes con motor.

Por cierto que esta diferencia de densidad no exige otra precaución, en los motores usuales, que la de recargar de uno a cinco gramos el peso de los flotadores de los carburadores corrientes.

En Alemania, con las 300.000 toneladas del benzol, que ya se fabrican, y las 200.000, que producen ahora, de petróleo sintético, cubren casi la cuarta parte de sus propias necesidades en carburantes líquidos, vendiendo, estos carburantes «nacionales», en mezclas como el «Aral» (50% benzol y 50 % esencia) y el «Monopolin» (30 % esencia, 50 % alcohol de 95° y 20 % de benzol), con un sobreprecio de 15 % sobre la gasolina.

Existen otras mezclas a base de benzol, también solicitadas, que no exigen el cambiar el reglaje de los motores actuales de gasolina, y son estables hasta -15° , gracias a la solubilidad, que el benzol permite, de la gasolina en el alcohol.

La «Standard Oil», interesada, naturalmente, en no emplear mas que esencias petrolíferas, vende, con prima, las que consigue hacer menos detonantes por medio del tetratilo del plomo; pero sabido es que estos antidetonantes órgano-metálicos son raros, y además, el de plomo peligroso; siendo preferible, para nosotros, el conseguir la misma o mejor antidetonancia, por el benzol, que es, además, por sí mismo, un carburante excelente.

Forzando algo la destilación de la hulla, para obtener benzol abundante, se obtendría, también, como es sabido, abundante sulfato de amoníaco, que daría gran vigor a

nuestra agricultura, además de abundante cok metalúrgico y semi-cok sin humo, así como otros valiosos sub-productos, en exceso sobre nuestro actual consumo, los que, bien planteada esta industria, permitiría aumentar, extraordinariamente, nuestra exportación, aprovechando carbones y aun lignitos que son hoy de difícil salida.

II

CARBONIZACIÓN A BAJA TEMPERATURA

Aunque conocida desde el año 1850 en Alemania, donde aun abundan los hornos ROLLE, y más modernamente en Francia, con el horno TOCER, ambos verticales y de calefacción interna, es decir, de paso de los gases a través de la hulla (lo que empobrece su mezcla y los carga de impureza), se ha modificado modernamente esta fabricación con el fin de obtener menos gases pero más puros y un «semi-cok» y subproductos de más valor, aprovechando los carbones pulverulentos, o aquellos que lo tienen escaso.

Esto se obtiene ya con variedad de hornos, horizontales o inclinados, movidos mecánicamente; entre los que destaca el de alveolos basculantes de «Salerni», empleado en la Sarre, y el horno inclinado giratorio de «Cantieny», empleado en las minas Matías Stinnes, en Alemania, y ya, también, en los Estados Unidos y Francia; ambos son a calefacción externa. Existen también el horno «Pintsch», alemán, el de «Merz y Mac Lellan», inglés, y finalmente, el sistema «André Hereng», en Francia; estos últimos a calefacción interna y basados en una disposición especial, de combustión y traslación, del com-

bustible menudo, sobre una solera-parrilla continua, y aprovechamiento, inmediato generalmente, del semi-cok, aun incandescente, para la calefacción directa de calderas de producción de fuerza motriz o eléctrica.

Sería minucioso en extremo, el describir aquí estos procedimientos que, a temperaturas inferiores a 500 grados, producen gases más o menos ricos, esencias condensables, alquitranes primarios abundantes y un cok, más poroso y ligero que el metalúrgico, que conserva aún un 12 a 20 % de materias volátiles, que es el «semi-cok», combustible sin humo, del que ya hemos hablado.

La diferencia esencial de esta nueva destilación, a baja temperatura, con la clásica (de 900 a 1.000 grados), empleada en las cokerías y en las fábricas de gas, es que mientras éstas producen, por tonelada de hulla, 300 metros cúbicos de gas combustible y solamente 30 a 40 litros de alquitrán y relativa abundancia de productos amoniales, la cokefacción o carburación a baja temperatura (450 a 500 grados) produce a lo sumo 100 metros cúbicos de gas, pero rico en esencias condensables, combustibles, y 100 a 120 litros de alquitrán «primario» abundante en bencoles, a más del *semi-cok*, que es el producto más abundante de la operación, puesto que representa el 75 a 80 %, en peso, de la hulla empleada.

En números redondos se obtienen de la destilación a baja temperatura, de una tonelada de hulla, de composición media corriente, los productos siguientes:

Semi-cok (de 7.000 calorías)	750	kilogramos
Gas rico en esencias (6.700 calorías) . .	75	—
Alquitrán primario (9.000 calorías) . . .	75	—
Agua y pérdida, el resto	100	—
TOTAL	1.000	kilogramos

Por condensación, fraccionamiento y rectificación de

los 150 kilogramos, que representan los gases y el alquitrán obtenidos, se consiguen por término medio los siguientes productos de gran valor comercial:

- 10 kilogramos de «*Gasol*» (12.000 calorías), que se embotella para motores de vehículo, alumbrado de trenes, soldadura, etc.
- 60 kilogramos de *Gas de calefacción*, para hornos y calderas, enriquecimiento del gas de alumbrado o pobre, soldadura, etc.
- 3 kilogramos de *esencia ligera*, de *benzol*, para disolvente en perfumería y aligeramiento de la esencia de motor de aviación o automóvil.
- 5 kilogramos de *esencias de automóvil* (bencoles).
- 5 kilogramos de «*White-Spirit*» o *esencia media*, disolvente para la pintura, y también productora de *benzol*, por «*cracking*», o descomposición, en productos más ligeros.
- 5 kilogramos de «*Gaz-Oil*» o *esencia pesada*, para motores Diesel y producción de esencias más ligeras por «*cracking*» o descomposición.
- 4 kilogramos de *Aceites consistentes* para engrases.
- 1 kilogramo de *Parafina*, para productos farmacéuticos, aislamiento eléctrico, bujías, vaselina, etc.
- 21 kilogramos de *Fenoles*, para el creosotado de maderas, etc. y también para la reproducción del *benzol* por hidrogenación.
- 23 kilogramos de *Brea*, para embrear carreteras o embarcaciones, hacer aglomerados, etc.

Como se ve al lado de estos productos de valor, pero en cantidad relativamente escasa, hay que contar con los 750 kilogramos por tonelada del semi-cok, producido a la vez, cuyo empleo ha de preocuparnos.

Felizmente, si ni la metalurgia, ni la electricidad, ni la

industria, ni el consumo doméstico, necesitan tanto semi-cok, pueden necesitarlo, muy abundante, las fabricaciones modernísimas de los carburantes líquidos, los alcoholes combustibles y el amoniaco de síntesis, con lo que quedarían resueltos, a la vez, todos o casi todos los problemas nacionales de la locomoción, de las industrias térmicas, de la electrificación, de la calefacción urbana y hasta de la cultura agrícola intensiva; todo ello a base de la destilación de la mayor parte de la hulla y lignito, de escaso valor o de difícil empleo, que atesora nuestro suelo.

Del negocio financiero que esta destilación significa, dan idea las cifras siguientes, que tomamos de un interesante trabajo del Ingeniero M. Ch-Roszar.

La instalación Stinnes, de Karnap, supone un capital de 24 millones de francos y trata 400 toneladas diarias de hulla, cuya composición es la siguiente: agua 3 %, ceniza 15 %, materias volátiles 25 %, y queda, como productos elaborados: cok 82 %, alquitrán 5,52 % y aceite ligero 0,43 %, con un volumen de gases aprovechables de 79 metros cúbicos por tonelada de carbón seco.

Un balance conocido de esta instalación, demuestra que el beneficio no es menor de 26 % anual del capital invertido.

En el procedimiento Hereng, francés, que es de instalación muy económica y gran aprovechamiento de calor y subproductos, se llega al beneficio de un 33 % del capital empleado, para las instalaciones a alguna distancia de las minas, y hasta el 90 %, según Roszar, en las instalaciones hechas en las mismas minas de carbón.

Otro ejemplo de fabricación de cok a baja temperatura y consumo simultáneo, a pie de obra, del semi-cok producido, es la mina y central eléctrica de Dunston (Ingla-

terra), que aplica el procedimiento, ya citado, de Merz y Mac Lellan, a 100 toneladas diarias de hulla menuda. La composición de esta hulla es: agua 9,29 por 100, ceniza 10,89 por 100, materias volátiles 30,83 por ciento; que proporciona, por tonelada de hulla, además de un 85 por ciento próximamente de semi-cok y gases utilizables, los productos valorizados siguientes:

Esencia de automóvil.	4,50 litros
White-Spirit	4,50 —
Parafina bruta	6,50 —
Aceite fenolado	33,30 —
Brea	23,00 —

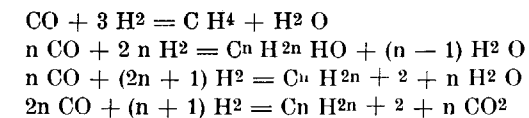
obteniéndose, en total, como beneficio bruto, por tonelada tratada, 18,30 francos, o sea, por las 100 toneladas diarias empleadas, 1.830 francos diarios; beneficio que, proporcionalmente, aumenta en las grandes instalaciones, sobre todo si tienen aprovechamiento inmediato, ajeno o propio, para su propia producción del semi-cok y gases, ya que los demás productos por su valor y cantidad reducida, son fácilmente vendidos al comercio.

III

CARBURANTES SINTÉTICOS

Además del benzol y los carburantes y aceites indicados, procedentes de la hulla, a alta o baja temperatura, se vienen obteniendo ya, con gran éxito industrial desde la guerra europea, los carburantes sintéticos, por la acción directa del hidrógeno sobre el óxido de carbono (1), sobre diversos carburos y sobre el mismo carbón.

(1) La base más moderna e interesante de esta fabricación, es la reducción del óxido de carbono por el hidrógeno, en presencia de metales u óxidos metálicos catalizadores, con arreglo a reacciones que Mr. Ch. Berthelot resume en las cuatro siguientes:



Las cuales, como se ve, conducen a la formación de hidrocarburos saturados, salvo la segunda, que produce derivados oxigenados.

Todas estas reacciones, para la producción de hidrógeno, son exotérmicas y producen exceso de calor, que hay que disipar para que no degeneren en producción de metano. Los productos obtenidos con una y otra reacción son diferentes, según la presión, la temperatura y los catalizadores empleados.

Lo esencial en las operaciones de síntesis, es conseguir hidrógeno puro, a ser posible, y muy barato, para lo que se apela a uno de los procedimientos siguientes:

1.º Extracción del hidrógeno del gas de agua. Procedimiento Haber-Bosch, empleado por la I. G. en Leuna (Alemania).

2.º Extracción del hidrógeno de los gases de los hornos de cok, que lo contienen en la proporción de 50 a 55 %, en volumen, por destilación fraccionada, y compresión a alta temperatura (procedimientos Claude, Patart, Casale, etc.).

3.º Extracción del hidrógeno por electrolisis, aprovechando las horas de escasa carga en las centrales eléctricas, por medio de células electrolíticas, que lo producen económicamente y a muy diversas cargas (750 a 3.000 kilowatios) a razón de un metro cúbico de hidrógeno, y 2,3 metros cúbicos de oxígeno, como subproducto útil, por cada cinco kilowatios hora.

4.º Extracción de hidrógeno por acción del vapor de agua sobre el hierro, según la clásica reacción de St. Claire Deville, o sobre el fósforo; procedimientos ambos, menos empleados, por ser más costosos de instalación o de explotación.

El procedimiento de extracción del hidrógeno de los hornos de cok, que es el más económico, se basa en la constitución de sus gases, que es la siguiente, próximamente:

Hidrógeno	50,5 %
Metano	2,5 »
Etileno	1,2 »
Etano y propileno.	0,8 »
Nitrógeno.	13,0 »
Ácido carbónico.	2,5 »
Óxido de carbono.	7,0 »

Además del hidrógeno se pueden recoger, industrial-

mente, todos estos productos ya que ni uno solo se escapa a los procedimientos por compresión y liquefacción. Así por ejemplo, en las minas de Bethune se retira también el etileno y consiguen unos 10 litros de alcohol etílico por tonelada de hulla destilada.

También se puede valorizar el metano, que sólo serviría para quemar, volviéndolo a transformar en hidrógeno y óxido de carbono, por medio del vapor de agua, pero este procedimiento es algo caro, y como, después de retirado el hidrógeno y productos útiles del gas de los hornos de cok, aun conserva el gas residual (metano 75 %, hidrógeno 5 %, óxido de carbono 10 %) un poder calorífico considerable (7.500 a 9.000 calorías), es más barato comprimirlo a 150 o 200 atmósferas, en botellas de acero, empleadas para la soldadura y en los motores de los vehículos mecánicos, procedimiento éste económico y práctico, ya que si un litro de esencia produce próximamente 3,20 caballos de fuerza (a 2.500 calorías por caballo), un metro cúbico de metano llega a producir 3,6 caballos, a la presión ordinaria, y hasta 54 caballos una vez embotellado a 150 atmósferas.

El alcohol metílico.—De todos los alcoholes industriales son el metílico y el etílico los de mejor resultado en los motores de explosión, sobre todo el primero, abundante en oxígeno (50 %), que le sirve de comburente natural, no cargado de nitrógeno inútil, como lo está el oxígeno del aire. Su escaso poder calorífico que es la mitad del del benzol, está compensado por cualidades de ductibilidad en el funcionamiento del motor y escasa pérdida de calorías, con mejor rendimiento térmico; lo que ya se aprecia por la escasa temperatura a que se mantiene el radiador y el agua.

En Francia se emplea, entre otras, la patente del Inspector Patart para la obtención del alcohol metílico, operando con catalizadores a base de cobre, zinc y óxido de zinc, en los establecimientos Kuhlmann, en las minas de Courrieres, donde, en vista del buen resultado, se construye una instalación para 100 toneladas diarias. También las minas de Bethune fabrican alcohol metílico a partir de los gases de los hornos de cok, además de el etílico, ya dicho, en cantidad, hasta ahora, de unas cuatro toneladas diarias solamente, que es lo que pueden obtener de los gases, disponibles, de sus hornos; pero ante el bajo precio a que se obtiene y la demanda creciente, para mezclas carburantes y otros usos, estas minas instalan, en la actualidad, grandes gasógenos para la producción de gas al agua, exclusivamente dedicados a esta fabricación de síntesis alcohólica.

Por término medio son precisos 150 metros cúbicos de gas de agua y 75 de hidrógeno para fabricar un hectolitro de alcohol metílico; representando la calefacción de los tubos de catalización y la energía necesaria a la compresión de los gases (que llega por compresiones sucesivas, hasta 900 atmósferas), unos 100 kilowatios hora.

Las mismas cantidades de gases sirven para producir amoníaco, pero en esta última reacción se desarrolla solamente 14,4 calorías (1) en vez de 24, calor en exceso, en ambos casos, que es preciso disipar.

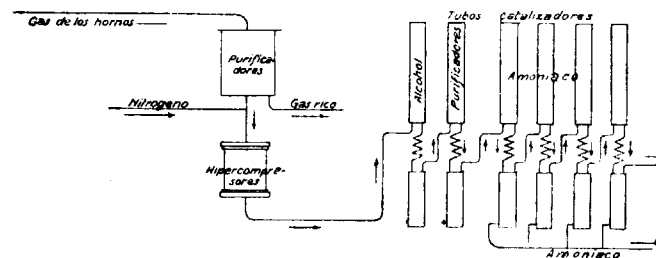
El alcohol metílico viene a resultar a 1,50 francos el kilogramo, o sea más barato que la gasolina, en Francia.

En dichas minas de Bethune, se produce simultáneamente el alcohol metílico y el amoníaco, por reacción di-

(1) $N^3 + 3 H^2 = 2 N H^3 (+ 14,4 \text{ calorías})$.
 $CO + 2 H^2 = C H^3 O H (+ 27 \text{ calorías})$.

recta del óxido de carbono y del hidrógeno, siendo el alcohol, por cierto, el menos exigente en cuanto a proporciones y pureza de los gases empleados; los catalizadores para el amoníaco son muy sensibles a estas impurezas, que los «envenenan» (sobre todo los compuestos de azufre, el óxido de carbono, el oxígeno y hasta vapor de agua); pero se eliminan al fabricar el hidrógeno por liquefacción, salvo el óxido de carbono más difícil de retirar y que exige un procedimiento especial (Damiens) por lavado de los gases, por nitrógeno puro líquido a -207° .

Sin embargo, para evitar esta complicación, se admite que el gas contenga hasta 1 % de óxido de carbono, o bien se transforma éste en metano, que no envenena a los catalizadores. Es más, en Bethune se vuelve a convertir el metano en óxido de carbono, que no tiene el mismo inconveniente en la fabricación del alcohol metílico que en la del amoníaco, y así se pueden fabricar los dos productos simultáneamente, según el plano esquemático que sigue:



La mezcla de gases comprimidos, se lleva a 500° próximamente, que es la temperatura más favorable para la síntesis y pasa a los tubos catalizadores que constan de seis elementos. Los primeros, producen alcohol y vapor de agua, sobre todo; los dos siguientes, funcionando en paralelo, producen amoníaco y lo mismo los dos que le siguen. El amoníaco formado, mezclado con gases que no

han reaccionado, pasa a los refrigerantes que recogen el amoníaco líquido, mientras que los gases no combinados son enviados a un último tubo catalizador o a la cabeza del sistema.

El catalizador, para el amoníaco, es hierro puro reducido, activado por una o dos centésimas de aluminato de potasa. Para el alcohol metílico lo mejor es, en proporción, una molécula de óxido de plomo y tres de óxido de zinc, con algunas variantes, adecuadas, para producir alcoholes superiores.

Fabricando a la vez el alcohol metílico y el amoníaco, no hay que preocuparse de los residuos de óxido de carbono; por el contrario, se deben conducir los aparatos de liquefacción de gases, de modo que quede, en el hidrógeno, un 5 a un 8 % de óxido carbónico. Después de la adición del nitrógeno necesario para la fabricación del amoníaco, se comprimen los gases, escalonadamente, hasta la presión de mil atmósferas y se cataliza por primera vez, reaccionando el hidrógeno sobre el óxido de carbono para producir el alcohol, que se condensa. Inmediatamente y a la misma presión, se hace la depuración casi total, del gas, quedando sólo el hidrógeno y el nitrógeno, si acaso con una insignificante parte de óxido de carbono, como ya se ha dicho, catalizándose seguidamente estos gases a 550 o 600° para producir el amoníaco que se condensa y conserva al estado líquido en vasijas de acero.

En definitiva, con estos aparatos mixtos se puede obtener, a voluntad, con una tonelada de hulla, o bien 500 kilogramos de amoníaco (es decir, 2.000 de sulfato de amoníaco), o bien 410 kilogramos de alcohol metílico y, también, producir más o menos de uno de estos productos, según los precios de consumo y la abundancia o escasez del mercado.

El amoníaco obtenido, tiene actualmente un valor triple que la gasolina y ésta cuesta próximamente un 25 por ciento más cara que el alcohol sintético, el cual está, por consiguiente, en condiciones de lucha industrial.

A pesar de estos, ya satisfactorios, resultados, se ha estudiado la manera de no tener que recurrir a presiones tan considerables. Ya el químico M. *Audibert*, trabajando sólo a 200 atmósferas y a 300°, consigue fabricar alcohol metílico en proporción del 9 % en un solo pase por un catalizador apropiado.

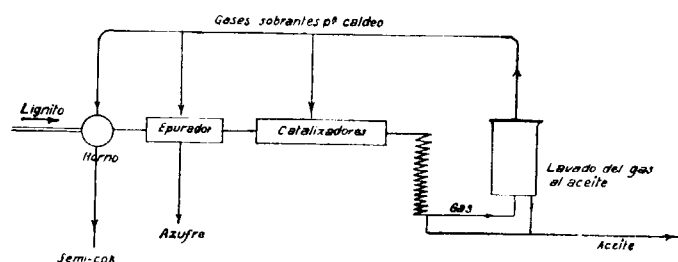
El procedimiento alemán *Fischer*, exige solamente 75 a 100 atmósferas, pero siempre a una temperatura elevada de 420°, partiendo del gas de agua en presencia de hierro impregnado de una base alcalina, que refuerza su efecto catalizador.

Fischer, en unión de *Tropsch*, han obtenido, también del gas de agua y a presión ordinaria, varios hidrocarburos por medio de catalizadores de hierro con óxido de cobre, cromo, zinc o aluminio, o bien con el cobalto y óxidos de cobre y de zinc. La temperatura sólo se eleva a 300° y, a cada paso por el catalizador, se depura el gas, del ácido carbónico que arrastra, por lavado; bastando tres pases para terminar la operación. Los hidrocarburos pesados se condensan, y los ligeros se recogen, por lavado al aceite, o haciéndolos pasar a través de carbón activado. También aquí es preciso depurar el gas de agua, de sus productos sulfurosos.

Kling y *Florentin*, por su parte, obtienen parecidos resultados, en Francia, por hidrogenación de cuerpos orgánicos pesados empleando catalizadores alógenos, metales terrosos, cloruro de hierro y alúmina, y consiguen transformar los abundantes fenoles, y aceites fenolados, de la destilación de la hulla, que tienen escasa aplica-

ción, en hidrocarburos tan útiles como el tolueno y el benceno (benzoles), obteniendo, a voluntad, productos aromáticos o parafénicos, según la naturaleza del combustible, y de los catalizadores.

La Sociedad Esencias y Petróleos, francesa, también produce, a partir del lignito, aceites más ricos en esencias que los que se obtienen con el alquitrán primario de la destilación de la hulla a baja temperatura por otros procedimientos, así como valiosos subproductos, en la forma siguiente:



Los gases saliendo de un horno de predestilación, a temperatura suficiente para que el alquitrán primario se conserve vaporizado, son sometidos a la depuración del hidrógeno y eliminación de productos orgánicos sulfurados, por medio de óxidos metálicos, y, antes de que se enfrien y se condense el vapor de alquitrán, se dirigen los gases, ya depurados, a los tubos catalizadores (simplemente a la presión atmosférica), en los que el alquitrán se despolimeriza por fijación del hidrógeno libre contenido en el gas. Finalmente se condensa el alquitrán y se sacan de él, por medio de aceites pesados y carbón activo, las esencias que contiene. El gas residual sirve aún para la calefacción de hornos y a la alimentación de motores.

Con el lignito del Gard (Francia), se obtiene los resultados siguientes por tonelada:

Semi-coq.	502 kilogramos
Gases	108 metros cúbicos
Esencia combustible	79,5 litros
Agua	316 litros
Azufre	23 kilogramos

En este caso, para la producción de un hectolitro de alcohol metílico, hacen falta 160 metros cúbicos de gas de agua y 64 de hidrógeno. La fuerza y calefacción empleadas, equivale a 110 kilowatios hora.

IV

FABRICACIÓN DEL PETRÓLEO SINTÉTICO EN ALEMANIA

El procedimiento alemán Bergius, de síntesis directa del carbón y el hidrógeno a alta temperatura y presión, pero sin catalizadores, ha sido modificado, por las patentes químicas, de la «Badische Anylin», consiguiendo instalaciones menos costosas, aunque considerables, de menor consumo de hidrógeno y mayor proporción de esencias ligeras.

Se explota de un modo industrial, y al parecer perfecto este sistema, a base de lignitos renanos, de escasísimo valor, en la gran fábrica instalada en Leuna (Merseburgo), por la «I. G.», poderoso consorcio industrial, al capital de 1.100 millones de marcos (1), que reúne los excepcionales elementos de la «Badische Anylin», de la «Farbwerke vorm. Meister Lucius», la «Farben fabrick vorm. Bayer» y otras de gran importancia.

La instalación que se hizo en Leuna para producir 50.000 toneladas de petróleo sintético, ocupa ya una ex-

(1) «Interessen Gemeinschaft Farben industrie», creado en 5 de diciembre de 1925.

tensión de casi un kilómetro cuadrado, con la de elaboración de amoníaco sintético ya existente, y se proyecta su ampliación a 270.000 toneladas de producción anuales, es decir, la 7.^a u 8.^a parte del consumo total de carburantes líquidos de Alemania.

Por de pronto esta fábrica de Leuna ya ha producido 100.000 toneladas de petróleo sintético en 1928 y espera pasar de las 200.000 en este año, teniendo vendida toda su producción, que no se diferencia, en su empleo por lo menos, del petróleo natural. Sin embargo, en el comercio, se suele mezclar un 80 % de la esencia sintética con un 20 % de la natural de petróleo, ya sea para darle mayor estabilidad, o por exigencia de los consumidores y, desde luego, lleva la ventaja al producto natural de ser más antidetonante y permitir, por consiguiente, mayor compresión y rendimiento en los motores de explosión.

No toda la producción de Leuna es para estos; se supone que el petróleo fabricado, sólo da un 30 % de esencia ligera y un 70 % de esencias y aceites más pesados, para motores Diesel, grasas naturales y subproductos similares a los del petróleo natural.

Finalmente se da por seguro que el yacimiento de lignitos que explota la mina «Elise II», a 20 kilómetros de Leuna, con destino a esta importante fábrica, llega, hasta la misma, con una potencia media de 65 metros, bajo unos 25 metros de tierra vegetal o estéril, y por consiguiente, constituyen una enorme reserva de combustibles baratos, a pie de obra, que pueden ser explotados con gran economía, siéndolo así, en un frente de centenares de metros, a cielo abierto y casi sin personal alguno, por medios enteramente mecánicos de dragas y trenes de vagones, a movimiento y carga automáticos, que permiten obtener el lignito, sobre vagón, al precio inverosímil de un

marco tonelada. Esto no deja de ser esencial para luchar con la abundancia y fácil obtención del petróleo natural, poniendo así un límite, en lo futuro, a posibles inteligencias alcistas de los poderosos sindicatos petroleros, que ya se anuncian.

La fábrica de Leuna hidrógena, además de sus lignitos, y con los mismos fines sintéticos, los alquitranes que adquiere de otras fábricas.

Fabricación.—En líneas generales, el procedimiento de hidrogenación del lignito es el siguiente: el lignito natural, reducido a menudo polvo, es descargado por los vagones que vienen directamente de la mina, secado y transportado por una tela sin fin, que lo lleva a una batería de diez poderosas cubas mezcladoras, instaladas en un gran hall y calentadas exteriormente por vapor, donde se mezcla el lignito, íntimamente, con alquitrán y aceites pesados (producto de hidrogenaciones anteriores), en la proporción necesaria para conseguir una pasta muy homogénea y flúida, que es aspirada, seguidamente, por fuertes bombas horizontales que la envían y reparten entre 36 enormes hornos de hidrogenación, que provisionalmente, en esta primera instalación, son los mismos que se emplean para fabricación del amoníaco sintético que produce la misma fábrica. Estos hornos están instalados, de dos en dos, en grandes torres, visibles a distancia, de unos 18 metros de altura por 12,7 de base, aproximadamente, formando dos filas paralelas, de 9 torres cada una, servidas por una elevadísima grúa de 35 metros de altura, instalada entre ellas y que sirva al montaje, desmontaje y manutención de dichos hornos, muy pesados, y las demás operaciones inherentes a la fabricación.

La pasta carbonosa flúida, de que hemos hablado, tar-



da bastante en adquirir la homogeneidad necesaria; en cambio su hidrogenación, en los hornos descritos es rapidísima. La carga de todo un horno no permanece en él más de 25 a 30 minutos. Esta operación se hace a 425 o 450 grados, obteniéndose, como ya se ha dicho, petróleos brutos e hidro-carburos líquidos y pesados, de alto valor, por el 80 % del carbono (1) contenido en el lignito; el resto de la operación lo forman cenizas y residuos carbonosos del lignito no liquefiado.

El petróleo bruto, ya condensado, pasa a otro gran hall de destilación, a cuyos dos lados desciende, por grandes tubos verticales, destilándose como el petróleo natural y siendo refinado, como de ordinario, al ácido sulfúrico. Los residuos de esta operación son principalmente pequeñas cantidades de carburo etilénico.

Del hall de la destilación pasan los productos a grandes depósitos donde se almacenan para la venta. Una sola Sociedad los adquiere y mezcla, en la proporción de 80 por ciento de petróleo con 20 de gasolina, y también a otros carburantes, como alcoholes, cetonas y antidetonantes organometálicos, según las exigencias del público, el cual paga, con prima sobre la gasolina extranjera, estos productos nacionales de mayor seguridad y rendimiento.

El hidrógeno para esta hidrogenación, así como para la fabricación del amoníaco sintético, se produce en un sólo y enorme gasógeno de 35 metros de altura, que da unos 120.000 metros cúbicos de gas de agua por hora, por la conocida fórmula, $\text{CO} + \text{H}^2\text{O} = \text{CO}^2 + \text{H}^2$.

Se separa el ácido carbónico por compresión y se de-

(1) Téngase en cuenta que el lignito renano tiene un 50 % de agua, de modo que este 80 % equivale al 40 % del lignito total o completo.

sulfura como en el procedimiento Fisher. La desulfuración es indispensable para «no envenenar» el catalizador (hierro metálico y cloruros de hierro y aluminio).

El gas de este gran gasógeno, se emplea también para mover máquinas de gas, de dos cilindros, que llegan a producir hasta 60.000 caballos, empleados en la compresión de gases para estas síntesis y las manipulaciones y transportes de la pasta líquida, de que ya se ha hablado. En este gasógeno especial entra el lignito por la parte baja, trasladado por un tornillo sin fin, y es levantado y agitado en torbellino, en su ascensión al interior del gasógeno, de manera que todas las partículas de lignito estén sueltas y rodeadas del aire y vapor de agua que se inyectan por la parte baja del gasógeno, consiguiéndose así una gasificación casi completa, muy económica de estos lignitos pulverulentos. La epuración del polvo contenido en los gases hidrogenantes y, por consiguiente, en los productos comerciales, es una gran dificultad, vencida a duras penas en la instalación actual; pero su extensión, próxima a la producción de 270.000 toneladas anuales de petróleo sintético, indica bien a las claras, que toda dificultad está vencida, incluso, como ya hemos dicho, la del precio de venta y colocación en el mercado interior alemán.

CONCLUSIÓN

De la muy somera, e incompleta, descripción que antecede, relativa a la producción moderna de combustibles líquidos, se echa de ver que, por uno u otro procedimiento, se consigue obtener ya unos 400 kilogramos de carburantes sintéticos por tonelada de hulla, y, hasta pudiéramos decir, que 500, añadiendo los subproductos de predestilación.

Necesitaríamos, pues, en España, dedicar, a estos procedimientos exclusivamente, 750.000 toneladas de hulla, o bien algo más de un millón de lignitos, con el fin de obtener las 300.000 toneladas de combustibles líquidos y subproductos útiles que consumimos actualmente (1), con gran perjuicio para la economía nacional.

Previendo sin embargo, dado el crecimiento constante de este consumo el que llegue a ser, normalmente, el doble, en España, debiera plantearse el problema de la fabricación, total, necesaria de combustibles líquidos nacionales, sobre la base de una extracción anual, *con este exclusivo objeto*, de 750.000 toneladas de hulla, más un millón de toneladas de lignitos; extracción que convendría

(1) Suben ya a 500.000 toneladas, como se ve en los cuadros estadísticos publicados al final.

repartir entre nuestras cuencas carboníferas más abundantes en carbones de escasa demanda y poco precio, ya que es preciso contar con un coste, mínimo, de fabricación y amortización de las instalaciones, que no bajaría de 220 a 250 pesetas por tonelada de producción anual, del carburante obtenido, sin contar con que su precio comercial en fábrica, tiene que ser menor que el de la gasolina puesta en nuestros puertos, la cual, a su vez, hay que prever que pudiera bajar con la competencia.

Hoy día nuestra producción nacional, carbonera, alcanza anualmente las cifras globales, siguientes, que más al detalle podrán verse en los cuadros estadísticos publicados al final:

Hulla	5.774.736 toneladas	
Antracita	413.436	—
Lignitos.	558.510	—
TOTAL	6.546.682 toneladas	

que con dos millones próximamente, de carbón inglés importado, bastan a nuestro consumo.

Suponiendo necesaria, toda nuestra extracción nacional, para nuestros ferrocarriles, industrias, metalurgia y consumos diversos, se ve que habría que triplicar, por lo menos, la producción de lignitos para obtener el millón suplementario para la gasificación y síntesis modernas, y aumentar en un 13 % la extracción de hulla si se habían de tratar 750.000 toneladas de esta clase; es decir, que habría de elevar la extracción total, anual, a más de ocho millones de toneladas que, con los dos millones importados, harían diez; cifra, después de todo, modesta para nuestra extensión, riqueza minera y población (1).

(1) Francia, sin ir más lejos, consume siete veces más, o sea 72 millones de toneladas, que reparte así:

Para llegar a los precios baratísimos, de extracción y elaboración, que habrían de ser indispensables para mantener la competencia con los petróleos naturales, sería preciso no sólo situar los hornos y la fabricación de subproductos y carburantes en las mismas minas de hulla o lignito, sino que estas instalaciones deberían permitir por lo menos una destilación diaria de 1.000 a 1.200 toneladas de hulla para que resultaran económicas y eficaces, esfuerzo que difícilmente realizaría la industria privada, de carácter, esencialmente individualista y dispersa en nuestro país, y aun estas cifras globales serían pequeñas a juzgar por los ejemplos ya citados, que no pueden ser más reales y efectivos.

Puestos a calcular, habríamos de instalar en nuestras minas de carbón, las más apropiadas, dos instalaciones de 350.000 a 400.000 toneladas de tratamiento anual, cada una, y en nuestras minas de lignitos, otras tres instalaciones de parecido porte, que bastarían por algún tiempo, a todas nuestras necesidades.

Estas cinco instalaciones, estratégicamente colocadas en lo posible, servirían por la utilización de sus gases,

Hulla para cok.	11,0 millones de toneladas		
Fábrica de gas.	5,5	—	—
Centrales termo-eléctricas.	3,0	—	—
Ferrocarriles.	7,3	—	—
Usos domésticos.	12,0	—	—
Industria y Marina.	33,2	—	—
TOTAL.	72,0 millones de toneladas		

Ya gasifica, pues, 16,5 millones de toneladas, proponiéndose tratar 30 millones cuando menos para obtener las 150.000 toneladas de esencia, 300.000 de aceites minerales intermedios y 150.000 de engrases que necesita.

cokes, semi-cokes y subproductos, tanto a la electrificación de nuestros ferrocarriles, campos y ciudades, en un cierto radio de acción, como al alumbrado y calefacción urbana por gas a largas distancias, cual hoy se hace corrientemente en Alemania y en el Norte de Francia, desarrollarían las industrias urbanas y extenderían el consumo doméstico con el semi-cok, sin humo, llenando totalmente todas nuestras necesidades, en paz y en guerra, de amoníaco, abonos amoniacales y nitratos, productos químicos, gases de toda clase y explosivos.

Pero estas cuestiones, referentes a los combustibles nacionales y a las vastísimas aplicaciones, que a diario descubren y perfeccionan, de consumo, la química y la física modernas, apenas desfloradas aquí, no pueden tratarse bajo un punto de vista utilitario y práctico, mas que a base de datos estadísticos fidedignos y minuciosos, sobre nuestra producción nacional e importaciones extranjeras en los últimos años y en la más reciente actualidad.

Con alguna dificultad, y en espera de poder ampliar este estudio, más tarde, al rápido tenor de los atropellados adelantos modernos en tan interesantes cuestiones, hemos reunido, y compendiado en pocas cifras, los datos estadísticos que siguen:

**RESUMEN ESTADÍSTICO DE LA PRODUCCIÓN E
IMPORTACIÓN DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS Y
LÍQUIDOS EN ESPAÑA**

Según las Estadísticas Oficiales y últimos datos conocidos

a) Combustibles sólidos nacionales:

	1926 Tons.	1927 Tons.	1928 Tons.	
Extraídos.	Hullas	5.892.339	5.626.934	5.783.353
	Antracitas	409.698	409.040	409.660
	Lignitos	370.747	423.757	366.750
	TOTALES.	6.680.784	6.459.731	6.559.763
Manufacturados. {	Cok metalúrgico. . .	589.639	645.605	612.435
	Aglomerados	512.679	545.724	548.143
	TOTALES.	1.102.318	1.191.329	1.160.578

b) Combustibles líquidos nacionales. (Procedentes de los hornos de cok):

PRODUCTOS LIGEROS	1926 Tons.	1927 Tons.	1928 Tons.
Benzol 90 % (ligero)	2.958,66	3.290,63	3.240,18
Benzol 50 % (medio)	225,65	193,60	183,08
Solvent-Nafta	334,28	347,74	419,49
Tipos especiales	895,85	681,70	720,94
Benzol para motores, no lavado . . .	194,45	107,55	—
Gasolina	314,26	455,95	509,36
Petrolina	136,86	105,22	16,40
TOTALES	5.060,03	5.182,41	5.089,47
PRODUCTOS PESADOS			
Alquitrán de los hornos de cok. . . .	22.527,84	31.629,31	32.227,89
Aceite bruto de Puertollano.	3.811,59	5.145,44	5.115,44
TOTALES.	26.339,44	36.774,76	37.343,34

a) Carbones ingleses importados:

	1926 Tons.	1927 Tons.	1928 Tons.	
Península.	(Huelga)			
	Hullas	815.954	2.273.441	1.616.562
	Cok	36.839	129.121	145.547
	Aglomerados.	22.684	47.310	39.716
TOTALES.	875.477	2.449.872	1.801.825	
De las tres clases {	Baleares.	20.627	39.276	
	Canarias.	215.622	528.946	
	África del Norte . .	31.706	66.016	
	TOTALES.	267.706	634.238	
TOTALES GENERALES.	1.143.183	3.084.110		

b) Combustibles líquidos importados:

	1926 Tons.	1927 Tons.	1928 Tons.
Gasolinas	158.726	205.364	251.907
Petróleos lampantes.	15.513	18.178	21.246
Id. ligeros.	9.955	2.176	28.863
Id. pesados	8.441	9.006	—
Aceites para motores	39.616	41.936	53.942
Id. para quemar	8.841	22.743	82.712
Id. de vaselina.	1.326	1.741	969
Lubrificantes	26.942	32.187	24.850
Parafina en masa	7.809	9.371	9.650
Alquitranes y breas de petróleos . . .	4.214	13.916	44.169
Alquitranes flúidos	88	29	—
TOTALES.	270.571	356.854	511.308
Crecimiento anual de la importación	—	32 %	43 %

NOTA.—De los cuadros estadísticos que preceden se deducen algunas observaciones de interés.

Tanto la producción de hulla, en los tres años 1926 al 28, como la de lignitos y antracita en la Península, se han mantenido casi constantes con los promedios, siguientes, en números redondos:

- 5.767.500 toneladas, la hulla
- 409.500 toneladas, la antracita
- 387.000 toneladas, los lignitos

Entre los combustibles líquidos, algo ha avanzado el benzol que pasa de 2.958 toneladas a 3.240, y la totalidad de aceites minerales que sube, apenas, de 5.060 toneladas a 5.089. Pero esto es, como se comprende, una gota de agua al lado de nuestras necesidades, que miden las cifras de la gasolina importada en los mismos años, que suben de 159.000 toneladas a 250.000 y, en total, los productos petrolíferos importados, que progresan, vertiginosamente también, de 270.500 toneladas en 1926, a 511.300, en 1928.

El aumento es de un 32 % de consumo del año 26 al 27 y hasta de un 43 % del 27 al 28, siendo de temer los peores resultados, para el equilibrio de nuestra balanza comercial, si los productos nacionales no consiguen atajar los progresos inauditos de esta importación extranjera, que sumada a la de los automóviles y piezas de recambio, que es su natural complemento, alcanza, si no excede ya, a la enorme cifra anual de 400.000.000 de nuestra moneda.

De ahí la extraordinaria importancia, que adquiere, rapidísimamente, en España, la cuestión de la producción de carburantes nacionales, a base de los lignitos y hullas, de baja calidad, que poseemos en abundancia, según se ve en estas cifras estadísticas, reducidas hoy, a cubrir las necesidades del consumo actual, pero que serían fácilmente ampliables así que nos propusiéramos fabricar, aquí con estos medios nacionales, nuestros propios combustibles líquidos.

PRODUCCIÓN NACIONAL DE CARBONES POR PROVINCIAS

	AÑO 1926			AÑO 1927			AÑO 1928		
	Hulla Tons.	Lignito Tons.	Antracita Tons.	Hulla Tons.	Lignito Tons.	Antracita Tons.	Hulla Tons.	Lignito Tons.	Antracita Tons.
Asturias	4.171.038	—	—	3.887.726	—	—	4.150.834	—	—
Badajoz	851	—	—	919	—	—	355	—	—
Baleares	—	43.618	—	—	42.339	—	—	31.432	—
Cataluña	1.527	146.375	—	—	178.953	—	—	149.377	—
Ciudad-Real	439.889	—	—	458.441	—	—	382.186	—	—
Córdoba	289.270	—	—	260.600	—	—	244.851	—	—
Guipúzcoa	—	14.907	—	—	—	—	—	—	—
León	537.297	—	—	—	12.751	—	—	12.200	—
Palencia	271.367	—	—	598.108	—	—	605.215	—	—
Santander	—	47.307	—	255.439	—	—	228.443	—	—
Sevilla	181.100	—	—	165.810	—	—	171.469	—	—
Valencia-Teruel	—	95.558	—	—	108.946	—	—	111.507	—
Zaragoza	—	30.982	—	—	40.000	—	—	30.363	—
TOTALES	5.892.339	387.747	409.698	5.626.934	423.757	409.040	5.783.353	366.750	409.660
TOTALES	6.680.784 toneladas			6.459.731 toneladas			6.559.763 toneladas		

ESTUDIO GEOFÍSICO PREVIO
DE LA
FALLA DEL GUADALQUIVIR

POR

JOSÉ GARCÍA SÑERIZ

Ingeniero de Minas e Ingeniero Geógrafo, Miembro del Instituto Geológico y Minero de España, Vocal del Comité Nacional de Geofísica y Geodesia, y Presidente de la International Commission of Geophysique and Geothermique

INDICE DE MATERIAS

- I Generalidades.
- II Formación de los pliegues de la corteza terrestre y afloramientos de las rocas hipogénicas.
- III Estudio de los diversos movimientos tectónicos experimentados por la región meridional de España.
- IV Estudio sísmico de la región Bética.
- V Estudio isostático de la región Bética.
- VI Objeciones a la existencia de la falla del Guadalquivir.
- VII Conclusiones.

ESTUDIO GEOLÓGICO PREVIO
DE LA
FALLA DEL GUADALQUIVIR

I

GENERALIDADES

Para todo espíritu observador, aunque no esté versado en estudios geológicos, salta a la vista el contraste entre la fértil y alegre campiña andaluza y la abrupta Sierra Morena que, a modo de barrera, la limita por el Norte, a lo largo de la línea hidrográfica del Guadalquivir.

Este contraste en el aspecto topográfico, es fiel reflejo de su distinta constitución geológica. La dilatada llanura bética está formada por sedimentos modernos, que dan lugar a la potente capa vegetal, causa de su riqueza; mientras que la escarpada Sierra Morena está constituida por pétreos materiales paleozoicos e hipogénicos cuyos derrubios sólo se prestan a la vegetación de montaña.

La dirección media del Guadalquivir, marca una divisoria precisa entre estas dos clases de terreno. Al Sur de aquélla, no es posible encontrar ningún afloramiento de los terrenos antiguos, que han desaparecido, por completo, bajo la planicie, delimitada en su zona meridional por la cordillera Penibética.

Esta brusca terminación de los terrenos paleozoicos, hizo suponer a nuestro ilustre geólogo Macpherson, que allí se había producido una gran fractura acompañada del hundimiento del bloque cortical situado en su zona sur, sobre el cual se depositaron los sedimentos posteriores. Este fenómeno tectónico ha sido designado con el nombre de «falla del Guadalquivir».

Algunos geólogos franceses han negado su existencia, apoyándose en razones de que después hablaremos y suponen que la depresión bética indica un hundimiento gradual de un pliegue herciniano relleno después por las sedimentaciones de los siguientes períodos geológicos.

En nuestro estudio vamos a efectuar el análisis de las observaciones gravimétricas y sísmicas efectuadas por el Instituto Geográfico en la región meridional de España, con objeto de aplicarla a la resolución de este problema.

Para interpretar los datos suministrados por las observaciones citadas, es indispensable tener una idea completa de los accidentes tectónicos experimentados por esta región, de lo que nos ocuparemos en los párrafos siguientes.

II

FORMACIÓN DE LOS PLIEGUES Y FRACTURAS DE LA CORTEZA TERRESTRE Y AFLORAMIENTO DE LAS ROCAS HIPOGÉNICAS

Partiendo de la nebulosa elipsoidal, girando rápidamente alrededor de su eje mayor, Laplace ha emitido una hipótesis de la formación de la tierra, grandiosa por su sencillez, que explica todos los fenómenos observados hasta el día.

En las sucesivas épocas de su período de enfriamiento, se han desprendido anillos de su zona ecuatorial, análogos a los que hoy ostenta el planeta Saturno. A consecuencia de su más rápido enfriamiento, se han separado las materias que les constituyen por sus diferentes coeficientes de calor específico, punto de fusión, etc., y los anillos ya heterogéneos en sí mismos, se han fragmentado en trozos. Los mayores han atraído a los pequeños y se ha constituido un globo, con movimiento giratorio alrededor de la masa principal, a la misma velocidad de las moléculas del anillo, antes de su desprendimiento.

Así se ha constituido el sistema solar, del que somos un minúsculo elemento, pudiendo observar desde él la inmensa grandiosidad de la obra de Dios.

El enfriamiento gradual de la tierra, ha seguido su curso. Se ha solidificado su primera corteza que podemos compararla a las escorias de un baño metálico en fusión. En el interior, las substancias, se han colocado por orden de densidades crecientes con la profundidad, explicándose así que la densidad media de la tierra sea de 5,55 y que su rigidez sea, por lo menos la del acero, y en el exterior se han precipitado las aguas, cubriéndola por completo y se ha formado una densa atmósfera.

La masa central no ha tardado en desprenderse de la corteza por experimentar una contracción más rápida que ésta y como su superficie era ya, en cierto modo indeformable, ha tenido que plegarse para poder adaptarse al núcleo interior. Teniendo en cuenta que para igual superficie, el volumen mínimo es el del tetraedro, se ha admitido algún tiempo la hipótesis de la forma tetraédrica de la tierra, hoy ya desechada.

Los plegamientos han producido múltiples fracturas, dividiendo la corteza en diferentes trozos. Con arreglo a los estudios isostáticos de Pratt, y a las investigaciones sísmicas de Mohorovicic y Gutenberg, la corteza, de un espesor aproximado de 120 kilómetros (1), se apoya en la llamada superficie de compensación isostática, figura 1, que goza de la propiedad de que para igualdad de superficie de apoyo, los bloques corticales correspondientes, tienen la misma masa y se la puede considerar dividida en dos zonas de igual profundidad, pero de muy distintas propiedades. La superficie de fractura, en que la distribución de la materia es anisótropa y la infe-

(1) Según los cálculos efectuados por la Brigada gravimétrica del Instituto Geográfico, con las anomalías de la gravedad, compensadas isostáticamente, en España, su valor más probable es de 90 kilómetros.

rior o de fluidez en que a consecuencia de la presión y de la temperatura, la materia se encuentra al estado pastoso y puede ceder, sin romperse, a las acciones ejercidas por los bloques de la superior.

Muchos de estos bloques, en el fenómeno del plegamiento de la corteza, no han llegado a la posición de equilibrio isostático y tienden a él por diversos movimientos, que a su vez se transmiten a los colindantes, originando pliegues, hundimientos, afloramientos de rocas hipogénicas, elevaciones, etc., cuya consecuencia es la diversa repartición de los mares y la formación subsiguiente de los terrenos sedimentarios.

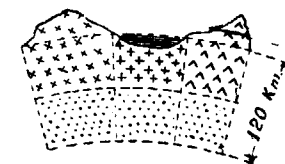


FIG. 1.

La primera corteza sólida del globo, no se ha encontrado en parte alguna. Largo tiempo se ha creído representada por las rocas granitoides y por los neis, que constituyen vastas regiones, pero a pesar de su apariencia, son también rocas sedimentarias y además no son todas de la misma edad. Cuando las rocas sedimentarias horizontales han sufrido presiones laterales que han determinado su plegamiento, en las proximidades de los pliegues cóncavos, es donde se encuentran las rocas granitoides, cualquiera que sea la edad de los terrenos sedimentarios (1). De aquí se deduce que resultan de una transformación de aquéllas, a consecuencia de la enorme compresión, que las ha fundido en parte y ha permitido la influencia de agentes químicos, líquidos o gaseosos, determinando su paso al estado cristalino. Se dice que estas rocas han sido

(1) Perrier. Academie de Sciences. París.

metamorfizadas. De esta manera se han formado múltiples granitos y neis, por lo que las rocas antes llamadas *primitivas* han perdido esta cualidad.

Al ceder la primitiva corteza para adaptarse al núcleo interior y formarse los primeros continentes, no se formaron salientes en el sentido de los meridianos, como pretendía la teoría tetraédrica, sino por el contrario, ya sea por la fuerza centrífuga o por el más intenso enfriamiento cerca de los polos, se formaron **pliegues en forma** de círculos paralelos al Ecuador.

El primero de estos anillos se formó en las proximidades del polo Norte. La dirección de sus pliegues indica el emplazamiento de la cadena de montañas más antigua, la *cadena huroniana* llamada así por encontrar sus vestigios en el lago Hurón, en América.

Después se ha formado más al Sur la *cadena caledoniana*, cuyo nombre se debe a su reconocimiento en Escocia. Posteriormente y siempre descendiendo hacia el Ecuador, ha emergido la *cadena hercíniana*, en recuerdo del bosque hercíniano, que cubría la Selva Negra, en tiempo de César. Esta cadena se extendía por la Lorena hasta la Bretaña y sus ramificaciones llegaron hasta Sierra Morena y nuestra meseta central. Posteriormente, bien avanzada la era terciaria, se ha producido el movimiento orogénico más grandioso que se registra en la Geología, el de la formación Alpina.

Staub ha estudiado detenidamente la tectónica de España y afirma que toda ella se halla dentro del sistema orogénico alpino. Los alpides de España están representados por la cordillera Penibética y las islas Baleares. Al Norte de esta cadena aparecen los *ibérides*, como consecuencia de un intenso plegamiento de las comarcas marginales de los primeros. A estos *ibérides* pertenecen los

Pirineos, la cordillera Cantábrica, la cadena central Ibérica, Montes de Toledo y Sierra Morena.

Análogo plegamiento encontramos en la zona marginal situada al Sur de la cordillera Penibética, extendiéndose por Marruecos hasta el Atlas.

La meseta ibérica la divide en dos elementos principales. El macizo arcaico de Galicia y un grupo de cadenas hercínianas profundamente deformadas, con elementos caledonianos, al que da el nombre de *Hispanides*. Estas cadenas rodean el macizo arcaico.

Este movimiento orogénico no está aun terminado, según demuestran las observaciones sísmicas actuales.

III

ESTUDIO DE LOS DIVERSOS MOVIMIENTOS TECTÓNICOS DE LA REGIÓN MERIDIONAL DE ESPAÑA

En la región bética ha quedado impresa la huella de todas las vicisitudes importantes por que ha pasado la superficie del planeta.

Las inyecciones graníticas de Sierra Morena orientadas de Noroeste a Sureste han cortado el Estrato-cristalino según Macpherson, denotando movimientos posteriores al depósito de aquél y como los elementos del granito se encuentran en las capas del Cambriano superior, los movimientos citados tuvieron lugar entre los sistemas Estrato-cristalino y Cambriano: quedando demostrado que hubo movimientos prehercinianos.

Mallada les atribuye las cuatro dislocaciones que originaron: el granito de Santa Elena; la mancha hipogénica de Pedroches; la de la Sierra de los Santos y la del Pedroso y Sierra de Aracena.

Gamboa ha notado también dislocaciones de esta época entre Cabeza de Buey y el Zújar.

Desde el sistema Siluriano al Carbonífero medio, hay una larga época de tranquilidad, durante la que se depo-

sitan sedimentaciones potentes, verificándose entonces, la gran manifestación orogénica conocida con el nombre de movimientos Hercinianos.

Estos originaron una serie de pliegues paralelos, orientados de Noroeste a Sureste, de los cuales quedan vestigios que la denudación ha respetado.

Poco después se produce una fractura en sentido normal a los pliegues y el bloque cortical situado en su parte meridional acompañado de otros unidos a él, se hunde más de mil metros originando la depresión bética, que entonces quedó cubierta por las aguas del mar.

Examinemos las razones que prueban este aserto. Con el objeto de estudiar la prolongación de la cuenca carbonífera de Villanueva se han efectuado diversos sondeos. En casi todos se corta el Carbonífero a unos 150 metros de profundidad. Pero en los marcados con las letras G y con el número 3, la sonda encontró el sistema Permiano, y a los 924 metros aun no había salido de él. Esto demuestra la existencia de una gran falla, de dirección normal a la principal o sea orientada de Noroeste a Sureste y el hundimiento mencionado.

La falla principal que tiene la dirección del Guadalquivir, o sea de Noreste a Sureste, no fué una línea casi recta, sino que tuvo entrantes y salientes, uno de los cuales, es el manifestado en los sondeos. La falla secundaria delimita la fosa de hundimiento del Viar, afluente al Guadalquivir, y se la puede reconocer en toda la Sierra Travesía, que forma el borde oriental de la cuenca del referido afluente.

Hasta hace poco tiempo se creía que el relleno de la fosa del Viar era Triásico y Carbonífero; pero los trabajos de Gavala y Ruiz Falcó, han demostrado que pertenecen al sistema Permiano.

CORTE GEOLÓGICO
DESDE
TOCINA A VILLANUEVA DEL RÍO

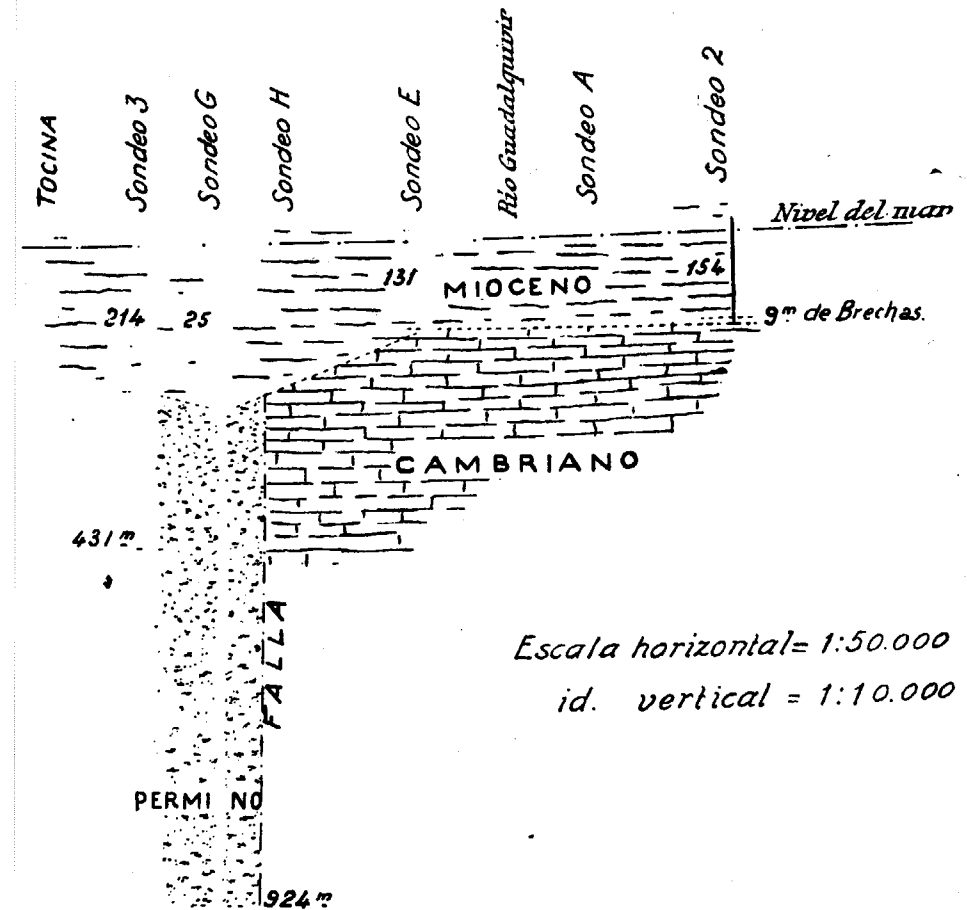


FIG. 2.

La falla se produjo, por consiguiente, *entre el final del Carbonífero y el principio del Permiano*.

El insigne Mallada dice que la falla se produjo entre el Carbonífero y el Triás (hoy se ha demostrado que lo clasificado como Triás, es Permiano).

Hernández Pacheco, conforme con Macpherson, afirma que la falla fué al final de los tiempos paleozoicos, en el sistema Permiano como nosotros hemos aclarado, y que las líneas de fractura secundaria que se produjeron, sirvieron de camino a las erupciones de andesita, pórfidos y diabasas de la Sierra de Córdoba. Estos movimientos, produjeron una serie de accidentes transversales, como la fosa del Tajo, falla del Guadalquivir, etc., que los denomina este eminente geólogo, movimientos hercinianos, póstumos.

Durante la era secundaria, hay en esta región, otro largo período de tranquilidad orogénica y en el extremo bético, que comunica el Mediterráneo con el Atlántico, se depositaron potentes sedimentaciones liásicas y jurásicas principalmente sin faltar las de los restantes sistemas de esta era.

Una vez empezada la era terciaria y ya depositados los sistemas Eoceno y Oligoceno y empezado el Mioceno, se produce la colosal manifestación orogénica conocida con el nombre de elevación alpina, emergiendo de las aguas hasta 1.500 metros de altura las capas jurásicas y liásicas que constituyen la cordillera Penibética, cuyo movimiento se refleja sobre la cadena central, Montes de Toledo y Sierra Morena.

Los sedimentos miocenos de la depresión bética, se elevan sobre las aguas quedando interrumpida la comunicación entre los dos mares, que aun se efectúa por el valle de Taza, al Sur del macizo rifeño, unido a la cordillera española, sin solución de continuidad.

Nogués dice en apoyo de aquella opinión, que las erupciones de dioritas de la Sierra de Peñafior, son del Mioceno medio en adelante.

Royo ha demostrado que posteriormente al Mioceno, ha habido movimientos de dislocación y descenso de los óvalos mediterráneos, e indica la posibilidad de relación entre estos hundimientos con los pliegues postmiocenos del interior y elevación de los estratos hasta 900 metros sobre el nivel del mar.

Al final del Mioceno se cierra también la comunicación de los dos mares por el estrecho de Taza, pues en dicha zona faltan los depósitos pliocenos, restableciéndose poco después, al final de este sistema, por la apertura del actual Estrecho de Gibraltar, quedando el país en su actual apariencia.

A juicio de Suess, el Estrecho de Gibraltar resulta de la sumersión de los pliegues del Rif entre el Yebel Musa y el Yebel Tarik (Gibraltar) mientras que en la concepción de Ternier es debida al hundimiento de un caparazón oval entre Melilla y Almería, jalonado por los volcanes de Cabo de Gata, Alborán y Tres Forcas, todos de la misma época, según ha demostrado el eminente geólogo Fernández Navarro, que ha observado una serie de eminencias submarinas, no interrumpida desde Almería a Tres Forcas, pasando por el islote de Alborán, por lo cual cree que aquélla marca la costa occidental mediterránea entre el final del Mioceno y el principio del Plioceno.

Resumiendo los párrafos que anteceden podemos reunir en tres grupos principales los diversos movimientos orogénicos que ha experimentado la región bética; herciniano, alpino y los del hundimiento del Mediterráneo occidental y apertura del Estrecho de Gibraltar.

IV

ESTUDIO SÍSMICO DE LA REGIÓN BÉTICA

El estudio de las condiciones tectónicas de una región, está íntimamente ligado al de su sismicidad.

Sieberg ha establecido las leyes que relacionan los elementos tectónicos, con la posición de los epicentros y la frecuencia de los sismos a que corresponden.

Reconoce que la causa principal de su producción, son los empujes y rupturas de los bloques corticales de la zona de fractura de la corteza terrestre, por lo cual, *los epicentros se alinean según las trazas superficiales de las dislocaciones.*

Esto ya había sido comprobado hace muchos años por Nogués, que añadió, además, de acuerdo con la teoría isostática, desconocida en aquellos tiempos, que cuando existe un sistema complicado de fracturas, los sismos están siempre en relación con uno de aquéllos, independientemente de los demás.

De aquí se deduce la gran importancia que para el estudio de la tectónica de una región tiene la determinación exacta del epicentro de cada sacudida y de la hora a que ésta se verificó. En los Boletines de las estaciones sismológicas del Instituto Geográfico, en los resúmenes trimes-

trales de la Revista Ibérica, en los de la Sociedad de Historia Natural y en los del Observatorio Fabra de Barcelona, se publican las horas, amplitudes y períodos de las fases de los sismos, pero en general, se ignora la posición del epicentro, profundidad del hipocentro y la hora inicial de la sacudida, cuyos elementos tienen que ser determinados por los geólogos investigadores.

El caso más corriente es que se disponga de las horas de P registradas en varias estaciones, que disten más de 300 kilómetros del epicentro en el cual las gráficas no registran las de P y S , y entonces puede fijarse la posición de aquél, por medio del cálculo o empleando el método gráfico de Mohorovicic aplicado por Inglada al sismo del 9 de julio de 1923, con éxito completo y que describiremos brevemente.

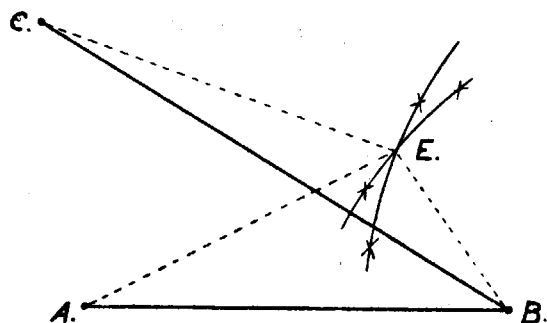


FIG. 3.

Sean A y B las dos estaciones registradoras y la escala del dibujo 1:1.000.000. Supongamos que la estación B ha registrado las ondas P cinco segundos después que la A . Como las ondas P se propagan con la velocidad aparente de ocho kilómetros por segundo, B distará del epicentro 40 kilómetros más que A , o sean 40 milímetros en la escala elegida. El epicentro buscado pertenecerá a una hipér-

bola cuyo eje transversal sea de 40 milímetros y estará en la rama más próxima a A , por ser esta estación la que primero ha registrado la onda sísmica. Los puntos del arco de la hipérbola se obtienen muy fácilmente; no hay más que trazar dos arcos que tengan por centros los puntos A y B y cuyos radios difieran 40 milímetros.

Esta construcción se repite para otras dos estaciones A y C , obteniéndose así la intersección de las hipérbolas que determinan el epicentro buscado, cuya posición se debe comprobar con el tercer arco de hipérbola que corresponde a la combinación de estaciones restantes.

Si cabe escoger cuatro estaciones situadas a menos de 300 kilómetros del epicentro, se pueden emplear las horas registradas para las ondas \bar{P} y \bar{S} , admitiendo que se propaguen en línea recta, a las velocidades respectivas de 5,7 y 3,25 kilómetros por segundo, con lo cual se producen en el cálculo de los tiempos de recorrido errores menores que los de observación, según ha demostrado Inglada.

Una vez conocidas las coordenadas x_0, y_0 del epicentro, la distancia epicentral Δ que corresponde a una estación E , de coordenadas x, y , se obtienen por la fórmula:

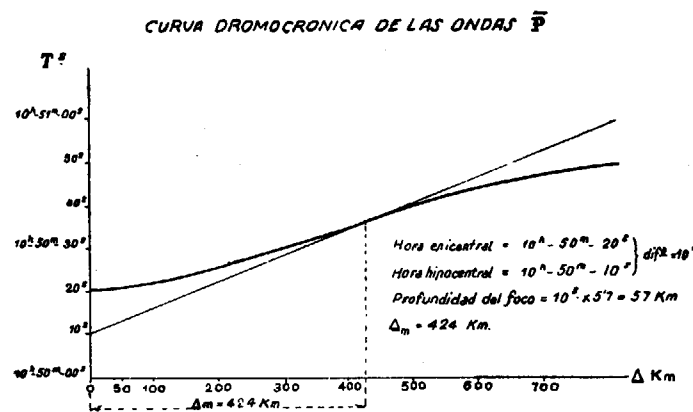
$$\Delta = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$$

que se calcula por medio de tablas apropiadas.

También se puede situar el epicentro en el plano y medir gráficamente su distancia a la estación.

Ya conocidas las distancias epicentrales, se puede determinar la profundidad hipocentral. Emplearemos el sistema gráfico construyendo la curva dromocónica de las ondas \bar{P} . Sobre el eje de las x de un sistema coordenado rectangular, se toman, en una escala cualquiera, las dis-

tancias epicentrales Δ en kilómetros, y uniendo los puntos obtenidos por un trazo continuo se obtiene la curva buscada. Figura 4.



Esta curva presenta un punto de inflexión M , en que la tangente deja a la curva a uno y otro lado de ella. La distancia epicentral que le corresponde nos sirve para determinar el valor de la profundidad hipocentral por medio de las tablas que dan ésta, de kilómetro en kilómetro desde 1 a 57, para cada distancia epicentral.

En este caso para $\Delta = 355$ kilómetros la profundidad es de 40 kilómetros. Si alguna de las estaciones registradoras dista menos de 50 kilómetros del epicentro, se puede prolongar la curva hasta el eje de los tiempos.

La hora que suministra el gráfico para el punto A , es la del sismo en el epicentro. La de B , es la hora inicial, en el foco. La distancia AB , corresponde al número de segundos que el rayo sísmico ha tardado en recorrer la profundidad hipocentral. Multiplicando ese número por 5,7 obtendremos la profundidad citada expresada en kilómetros.

Cuando las estaciones sísmológicas distan más de 300 kilómetros del epicentro, es preciso el empleo de las horas de las ondas P , para determinar las coordenadas del epicentro y las distancias epicentrales, según ya hemos explicado

Para conocer la profundidad del foco, se emplean las tablas de Mohorovicic, que dan ésta, en función de la distancia epicentral ya conocida y del intervalo entre las fases registradas que se puedan precisar con claridad. El intervalo de tiempo medido en el sísmograma, no estará, probablemente, en las tablas sino que estará comprendido entre dos valores que figuren en ellas, a los que corresponden una cierta profundidad focal que figura en la columna correspondiente.

Una sencilla interpolación proporcional nos suministrará el valor buscado.

Repitiendo la operación para los intervalos entre otras fases bien identificadas, se obtendrán valores, cuyo promedio tendrá un peso superior al de los componentes.

Por los procedimientos explicados se fijan los elementos de cada sismo, cuyo epicentro se coloca en el mapa de la zona.

En este importante trabajo han tomado parte todos los sísmólogos españoles, entre los que citaremos al malogrado sabio Eduardo Mier, a cuyas órdenes trabajó largo tiempo el autor de estas líneas; a Inglada, Rey Pastor, autor del notable croquis sísmo-técnico de la Península Ibérica, Rodríguez Navarro, Torrallas, etc., y sus resultados pueden resumirse en el croquis citado.

En él pueden observarse tres alineaciones principales de epicentros. Una de ellas coincide exactamente con las tres grandes fallas de la cordillera Bética, la de Málaga, la de Motril y la de Almería, determinadas por Barrois y

go de la costa, e indirecta sobre los grandes bloques de la cordillera Bética, delimitados por la fractura, que pierden la estabilidad al variar la presión a que están sometidos. Cuando este movimiento es lento o progresivo, su efecto no se transmite inmediatamente a los bloques costeros, que siguen en equilibrio inestable durante un cierto tiempo, que corresponde a un período de calma sísmica. En el momento en que este equilibrio inestable no puede continuar, se produce un nuevo período de movimiento vibratorio.

Si el descenso de los bloques mediterráneos experimenta un cambio de velocidad, se produce una impulsión directa, que se traduce en una catástrofe sísmica como la sucedida el año 1884.

La segunda zona o de la depresión bética, no ha experimentado los grandes trastornos tectónicos originados por el levantamiento alpino y el gran hundimiento que experimentó al principio del sistema permiano, debió colocarla en posición próxima a la de equilibrio isostático, por lo cual los movimientos orogénicos a que antes nos hemos referido, llegan a ella de un modo muy atenuado y se terminan precisamente en la línea media de la corriente del Guadalquivir.

Al Norte de la misma, desde Sevilla a Sagunte, la sismicidad es casi nula.

¿Como explicar esta terminación brusca de la génesis de la energía sísmica, sin admitir que los bloques corticales de su región Sur, están separados e independientes de los de la Norte, colocados en situación de equilibrio estable?

A nuestro modesto juicio, las consideraciones anteriores prueban que dicha falla existe, sin dejar lugar a dudas ni titubeos.

V

ESTUDIO ISOSTÁTICO DE LA REGIÓN BÉTICA

La red gravimétrica española consta en total de unas cien estaciones. Para 31 de ellas, el personal de Calculadores del United States Coast and Geodetic Survey, bajo la dirección del ilustre Mr. Bowie ha efectuado los cálculos de reducción isostática, para una profundidad de compensación de 113,7 kilómetros.

Con estos resultados, Sans Huelin ha calculado las anomalías o sean las diferencias

$$g - g_0$$

Entre la gravedad observada g y la calculada g_0 , corregida por elevación topográfica y compensación isostática, que Inglada ha representado gráficamente por medio de curvas.

Al lado de cada curva, figura la anomalía en milésimas de dina y su equidistancia es de 0,010 dinas.

Se han trazado por el método de interpolación uniforme, es decir, uniendo cada estación con todas las que rodean, por medio de rectas o interpolando en ellas los valores correspondientes a cada curva.

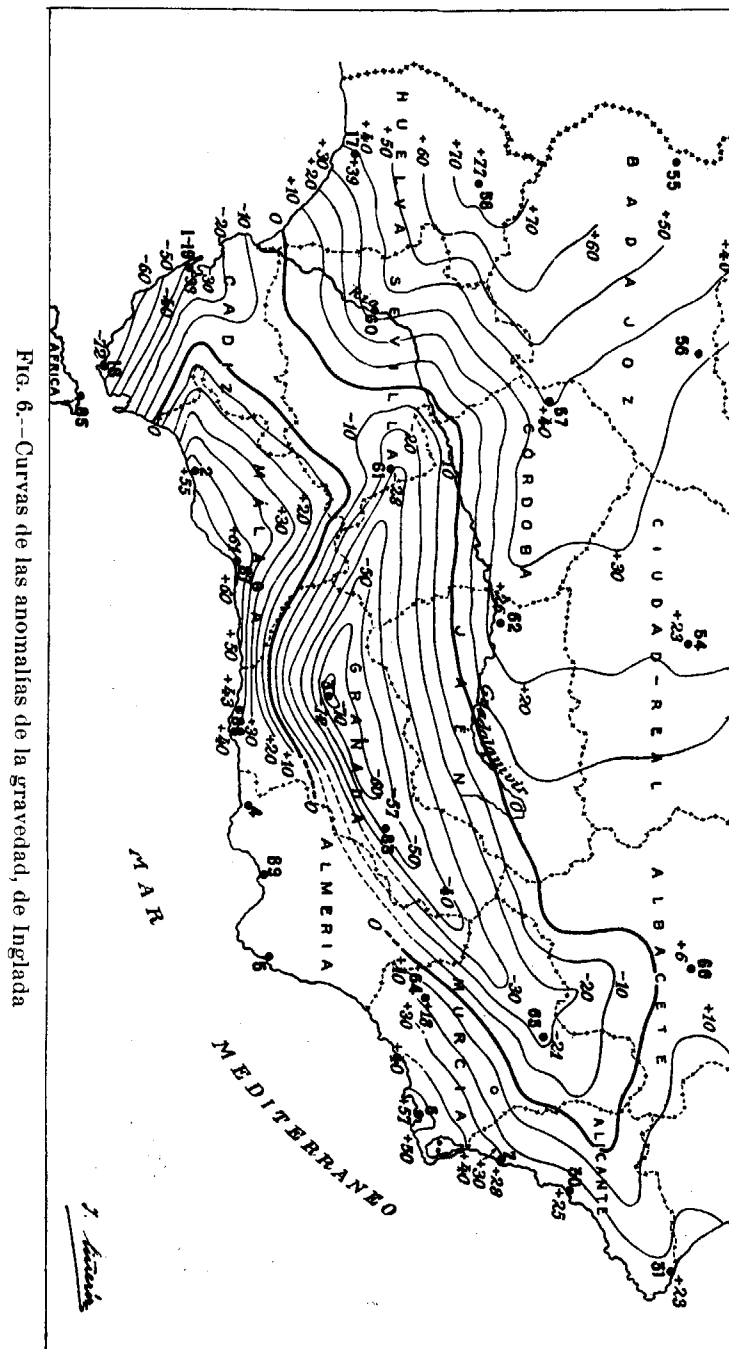


Fig. 6.-Curvas de las anomalías de la gravedad, de Inglada

Si se verificase completamente la condición isostática, las anomalías debían anularse.

Inglada atribuye su existencia a influencias de carácter local y no a imperfección de la condición isostática, como lo prueba el hecho de que en estaciones muy próximas hay grandes diferencias entre los valores de las anomalías.

Por ejemplo, la 3 (Granada) y la 28 (Motril) que distan unos 50 kilómetros, difieren en 105 milésimas de dina, por lo cual creemos, como él, que el criterio más racional para explicar las anomalías grandes de las estaciones, es el de analizar al detalle el espesor, extensión y densidad de sus estratos, estudio geológico de gran importancia ya efectuado en los Estados Unidos por Wite.

A causa del pequeño número de estaciones calculadas, el trazado de las curvas es poco seguro y ofrece una regularidad que no tendría si se conocieran más valores.

Por las dos razones explicadas, se reduce mucho el valor de las consecuencias que puedan deducirse del estudio de las isanómalas.

Estudiando el mapa de las curvas, observamos que la línea cero envuelve próximamente a la depresión bética, sin coincidir con ella y que su rama Norte sigue un itinerario que se aproxima al del valle del Guadalquivir.

En el área comprendida por esta línea, las anomalías son negativas y positivas en su exterior, correspondiendo con su constitución geológica, pues la depresión bética está rellena de materiales terciarios y la zona de la meseta y la de la cordillera Bética de otros paleozoicos y arcaicos de mayor densidad.

El cambio de signo de todas las anomalías en la línea aproximada del Guadalquivir, no puede ser debido exclusivamente a las influencias de los estratos locales, en-

tre el valor de cada estación. Indica un cambio brusco en la condición de equilibrio isostático de los bloques corticales, muy difícil de explicar sin admitir una separación completa entre los mismos.

Las consideraciones anteriores nos hacen ver cierta concordancia de conjunto entre la existencia de la falla y los valores de las anomalías, sin poder precisar más por las causas ya mencionadas.

Se deduce de este estudio, que el método gravimétrico por medio del péndulo no es propio para resolver problemas tectónicos. La observación de cada estación y su cálculo posterior exigen un gasto de trabajo y tiempo considerables, que no es posible prodigar en la medida necesaria.

VI

OBJECCIONES A LA EXISTENCIA DE LA FALLA DEL GUADALQUIVIR

Desde hace pocos años, la existencia de la falla fué considerada como un postulado científico. Los estudios realizados por algunos geólogos franceses, pusieron en duda su existencia.

Groth dice que la falla es debida al descenso lento y gradual de un pliegue herciniano que después se ha rellenado de sedimentos posteriores, y Gentil, en apoyo de esta opinión, añade que en los sondeos de Villanueva, se ven los pliegues hercinianos ocultos por el Mioceno, sin resto alguno del contacto entre el Cambriano y los terrenos secundarios.

También afirma Gentil, que el anticlinal que separa las cuencas carboníferas de Belmez y Villafranca, se le ve en la margen Sur del río, así como el ligero relieve de la Atalayuela, cerca de Montoro.

A las consideraciones anteriores replican Carbonell y Alvarado, diciendo que los sondeos de Villanueva prueban que las capas cambrianas, cuyo buzamiento general tiende hacia el Sur, son las mismas de la Reunión y se encuentran a una profundidad próxima a 400 metros, y se levantan hasta los 150 metros en las proximidades del

rio, con lo cual se demuestra que no hay tal hundimiento gradual.

Todos los sondeos están hechos antes de llegar a la falla, la cual se ajusta al cauce del río, que ha experimentado multitud de vicisitudes en el transcurso de los tiempos, y en esta región de Tocina y Villanueva, Gavala cree que la falla se encuentra varios kilómetros al Sur del mencionado cauce. Esta es también la razón por la cual los geólogos franceses han apreciado asomos de terrenos antiguos en la margen meridional del Guadalquivir.

Si se considera la dirección media de su cauce, Carbonell, en su notable estudio sobre toda la cuenca, afirma que todos los afloramientos de los terrenos antiguos quedan al Norte de aquél.

En pro de la existencia de la falla se han pronunciado también valiosas opiniones. Hernández Pacheco cree que la falta de cordillera marginal en el macizo Ibérico es una razón de su existencia. Alvarado cita la falta de paralelismo de los pliegues hercinianos y el borde de Sierra Morena, así como la posición de la divisoria de aguas entre el Guadiana y el Guadalquivir.

Carbonell ha efectuado un importante estudio batimétrico de las secciones transversales a la cuenca, comprobando que se trata de un valle disimétrico, que no puede ser producido por el hundimiento de un pliegue.

CONCLUSIONES

En el estudio anterior, hemos considerado todos los antecedentes del accidente tectónico del Guadalquivir, que atraviesa España entera, cuya importancia científica e industrial, en las zonas carboníferas, ha transpasado las fronteras, alcanzando la categoría de problema geológico mundial.

Las observaciones sísmicas y gravimétricas han probado su existencia, a mi modesto juicio, faltando tan solo precisar su posición, por las mediciones geofísicas de detalle, al menos en las zonas industriales, para que quepa a España el honor de haber resuelto este problema.

El Ingeniero de Minas,
JOSÉ GARCÍA SIÑERIZ

EL
**XV.º CONGRESO GEOLÓGICO
INTERNACIONAL**
VERIFICADO EN PRETORIA DEL 29 DE
JULIO AL 7 DE AGOSTO DE 1929

POR

JOSÉ G. SIÑERIZ Y JOAQUÍN MENDIZÁBAL
Ingenieros de Minas

PRÓLOGO

En el XIV.º Congreso Geológico Internacional, celebrado en Madrid el año 1926, se aceptó el ofrecimiento efectuado por el Gobierno de la Unión del África del Sur, de verificar la reunión XV.ª, en este territorio, cuya estructura geológica es en extremo interesante, a más de poseer los yacimientos de platino, oro y campos dimantíferos, de universal renombre.

También se convino en el Congreso de Madrid, que en el Instituto Geológico y Minero de España, se centralizaran todos los trabajos de investigación geofísica que se realizasen por las naciones adheridas a aquél, para presentar en el XV.º congreso, un resumen de los resultados obtenidos.

Fiel a este compromiso, la Dirección del Instituto Geológico y Minero de España, ha realizado ya la primera parte de un vasto programa de investigaciones mineras por los métodos de la geofísica aplicada, que a más de contribuir al progreso mundial de esta nueva ciencia, sirva para descubrir las riquezas mineras aprovechables de nuestro subsuelo, y nos ha encomendado el honroso encargo de representarla en el XV.º Congreso Geológico Internacional,

que se había de celebrar en Pretoria, desde el día 29 de julio al 7 de agosto del año 1929, y de exponer ante el mismo, los resultados de sus trabajos, así como la obra escrita por el que suscribe, Sr. Siñeriz, «Los métodos geofísicos de prospección», en que se presentan las fórmulas y aparatos empleados en esta clase de trabajos, que hasta el día de hoy han permanecido en el secreto.

También ha sido honrado el Sr. Siñeriz con la representación del Excmo. Sr. D. César Rubio, Presidente del XIV.º Congreso Geológico Internacional, que no ha podido efectuar el viaje al África del Sur, a causa de su delicado estado de salud. Con lo que hemos tenido ocasión de apreciar las cálidas muestras de aprecio y consideración para nuestra querida Patria, tanto de las autoridades y representantes de los países de la Unión del África del Sur, como de los de las demás naciones asistentes al XV.º Congreso.

Para organizar los trabajos del XV.º Congreso, el Geological Survey of the Union of South Africa, nombró un comité, cuyo presidente es el director de dicho servicio Dr. A. W. Rogers y cuyo secretario general es el doctor A. L. Hall, a más de los cargos honoríficos conferidos a las autoridades y personas preeminentes del país.

El Comité organizador fijó los asuntos a discutir en las sesiones del Congreso XV.º, a saber:

DIFERENCIACIÓN MAGMÁTICA.

PERÍODOS GLACIALES PRE-PLEISTOCENOS.

EL SISTEMA DE KARROO; SU ESTRATIGRAFÍA, PALEONTOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN MUNDIAL.

LAS RESERVAS MUNDIALES DE ORO.

ASUNTOS GENERALES, GEOFÍSICA, GEOTERMIA Y CORTEZA TERRESTRE.

Además organizó una serie de interesantísimas excur-

siones, a las minas de platino de Rustenburg, a las de oro de Johannesburg y a los campos diamantíferos de Kimberley, de las que, después, daremos una idea.

También hemos tenido ocasión de visitar los campos de diamantes de Luderitzbuch, en el África occidental alemana.

En todas ellas hemos recogido muestras de sus diversos minerales, especialmente en las de platino de Rustenburg, para que la sección de Microscopía de nuestro Instituto, pueda efectuar comparaciones con los existentes en los yacimientos de la sierra de Ronda.

SESIONES DEL CONGRESO XV.º

Con la solemnidad acostumbrada en estos casos, el día 29 de julio a las once de la mañana, se verificó la sesión inaugural bajo la presidencia del Sr. Siñeriz, en representación del Presidente del XIV.º Congreso, Sr. Rubio.

La deferencia para con España llegó al extremo de obligar a pronunciar su discurso al Sr. Siñeriz, antes que el del primer Ministro de la South African Union. El señor Siñeriz leyó en inglés, un mensaje de salutación, a las altas autoridades allí presentes, tanto políticas como geológicas, así como la carta del Sr. Rubio en que éste manifiesta su sentimiento de no poder asistir a esta reunión internacional, por impedirlo su mal estado de salud.

Anunció que el Instituto Geológico de España había cumplido el encargo recibido en el Congreso de Madrid, respecto a las investigaciones geofísicas, cuyo resumen presentaría oportunamente y que, además, había escrito un libro en el que se exponen los conocimientos actuales sobre estas materias.

Después del discurso del primer Ministro de la Unión y de ser leída y aprobada la constitución de la Mesa para el XV.º Congreso Geológico Internacional, el Sr. Siñeriz,

dio posesión de su cargo al nuevo Presidente Dr. A. Rogers, que dio por terminada la sesión, a la que asistieron más de 400 congresistas, estando representadas oficialmente *cuarenta y cinco naciones*.

Durante los siete días siguientes a la sesión inaugural se reunieron las diversas secciones, donde se presentaron innumerables trabajos sobre los temas puestos a discusión. De la mayor parte de ellos, sólo pudieron sus autores dar un ligero resumen, por el limitadísimo tiempo de que podían disponer.

En la sesión de Geofísica, el Dr. Mouchketow, director del Instituto Geológico de Leningrado, presentó un trabajo gravimétrico, efectuado por medio del péndulo en el Asia Central, para relacionar sus resultados con la constitución geológica. Mr. Charrin, expuso un trabajo efectuado por él en el Congo Belga, para investigar una mina de cobre, por el método eléctrico de prospección, y el señor Siñeriz expuso en tres sesiones los trabajos siguientes:

ESTUDIO GEOFÍSICO PREVIO DE LA FALLA DEL GUADALQUIVIR.

ESTUDIO GRAVIMÉTRICO Y SÍSMICO DE LA ZONA DE ALCALÁ DE HENARES.

ESTUDIO GEOFÍSICO DE LA CUENCA CARBONÍFERA DE VILLANUEVA DE LAS MINAS

aclarando las explicaciones por medio de dibujos en colores, de gran tamaño.

No le fue posible presentar los restantes trabajos ultimados, por la falta material de tiempo, sin que haya habido ningún otro congresista que haya podido conseguir el necesario para dar tres conferencias, más que el señor Siñeriz.

No obstante ser el español una de las lenguas oficiales del Congreso, y haber hecho valer sus derechos el señor

Siñeriz, para hablar en esta lengua, cuando el Presidente de la Sección correspondiente, le dijo que no entendía el título de su trabajo, el Sr. Siñeriz las pronunció en francés, para poder ser entendido por la mayoría de los oyentes.

El día 7 de agosto se verificó la sesión de clausura, en que se constituyeron las comisiones que deben estudiar las ponencias para el Congreso XVI.º, que se decidió fuese en los Estados Unidos, de América, a propuesta del representante de dicha nación.

El Sr. Siñeriz, tuvo el alto honor de ser elegido Presidente de la Comisión de Geofísica, a la que se agregó la de Geotérmica y el Sr. Mendizábal, el de Secretario.

Esta Comisión quedó constituida en la forma siguiente:

Presidente

D. J. G. Siñeriz

Secretario

D. J. Mendizábal

Vocales

1. Sir John Flett..... director del Geological Survey de Inglaterra.
2. Prof. Mouchketow.. director del Instituto Geológico de Rusia.
3. Prof. Nickvoroff... del Instituto Geológico de Rusia.
4. Dr. Barsch..... del Instituto Geológico de Alemania.
5. Dr. Reich..... del Instituto Geológico de Alemania.
6. Prof. Soler..... de España.
7. Dr. Gavelin..... de Francia.

8. Prof. León Bertrand de Francia.
 9. Un delegado aun no nombrado..... de Estados Unidos.

También se constituyó la Comisión para el estudio de la Corteza Terrestre, en la que tuvimos la satisfacción de ver incluido el nombre de nuestro querido y prestigioso compañero, Sr. Marín. La Comisión quedó constituida en la siguiente forma, sin elegir Presidente:

Doctor Kaiser.

Profesor Stille.

Doctor Cloos.

Doctor Demay.

Profesor Tetgaieff.

Profesor Mouchketow.

Profesor Sacco.

Profesor Gregory.

Doctor Marín.

Un representante de los Estados Unidos, aun no nombrado.

Se disolvió la Comisión Iron Ores y se constituyó la del Hombre Fósil, con los siguientes señores, sin elegir Presidente:

Profesor Madren.

Profesor Wieggers.

Profesor Dart.

Profesor Gorganovic.

Profesor Boule.

Profesor Blanc.

Profesor Solger.

El Sr. Siñeriz pronunció un discurso en francés para dar

las gracias en nombre del Instituto Geológico de España, en el de los Delegados españoles y en el suyo propio, por las innumerables atenciones que habían recibido, de las Autoridades políticas y científicas presentes en el Congreso y dirigir un fraternal saludo a todos los colegas de las cuarenta y cinco naciones, allí representadas.

DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DE LA UNIÓN DEL SUR DE ÁFRICA

En la reseña de nuestras excursiones geológicas por los países que constituyen la Unión del África del Sur, es preciso emplear una nomenclatura muy difícil de entender, si no se ha estudiado, previamente, la estructura estratigráfica y tectónica general de la comarca, así como la clasificación empleada para separar las distintas formaciones que en ella se encuentran.

En las breves líneas que exponemos a continuación, trataremos de esbozar ligeramente dichas cuestiones, expuestas con mucho detalle en varias importantes publicaciones (1).

I. Reseña geográfica.—La parte septentrional del continente africano, está constituida por una gran meseta

(1) The Geological Structure of the Union, by A. W. Rogers. Pretoria, 1929.

Geology of South Africa, Edinburgh, 1926, by Du Toit.

The Union of South Africa, in Handbuch der Regionalen.

Geologie, Heidelberg, 1929.....

The Geology of South Africa. London, 1909, by } Hall, Hangton Ro-

Hatch and Corstorphine } gers and Wagner.

Geologie Africa, Berlin, 1928. Zweiter Teil, by Krenkel, E.

central, cuya altura media sobre el nivel del mar es de 1.120 metros, rodeada de comarcas de las más diversas circunstancias geográficas, que se extienden hasta el Océano, por el Este, Sur y Oeste. Ambas regiones están separadas por una línea de sierras escarpadas, donde se encuentran las mayores alturas, que en algún punto alcanzan la de 3.000 metros (Giants Castle), a excepción de la zona Sur de la provincia del Cabo, donde las sierras más elevadas se encuentran entre la línea del escarpe y la costa. La mayor parte del territorio de la Unión, está comprendida en el interior de la meseta, constituida, en general, por grandes llanuras. Cuando las capas horizontales de areniscas y dolerita, han tomado gran inclinación, a consecuencia de movimientos orogénicos, su distinta resistencia a los agentes de erosión, ha dado lugar a la formación de colinas escarpadas.

El interior de la meseta se puede dividir en varias regiones con arreglo al carácter de su superficie y a su clima.

1. The High Veld.
2. » Basuto Highlands.
3. » Upper Karroo.
4. » Namagna Highlands.
5. » Kalahari and Bushmanland.
6. » Kaap Plateau.
7. » Middle Veld.
8. » Central Transvaal Bushveld.
9. » Limpopo Highlands.
10. » Low Country.

Sólo nos ocuparemos de las que hemos recorrido nosotros, con el objeto de estudiar los importantes yacimientos minerales, que en ellas se encuentran.

a) *The High Veld.*—El alto Veld comprende el Sur del

Transvaal y una gran parte del Estado libre de Orange. Posee un clima tonificante, con una precipitación acuosa anual, que oscila entre 52 y 90 centímetros. La mayor parte de su superficie tiene una altitud superior a 1.400 metros, y está constituida por capas horizontales, del sistema Karroo, del que después hablaremos. En su extremo Norte, aparecen rocas más antiguas, donde se encuentran los campos auríferos. También contiene esta zona la mayor parte de las reservas de carbón de la Unión y algunas importantes minas de diamantes.

Sus pastos abundantes y sus ríos de curso permanente, contribuyen a un espléndido desarrollo de la ganadería.

b) *The Middle Veld.*—La región del Veld medio está situada al NO. de la anterior y linda con ella por una línea dirigida de SO. a NE. a lo largo de la margen Sur del río Vaal, por cuyo valle se ha tendido la línea férrea de Kimberley a Pretoria. En ella se encuentra la región NO. del Transvaal y una parte del Oeste del Orange.

Su altitud oscila entre 800 y 1.600 metros, y la altura pluviométrica del agua llovida varía entre 40 y 80 centímetros. Presenta una gran variedad de paisaje y vegetación, desde las áridas llanuras hasta las fértiles tierras de la región Este, con arreglo a su constitución geológica, en la que se encuentran, la dolomita, los bancos arcillosos y ferruginosos de Pretoria, las cuarcitas de esta localidad y las del sistema Witwatersrand; las rocas volcánicas del Ventersdorp; las intrusiones diabásicas y graníticas y los contrafuertes de las capas del Karroo.

El grupo más importante de minas de diamantes de Kimberley, se encuentra en esta región, así como las gravas diamantíferas del río Vaal y de Lichtenburg y las minas de hierro de Pretoria.

c) *The Upper Karroo.*—Esta región se extiende al SO.

de las dos anteriores, desde Kimberley y Bloemfontein, por el Estado libre de Orange, hasta cerca de la provincia del Cabo. Está atravesada, según su eje, por la línea férrea de Cape Town a Kimberley. Su clima es extremadamente seco y la vegetación está reducida a pequeños musgos, a excepción de los lechos mayores de los ríos, cuyo curso es intermitente, donde los limos arrastrados por las crecidas, permiten obtener algún rendimiento agrícola y pecuario.

El paisaje característico de la región, lo constituyen las llanuras con colinas escarpadas de bancos de arenisca y dolerita.

El límite NO. de la región lo constituyen las formaciones geológicas más antiguas del Paleozoico, y el resto de la misma lo forman las capas del sistema Karroo, con intrusiones de dolerita debajo de los lechos volcánicos.

II. Reseña geológica.—Clasificación general.—Aun existe mucha incertidumbre en algunos puntos importantes de la Geología del África del Sur, especialmente en lo que se refiere a la determinación de la edad relativa de la mayor parte de los terrenos sedimentarios antiguos y de las grandes intrusiones graníticas que en ellos se encuentran. Hasta el día de hoy no se conocen, en el Sur de África, fósiles más antiguos que los pertenecientes al Devoniano, y a pesar de ello hay que descifrar la historia de cada región de la estructura y caracteres de rocas de mayor edad.

Las formaciones de origen marino probado, están limitadas al margen del sub-continente, y en su interior se encuentra el sistema Karroo, con evidentes indicios de haberse sedimentado sus capas en agua dulce, o condiciones continentales.

A consecuencia de la mencionada carencia de fósiles, no hay medio para determinar la base del Paleozoico en el África del Sur. El Cambriano y el Siluriano, tan bien determinados en otros continentes, no se encuentran allí en parte alguna. Esta circunstancia obliga al empleo de una nomenclatura local que nos permite distinguir entre sí las diversas formaciones de este territorio, que no pueden ser identificadas con las de los demás continentes.

La clasificación adoptada comprende varios sistemas, cuyos nombres son los de las localidades donde se presentan con mayor desarrollo, según se especifica en el siguiente cuadro:

Pre-paleozoico	}	Sistema Swaziland.
		Id. Witwatersrand.
		Id. Ventersdorp.
		Id. Transvaal.
Mesozoico . . .	}	Id. Waterberg.
		Sistema Cape (Devoniano).
		Id. Karroo (Permiano y Triás inferior).
		Id. Cretáceo.
		Id. Cainozoico.

a) *Sistema Swaziland.*—Este sistema comprende todas las rocas volcánicas y sedimentarias cuya edad se supone mayor que la de las capas que constituyen el sistema Witwatersrand, y cuya mutua correlación es aun muy incierta.

Algunos geólogos como Molengraf, afirman que en este sistema hay rocas alteradas que proceden del más moderno Witwatersrand; mientras que otros sientan que el Swaziland es más antiguo que el Witwatersrand, porque las intrusiones de granitos y neis que atraviesan al últi-

mo, reconocidas como anteriores a él, también cortan los lechos del Swaziland.

En él también se incluyen provisionalmente, ciertas granulitas y pizarras muy metamorfizadas, en las que no es posible reconocer los caracteres primitivos.

Las rocas más corrientes en este sistema son las cuarcitas, conglomerados, arcosas y lavas ácidas y básicas. En ellas se presenta una gran variedad de minerales, entre los que citaremos el piroxeno, anfíbol, granate, silimanita, staurolita, etc.

La composición general de los granitos y gneis de este sistema, es de cuarzo, microclino, orthoclasa y biotita. Los granitos porfíricos no son frecuentes; por el contrario, las pegmatitas son muy abundantes.

b) Sistema Witwatersrand.—Los depósitos de este sistema se encuentran en la región Sur del Transvaal y en la adyacente del Estado libre de Orange. El Dr. Mellor le ha dividido en inferior y superior.

El primero comprende la serie de cuarcitas y pizarras que forman el acantilado que denomina la llanura de Pretoria. El superior es más arenáceo y presenta un desarrollo mucho mayor de los conglomerados. En su base hay un horizonte de cuarcitas de 800 metros de potencia, con lechos arcillosos intercalados entre los bancos y potentes bandas de conglomerados. Entre éstos merecen citarse los del grupo Main Reef, que contienen la mayor parte del oro que se extrae en los campos auríferos de Witwatersrand.

Los lechos de conglomerados, no son auríferos de una manera uniforme. Las zonas ricas, de varios miles de pies, en longitud, alargadas en la dirección SE., se encuentran rodeadas de zonas pobres. El origen del oro de los conglomerados ha sido detrítico, pero después de su

depósito ha sido recristalizado. La gran cantidad de clorita que en ellos se encuentra, nos prueba los grandes cambios moleculares que se han producido, por la acción metamórfica de los diques e intrusiones de rocas que los han atravesado.

A este sistema pertenecen también los conglomerados Kimberley.

c) Sistema Ventersdorp.—Comprende un grupo de formaciones de origen volcánico, que en el Transvaal se extienden al Sur y al Oeste del Witwatersrand.

Du Toit ha considerado tres divisiones: la inferior de lavas ácidas, tobas, cuarcitas y conglomerados; la media de lavas básicas y arcosas, y la superior, de mayor extensión que la anterior, y que ocupa una gran superficie de la provincia del Cabo. Sus lavas son de color azul o verde, amigdaloides, con diabasa o andesita y van acompañadas de pórfidos cuarcíferos, tobas y brechas.

d) Sistema Transvaal.—Este sistema es el más desarrollado de todos los sistemas sedimentarios anteriores al Karroo y ocupa una gran extensión superficial, tanto en los países de la Unión, como en la zona Suroeste de África.

En su base se encuentran las series *negras*, constituídas por un grupo de cuarcitas y conglomerados, con intercalaciones pizarrosas. También contienen algunas lavas volcánicas.

Constituye el gran escarpe oriental del Transvaal, donde presenta mayor potencia que en cualquier otra parte. Deben su nombre a las partículas carbonosas contenidas en los conglomerados, que se han explotado para extraer el oro que poseen, en el Sur del Transvaal.

Sobre las series negras se encuentra la dolomita en el Transvaal y en las proximidades de la provincia del Cabo,

Esta zona es compacta y de textura cristalina, pero está surcada por fisuras y cavidades que permiten almacenar grandes cantidades de agua, que dan origen a muchos manantiales. Es la única formación geológica del país que posee esta propiedad.

Los horizontes superiores a la dolomía están constituidos por cuarcitas, pizarras, bancos ferruginosos y rocas volcánicas.

Las rocas intrusivas ocupan en el sistema Transvaal una superficie cuyas dimensiones son de 448 kilómetros de Este a Oeste y 256 kilómetros de Norte a Sur. Están cubiertas, en parte, por fragmentos de la roca original y por los sedimentos posteriores del sistema Karroo.

e) *Sistema Waterberg*.—Ocupa una gran superficie en el Norte del Transvaal y en los distritos de Pretoria y Middelburg. Consta de conglomerados y areniscas cuarzosas. El color predominante de los sedimentos es el rojo o púrpura y los conglomerados son groseros, la mayor parte de las veces. La base del sistema está constituida por rocas volcánicas del tipo basáltico.

f) *Sistema Cape*.—Está desarrollado en el Sur y Oeste de la provincia del Cabo y continúa por la costa Este, hasta el Natal.

Aun no está completamente aclarado si el sistema Waterberg es o no una parte del sistema Cape.

Los términos inferiores del Cape, están representados en los bancos de la Table Mountain, célebre montaña, en cuya falda está edificada la Ciudad del Cabo (Cape Town). Constan de un grupo de areniscas y pizarras, que en la región Suroeste cubren a un potente banco de arcilla, que contiene guijarros desparramados de varias clases de rocas, algunos de los cuales han sido estriados por los fenómenos glaciales. Según todas las apariencias, el

movimiento del hielo se ha verificado en la dirección Sureste.

Las series intermedias del Cape, constan de pizarras y areniscas, en cuya base se encuentra una abundante fauna marina correspondiente al Devoniano medio e inferior de la América del Norte y de la del Sur, y algo menos semejante con la del Devoniano inferior europeo. Alguna de las especies del Cape se han encontrado también en el Sahara.

El horizonte superior del Cape, compuesto de pizarras, areniscas y cuarcitas, se le observa al Oeste de la línea férrea de Touws River a Matjesfontein. Posee pocos fósiles; sólo se han encontrado en él restos de plantas y un fragmento de un *Euryptérido*.

g) *Sistema Karroo*.—El sistema Karroo ocupa la parte central de la provincia del Cabo, la mayor parte del Estado libre de Orange, el Oeste del Natal y una gran superficie al Sudeste del Transvaal. No hay indicio de que esta sedimentación se haya efectuado bajo un régimen marino; sin embargo, en el Sudoeste de África, se han encontrado en ella tres fósiles de ese régimen, en el horizonte más bajo del sistema.

La base del sistema Karroo, está constituida por las pizarras de Witteberg que, a su vez, descansan sobre los bancos de limo endurecido con guijarros, o tilita, sin una línea precisa de separación.

La mayor parte de los geólogos consideran la tilita como de origen glacial, por no encontrar otra hipótesis que explique las particularidades de esta roca, compuesta de un barro endurecido, ya arenoso, ya calizo, con guijarros y gravas, de varias clases de rocas, aplanados y estriados, como los que actualmente vemos en las formaciones glaciales.

En algunos distritos del Norte de Karroo, la tilita presenta la estructura oborregada que evidencia el origen glacial de la formación.

Su potencia oscila desde 25 centímetros y aun menos, hasta faltar por completo, a 400 metros en la región Sur.

El Dr. Du Toit ha reconocido cuatro centros de distribución del hielo, cuyo movimiento estaba dirigido hacia el Sur, en general.

El Karroo medio se presenta en la provincia del Cabo y en Natal. Consta de pizarras y areniscas, que contienen las capas hulleras de la Unión y algunas pizarras bituminosas. En la provincia del Cabo tiene una potencia superior a 1.500 metros, que decrece hacia el Norte del Transvaal, donde apenas alcanza el espesor de 100.

Se caracteriza por una flora del género *Glossópteris* y *Gangamópteris* análoga a la que se encuentra en la India, Australia, América del Sur y continente Antártico. En las regiones citadas, la flora de *Glossópteris* se encuentra en los bancos inmediatamente superiores a los lechos de tilita, por cuya razón se cree que prevalecieron las condiciones glaciales en una gran parte del hemisferio Sur, en la remota época en que se formaron sus depósitos carboníferos o un poco después.

El Karroo superior se encuentra sobre el medio, en la región Karroo, en Natal y en la parte Sur de Orange, así como al Sureste del Transvaal.

Su carácter más distintivo es la abundancia y variedad de reptiles fósiles de excepcional interés por haber entre ellos formas que tienen relación con los mamíferos.

También se encuentran anfibios, peces, lamelibranquios de agua dulce y algunas plantas de los géneros citados en el Karroo medio.

Las rocas que le constituyen son las areniscas, pizarras y limos endurecidos.

Sobre este horizonte se encuentra una flora que tiene muchas afinidades con la del Triásico, pero sin ni siquiera un reptil, de los del horizonte inferior, sino otros distintos, así como peces.

En la parte más elevada del Karroo empieza el período de las intrusiones de dolerita que han atravesado todas las rocas de este sistema y las de los demás, más antiguos que él. Sólo hay una localidad en la provincia del Cabo, que esté libre de las intrusiones de dolerita.

h) Sistema Cretáceo.—El sistema cretáceo de la Unión comprende horizontes de origen marino y continental, en las zonas costeras del Sur y del Este. El horizonte inferior, constituido por conglomerados, areniscas, pizarras y arcillas duras, contiene fósiles marinos del Neocomiense.

En Zululandia, el Dr. Van Hoepen ha encontrado la mayor serie de formaciones cretáceas conocida en el África del Sur, desde el Aptiense al Senonense superior.

Algo después de haberse depositado la parte inferior de este sistema, quizá bastante después, empezó una fase peculiar de actividad volcánica, puesta de manifiesto por las múltiples intrusiones que se presentan en los filones y grietas de la parte central de la Unión. En Natal parece que no hubo tal actividad.

La edad de cada erupción sólo puede ser determinada por la de las rocas que la rodean. Sin embargo, cabe establecer una identidad de origen entre los magmas de composición análoga que se encuentran en diferentes fisuras.

Los filones y fisuras rellenos con las rocas conocidas generalmente con el nombre de tierra azul, han sido explorados más que ningún otro, por contener diamantes en

cantidad suficiente para pagar los gastos de explotación, como sucede en Kimberley, Pretoria y algunas localidades de Orange.

El Dr. Wagner ha demostrado que las rocas ultra-básicas, llamadas Kimberlitas, presentan variedades basálticas y micáceas, ambas diamantíferas y que este mineral fue siempre uno de los elementos componentes del magma, del cual se derivó por diferenciación.

La hipótesis de Carwill-Levis, de que la Kimberlita sea un basalto de melilita no ha sido demostrada, pues los filones donde se encuentra esta roca tienen también nephelina, que no existe en Kimberley.

i) *Sistema Cainozoico*.—Se conocen en la Unión algunos horizontes del *Terciario*, pero es muy poca la información que se tiene de ellos, hasta la hora actual.

Los mejor conocidos pertenecen a la formación de Alejandría, a unos 300 metros sobre el nivel del mar, en las costas del Sur y del Este. Los bancos más antiguos contienen restos de *Orthophragmina* que atestiguan su edad eocena. Los fósiles encontrados en Algoa Bay son del Mioceno y Plioceno, según Newton.

Anderson ha descubierto en la costa de Zululandia la última parte del Terciario o la más antigua del Pleistoceno, con restos de especies extinguidas de hipopótamos, búfalos y elefantes.

Los depósitos continentales del Terciario están indicados en los acarreo superiores del río Vaal, por restos de mastodontes. Algunas especies de búfalos y caballos, encontrados en la costa Suroeste pertenecen probablemente al Pleistoceno.

Los acarreo diamantíferos del Transvaal, Griqualand West y Aliwal North, se encuentran en varios niveles, a unos 400 metros sobre el que actualmente poseen los ríos

y a muchas millas de su cauce. Los más importantes son los de los ríos Vaal y Hart's, así como las gravas de Lichtenburg y Potchefstroom.

Su depósito data del Terciario o del final del Cretáceo.

III. Estructura tectónica.—La estructura tectónica más importante del Sur de África, la constituye el gran sinclinal formado por las capas del Karroo, que ocupa una superficie de forma oval irregular con un eje mayor de 1.300 kilómetros desde Karroo Poort a la Carolina, en el Transvaal y uno menor de 550 kilómetros desde Kimberley a la costa de Transkei.

En el flanco Norte, las capas poseen una altitud que oscila entre 700 y 1.400 metros, sobre el nivel del mar y buzan, con muy pequeños ángulos hacia el eje de la cuenca. En el Sur, posee una dirección de Este a Oeste y buzan también hacia el mencionado eje.

Las capas del Karroo se extienden con gran regularidad más allá del flanco Norte del sinclinal, hasta pasar los límites de la Unión, lo que nos demuestra que en esta zona no ha habido ningún movimiento tectónico que de lugar a la formación de montañas, desde el principio de la sedimentación del sistema Karroo. Las que existen en ella, han sido producidas por los fenómenos de erosión de las épocas posteriores.

Por el Este, hacia Natal, el plano del sinclinal está afectado por diversas fallas en la región donde emerge el anticlinal, muy trastornado, que forman las rocas anteriores a la época Karrooana.

La forma de la cuenca, tal y como hoy se presenta a nuestra vista, ha sido determinada por los movimientos orogénicos que levantaron sus bordes y la denudación posterior, que ha hecho desaparecer la mayor parte de

los sedimentos susceptibles de ser atacados por los agentes de erosión.

En el Cretáceo se encuentran también grandes fallas, como la de Worcester, descubierta por el Prof. Schwarz que por mucho tiempo se creyó era de época anterior.

Para comprender la existencia del gran escarpe paralelo a la línea de la costa, que tanto influye en la geografía de la Unión, hay que tener en cuenta la mucha edad del interior del África del Sur, como país continental. Desde la provincia del Cabo hasta el África Central, el país ha estado emergido, desde los tiempos triásicos y anteriormente durante otro gran período que llega hasta el Devónico.

En el estado actual de nuestros conocimientos, el mencionado escarpe marca el límite de la erosión, aguas arriba, de los ríos que corren por el gran sistema Karroo. Dentro de él, tienen escasa pendiente, por tener que discurrir por los planos del sinclinal y muchas veces encuentran a su paso obstáculos importantes producidos por las capas de dolerita.

En cuanto llegan a los bordes del sistema, sobreviene la rápida pendiente hacia el mar, a más de desaparecer los mencionados diques, y los fenómenos de erosión han podido conseguir la gran denudación que ha dado origen al escarpe.

EXCURSIÓN A LAS MINAS DE ORO DE JOHANNESBURG

La hermosa ciudad de Johannesburg, es el centro comercial y minero más importante del Transvaal. Está situada sobre una elevada meseta de más de 1.500 metros de altitud, en la divisoria de aguas de los océanos Atlántico e Índico.

Geológicamente, se encuentra en una estrecha banda del sistema Witwatersrand, limitada al Norte por los granitos y gneis antiguos, y al Sur por lavas y brechas de las formaciones volcánicas del sistema Ventersdorp. (Fig. 1).

El conjunto está limitado por la formación Transvaal en casi todo el perímetro, a excepción de una pequeña zona, situada al Este, donde se encuentran las capas del sistema Karroo.

Esta diversa constitución geológica, influye mucho en el paisaje de la región, suavemente ondulada al Norte, en la zona del granito y surcada de pliegues de tendencia rectilínea, en la Sur, de acuerdo con la estructura tectónica de las capas del Witwatersrand y Ventersdorp, que han sufrido una gran denudación, antes de ser cubiertas por los sedimentos posteriores del sistema Transvaal. Prueba de ello es que en el último se encuentran capas que tienen el oro procedente de las primeras.

Ya hemos dicho que Mellior ha dividido el sistema Witwatersrand, en superior e inferior. Sobre las cuarcitas de este último, se encuentran en Johannesburg las Series *Hospital Hill*, formadas por restos de las rocas pró-

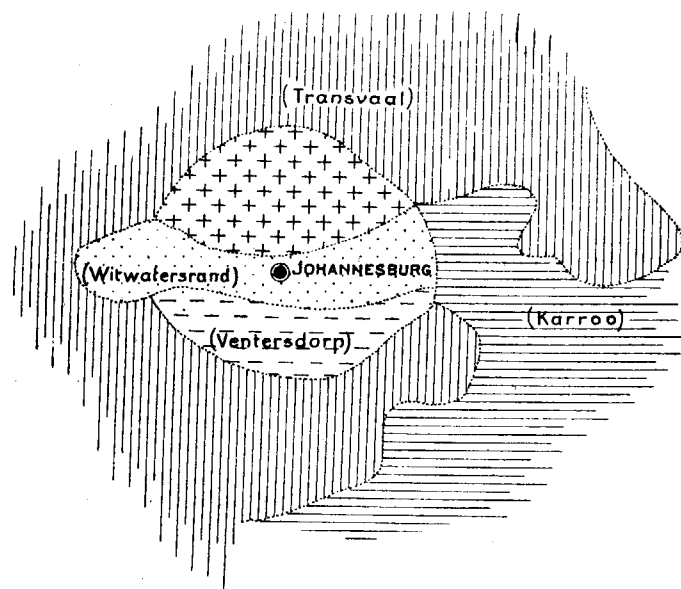


FIG. 1.—Croquis geológico de la zona aurífera.

ximas de mayor antigüedad, como los granitos, gneis y varias pizarras. (Fig. 2).

En ellas hay intercalados varios bancos silíceos ferruginosos, que en algunos puntos contienen mucho hierro.

En este grupo no se encuentra ninguna capa importante de conglomerados.

Inmediatamente después están las Series *Government Reef*, formadas por cuarcitas, pizarras, arcillas endurecidas y dos capas de conglomerados. En la parte más elevada de este grupo, hay una delgada lámina ferruginosa que cubre una capa de tilita, formada por arcilla endure-

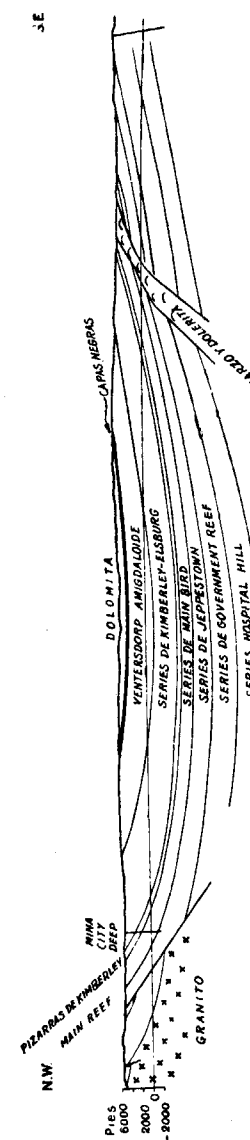


FIG. 2.—Sección transversal del sistema Witwatersrand, en la mina City Deep, de Johannesburg. Longitud de la sección = 60 kilómetros. Escalas, vertical y horizontal, iguales.

cida y guijarros planos y estriados, con una potencia de unos cinco metros.

Sobre este horizonte está el de las Series *Jeppestown*, que consisten en una alternancia de rocas y cuarcitas arcillosas, menos frecuentes que las de la formación inferior.

Encima se encuentra ya la subdivisión más baja del Witwatersrand superior, constituida por las Series de *Main Bird*, en las que se encuentra la formación de conglomerados más potente del sistema Witwatersrand (75-150 metros), llamado grupo *Main Reef*. En su parte inferior, el Main Reef consta de conglomerados de guijarros pequeños, que después aumentan de tamaño, y a su vez vuelven a decrecer en las partes más altas.

La mayor parte del oro extraído en el Witwatersrand, procede del grupo Main Reef; en los de Kimberley y Main Bird sólo se ha obtenido una pequeña cantidad, así como en la formación más moderna del *Black Reef*, cuyo oro procede de las formaciones anteriores.

La distribución de los conglomerados y su contenido de oro, ha sido estudiada por los geólogos Mellior, Reinecke y Young. Según estos autores, el oro ha sido disuelto y recristalizado. Los conglomerados se han depositado en llanuras planas, y tanto el oro como los elementos más gruesos, se han concentrado en los lugares donde la corriente era de mayor intensidad.

Continúa la serie sedimentaria con las cuarcitas pizarrueñas de la Serie *Kimberley-Elsburg*, coronadas de potentes lechos arenáceos. En ellas, hay dos grupos de conglomerados, el de Kimberley en la base y el de Elsburg en su límite superior.

El primero es suficientemente rico en algunas zonas, para poder pagar los gastos de la explotación.



FIG. 3.—Banda de música de los negros.



FIG. 4.—Danza guerrera de los negros.



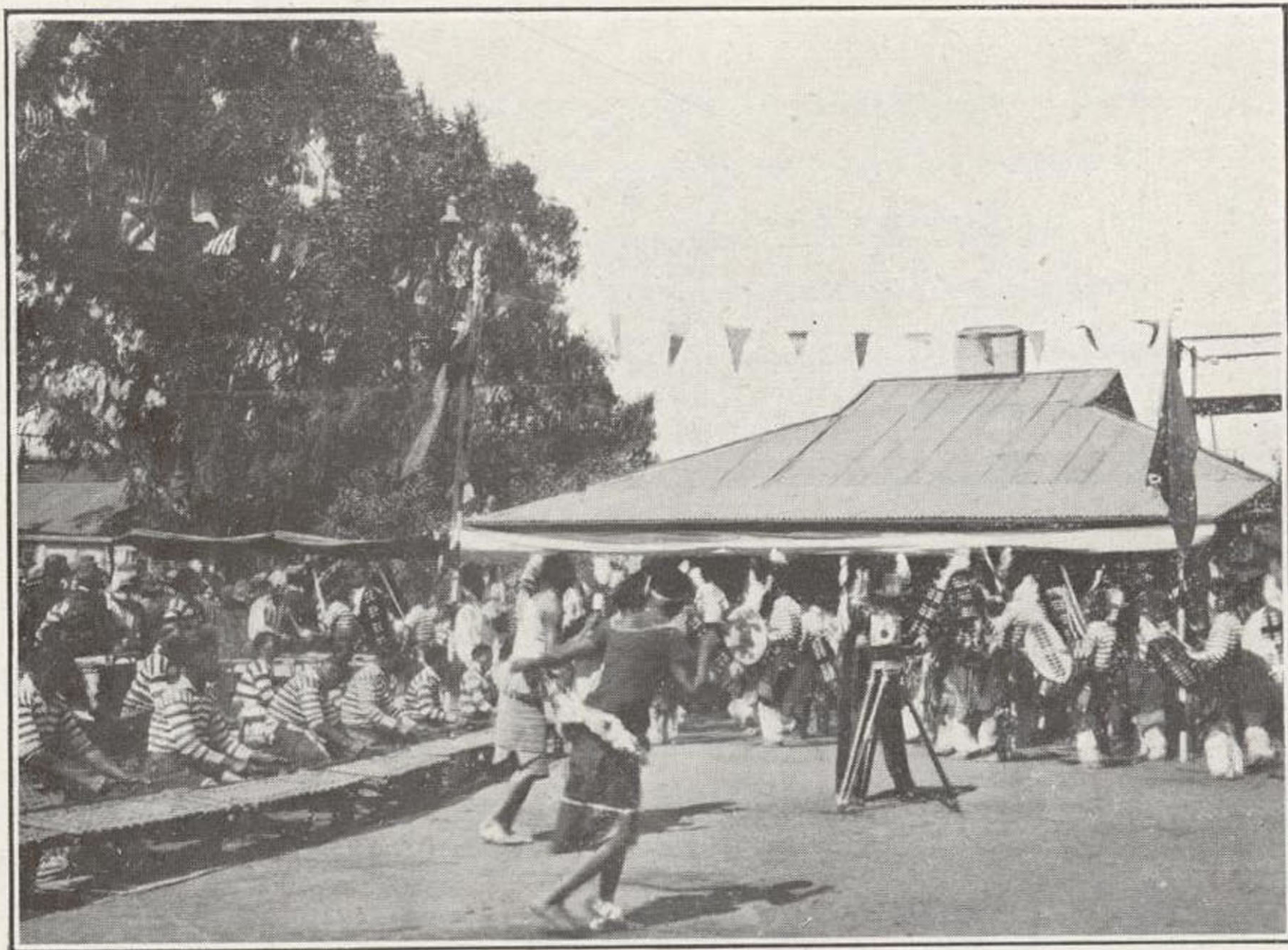


FIG. 3.—Banda de música de los negros.

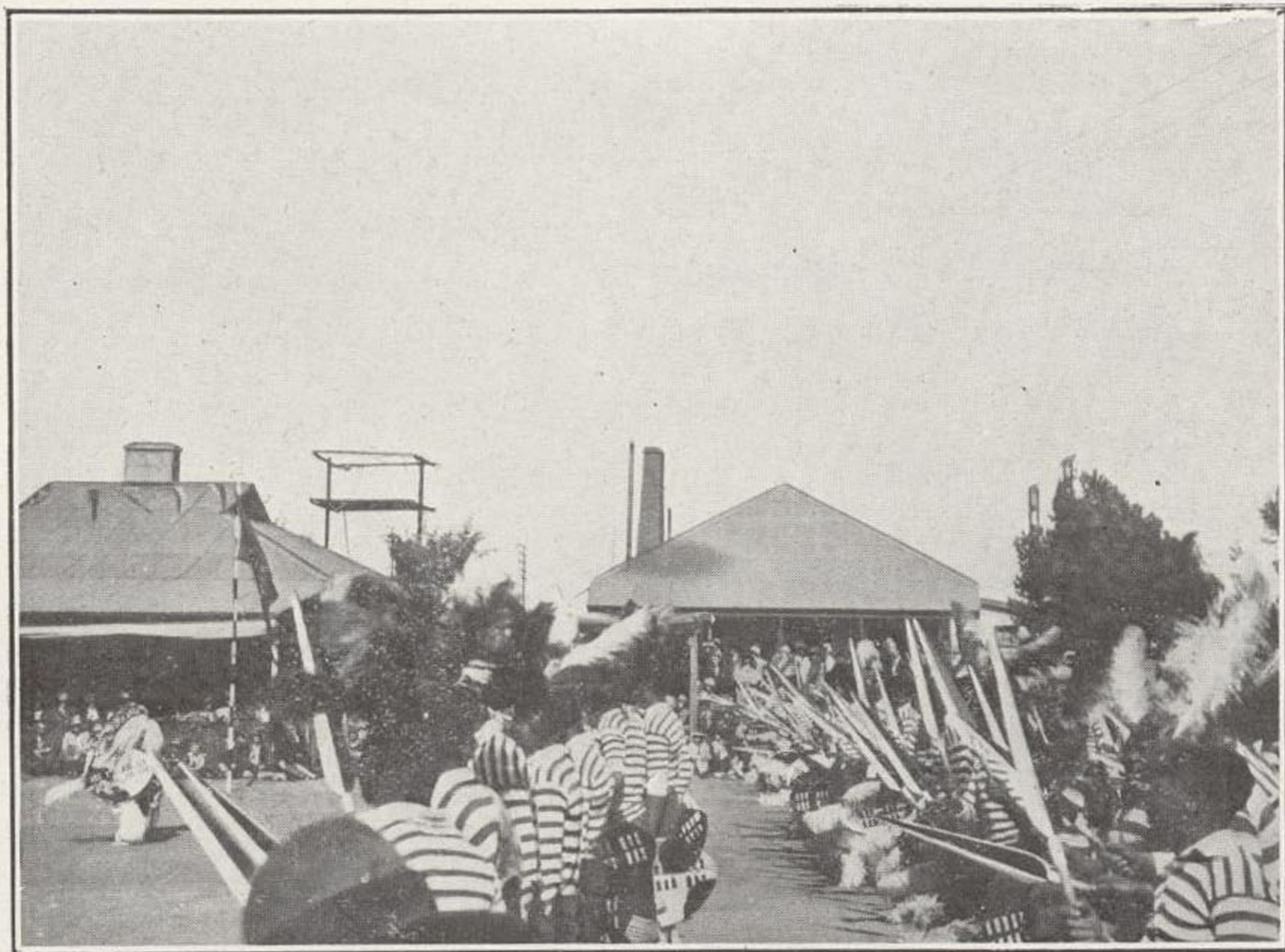


FIG. 4.—Danza guerrera de los negros.



Con los horizontes que acabamos de describir se termina el sistema Witwatersrand, sobre el que se encuentra una potente formación de lavas del *Ventersdorp*, en las que los elementos minerales componentes, han sufrido grandes metamorfosis. A su vez, el *Ventersdorp* está cubierto por las formaciones del sistema Transvaal, en el que se encuentran los horizontes de la serie Black Reef y las capas de dolomita, que dificulta mucho la explotación de las formaciones auríferas subyacentes, por el gran volumen de agua que contiene.

Ya hemos dicho, que en la serie Black Reef, también se encuentra el oro, que procede de la denudación producida en los horizontes auríferos más antiguos.

Acompañados por su Director-Gerente, que ha puesto a nuestra disposición todos los elementos necesarios, hemos visitado la grandiosa instalación minera «ROBINSON DEEP», en la misma ciudad de Johannesburg. La extracción de 6.000 toneladas diarias de mena se verifica por dos pozos escalonados con 1.700 metros de profundidad total. A poco más de la profundidad media, hay un enorme anchurón, armado con vigas de hierro para alojar una máquina de extracción completa, que se emplea para elevar el mineral de los niveles inferiores y conducirlos al pozo superior.

Las galerías tienen el piso de cemento, con canales laterales para la circulación del agua y los paramentos de sus paredes en la roca, sin entibación alguna, por no ser necesaria están enrasados y blanqueados. La capa aurífera que se explota, tiene una inclinación de 30° y una potencia de unos dos metros. Se la explota por el sistema de macizos cortos, con galerías según la línea de máxima pendiente y en la dirección horizontal. Es preciso entibar los macizos explotados, antes de proceder a su relleno

por un sistema muy costoso, pero de extraordinaria resistencia.

Los rollizos de pino de 0,85 metros de longitud, se enlazan por medio de varillas de hierro que los atraviesan hasta formar un tablero cuadrado. Sobre este tablero se coloca otro análogo, con los rollizos orientados en la dirección perpendicular a la que tenían en el primero y así sucesivamente hasta formar una columna que llegue del muro al techo de la capa explotada.

El mineral extraído experimenta un estrío a mano, en mesas transbordadoras y pasa después, a una enorme batería de bocartes, donde queda reducido a polvo fino.

Por medio de una corriente de agua se le conduce a una instalación de lavaderos de pistón, que lo concentra convenientemente.

El polvo concentrado pasa a una batería de barriles de hierro, que giran alrededor de un eje horizontal, donde se verifica la amalgamación.

El agua de los lavaderos arrastra alguna cantidad del oro más dividido, que se recupera en unas grandes tinajas circulares por el sistema de la cianuración.

Actualmente se estudia la manera de suprimir el procedimiento de la amalgamación, sin producir trastornos en la marcha diaria del trabajo, para evitar el insalubre trabajo de los obreros ocupados en ella y aun el de los demás que trabajan en las cercanías.

El polvo concentrado, no sólo contiene el oro, sino también otros minerales de gran valor, que se benefician igualmente. La dirección de la mina nos ha facilitado el siguiente análisis:



FIG. 5.—Un «allegro» en la danza.



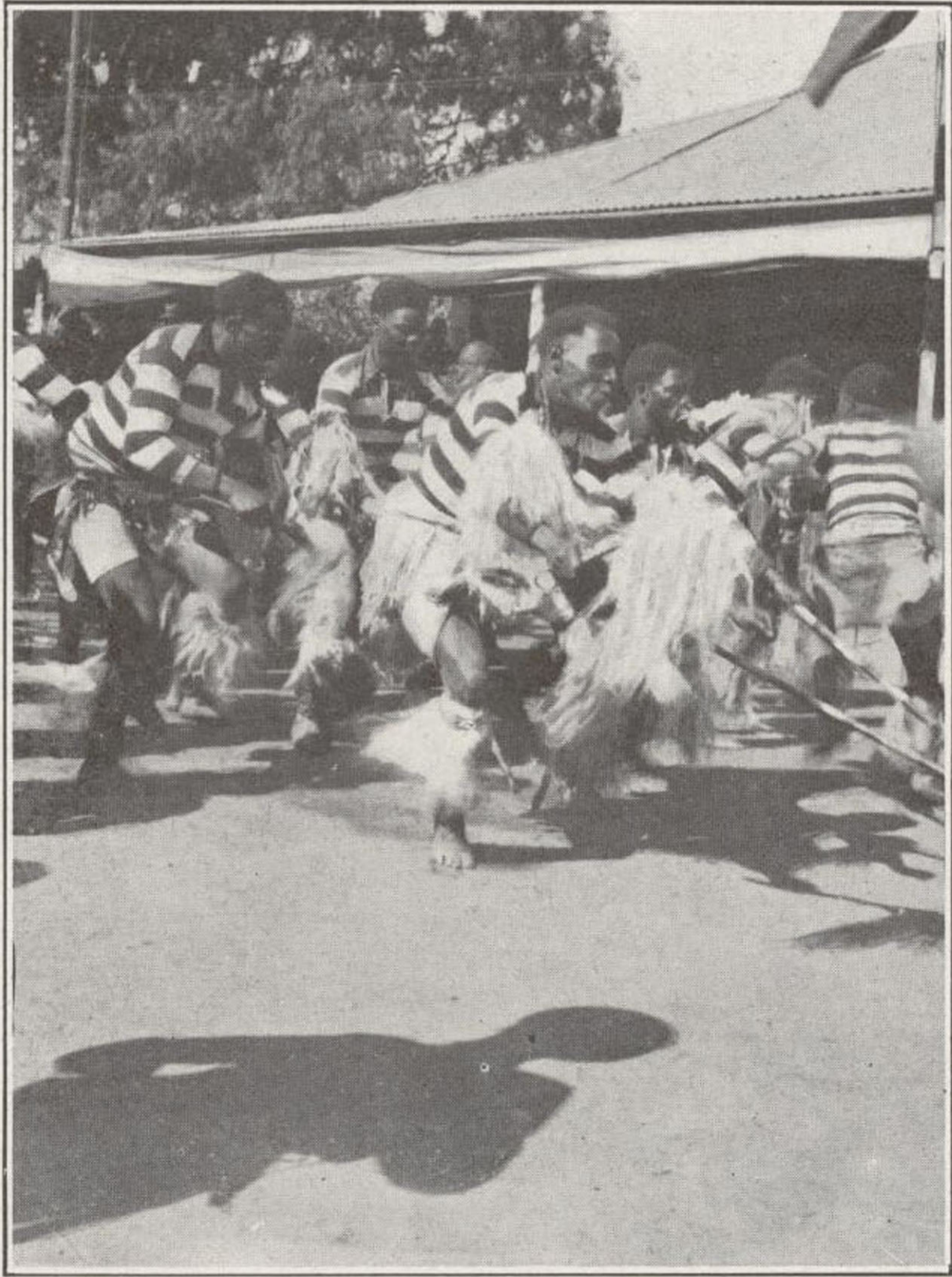


FIG. 5.—Un «allegro» en la danza.



Iridio.....	28,53 %
Osmio	29,70 »
Ruthenio	10,57 »
Platino	9,28 »
Rhodio	0,35 »
Oro	7,70 »
TOTAL	86,13 %

Para agasajar a los Congresistas, se organizaron en Johannesburg, unas típicas e interesantes danzas guerreras de los negros que trabajan en las minas. En las adjuntas fotografías, pueden observarse los diversos tipos e indumentarias de los negros del África Central, así como una notable banda de música, cuyos instrumentos, formados por listones de maderas especiales, colocados sobre baterías de botes de hoja de lata de diversos tamaños, producen un sonido de conjunto armonioso y agradable. (Figuras 3 a 9).





FIG. 6.—El director de la banda.



FIG. 7.—Un descanso.



FIG. 8.—Un matrimonio de negros y sus padrinos.

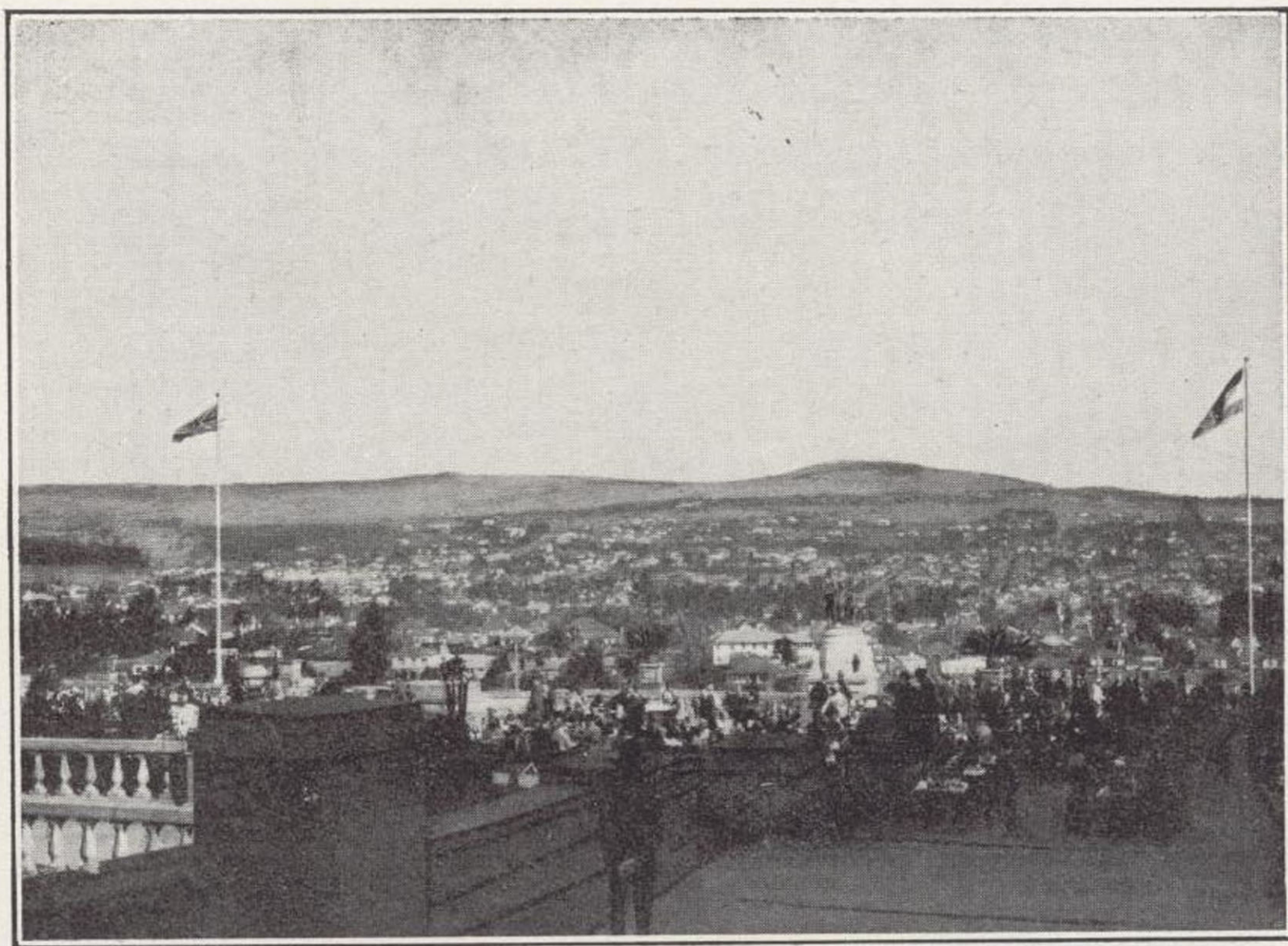


FIG. 9.—Té dado por el Gobierno de la Unión of South Africa, a la vista de Pretoria, en honor de los miembros del XV Congreso Geológico Internacional.



EXCURSIÓN A LAS MINAS DE DIAMANTES DE KIMBERLEY

Las célebres minas de diamantes de Kimberley, a las que se deben la mayor parte de los que existen en el mundo, han sido estudiadas en sus aspectos geológico y minero por Du Toit, de cuyo trabajo, unido a los datos obtenidos en nuestra visita, haremos un breve resumen.

El coto minero de Kimberley está situado en un círculo de 12 kilómetros de diámetro y consta de diez *chimeneas* naturales, de tamaños muy diferentes, rellenas de kimberlita más o menos alterada y diferentes sustancias extrañas.

Seis de ellas se han explotado desde hace muchos años. En la actualidad sólo se explotan las de Dutoitspan, Bultfontein y Wessilton, para evitar la superproducción y la consiguiente depreciación de los diamantes extraídos.

Rocas de la región.—Bajo las capas del sistema Karroo, se encuentran rocas sedimentarias y volcánicas, pertenecientes al Ventersdorp, que constan de un grupo superior de amigdaloides blancos (melafiros) y cuarcitas y de otro inferior de lavas ácidas (cuarzo-pórfiros) colocado encima de un horizonte de cuarcitas y conglomerados.

A mayor profundidad se encuentran los granitos antiguos, asociados a las pizarras talcosas, anfibolitas, etcétera.

Las minas a cielo abierto.—En estas inmensas excavaciones, merecen especial mención:

a) La dolerita de textura columnar, con contacto inferior suavemente transgresivo.

b) Las capas horizontales negras del Duwyka superior, con algunos lechos de arenisca en su base, sobre una delgada capa de tilita. Las pizarras son carbonosas y piriticas, por cuya razón se produce en ellas, la combustión espontánea, bajo la cual arden sin llama durante muchos meses.

c) Debajo de estos sedimentos del Karroo, cuya potencia alcanza unos 70 metros, se encuentran las actuales gargantas de las chimeneas en los melafiros verdes.

d) Merece mencionarse la inestabilidad de los límites de la dolerita y la formación de grietas, alrededor de estos agujeros gigantes.

Configuración de las chimeneas.—La forma y magnitud de la sección de las chimeneas es muy distinta según sea la profundidad que se considere. En la mina Kimberley a los 95 metros, era de forma oval, con diámetro mayor y menor de 330 metros y 140 metros respectivamente, y a los 600, apenas si llegaba a la cuarta parte de la anterior.

En alguna de las chimeneas hay ramificaciones, que llegan a veces, hasta las otras.

La zona donde la kimberlita no ha sufrido la acción de los agentes exteriores, llamada zona de la *mena azul*; tiene límites bruscos con las rocas que la rodean y está pulida, muy frecuentemente.

Inclusiones en la kimberlita.—Son muy abundantes las materias extrañas contenidas en las erupciones de kimberlita y varían desde las partículas microscópicas, hasta grandes bloques, cuyas dimensiones se cuentan por cientos de pies. Estos bloques están surcados de venas de cal-

cita cristalizada y en sus límites exteriores suele haber una zona brechosa, antes de llegar a la kimberlita pura, aun cuando a veces el tránsito es instantáneo.

También se presentan intrusiones de un origen mucho más profundo, constituidas por las *egloguitas* y las rocas básicas compuestas de *olivino*, *romo-diópsido*, *esteatita*, *granate* e *ilménita*.

Estas intrusiones tienen un enorme interés científico, por proceder de la profunda zona magnésiana de la corteza terrestre, es decir, de las rocas Sima, de Suess.

Kimberlita.—Los trabajos de explotación de las minas, han eliminado prácticamente la zona exterior oxidada de la kimberlita, zona que recibe el nombre de *mena amarilla*. Después se encuentra la kimberlita propiamente dicha, llamada *mena azul*, que suele tener inclusiones, aun más oscuras y de una gran dureza, por lo que han recibido el nombre de *mena dura*, muy resistente a la desintegración producida por los agentes atmosféricos.

Aun en una misma mina, la kimberlita varía mucho en su composición y apariencia, tanto por la proporción de materias extrañas que contiene, como por el grado de serpentización de sus minerales componentes.

No ha sido posible definir su naturaleza mineralógica precisa, a causa de estar metamorfizados muchos de sus elementos, aun en las muestras procedentes de grandes profundidades.

En un trozo de mineral normal podemos observar:

- a) La variedad de inclusiones.
- b) Las zonas de xenolitos, especialmente los de pizarras o areniscas.
- c) Múltiples fragmentos de olivino, esteatita, romo-diópsido, mica, granate e ilménita.
- d) La serpentización periférica del olivino.

e) La presencia de la calcita, ya en venas, ya en el interior de la mena.

En las cribas de los lavaderos, donde ya están concentrados los elementos más pesados, se pueden ver fácilmente los minerales anteriores.

Métodos de explotación.—Todas las minas de Kimberley, a excepción de las de Kampfersdan, se explotan por medio de labores subterráneas.

Se practica un pozo maestro en la roca firme, a varios centenares de metros de la chimenea, y desde él se perforan las galerías de arrastre de los diversos pisos, con una diferencia de nivel mutuo de 90 metros.

Aun en la roca firme, pero cerca de la chimenea, se practican pozos auxiliares (véase la figura 10) que permiten conducir el mineral extraído, al nivel inferior. De estos pozos parten las *guías* perforadas en la mena azul, con una diferencia mutua de nivel de 9 metros, y de ellas, las transversales, a la mitad de distancia.

La explotación de los macizos resultantes se efectúa de dentro a fuera y no se comienza hasta que están terminadas completamente las labores de preparación, que se indican en el piso inferior de la mina representada en la figura.

Preparación mecánica de la mena.—El antiguo sistema de exponer el mineral, en grandes eras, a la acción de los agentes atmosféricos para conseguir su desintegración, ha sido abandonado por completo.

Hoy se emplean grandes talleres de preparación mecánica, que permiten tratar con rapidez enormes cantidades de mineral.

Después de un estrío a mano y de un cribado para separar los trozos de mineral que no pasen por una criba con orificios de cinco centímetros de diámetro, se tritura

éste hasta que no haya ningún trozo de mayores dimensiones que la citada.

El conjunto resultante se lleva a unas tinajas giratorias llenas de agua y provistas de agitadores de paletas, que efectúan la desintegración de los trozos de mineral.

Se le clasifica en tres tamaños y se le lava en una batería de lavaderos concentradores de pistón. En el fondo de sus cribas queda un residuo concentrado, que contiene los diamantes, que son separados, uno a uno, por negros especialistas, auxiliados por una lupa y unas pinzas.

Un millón de pies cúbicos de mena, que pesa unas 50.000 toneladas, produce alrededor de 1.330 kilates de diamantes, o sea unas seis libras.

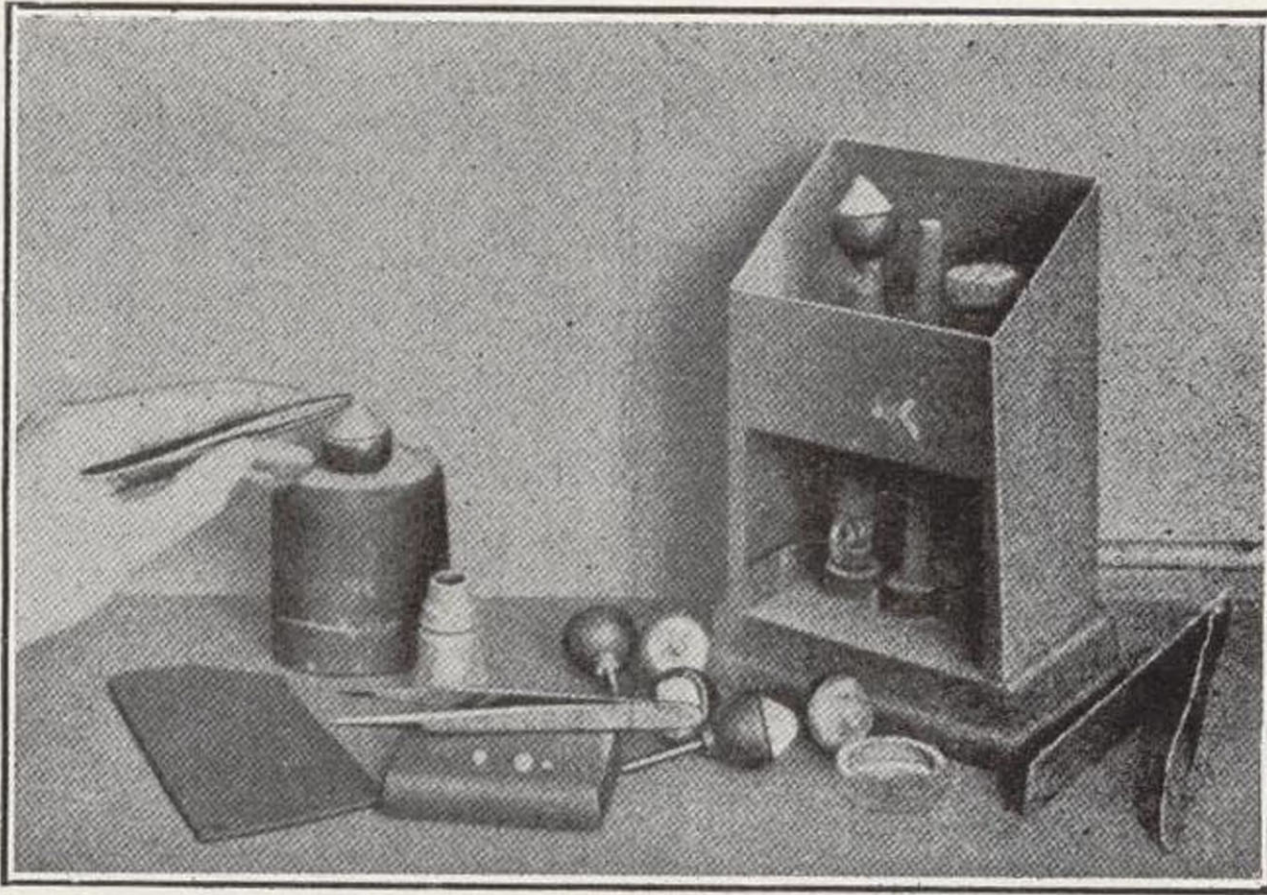


FIG. 11.—Soldadura de los diamantes, al soporte, con estaño

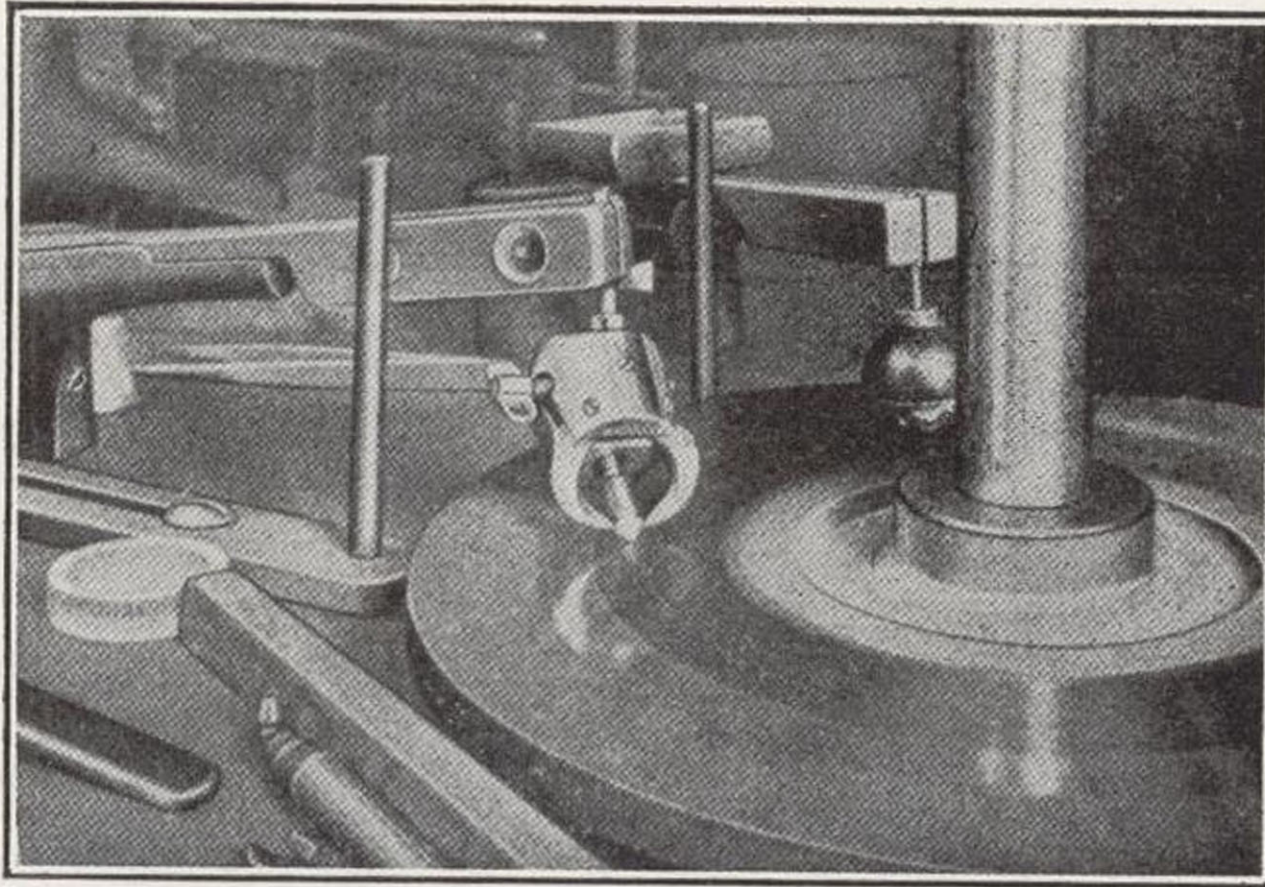


FIG. 12.—Vista de un soporte mecánico y de otro con estaño

FABRICACIÓN DE LOS BRILLANTES

En las cercanías de Kimberley se encuentra la gran fábrica de brillantes de la Diamond Cutting Organisation cuyo Director nos acompañó y explicó detalladamente las diversas fases de este interesantísimo trabajo.

El diamante sólo puede ser tallado y pulido por sí mismo. El polvo de diamante (Boart) que para ello se emplea, triturando en un mortero los trozos de diamantes que no sirven para joyas, trépanos de las máquinas de sondar, o diamantes de vidrieros. Este polvo se aplica con aceite a un disco de acero, hecho previamente áspero y poroso por medio de otro diamante.

La operación previa para tallar los diamantes es soldarlos en un soporte llamado Doppe (figura 11). También se emplean Doppes mecánicos, en que los diamantes se sujetan entre dos mordazas (figura 12). Después se coloca el Doppe con el diamante, en un torno que gira a gran velocidad (figura 13) y por medio de una herramienta terminada en otro diamante, se le desbasta, hasta que recibe la forma y redondeo necesario para la elaboración posterior en la máquina de tallar (figura 14).

El tallador necesita tener mucha paciencia, pues, a veces, se requieren varias semanas para tallar una piedra. Muy bien puede suceder que se rompa al tallarlo o engastarlo en algún Doppe, pero esta desgracia rara vez ocurre a un experto en el trabajo. El brillante de tallado moderno debe tener 58 facetas.

A más de estas factorías, las más importantes del mundo, existen otras análogas en Amsterdam, Amberes y en Alemania, donde trabajan de 1.500 a 2.000 talladores en Idar-Oberstein (Rheinland). En Hamburgo existe la importante talladuría al por mayor de diamantes y piedras preciosas de August Schuch, que nos ha suministrado los grabados de las máquinas.

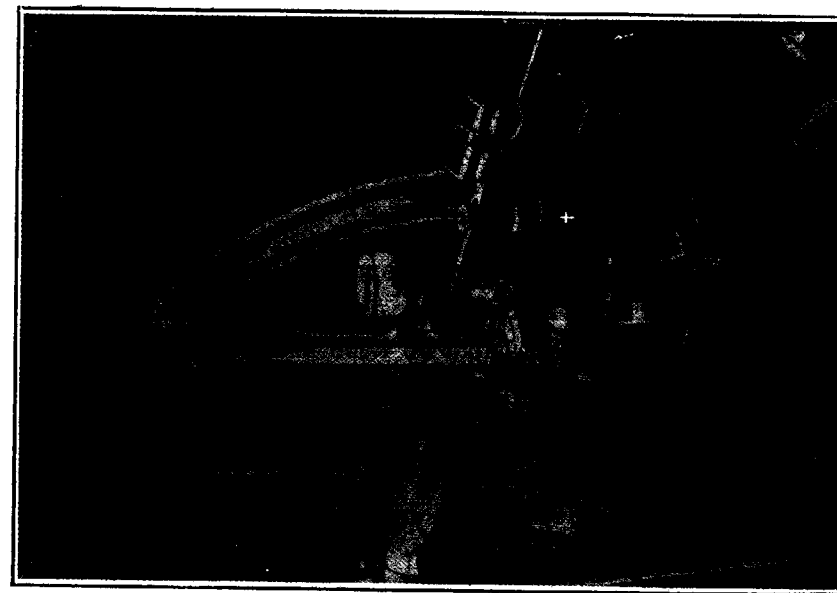


FIG. 14. — Vista de una máquina talladora.



FIG. 13. — Vista de la máquina de redondear diamantes.

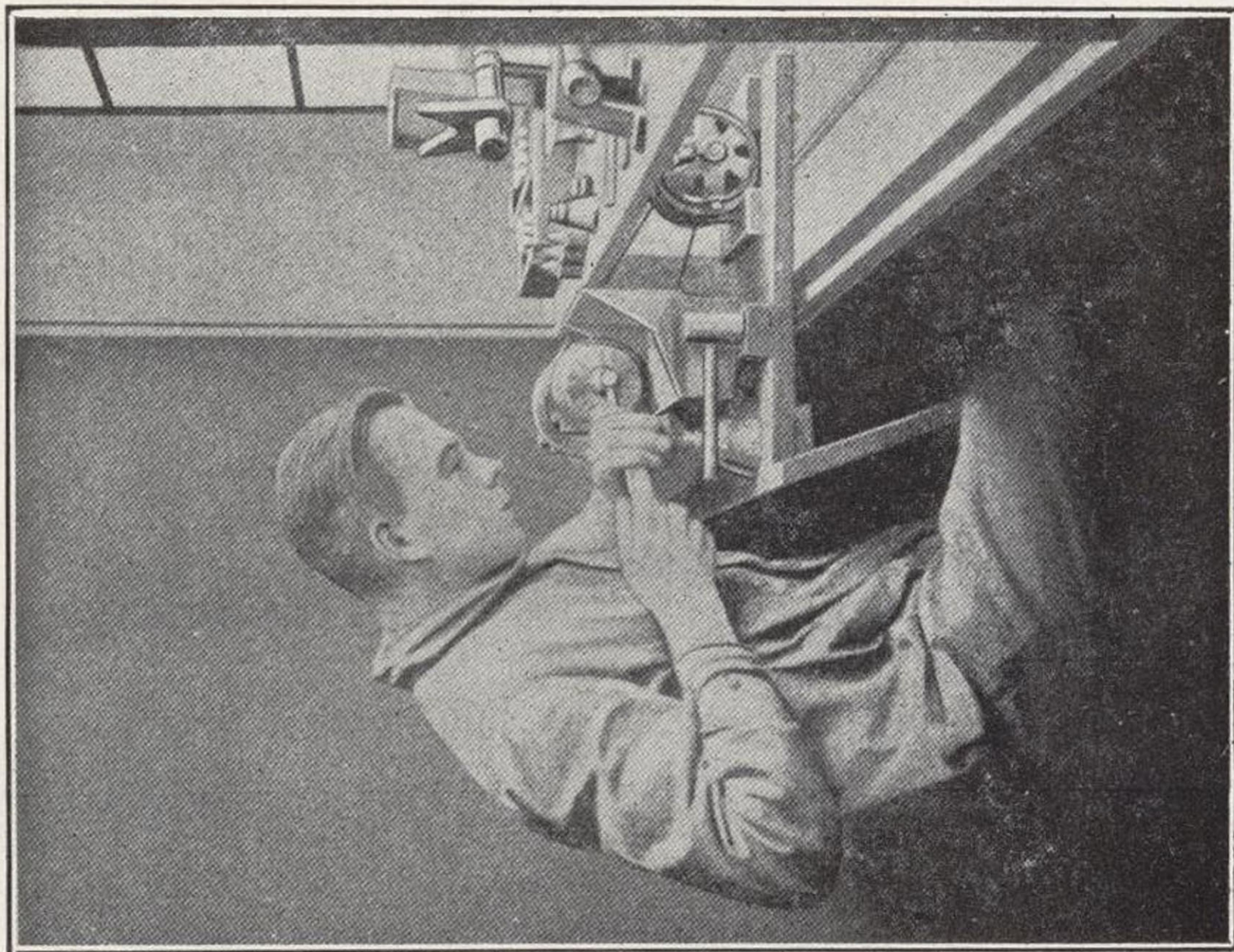


FIG. 13.—Vista de la máquina de redondear diamantes.

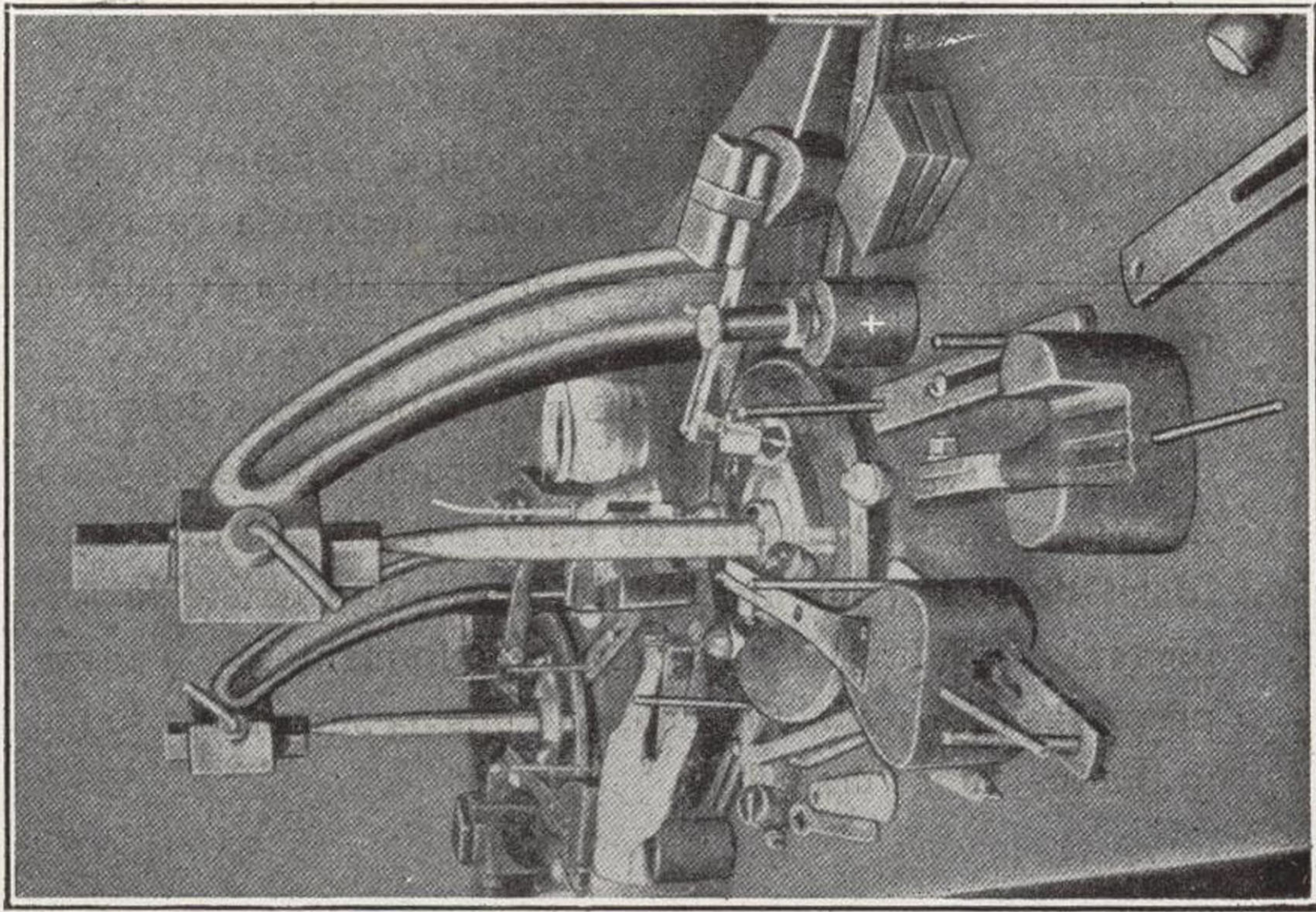


FIG. 14.—Vista de una máquina talladora.



**EXCURSIÓN A LAS MINAS DE DIAMANTES DE
LUDERITZBUCH, EN EL ÁFRICA OCCIDENTAL
ALEMANA**

A pocos kilómetros de la naciente población de Luderitzbuch, en un panorama desértico, constituido por dunas arenosas, sin la más pequeña vegetación, se encuentran los campos diamantíferos, que la han dado origen.

Estas arenas proceden de la erosión de algunas peridotitas que aun afloran en las partes más elevadas del terreno.

El sistema de explotación consiste en abrir grandes trincheras en la arena, por medio de una grua móvil, y lavarla y concentrarla por procedimientos análogos a los descritos.

ÍNDICE

	<u>Páginas.</u>
Prólogo	I
La geología del Estrecho de Gibraltar	3
La geología de la orilla africana del Estrecho de Gibraltar	37
Plan de investigación de la cuenca potásica del Noreste de España	71
Investigación de las sales potásicas de Navarra	87
Notas referentes a yacimientos españoles de plomo, cinc y metales afines	109
I Provincia de Palencia	111
II Provincia de Santander	119
Yacimiento de fosfato de Sierra Espuña	133
Los yacimientos prehistóricos de los alrededores de Madrid	153
I Investigaciones prehistóricas madrileñas.—Su historia e importancia	155
II Las industrias paleolíticas y el Cuaternario madrileño	159
III Los yacimientos prehistóricos de los alrededores de Madrid.—Estado actual de su investigación	181
IV Las industrias prehistóricas de los alrededores de Madrid	265
Bibliografía	315
Los combustibles líquidos nacionales	323
I Carburantes de destilación	331
II Carbonización a baja temperatura.	337
III Carburantes sintéticos	343
IV Fabricación del petróleo sintético en Alemania.	353
Conclusión.	358
Resumen estadístico de la producción	362

	<u>Páginas.</u>
Estudio geofísico previo de la falla del Guadalquivir	367
I Generalidades	371
II Formación de los pliegues y fracturas de la corteza terrestre y afloramiento de las rocas hipogénicas.	373
III Estudio de los diversos movimientos tectónicos de la región meridional de España.	379
IV Estudio sísmico de la región bética	385
V Estudio isostático de la región bética	393
VI Objeciones a la existencia de la falla del Guadalquivir	397
Conclusiones	399
XV.º Congreso Geológico Internacional verificado en Pretoria	401
I Prólogo	403
II Sesiones del Congreso	407
III Descripción geológica de la Unión del S. de África	413
IV Excursión a las minas de oro de Johannesburg.	427
V Excursión a las minas de diamantes de Kimberley	435
VI La fabricación de los brillantes.	441
VII Excursion a las minas de diamantes de Luderitzbuch	443

PUBLICACIONES
 DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO
 DE
ESPAÑA



OBRAS PUBLICADAS

POR EL

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

EN VENTA

BOLETINES

Pesetas.

<i>Boletín de la Comisión del Mapa geológico: tomos XIV a XXXI.</i>	15
<i>Boletín del Instituto Geológico: tomos XXXII a L.</i>	12

MEMORIAS

<i>Descripción física y geológica de Barcelona</i> , por D. José Maureta y D. Silvino Thos y Codina	20
<i>Idem física, geológica y minera de Logroño</i> , por D. Rafael Sánchez Lozano	15
<i>Explicación del Mapa geológico de España</i> , por D. Lucas Mallada. Tomos I al VII (cada uno)	15
<i>Criaderos de Hierro de España:</i>	
Tomo I (Introducción).— <i>Criaderos de la provincia de Murcia</i>	15
Tomo II.— <i>Criaderos de Asturias</i>	15
Tomo III.— <i>Criaderos de Guadalajara y Teruel</i> , por D. Vicente Kindelan y D. Manuel Ranz	12
Tomo IV.— <i>Hierros de Galicia</i> (tomo I), por D. Primitivo Hernández Sampelayo	12
Tomo V.— <i>Hierros de Almería y Granada</i> (tomos I, II y III), por D. Ricardo Guardiola y D. Alfonso de Sierra (cada uno)	15
<i>Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda</i> , por D. Domingo de Orueta	20
<i>Estudio metalogénico de la Sierra de Cartagena</i> , por D. Ricardo Guardiola	15

MAPAS	<u>Pesetas</u>
<i>Mapa geológico de España</i> , edición en 16 hojas y escala 1:400.000; cada hoja	7,50
<i>Mapa geológico de España</i> , edición en 64 hojas y escala de 1:400.000; cada hoja suelta	2
<i>Mapa geológico de España</i> , mapa de conjunto, escala 1:1.500.000	15
<i>Atlas del Estudio stratigráfico de la cuenca hullera asturiana</i> , por D. Luis de Adaro y Magro.....	20
<i>Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España</i> , vol. I, núms. 1 y 2	3

EN PREPARACIÓN

Criaderos de Hierro de España:
Hierros de Galicia, tomo II, por D. Primitivo Hernández Sampe-
 layo.

OBRAS AGOTADAS

Mapa geológico, en 16 hojas. Hojas números 3, 6, 7 y 14.
Mapa geológico, en 64 hojas. Hojas números 13, 19, 22, 27, 30 y 51.
Boletín de la Comisión del Mapa geológico: tomos I al XIII.
Boletín del Instituto Geológico de España: tomo XXXVIII.
Idem física, geológica y agrológica de Soria, por D. Pedro Palacios.
Descripciones física y geológica de Zaragoza y Ávila, por D. Felipe
 M. Donayre.
Idem id. de Álava, por D. Ramón Adán de Yarza.
Idem id. de Cuenca, Valladolid, Teruel y Segovia, por D. Daniel de Cor-
 tázar.
Idem id. de Cáceres, por D. Justo Egozcue y D. Lucas Mallada.
Idem id. de Huesca, por D. Lucas Mallada.
Idem id. de Salamanca, por D. Amalio Gil y Maestre.
Idem id. de Valencia, por D. Daniel de Cortázar y D. Isidro Manuel
 Pato.
Idem id. de Guipúzcoa, por D. Ramón Adán de Yarza.
Idem id. de Vizcaya, por D. Ramón Adán de Yarza.
Idem física de Huelva, por D. Joaquín Gonzalo Tarín.
Idem geológica de ídem, por D. Joaquín Gonzalo Tarín.
Idem minera de ídem, por D. Joaquín Gonzalo Tarín.
Sinopsis paleontológica de España. Tomos I, II y III, sistemas Siluria-
 no, Devoniano, Carbonífero, Triásico, Jurásico e Infracretáceo,
 por D. Lucas Mallada.
Trabajos geodésicos y topográficos de Asturias.
Mapa topográfico de Asturias, por D. Guillermo Schulz (4.^a edición).
Descripción física y geológica de Zamora, por D. Gabriel Puig.
Estudios hidrológicos.—Cuenca del Tajo (provincia de Madrid).

MAPA GEOLÓGICO, escala 1:50.000. (Véase la cubierta.)

PUBLICACIONES
 REFERENTES AL XIV CONGRESO GEOLÓGICO
 INTERNACIONAL

	<u>Pesetas</u>
<i>Memorias del XIV Congreso Geológico Internacional</i> , por el Se- cretario general, Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico y Minero de España, D. Enrique Dupuy de Lôme. Tomos I, II y III, cada uno.....	15
<i>Las reservas mundiales de Piritas</i> , por los señores de la Comi- sión de Publicaciones del XIV Congreso Geológico Inter- nacional, Ingenieros de Minas, D. César Rubio, D. José de Gorostizaga, D. Enrique Dupuy de Lôme y don Joaquín Mendizábal. Dos tomos.....	50
<i>Las reservas mundiales de Fosfatos</i> , por los señores de la Comi- sión de Publicaciones del XIV Congreso Geológico Inter- nacional, Ingenieros de Minas, D. César Rubio, D. José de Gorostizaga, D. Enrique Dupuy de Lôme y don Joaquín Mendizábal. Un tomo	15
GUÍAS GEOLÓGICAS DE ESPAÑA, PUBLICADAS POR LA COMISIÓN ORGANIZADORA DEL XIV CONGRESO GEOLÓGICO INTERNA- CIONAL PARA FACILITAR LAS EXCURSIONES QUE REALIZARON LOS CONGRESISTAS:	
GUÍA A-1.— <i>Estrecho de Gibraltar, Jerez, Tarifa, Algeciras,</i> <i>Ceuta, Tetuán, Melilla, Nador, etc., etc.</i> , por los Ingenie- ros de Minas, Vocales del Instituto Geológico y Mine- ro de España, Sres. Marín, Valle, Dupuy de Lôme, Ga- vala, Milans del Bosch e Iruegas. Un tomo de 256 pá- ginas, 27 láminas (6 de microfots., 1 de cortes geols.) 3 mapas geológicos.—Edición española o francesa ...	10
GUÍA A-2.— <i>Los platinos de la Serranía de Ronda</i> , por los In- genieros de Minas, Vocales del Instituto Geológico y Minero de España, Sres. Orueta y Rubio. 160 páginas, 24 láminas (2 de microfots., 1 de cortes geols.), 3 ma- pas.—Edición española, francesa o inglesa	10

	Pesetas.
GUÍA A-3.— <i>Minas de plomo y cobre de Linares y Huelva</i> , por los Ingenieros de Minas Sres. Hereza y Alvarado. 140 páginas, 3 figuras, 16 láminas (7 de cortes geols.), 2 planos y 4 mapas.—Edición española, francesa o inglesa	10
GUÍA A-5.— <i>La Sierra Morena y la Sierra Nevada</i> , por los Ingenieros de Minas Sres. Novo y Carbonell y los Profesores de Geología Sres. Gómez Lluca y Carandell. 248 páginas, 8 figuras, 22 láminas, 5 mapas.—Edición española	10
GUÍA A-6.— <i>El Terciario continental de Burgos</i> , por el Doctor en Ciencias Sr. Royo y Gómez. 70 páginas, 12 figuras, 18 láminas, 2 mapas.—Edición española, francesa o inglesa	5
GUÍA A-7.— <i>Islas Canarias</i> , por el Profesor de la Universidad Central Sr. Fernández Navarro. 122 páginas, 46 figuras, 25 láminas, 8 mapas.—Edición española o francesa	10
GUÍA B-1.— <i>Minas de Almadén</i> , por el Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico y Minero de España, señor Hernández Sampelayo. 102 páginas, 22 láminas, 1 mapa.—Edición española o francesa	5
GUÍA B-2.— <i>La Sierra del Guadarrama</i> , por los Profesores de Geología Sres. Obermaier y Carandell. 46 páginas, 13 figs., 19 láms., 1 mapa.—Edición española o francesa	5
GUÍA B-3.— <i>Aranjuez</i> , por los Profesores de Geología señores E. y F. Hernández-Pacheco. 104 páginas, 31 figuras, 14 láminas, 1 mapa, 1 lámina de cortes geológicos.—Edición española	10
GUÍA C-1.— <i>Minas de Asturias</i> , por los Ingenieros de Minas señores Sancho, Falcó, Cueto, Junquera, H. Sampelayo y Patac. 108 páginas, 4 figuras, 21 láminas (3 cortes geológicos), 5 mapas.—Edición española o francesa	10
GUÍA C-5.— <i>Isla de Mallorca</i> , por los Geólogos Sres. Darder y Fallot. 125 páginas, 48 figuras, 17 láminas (6 de cortes geológicos), 1 mapa, 2 cuadros sinópticos.—Edición francesa	10
GUÍA X-1.— <i>La Sierra Morena y la llanura Bética</i> , por el Catedrático de la Universidad Central Sr. Hernández-Pacheco. 150 páginas, 20 figuras, 39 láminas, 1 lámina de cortes, 2 mapas.—Edición española o francesa ...	5
GUÍA X-3.— <i>Despeñaperros</i> , por los Catedráticos de Geología Sres. H. Pacheco y Puig de la Bellacasa. 48 páginas, 9 figuras, 20 láminas, 1 mapa.—Edición española o francesa	5
GUÍA F-2.— <i>Guía del ferrocarril de Madrid a Sevilla</i> , por los Ingenieros de Minas, Vocales del Instituto Geológico y Minero de España, Sres. Dupuy de Lôme y Novo. 139	

	Pesetas
páginas, 2 figuras, 26 láminas, 5 mapas.—Edición española, francesa, inglesa o alemana	10
GUÍA F-3.— <i>Guía del ferrocarril de Madrid a Irún</i> , por los Ingenieros de Minas, Vocales del Instituto Geológico y Minero de España, Sres. Dupuy de Lôme y Novo. 151 páginas, 20 láminas (1 de perfiles topográficos), 4 mapas.—Edición española, francesa o alemana	10

OBRAS AGOTADAS

- GUÍA A-4.—*Línea tectónica del Guadalquivir*, por el Ingeniero de Minas Sr. Carbonell Trillo-Figueroa. 204 páginas, 7 figuras, 36 láminas (4 de cortes geológicos) y 8 planos geológicos.
- GUÍA C-3.—*Cuenca potásica de Cataluña*, por el Geólogo Sr. Faura y el Ingeniero de Minas, Vocal del Instituto Geológico y Minero de España Sr. Marín y Bertrán de Lis. 214 páginas, 5 figuras, 48 láminas (1 de sondeos y 6 de cortes) y 5 mapas.
- GUÍA C-6.—*Cuevas de Mallorca*, por el Geólogo Sr. Faura. 78 páginas, 14 láminas (4 de planos y secciones).
- GUÍA F-1.—*Guía Artística de Córdoba*, por el Ingeniero de Minas Sr. Carbonell. 155 páginas, 20 láminas, 4 planos. Edición española.
- GUÍA C-2.—*Minas de Bilbao*, por el Ingeniero de Minas señor Rotaeche. 30 páginas, 2 láminas de cortes geológicos, 1 mapa.—Edición española.
- GUÍA C-4.—*Cataluña*, por los Geólogos Sres. Marín, Bataller, Larragán, San Miguel de la Cámara y Marcet. 214 páginas, 8 figuras, 48 láminas (1 de sondeos, 10 de bloques, 5 de cortes geológicos), 6 mapas.—Edición española o francesa.
- GUÍA C-5.—*Isla de Mallorca*, por los Geólogos Sres. Darder y Fallot. 125 páginas, 48 figuras, 17 láminas (6 de cortes geológicos), 1 mapa, 2 cuadros sinópticos.—Edición española.



Estas obras se venden en las principales librerías y en el Instituto Geológico y Minero de España, Cristóbal Bordiú, 12. Madrid.