

BOLETÍN
DEL
INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

II / 2.3.1

BOLETÍN

DEL

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO

DE

ESPAÑA



TOMO LVIII

(18.º DE LA TERCERA SERIE)

1945

MADRID
TIP.-LIT. COULLAUT
MARIA DE MOLINA, 58
1945

**ZONA OCCIDENTAL
DE LA CUENCA DEL RUBAGÓN**

DATOS PARA SU ESTUDIO ESTRATIGRÁFICO

POR

A. DE ALVARADO Y A. H. SAMPELAYO

INGENIEROS DE MINAS

ZONA OCCIDENTAL DE LA CUENCA DEL RUBAGÓN

En el tomo LVI de nuestro *Boletín*, correspondiente al año 1943 se inserta la traducción extractada, hecha por uno de nosotros, del folleto «Cuencas Hulleras al Este de Asturias» debido al distinguido geólogo H. Quiring, y publicado en 1939 por el Servicio Geológico Prusiano.

Al final de dicha traducción se indicaba que todas las afirmaciones y juicios originales eran del exclusivo mérito y responsabilidad del notable autor alemán. Justificábamos la traducción por la novedad y audacia de las ideas, sobre Estratigrafía y Tectónica regional, contenidas en el original y tras indicar que habíamos iniciado el estudio de las cuencas hulleras extendidas desde La Robla a Orbó, adquiríamos compromiso moral de emitir juicio propio sobre las conclusiones del citado folleto.

Apremios de tiempo y la heterogeneidad que las actuales circunstancias imprimen a nuestros trabajos profesionales, han hecho sea sólo parcial el cumplimiento de nuestra promesa. En las páginas siguientes nos limitamos a exponer los datos recogidos en dos expediciones a través de la montañosa y muy plegada zona Oeste de una de las cuencas y a formular algunas deducciones.

Resalta, ante todo, en nuestras observaciones, que este

Carbonífero, de facies Norte, encierra numerosos bancos de «calizas» y «areniscas» con faunas marinas de braquiópodos crinoides, corales, etc. cuyas intercalaciones entre capas de carbón definen claramente su facies «parállica». Asimismo, los múltiples bancos de «conglomerados» incluidos en esta serie estratigráfica, comprueban la aserción de haber tenido lugar frecuentes cambios de sedimentación marina, fluvial y lacustre en el Carbonífero modernamente llamado superior (westfaliense y estefaniense o moscoviense y uraliense) del Norte de España.

Los horizontes de «calizas», «dolomías» y «calizas arenosas», si bien tan plegados y trastornados que, a veces, describen espirales, por ser de dureza sensiblemente superior a las capas pizarreñas del Hullero productivo, destacan notablemente en la topografía comarcal, son relativamente fáciles de seguir y en muchos parajes encierran ricas faunas. Por ello les hemos dedicado atención preferente en nuestros recorridos de campo y trabajos de laboratorio.

Como final de estos renglones preliminares anticipamos que nuestras observaciones, totalmente objetivas, comprueban alguna de las antiguas clasificaciones de terrenos indicados en mapas geológicos españoles y rectifican otras. En cuanto al estudio alemán citado, creemos admisibles algunas de sus brillantes síntesis y parecen otras apoyadas en dudosos o erróneos fundamentos, resultando así para nosotros menor el número de horizontes bien diferenciados.

ANTEDEVONIANO DUDOSO

En las vertientes Norte y Este de la cumbre que se alza a un kilómetro al SE. de Verbios han sido señaladas «calizas» tableadas y «cuarcitas» claras, donde se dice haber hallado fósiles, extraviados durante la última guerra, y se las supuso posiblemente cambrianas. Una «arenisca», parda y ferruginosa, con nódulos calizos que vienen sobre aquéllas, ha sido atribuida al «viejo-paleozoico» = Cambriano o Siluriano.

Nuestras observaciones difieren por completo, en la zona Verbios-Valle, de lo indicado por Quiring. Reconocimos que los altos inmediatos al Sur de la primera aldea citada, están integrados por «conglomerado» de estratificación poco marcada y al parecer concordantes con la «arenisca roja» triásica, que se inclina 40° al Sur; discordantes, bajo ella, afloran en la carretera, un banco de «cuarcita» y estrecho paquete de «areniscas» y «pizarras» de facies hullera que buzcan 35° al Norte.

A unos 150 metros de Verbios, en dirección a Bustillo de Santullán, hállase el contacto del paleozoico con la «pudinga» gruesa que aquí sirve de base a la formación secundaria. La banda de «porfirita» que fué señalada al Norte de Monasterio no la hemos reconocido en aquel terreno; destaca allí, a unos 500 metros de la aldea, un torreón rocoso de forma extraña y ruiforme, integrado por «caliza» en masa, con algunos tallos de crinoides.

DEVONIANO

Los antiguos mapas geológicos españoles sólo señalan estratos devonianos al Oeste de la cuenca hullera del Rubagón, y no dentro de ésta, marcando su límite oriental las rocas cuarzosas de Peña de Barrio y Castillo de Cervera.

En realidad, se extienden más al Este en las zonas de Peñas Negras, Vañes, Lebanza y Molino de Grafes, sobre el Pisuerga, hasta cerca de Estalaya. Un gran peñón que en la orilla izquierda del río, y junto al puente de la carretera Cervera-Salinas, se alza inmediato a aquella villa ha sido sucesivamente clasificado como roca devoniana, como pórfido cuarcífero y como ancho filón de cuarzo, de origen termal, debido a las aguas profundas ascendentes; un primer examen micrográfico confirma esta última designación casi totalmente, pues estimamos se trata de un asomo de cuarcita muy fracturada e inyectada, hasta tal punto, de «cuarzo» de origen hidrotermal, que ha sido borrada, en la mayor parte de la masa, su textura primitiva.

En el tramo de cuarcitas que desde el Castillo de Cervera, Peñas Negras y Lebanza se extienden hacia el Oeste no habían sido hallados fósiles por los antiguos investigadores. En reciente publicación (22) indica su autor haber hallado restos de crinoides y varios braquiópodos, de los cuales considera como «fósil guía» al *Spirifer Wakoniggi* y que, según clasificación del Dr. Dahmer, justifican la atribución de estas «cuarcitas de Cervera» al Devoniano

medio, de nivel equivalente a la «cuarcita» rhenana del Tannus.

El gran anticlinal formado por estas rocas muestra rumbo medio al NO. en los bancos más próximos a la villa de Cervera de Pisuerga, mas siguiendo unos cientos de metros en dirección occidental, toman las «cuarcitas» —y la sobrepuesta «caliza» dinantiense— dirección media al Oeste-Suroeste, con flancos simétricos que se inclinan unos 40° hacia el Norte y hacia el Sur.

Entre Cervera y Ruesga, a un kilómetro al SO. de aquélla, se cruza contacto de la «caliza de montaña» con la «cuarcita de Cervera», fosilífera en este paraje, aunque siempre con pocos ejemplares, entre los que destacan *Spirifer hystericus*, Schloth., y *Spirifer rojasi*, de Vern., citados por Mallada (5, 6), en los pisos coblenciense a givetiense.

Entre San Salvador de Cantamuda y Lebanza, a un kilómetro de aquella aldea, la carretera corta pizarras y grauwackas carboníferas, destacando en la cumbre de algunos altos las «cuarcitas» devonianas.

Desde la aldea de Lebanza hacia el Oeste, camino de la Abadía de igual nombre, afloran fuertes bancos de «caliza» arrumbados al Norte y con buzamiento occidental; en ellos, cerca de dicha aldea, se ha montado importante cantera, donde las calizas aparecen cuajadas de tallos de crinoides acompañados por algunos coralaris y braquiópodos, entre los que predominan los *Spiriferidos*, mereciendo citarse *Athyris* sp. y *Streptorhyncus crenistria*, Phill., citados desde el coblenciense al dinantiense, por lo menos.

Al Sur del camino de la Abadía destaca larga corrida de cerros calizos, que llegan al mismo edificio en cuyos alrededores sólo las cumbres corresponden a «cuarcita» devoniana, debiendo, pues, rectificarse la exclusividad litológica

que bosquejos alemanes (22) atribuyen a la «cuarcita de Cervera», del infradevoniano según ellos, en esta zona Noroeste.

Asimismo en el borde occidental, pero más al Sur, entre Cervera y el pantano de Vañes, destacan los bancos cuarcitosos de Peñas Negras, muy próximos a la carretera general, casi verticales y alineados al O.-NO. Más al Oeste y NO., pasadas las ruinas del pueblo de Vañes, anegado bajo las aguas del pantano de La Requejada y seco durante nuestra segunda expedición, se alzan otros bancos cuarcitosos de igual rumbo O.-NO., con inclinación de 50° al N.-NE.

El conjunto de fósiles encontrados por nosotros en el tramo de «cuarcitas» acompañados por «calizas» en la zona de Lebanza, y formado exclusivamente por «cuarcitas» al Oeste y SO. de Cervera, debe atribuirse al Devoniano inferior a medio, habiendo sido citados por Mallada varios de los géneros hallados, como correspondientes a los pisos coblenciense a eifeliense, y aun cuando alguno de ellos, cual *Streptorhyncus crenistria*, Phill., llegue al Carbonífero. Parece justificado atribuir al nivel inferior las «cuarcitas» de Cervera y Ruesga, mientras las «calizas» que afloran entre Lebanza y la abadía de Lebanza, deben atribuirse a tramo más elevado.

Cerca de Vergaño, hacia el Sur, la carretera a Vallespinoso corta fuerte banco calizo en prolongación de los que, más al NO., afloran en la vertiente meridional del cerro Cabra Mocha. Siguen allí las «calizas» igual dirección NO., inclinándose al NE., y uno de sus estratos es muy rico en fósiles, de los que merecen destacarse *Spirifer luciae*, Oehl, *Sp. cabedanus*, de Vern., *Leptena murchisoni*, Schlot, y varios *Tentaculites*, mas numerosos restos de coralaris y tallos de crinoides no clasificables.

Varios de los braquiópodos y pterópodos de esta fauna alcanzan gran extensión vertical y no caracterizan piso ni aun sistema, mientras las especies citadas parecen marcar (1) (7) el nivel comprendido entre el coblenciense, eifeliense y más raramente hallados en el frasnense, resultando justificada su colocación en el Devoniano medio.

Este sector calizo, sito al Sur de Vergaño, había sido señalado en el último estudio alemán citado (22) como correspondiente al Hullero superior.

Al SE. de estas «calizas», y junto al ferrocarril de Rueda a las minas de San Cebrián, álzase, junto a la aldea de Mudá, bancos «calizos» muy levantados (ver fotos 1 y 2), que destacan bruscamente sobre las «pizarras» y «areniscas» blandas del Hullero. En el peñón o gran mogote aislado, conocido con el nombre de Peñita de Mudá, han sido señalados (6) fósiles, entre los que merecen citarse *Athyris phalaena*, Phill., *Spirifer* nov. sp., atribuibles al eifeliense o Devoniano medio. Por nuestra parte hemos encontrado algunos coralaris y restos de crinoides.

Entre Verbios y Valle de Santullán, el folleto citado (22) señala la existencia de cuatro distintos tramos devonianos = «arenisca de Hornilla», «pizarra arcillosa con guijos silíceos», «caliza de Hercyn y del Eifel», y «dolomías». Pese a detenidas exploraciones, no hemos podido identificar tales tramos y para nosotros es, en estos parajes, muy distinta la serie estratigráfica.

Al salir de Valle, hacia el Sur, tanto el quebrado y estrecho camino como la senda de pastores que a través del monte conducen a Verbios, cruzan primeramente «pizarrillas» de estratificación confusa y de facies Culm, donde no hallamos fósiles.

Pocos metros más arriba viene una estrecha banda de estratos «silíceos» duros y rosados, que se arrumban al

E.-SE. y próximos a la vertical, siendo dominante la inclinación 80° al Norte; este horizonte puede incluirse en el tramo «cuarcita de Cervera» antes reseñado. Hacia media ladera de la primera línea de cumbres el rumbo de estos bancos cambia algo, de Este a Oeste geográfico, y su inclinación ondulada pasa a ser 80 a 85° al Sur; al llegar a la cumbre de esta primera alineación destaca un anticlinal asimétrico, de bancos «calizos», con eje dirigido de Este a Oeste, flanco Norte vertical y pendiente de unos 70° en el flanco Sur.

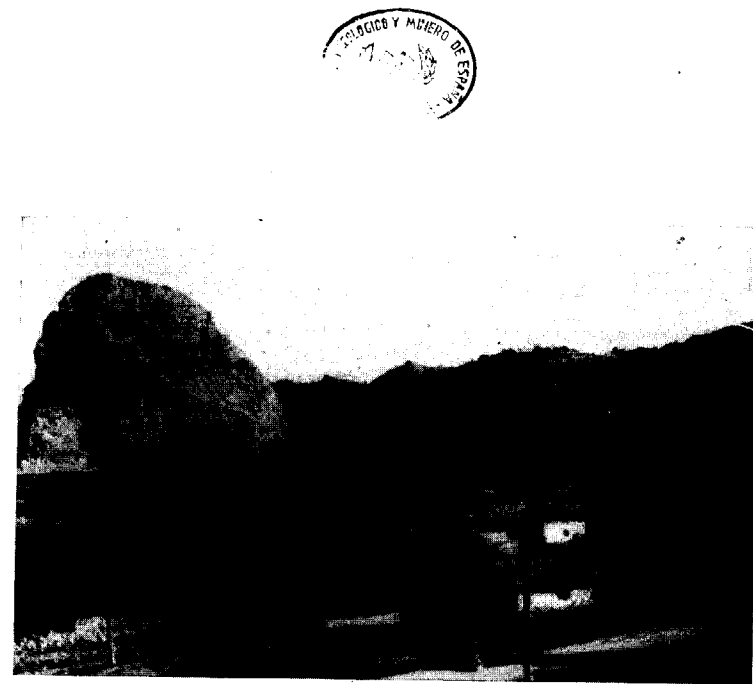
Siguiendo el corte hacia el Sur aflora otro tramo, no de «pizarras arcillosas», cual indica el repetidamente citado geólogo alemán, sino de «areniscas blandas» con «calizas» y «areniscas duras», alternantes, que dan lugar a crestones, inclinados 50° al NE. La vertiente Norte, en la más alta alineación montañosa, o divisoria de aguas entre los valles de Valle y Verbios, está integrada por «caliza arenosa» muy rica en tallos de crinoides y numerosísimos ejemplares de braquiópodos, casi todos ellos rinconélidos, entre los cuales sólo han podido determinarse las especies *Camarotechia* aff. *mariana* y *Camarotechia ferquensis*, citadas por Muller en el frasnense de Almadén, y un precioso ejemplar de *Retzia*.

Desde las cumbres divisorias se aperciben, hacia el Sur, cuatro pliegues de las «calizas», cuyos ejes se alinean al E.-NE., cual en la zona San Martín de Perapertúa a Valle de Santullán.

Preséntase al Norte un sinclinal suave, con lados que se inclinan unos 25° al S.-SE. y 30° el lado opuesto, siguiendo anticlinal cuyo lado Sur se inclina sólo 20° ; a continuación viene sinclinal asimétrico en extremo, pues el flanco común con el pliegue anterior tiene débil inclinación, mientras su flanco meridional se levanta hasta 65° y



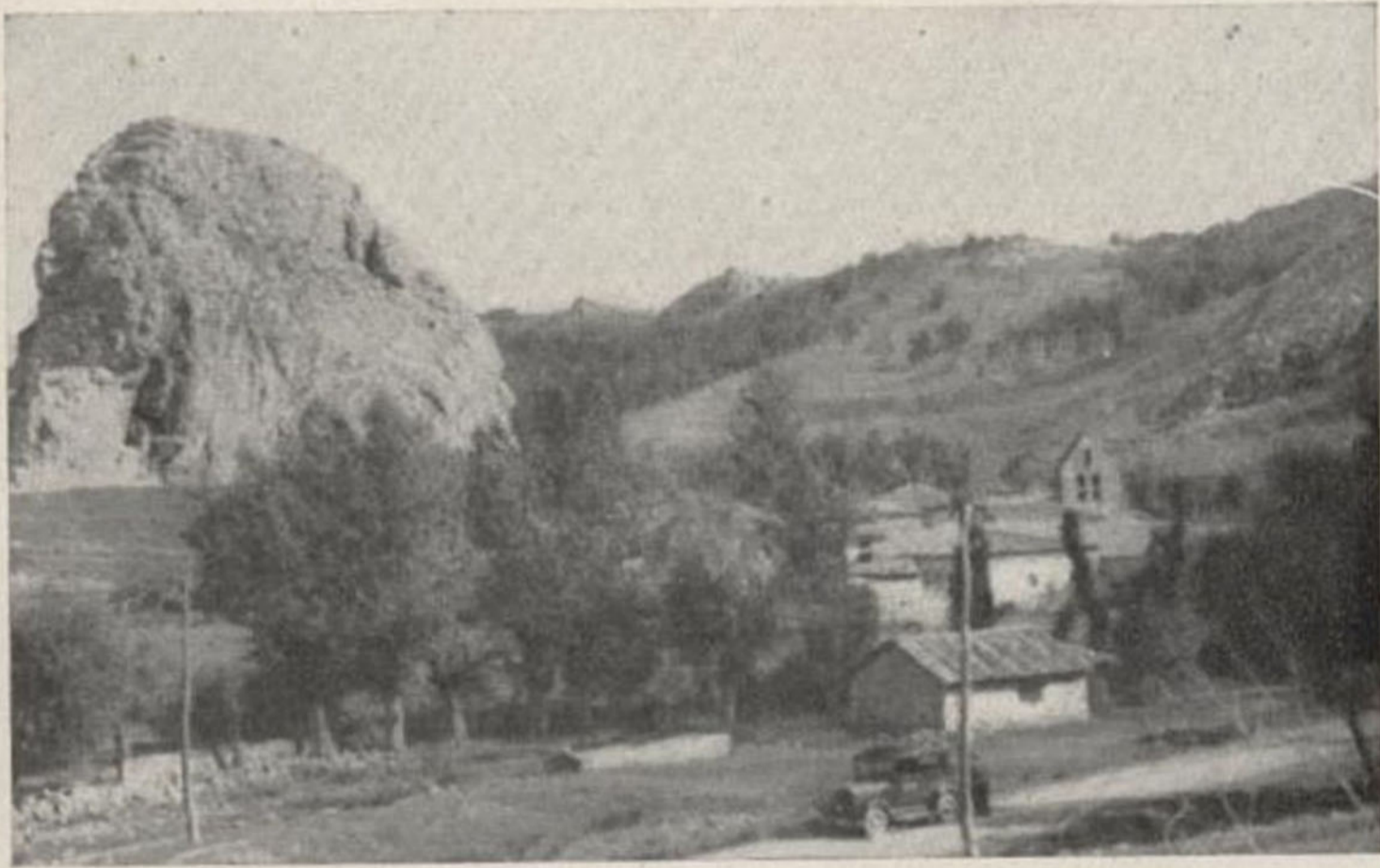
Fot. 1. - Crestones calizos al Sur de Peña Mudá y encima de la aldea



Fot. 2. - Peña de Mudá, devoniana, y al fondo crestas calizas



Fot. 1. - Crestones calizos al Sur de Peña Mudá y encima de la aldea



Fot. 2. - Peña de Mudá, devoniana, y al fondo crestas calizas

es de fuerte espesor, ya que a él va adosado otro crestón, el cual forma anticlinal muy agudo, de flanco Sur vertical y tocando a la serie de «pizarras» hulleras que, con «areniscas» blandas intercaladas, se extiende hasta Verbios.

Merece hacerse notar que entre los dos crestones del cuarto pliegue de esta serie—anticlinal, agudo y roto, más meridional—se intercala paquete de rocas muy blandas, «pizarras» arcillosas y «areniscas», formando en la cumbre una ligera depresión que se abre, hacia el Oeste, en dirección a Monasterio; este horizonte, sin fósiles, creemos corresponde al Hullero inferior.

CARBONIFERO INFERIOR

En el ángulo SO. de la zona estudiada, el gran anticlinal de Cervera (ver fotografía) muestra, sobre las «cuarcitas» devonianas, un potente tramo «calizo» de roca en masa, sin estratos definidos, que fué clasificada por antiguos e ilustres geólogos españoles como «caliza de montaña», azoica según ellos.

Ultimamente se ha indicado (22) el hallazgo en este tramo de numerosos foraminíferos, entre los cuales el profesor Liebus determinó *Textularias* y *Endothyras* afines a la *Endothyra bowmanni*, hallada por Galloway en el Carbonífero inferior del Yorkshire. Sin negar el interés de tal hallazgo, para nosotros continúa siendo algo imprecisa la situación estratigráfica de estas masas calizas en el Devónico superior o en el dinantiense; tal punto de vista resulta quizá reforzado por el hecho de que, sobre el castillo de Cervera, algunos filones de hierro pasan, sin desviación, de las «cuarcitas» devonianas a las «calizas» suprayacentes.

En la franja más occidental del terreno aquí descrito, al Norte de Cervera, vemos que en el kilómetro 358,5 de la carretera a Tinamayor se presentan «pizarras arcillosas», sin fósiles y con raras «areniscas» intercaladas, que han sido atribuidas al Infracarbonífero o Culm, si bien sus caracteres litológicos concuerdan con rocas análogas del Hullero productivo; se alinean al O.-NO. con inclinaciones de hasta 80° al N.; en este paraje, y entre los kilómetros 358,8 a 360,3, llevan superficialmente delgada montera de can-

tural o «terrazza» cuaternaria, integrada por muy gruesos elementos en que dominan los «cantos» y «guijos silíceos». Al seguir unos cientos de metros la misma carretera general, al Norte de las «cuarcitas» de Peñas Negras afloran nuevamente las «pizarrillas» hulleras, con rumbo NO. e inclinación de 75° al NE.

Hacia levante se alza el cerro de San Cristóbal, enclavado en zona que un mapa, relativamente moderno, atribuye a la «caliza de montaña» o Infracarbonífero, y donde en realidad las «pizarras» y «areniscas» del Hullero encierran, cerca de su cumbre, una capa de «carbón», reconocida en corta corrida por varias calicatas, hoy día abandonadas.

Se ha atribuído al Culm la banda de pizarras arcillosas que, desde la orilla izquierda del Pisuegra, en las inmediaciones de Cervera, corre hacia el Este, limitando al Norte las capas triásicas de Ligüerzana a Rueda; en ausencia de fósiles, la edad de estas pizarras resulta incierta, y el conglomerado fino que sobre ellas se apoya puede representar la base de los tramos productivos.

Al Sur de la aldea de Rabanal de los Caballeros, corre un tramo de «calizas» que destaca notablemente en el terreno, si bien sólo alcanza moderada altura sobre las «pizarras blandas». Describen aquí los bancos un verdadero gancho cuyo lado septentrional toca a la aldea, hallándose al NO. de la misma el vértice donde convergen las dos ramas; al SE. del pueblo buzan las capas «calizas» hacia el NE., con unos 60° de inclinación en flanco Norte del pequeño anticlinal; cambia su rumbo en la unión de sus dos ramas, o sea hacia el NO., y es confusa la estratificación junto a pueblo y ermita. Sólo se han hallado en estos bancos tallos de crinoides y creemos representan tránsito del piso inferior al medio.

HULLERO PRODUCTIVO

Pudiera incluirse en este piso el tramo que, en líneas anteriores, dejamos reseñado, o sea la «caliza» con crinoides de Rabanal, cuya posición estratigráfica queda incierta a falta de suficientes argumentos paleontológicos. Más bien parecen representar la base de esta formación —en la zona occidental donde faltan los conglomerados que afloran junto a la central de Orbó— la «caliza» corolina de San Cebrián, cuyos bancos han sufrido allí desplazamientos debidos a empujes horizontales.

Su nivel o banco inferior, al Este del socavón «María» se arrumba al Oeste 40° Norte con unos 30° de inclinación septentrional, y corta hacia la mitad al plano inclinado automotor de esta mina, distando 450 metros del afloramiento de la 2.^a capa, que es la más baja conocida en este paraje. Un segundo banco «calizo» más septentrional corta el plano automotor cerca de su cabeza, distando del primero unos 80 metros según el eje del mismo plano; sigue este segundo banco rumbo O.-SO. y debe, por tanto, cortar al primero hacia el Oeste, quedando su unión cubierta por espeso bosque y derrubios. Por ello no queda bien definido, ni destaca claramente en el terreno, el gancho de «calizas» que señala aquí el repetidamente citado geólogo alemán, si bien son indudables los desplazamientos o «saltos» horizontales que han sido bien reconocidos en las capas de «carbón» explotadas desde hace muchos años en este coto minero.

Más a occidente, la carretera general Madrid-Tinamayo, en su kilómetro 363, corta zona de «pizarrillas» y «areniscas» de facies típicamente hullera. Al NE. de esta ruta se alza en estos parajes el cerro de San Cristóbal señalado en antiguos mapas geológicos como «caliza de montaña o dinantiense», pero en realidad integrado por estas mismas «pizarras» delgadas y «areniscas» características del Hullero medio o superior y que aquí, cerca de la cumbre, encierran «capa de carbón», reconocida por varias calicatas y muy inclinada, con ligero buzamiento al Norte; puede considerársela como prolongación de la capa más alta de Vergaño, con fuerte desplazamiento debido a empuje tectónico y «salto» horizontal de igual sentido que los comprobados al NO. de San Cebrián.

Si seguimos el corte número I, vemos en la orilla Norte el río Castillería que, cerca de la bifurcación de caminos a San Felices y Celada, la formación hullera está integrada por «pizarras arcillosas» y «areniscas» delgadas inclinadas 25° al N.-NO. y perpendicularmente a estos bancos se ha dado transversal de 180 metros de longitud para cortar «capas de carbón» que afloran entre el monte bajo y han sido objeto de rudimentaria explotación.

Los estratos se hallan aquí sensiblemente curvados, y a poco más de 100 metros del empalme de carreteras, destacan en un talud «areniscas» que se alinean al O. 40° N. con unos 60° de inclinación al NE., es decir, casi perpendiculares al afloramiento, antes reseñado y con muy diferente inclinación.

Entre San Felices y Herrerueta, vemos que las capas de «pizarrilla» y «arenisca» hulleras, en vez de arrumbarse al O. 30° N. como medio, y presentando varias ondulaciones poco inclinadas, cual ocurre entre las casas de la primera de dichas aldeas, pasan a la dirección O. 10° N. con 35° de

inclinación al Sur. En Herrerueta, bajo la iglesia, la formación está integrada por delgadísimos lechos de «arenisca» en alternancia con «filadios» arcillosos. Al subir de esta aldea, cota 1.222, al vértice Campolanillo, cota 1.489, se observa, entre las diseminadas casas situadas inmediatamente encima de la iglesia, un brusco cambio de dirección y curvatura de los estratos, que forman sinclinal recostado, con inclinaciones variables desde 25 a 40° hacia el Norte.

Junto a la meseta que en esta dirección domina Herrerueta, y cerca ya de los conglomerados triásicos, las capas del Hullero toman rumbo norteado, con unos 25° de inclinación al Oeste.

Desde el punto situado a 200 metros al Norte del empalme de San Felices, y siguiendo algo más de 2,5 kilómetros el camino de Celada vemos un acentuado giro de las capas que, en el primer paraje citado, se inclinan al NE., mientras en este último los «filadios» o «pizarrillas» oscuras, con delgadas intercalaciones de «areniscas», se inclinan unos sesenta grados, marcando, pues, un pequeño anticlinal asimétrico.

A unos 800 metros al NO. de Celada de Robledo, corta la carretera un primer banco «calizo» (ver corte 1), que sigue dirección N. 40° O. con unos 80° de inclinación occidental; los delgados lechos de «pizarras» y «areniscas», entre las cuales va intercalada la «caliza», encierran una capa de «carbón» de fragua y muy limpio, que alcanza hasta 2,30 metros de espesor, pero se estrecha mucho en otros parajes, mostrando tendencia a formación en rosario, acompañada por otra menos importante. Estas capas de «hulla» distan sólo cincuenta metros de la «caliza» occidental y aquí el horizonte productivo es, sin duda, inferior a la bóveda rota de calizas.

Entre las casas de Celada de Robledo (llamada de «Ro-

blecedo» por los naturales) se observa que los estratos cambian su rumbo al E.-O., con unos 75° de inclinación al Sur, y pocos cientos de metros más al Este se les ve continuar el giro para tomar otra vez rumbo próximo al NO., si bien ahora con inclinación de 80 a 85° al NE.; resulta, por tanto, bien marcada la estructura en *semi-cúpula* elíptica, rota y de paredes casi verticales, sobre todo su flanco oriental (ver fotos 3 y 4); desde un cerrete situado al E.-NE. del caserío, y sobre el socavón de la mina «San José», puede observarse claramente el giro de los estratos.

Asimismo obsérvase, desde dicha atalaya y con cielo despejado, que mientras la *bóveda rota caliza* cubre, o mejor dicho cubría, las capas de «carbón» de Celada, es también aparente que sobre dicho horizonte «calizo» se apoya el paquete hullero, muy plegado y trastornado, de San Felices, Verdeña y Oeste de Verdegosa; este horizonte «calizo» de Celada se presenta cuajado de crinoides y con escasos coralarios.

Pasando el ángulo NE. de la zona destaca la extraña estructura de la Peña Tremaya, alzándose sobre la monótona serie «arcillo-arenosa» hullera. La cara occidental de esta peña muestra sus capas «calizas» alineadas al Norte geográfico, con 65° de inclinación al Oeste, mientras en la cara opuesta sus bancos, casi verticales, se inclinan levemente al Este, siendo muy ricos en tallos de crinoides. Si observamos esta estructura desde los altos del Sur de Redondo vemos que el brusco anticlinal de corto radio o «silla», de Tremaya, es de eje tan curvado que casi puede calificarse como «cúpula aguda» rota, pues muestra otros bancos que se alinean casi de Este a Oeste y sensiblemente verticales, cual los de dirección norteada; en su cumbre dos «crestones calizos» se elevan sobre pequeño collado o vallejo de «areniscas y pizarras» de la tan repe-

tida serie hullera, resultando las «calizas» estratigráficamente superiores.

Al Sur de Redondo de Abajo se levanta otro peñón aislado, en cuyas laderas un banco calizo, de dirección norteadada, se intercala en la serie de «pizarras» delgadas concordantes que, a un kilómetro aproximadamente de Santa María, encierran las delgadas capas de «carbón». Estos afloramientos, próximos al Pisuerga, han sido explorados en pequeña corrida y corresponden a dos delgadas capas, que buzan al N.-NE. con fuerte inclinación. La masa «caliza», que forma la cumbre del peñón inmediato al pueblo, se apoya claramente sobre el horizonte productivo, cuyas capas, entre Tremaya y Redondo, se arrumban O. 10° N. y son casi verticales.

En la zona de Areños el Hullero productivo muestra distinta litología, pues el paquete de «pizarras arcillosas y areniscas», en delgados lechos, que encierra las capas de «carbón», queda limitado por dos fuertes bancos de «arenisca» dura, que destacan mucho en el paisaje montañoso y dan lugar a sus más acentuados relieves. Cerca de la confluencia de los ríos Pisuerga y Lores, hacia el Norte de la venta de Orbaneja, han sido reconocidas cinco capas de considerable corrida, la principal de las cuales presenta, en algunos puntos, más de 2,50 metros de espesor. Hacia el Oeste de la citada venta, el río de Lores corta otras capas dirigidas al NE. y con fuerte inclinación occidental; en el mismo sentido buzan las de Areños, que son más norteadas y cabe imaginar corresponden ambos paquetes a las dos ramas de un mismo pliegue volcado.

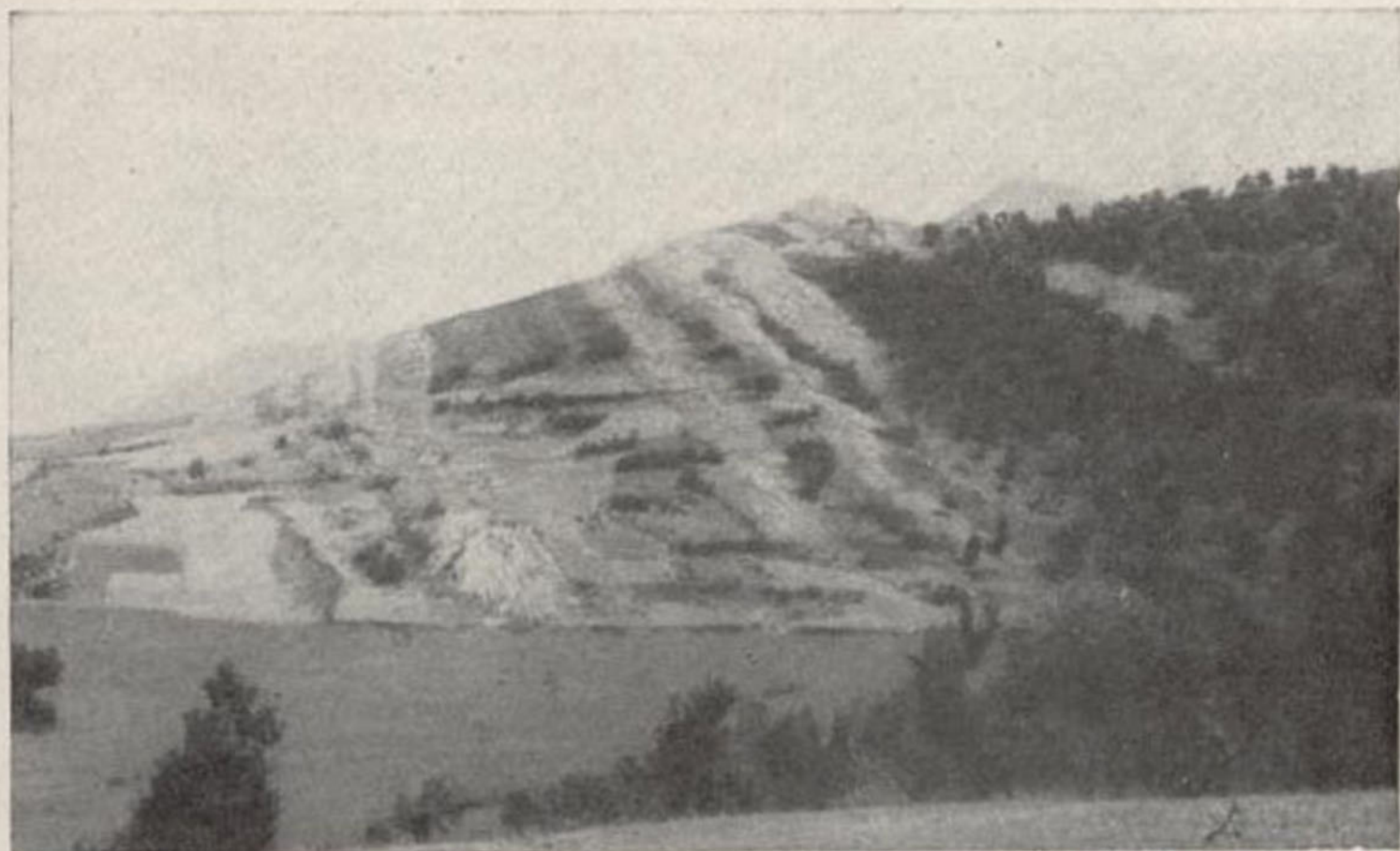
No entraremos a describir la formación hullera en las comarcas de San Cebrián de Mudá y Barruelo de Santullán, porque estas importantes minas han sido objeto de anteriores detallados estudios. Tan sólo haremos notar, como



Fot. 3.—Crestas calizas plegadas, al N.-NE. de Celada de Robledo



Fot. 4.—Crestas calizas plegadas, al E.-NE. de Celada de Robledo



Fot. 3.—Crestas calizas plegadas, al N.-NE. de Celada de Robledo



Fot. 4.—Crestas calizas plegadas, al E.-NE. de Celada de Robledo

observaciones hechas en uno de nuestros recorridos (ver corte número 2) que al Sur del valle de Santullán los «filadíos y areniscas» siguen dirección E.-NE., cual en la zona del Este de San Martín de Perapertú y que al Norte de Valle han sido calicateados afloramientos de capa de «carbón» distantes unos 400 metros y a 120 metros de cota sobre la aldea; su rumbo es el mismo para los estratos del vallejo meridional y se inclina cerca de 80° al Norte.

Para terminar esta recopilación de datos referentes a la formación hullera productiva consignaremos los siguientes:

Desde el río Castillería, subiendo en dirección Sur hacia el vértice Cabra Mocha, se cruzan ladera arriba, hasta muy cerca de la cumbre, «pizarras y areniscas» en lechos delgados, idénticas a las que en San Felices encierran capas de «carbón» y cuya dirección es en esta ladera O.-NO. con unos 45° de inclinación al N.-NE. En la cumbre de Cabra Mocha, junto al vértice de cota 1.353, que domina amplio panorama, destacan en larga y rectilínea corrida grandes «crestones calizos» de dirección NO. y buzando algo más de 40° al NE. Este horizonte de «calizas» fosilíferas baja hasta la mitad de la ladera que, orientada al Sur, limita al valle de Rabanal-Vergaño y se halla *indudablemente intercalado* entre el paquete productivo explotado en San Cristóbal y Vergaño y la banda arcillo-arenosa, más septentrional, que en San Felices y Verdeña encierra también capas de «carbón».

La presencia de gran cantidad de *fusulinas* en estos bancos calizos, aleja cualquier duda sobre su naturaleza carbonífera, de nivel bastante alto a juzgar por los restos que encierran.

Entre Verbios y Valle la depresión estrecha o vallejo, de fractura y erosión, por donde se desarrolla el camino de carros, muestra suelo integrado (en sector atribuido al

Devoniano) por «pizarras arcillosas» y «areniscas» de idénticos caracteres litológicos a los que, en vecinos parajes, encierran capas de «hulla» o de «antracita». Por estas analogías, aunque sin fundamento paleontológico, atribuimos al mismo sistema la faja pizarreña que se extiende entre la aldea de Verbios y el primer crestón de caliza devoniana, que con dirección O.-NO. y casi vertical corre en dirección a Monasterio y se prolonga también al Este del camino.

TRIASICO Y CRETACEO

Al Este de Cervera, y no lejos de la orilla septentrional del Pisuerga, al Oeste de Ligüerzana, las «calizas» triásicas buzando al Norte con 30° de pendiente y se curvan en el kilómetro 3 de la carretera a Aguilar de Campoo, pues presentan allí los bancos anticlinal asimétrico, cuyo eje se arrumba de Este a Oeste, con flanco N. inclinado unos 40° , mientras sólo se inclina 20° el meridional. En los alrededores de Rueda los «conglomerados» y «areniscas rojas» de la base del sistema se inclinan 55° , buzando al S. 10° O.

En la comarca al Sur de Verbios las capas triásicas, en discordancia violenta con el Devoniano, están integradas por «conglomerados» de gruesos cantos redondeados en que dominan los elementos silíceos y forman elevado cerro, cuyas laderas tocan a la orilla meridional del arroyuelo Peña Ladrón, que pasa tocando a la aldea; sobre estos lechos de elementos gruesos viene concordante la «arenisca roja», cuyos estratos se inclinan aquí 35° hacia el Sur. El contacto de la formación triásica con un pequeño asomo de «cuarcita» y «pizarra» paleozoicas dista unos ciento cincuenta metros hacia el Sur de Verbios y es francamente discordante, pues, mientras las rocas antiguas buzando al Norte, las mesozoicas tienen aquí inclinación meridional de 35 a 40° , conservando la «arenisca roja» igual rumbo y pendiente en los alrededores de Bustillo de Santullán y Villanueva de la Torre.

La mancha aislada que, con la elevada cota de mil cuatrocientos cincuenta metros, se extiende en la meseta de Campolanillo, al Norte de Herreruela, ha sido señalada como «arenisca abigarrada»; en realidad estas rocas forman el suelo de la meseta superior, en cuyo borde Norte está emplazado el vértice, a 1.459 metros de altitud, mas conviene indicar que su ladera meridional, hasta apoyarse en otra llanada de rocas hulleras, muestra bancos de «conglomerado» con dirección media al Norte y 25° de inclinación occidental.

Más al Norte, la extensa mancha que formando el límite NE. de la cuenca hullera se desarrolla ampliamente hacia la provincia de Santander, muestra en la sierra de Brañoserá capas de «arenisca» que se inclinan de 20 a 40° al NE., siendo dominante la escasa inclinación, y sirven como de cubierta o tapa a la formación hullera, mucho más pendiente, que buza en el mismo sentido. Según es sabido, se investiga ahora por sondeos la probable prolongación del pliegue sinclinal hullero en el valle de Valberzoso-Reinosilla bajo la cubierta mesozoica, habiéndose ya cortado capa de «carbón» muy inclinada; tal investigación, realizada ahora por la «Empresa Adaro» fué propuesta, hace años, como de máximo interés, por los ingenieros E. Dupuy, P. de Novo y A. de Alvarado, en repetidos informes.

Al SE. de Cervera, la formación cretácea se presenta en contacto discordante con las «pizarras» delgadas hulleras, casi verticales y alineadas de Norte a Sur. El primer horizonte mesozoico, en estos parajes, lo forma un grueso banco de «pudinga», con cantos rodados de cuarcita, que buza 40° al Este. Más abajo, en la orilla del Pisuerga. la carretera a Vado corta pequeño afloramiento de «arenisca roja» y un segundo nivel de «conglomerados», también

con cantos cuarzosos, pero menos coherente por su cemento arcilloso; presenta colores abigarrados, tiene unos 200 metros de espesor y parece representar la base del Wealdense, según indicó R. Sánchez Lozano (9) al describir sondeos hechos junto a la estación del ferrocarril Bilbao-La Robla.

NEOGENO-CUATERNARIO

No hemos hallado en la zona estudiada formación alguna bien caracterizada como terciaria ni fósiles de esta edad. Señálase en nuestro corte n.º 1 un extenso canturreal de muy gruesos elementos, en el que dominan los cantos y guijos silíceos de hasta 20 centímetros de diámetro; esta mancha horizontal, de terreno no estratificado, es cortada, a 1.170 metros de altitud y entre los kilómetros 358,8 y 360,3, por la carretera general Madrid-Tinamayor.

Tal mancha, de edad post-pirenaica, pero no definida como terciaria, debiendo más verosímelmente incluirse en el Cuaternario, se halla a algo más de 150 metros de altitud sobre el lecho actual del Pisuerga y creemos representa la más antigua o primera terraza de este río, en su época torrencial. Según autor citado (22), el primer escalón o terraza de erosión fluvial se halla en Resoba, a altitud de 160 a 220 metros sobre el actual nivel del río.

Otras «terrazas», que para nosotros corresponden a un segundo escalón, se presentan al Este de Cervera y Este de Rueda, entre los 40 y 60 metros sobre el río y, por último, la terraza de los cinco metros destaca al Norte de Salinas de Pisuerga, siendo dominantes en ella, y en la de Rueda, los cantos de «caliza» mesozoica que afloran bajo ella, así como en sus alrededores.

Los aluviones recientes encierran no sólo «limos» y «arenas» sino guijos, de mediano tamaño, de «cuarcita», «cuarzo», «caliza» y aun trocitos de «pizarra», reflejando así la variada constitución de los terrenos cruzados por el Pisuerga.

MOVIMIENTOS TECTONICOS

Muy intensos y múltiples han sido, en esta zona, los empujes orogénicos, pues los estratos hállanse, especialmente los hulleros, muy levantados, plegados y frecuentemente rotos, con la única excepción de las terrazas y aluviones fluviales. En muchos parajes, cual San Felices, Herrerueta, San Cebrián, Celada de Robledo, Peña Tremaya, etc., presentan las capas transtornos, curvaturas semicirculares, remolinos en hélice, contactos anormales, saltos, fracturas, cúpulas rotas, etc., realmente poco frecuentes y acentuadísimos.

No pretendemos, en modo alguno, tratar el vasto y difícil problema de la historia tectónica regional, limitándonos a consignar las observaciones recogidas, sobre este tema, en nuestras breves campañas. De ellas parece deducirse que un repetido plegamiento de los estratos carboníferos—ya antes afectados por los movimientos hercinianos de la fase astúrica—ocurrido en época pirenaica, no sólo hizo variar el rumbo y pendiente de las capas hulleras sino que llegó a curvar los ejes de los pliegues antiguos.

Movimientos de edad antecarbonífera parecen indicados por la notable discordancia que al Este del camino de Verbios a Valle presentan las areniscas atribuidas al frasnense, al quedar, cerca de las cumbres o altiplanicie oriental, encajadas entre las «cuarcitas» y «calizas» también devonianas pero que creemos corresponden a niveles estra-

tigráficamente inferiores. Tal movimiento no alcanzó a la comarca SO. de Cervera, ya que allí se presentan casi siempre concordantes la «cuarcita» devoniana y la «caliza» señalada como dinantiense.

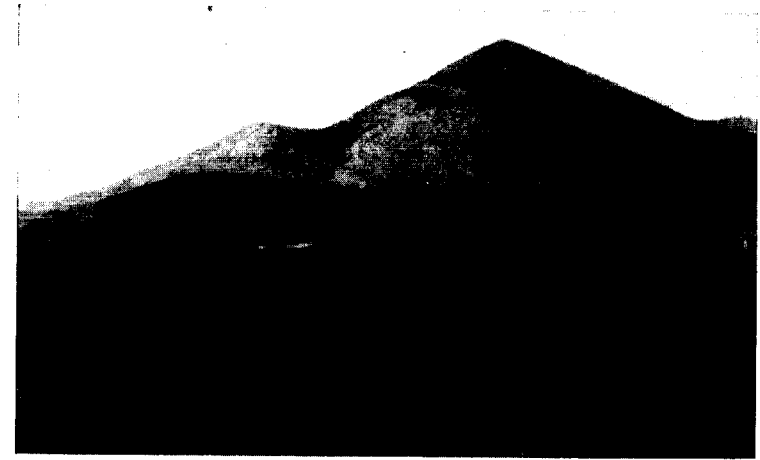
Cambios paleogeográficos rápidos, entre tierra y mar, y las variaciones de facies, en dirección y transversalmente, que en cortos trechos presentan las capas, indican claramente la existencia de fuertes presiones durante el depósito de los sedimentos que formaron las capas del Rubagón.

Las «cuarcitas» de Cervera, de menor resalte y dureza que las silurianas, presentan pliegues que, aparentemente paralelos a los carboníferos, de NO. a SE., oscilaron cronológicamente de los últimos movimientos caledonianos a los variscos hercinianos.

Esto parece indicado por la suave discordancia en que soportan la «caliza de montaña» o dinantiense, cuya presentación se repite mucho en los arcos del gran plegamiento y macizo carbonífero de Asturias, León y Palencia. Con frecuencia su papel es diapírico, suprimiéndose el resto del terreno devoniano en «ventanas» al perforar el Carbonífero.

No siempre los núcleos de estos viejos pliegues son, como aquí, de «cuarcitas devonianas», sino que en otros parajes corresponden a la «armoricana», cual en Lillo, y suponemos que, no viéndose juntas ambas series cuarcitosas, han actuado indistintamente estas rocas duras del ordoviciense o coblenciense como núcleos resistentes (ver fotos 5 y 6).

Sin duda alguna, los movimientos hercinianos en su fase astúrica han ejercido notoria influencia en la tectónica regional, que parece esencialmente definida por la combinación de estos movimientos con los producidos a mediados de la edad terciaria.



Fot. 5.—Anticlinal de Cervera; primer término valle del Pisuerga y pequeños crestones de cuarcita y, al fondo, calizas dinantienses.



Fot. 6.—Cervera de Pisuerga, vista desde el Norte; al fondo calizas dinantienses sobre cuarcita devoniana; anticlinal roto.



Fot. 5.—Anticlinal de Cervera; primer término valle del Pisuerga y pequeños crestones de cuarcita y, al fondo, calizas dinantienses.



Fot. 6.—Cervera de Pisuerga, vista desde el Norte; al fondo calizas dinantienses sobre cuarcita devoniana; anticlinal roto.

Una dirección NO. a SE., dominante en los principales pliegues de las zonas menos trastornadas, cual el gran anticlinal de Cervera y las capas de «hulla», rectilíneas sensiblemente en largas corridas, de Barruelo y Orbó, parecen indicar un empuje desde el NE. Deben representar estos últimos paquetes con «capas de carbón» la rama meridional del pliegue sinclinal volcado al Sur, y cuyo flanco Norte, según antes dejamos consignado, creemos se halla recubierto por la «arenisca roja» triásica en el valle de Salcedillo, Espinosa y Reinosilla.

Los múltiples pliegues que, entre Verbios y Valle, han afectado a los estratos devonianos, obedecen verosímelmente a empujes de igual sentido, si bien las discordancias señaladas (ver corte número 2) entre ellos y el tramo de «areniscas» y «pizarras» en lechos delgados, que incluimos en el Hullero productivo, indican movimientos de edad infracarbonífera o anterior al Carbonífero.

Otros sectores hulleros, *muy violentamente trastornados*, cual los de Tremaya, Celada de Robledo, San Felices y San Cebrián, con sus «cúpulas rotas», superficies «alabeadas» y múltiples «saltos», tan visibles en estas últimas minas como en las capas de «hulla» y bancos «calizos» de Vergaño y Alto Sierra, indican netamente el gran trastorno que los movimientos pirenaicos ejercieron sobre los pliegues paleozoicos. La dirección principal de los empujes orogénicos durante el Terciario, en la zona Oeste, debió ser de Norte a Sur, cual indica el buzamiento dominante hacia el Sur que—con rumbo general de Este a Oeste y moderada inclinación—muestran desde Cervera a Bustillo las capas triásicas, en contacto discordante con las carboníferas.

Varía el rumbo de los estratos en la homogénea y potente formación de «arenisca roja» que sirve de tapa a

las capas hulleras de Barruelo y Orbó, donde los bancos mesozoicos, aun siendo menos inclinados que los carboníferos, buzan en igual sentido y deben haber sufrido en época pirenaica o alpina empujes de la misma dirección NE. a SO. que los paleozoicos.

No creemos haya sido constante la dirección de los empujes en la edad terciaria, pues al Sur de la línea de fractura que, desde el sector meridional de Nava y pasando por Peragido, corre hacia Reinosilla, cambia sensiblemente el rumbo de las capas llegando a ser casi meridiano y resulta así indicada una estructura en semicúpula rota, para el conjunto de la formación triásica de esta zona.

Parece justificada la observación hecha por Quiring, en oposición a Karrenberg, de que la hoya infratriásica profunda y rellenada por gran espesor de sedimentos, debía acuñarse al Este de Cervera, pues faltan en la «arenisca roja o más exactamente en su «conglomerado» basal, cantos «calizos» que si hubiese llegado la depresión a aquel sector hubieran rodado, sin duda, desde las altas montañas calizas dinantienses, tan desarrolladas hacia el Oeste y NO. de la villa.

Las capas wealdenses, no muy netamente separadas del Triás, cubren el Carbonífero desde Vado Cervera hasta los alrededores de Cubillo, marcando con éste discordancia angular, bien acentuada, que no sólo ha sido observada en la superficie sino en los antiguos sondeos inmediatos a la estación del ferrocarril. Al Sur de Cervera, el Cretáceo superior se apoya concordante sobre Infracretáceo y Triás; con algunas ondulaciones presenta, en general, buzamiento al Sur y capas de moderada inclinación.

PALEONTOLOGÍA

En la enumeración y descripción de los ejemplares recogidos seguiremos una marcha ascendente, refiriéndonos a los distintos niveles de rocas, de más antiguas a más modernas, y diferenciándolas por los nombres de los lugares donde han sido recogidas, para facilitar así la labor al lector que busque los argumentos paleontológicos que han servido de apoyo a la parte estratigráfica de este trabajo.

Cuarcitas de Cervera (cerca del pantano de Ruesga)

Son cuarcitas en tránsito a areniscas ferruginosas, pero el hierro sólo está representado por escasos granos de hidróxido, casi calibrados con los de cuarzo fino; en la masa se suelen ver huellas cuadradas de granos piritosos ya alterados; también son frecuentes los trozos feldespáticos en la arena de la roca.

Estos asomos, semejantes a los de la cuarcita de Boñar con *Spirifer*, deben determinarse siempre paleontológicamente, pues de otro modo pueden confundirse con otros silurianos o proceder sin determinación, como ocurre con la cuarcita de Verbios en el estudio de Quiring.

Los fósiles que hemos podido clasificar son:

Spirifer rojasi, de Vern.

- *hystericus*, Schloth.
- *rouseau*, Rouault.

Que pueden admitirse del coblenciense inferior al givetiense.

Las presentaciones son siempre en moldes internos, pues estas rocas marinas están totalmente decalcificadas, lo que hace que paralelamente a los lisos, o sea en su corte normal, se distinguen, en hueco, las huellas de los braquiópodos.

Con relativa frecuencia, estos pliegues duros de arenisca o cuarcita infradevoniana, suelen estar rodeados de un collar de calizas, del mármol griota, como ocurre en la base del observatorio o monte de vigilancia que, en Cervera, se utilizó durante la guerra y al pie de cuyo promontorio se han encontrado *climénidos* por Sampelayo (P. H.)

Caliza de Lebanza

La roca es gris, de color de humo, fétida a la percusión por desprendimientos de fosfuros de hidrógeno.

CORALARIOS.

- Favosites polymorpha*, Gold.
— *cervicornis*, Blam.

Del coblenciense superior al eifeliense y givetiense. Es decir, calizas del mesodevoniano.

Los políperos de *F. polymorpha* se distinguen bien por la acumulación de los extremos distales.

Los coralitos parecen tubuliformes, sin que se desta-

quen bien los tubos de perforación. Las masas de estos antozoarios justifican su atribución al suborden de los *Tabulados*, de Milne Edwards y Haime.

En otro ejemplar, más pequeño y unido a muchos y diminutos artejos de crinoides, se ven secciones de agrupaciones de poliperitos bifurcadas y largas que hacen muy probable la atribución a la especie *cervicornis* que, del mismo modo, llega al Devoniano medio.

De la subclase *alcyonaria* encontramos representada la familia *Heliolitidae*, de Liström, género *Heliolites* y muy probablemente la especie *Heliolites porosa*, Gold., del eifeliense.

Por fin, entre los tetracoralia aislados reconocemos un ejemplar de gruesa columnilla y amplio mesoderma, atribuible a los *Zaphrentidos*.

ARTEJOS DE CRINOIDES.

En general son muy diminutos, de varilla o tallo corto y de rápido decrecimiento. En algún artejo, visto de plano, parece comprobarse el género *Poteriocrinus*, tan frecuente en todo el Devoniano y el Carbonífero.

BRAQUIÓPODOS.

No abundan en los trozos de rocas recogidos. Los más dignos de mención son varios ejemplares muy análogos en figura, tamaño y bifurcación de estrías, alternadas con otras costillas rectas en la escultura poco abultada de la valva ventral de *Orthothes* o *Streptorhynchus*, género que suele cubrir verticalmente del coblenciense inferior al eifeliense entero. Los ejemplares son muy semejantes a los representados en el estudio de Oehlert (1902) sobre los fósiles devonianos de Santa Lucía (León).

Destacamos una valva ventral del *O. hipponyx*, Schnu y otras dorsales de la especie *O. aff. umbraculum*, Schl.

Encontramos, además, alguna *Rhynchonella* o *Retzia* otros *Athyris* de varias especies semejantes a los antigu *reticularias*, todos dominantes en el coblenziense.

Por fin, debemos citar, sin especificación, algún *Spirif* de bocel escasamente pronunciado, algún gasterópodo un trozo de gran lamelibranquio muy liso (*Suizas Sol nacea* ?).

Calizas de Vergaño

La roca es una marga calcárea, de tono amarillento e la superficie, con olor al aliento, pero oscura, gris parda e la fractura, que responde con fetidez a la percusión. Esta margas, la disyunción de las cuales tiende a lajas más menos retorcidas y alabeadas, según el pliegue que la contiene, pueden clasificarse, en muchos de sus trozo como lumaquelas por la cantidad de restos marinos qu contienen y la conservación de sus conchas.

Las conchas, más calcáreas, se destacan en blanc sobre las láminas algo amarillentas y pizarroso-margosa que dan hojoidad a la caliza.

Los abundantes restos corresponden a la lista qu damos:

- 1.º Restos de coralaris (inclasificables).
- 2.º Tallos de crinoides.

Muchos pequeños, pero se identifica el *Poteriocrinu* tan frecuente en estas hiladas del Paleozoico.

- 3.º Briozoarios.

Son poco abundantes. Se pueden determinar alguno restos de fenestélidos y otros de varillas (*Rhabdomesor tidae*) quizás del género *Coeloconus*.

4.º Braquiópodos.

Son los mayores fósiles y los dominantes en la agrupación.

Entre los *Spirifer* se pueden citar el *Sp. pellicoi*, Vern., aunque con frecuente ruptura de sus alas; la *Leptaena murchisoni*, Vern., también está representada con sus gruesas costillas, pero el tipo dominante es el *Sp. cabedanus*, Vern. y, aunque menos, el *Sp. lucidae*, Oehl. y el *Sp. bouchardi*, Murch., pero los braquiópodos más específicos, quizás, sean las *spirigeras*, y entre ellas la *Spirigera ferro nensis*, Vern. y d'Arch., y la *S. ezquerra*, Vern. y d'Arch., y quizás alguna *Retzia subferita*, Vern., destacada por sus muy gruesas, escasas y características costillas de sección triangular.

Dejamos para el final de este apartado algunas consideraciones acerca de los pterópodos, grupo que, mejor que ninguno de los representados, fija la tendencia descendente de la fauna devoniana, del coblenziense al eifeliense, sin duda alguna.

Los pterópodos (*Hyalites*, *Tentaculites*, *Styholas*, etc.) que vienen desde el Cambriano, se adornan y adquieren más desarrollo del gotlandiense al coblenziense superior (*T. Scalaris* y *Conularias*).

Las especies mejor conservadas son:

Tentaculites Scalaris, Schlot.

— *alternans*, Rolm.

Conularia Gervillei, Arch. y Vern.



Calizas entre Valle y Verbios

Hemos podido clasificar varios ejemplares de *Camarotechia ferquensis*, Goss. y *Camarotechia mariana*, Vern., de la cual se aprecian dos corchetes, no del todo mal conservados en ambas valvas y la fisura media de la ventral en muchos de los ejemplares.

Entendemos que, como las *Retzias* de Chillón (Almadén), no deben pasar de coblenciense superior.

Entre estas calizas, y completamente suelto, hemos encontrado un precioso ejemplar de *Retzia*, sp., que pasa al museo del Instituto Geológico.

Calizas de Mudá

La roca contiene una gran cantidad de restos de difícil clasificación. Destacamos algún *Favosite*, sp. y otros corallarios, quizá *Cyathophillum*, sp.

Encontramos, también, brazos flexuosos del cáliz de un crinoide.

El conjunto parece Devoniano, de inferior a medio.

Caliza de Cabra Mocha y Sierra Coriza

(Vértice 1.458 y corrida de la cumbre)

Calizas de color gris a ceniza con leves líneas rojizas o amarillentas de «hidróxido», quizás debidas a diminutas «piritas» y pintas de «espato» blanco de los fósiles.

Como ejemplar suelto, en estas calizas hay un *Spirorbis* algo mayor que los descritos por Oehlert en su estudio

paleontológico sobre Santa Lucía (León), con el nombre de *S. lusitanica* n. sp.

La concha, plana y de gran tamaño, tendrá algo más de dos vueltas, con diámetro total de 37 milímetros.

Las vueltas se arrollarán aproximadamente en el mismo plano, son subcilíndricas y aplastadas por el lado adherente; la boca parece redonda y las estrías de crecimiento finas, apretadas, regulares y muy flexuosas. Esta especie, tenida por eifeliense, hace recordar a la *Sp. omphalodes*, Goldf., que de Verneuil y Barrande han citado en varios niveles del Devoniano español (Ferroños, Candás, etc.)

En otras muestras de la misma roca, encontramos otros restos de *Spirorbis*, peor presentados.

En otra piedra se presenta un ejemplar muy curioso de una *Pterinea* de escultura bien marcada en el sentido de las costillas, y bastante fina y de líneas irregulares en el sentido del crecimiento. Nos decidimos a incluirlas en este grupo, además, por su gran semejanza, en el centro y en la aleta principal, de otra *Pterinea retroflexa*, Wahlenberg, citada entre una faunela de avicúlidos por M. Leriche en la fauna siluro-devoniana de León, que se eleva hasta el Carbonífero.

Son frecuentes en las distintas muestras de esta roca los crinoideos, en tallos largos de artejos, alguno de los cuales puede ser del género *Poterocrinus*, unidos a dos o tres colonias de briozoarios (de la familia *Stictoporellidae*) con zoecias muy desiguales y zoarios de base ancha, tipos atribuidos con frecuencia al Carbonífero inferior.

Intencionadamente, hemos dejado para el final el referirnos a un trozo de esta roca que es modelo parcial de un banco de fusulinas, la longitud de las cuales varía de 1,5 a cuatro o cinco milímetros y el grueso ecuatorial de 0,5 a dos milímetros; en general son fusiformes, empezando

y terminando en cero con inclinaciones rectas e iguales de contorno, pero también es muy frecuente, en los ejemplares erosionados en su cubierta, observar una depresión en forma de hendidura o banda en el ecuador, donde se enlazan los dos conos de la figura y, en otro, las hendiduras son dos o tres, ocurriendo esto en ejemplares más alargados y menos fusiformes. Suponemos tener representados los tres géneros: *Fusulinella*, *Fusulina* y *Triticites* (Schwagerina).

Debemos advertir que, careciendo de libros modernos bien especializados, no nos decidimos a concretar sino alguna especie, prefiriendo señalar diferencias, por sencillas que sean, que permitan continuar estas observaciones.

Entre los individuos de la familia *Fusulinidae*, podemos citar *Fusulinellas* de dos clases: un tipo, casi esférico, que en el caparazón recuerda a la *Fusulinella spherioidea*, Möll. o a las *Staffellas* actuales (Cushman, 1933, pl. 13), verdadero punto de partida de toda esta dilatada familia que se distribuye desde la base del Carbonífero (*Fusulinella*) hasta el vértice Permiano con las *Neoschwagerina*, *Dolionia* y *Sumatruia*, etc.

Encontramos representados a individuos del género *Fusulinella* (Möller, 1870). Caparazón fusiforme con simetría bilateral del núcleo concha. La parte externa tiene la cubierta «tectum» y otra porosa; los tabiques que sostienen los muros externos o spirotheca son lisos y sin las comunicaciones que se presentan en las verdaderas *fusulinas*. Domina este género en el moscoviense de Eurasia y en el pensilvaniense de América. Entre las *fusulinas* quizás existan algunas del tipo de la *F. cylindrica*, pero la mayor parte de las que se pueden examinar con atención son mucho más gruesas, con 20 a 22 divisiones externas en la cubierta «tectum» y tabiques longitudinales muy estrecha-

dos hacia los vértices o finales de los túneles; las comunicaciones interseptales están muy bien marcadas y hacen el efecto de grandes poros. Las *fusulinas* mejor conservadas recuerdan la *F. Verneuilli*, Möll.

Por fin consideramos otros muy frecuentes ejemplares que, con carapacho del mismo modo fusiforme, ofrecen los largos tabiques septales adelgazándose en altura hacia un verdadero cinturón ecuatorial o angostura, muy marcado al erosionarse los pliegues externos. Hacia los poros del foraminífero vuelven a disminuir los septales hasta anularse. Los numerosos individuos de este grupo los referimos al género *Triticites* sp., fundado por Girty en 1904. Se supone dominante en el pensilvaniense medio, pero alcanzando hasta el principio del Permiano.

Es un fósil que eleva el supuesto nivel de las calizas más de lo que supone el geólogo alemán Quiring. Los *fusulinidos* están muy unidos a crinoides y algunos *Spirorbis*.

Calizas de Herreruela (al Este)

Roca muy parecida a la de Sierra Coriza. Vemos muchos crinoides y un trozo de braquiópodo que, por el contorno de su concha, implantada en la masa calcárea, recuerda la valva ventral de un *Productus sinnatus*, De Koninrk (t. 12, Davidson).

RESUMEN

En la zona estudiada no resulta netamente definida la influencia que, plegamientos de época caledoniana, hayan ejercido sobre su morfología. Dejamos, sin embargo, consignado el indicio de movimiento antecarbonífero observado en las rocas devonianas, al Norte de Verbios.

Resulta, en cambio, notoria la acción de los *empujes hercínianos*, de dirección NE. a SO., que han moldeado los pliegues de los sectores más resistentes, mientras *la combinación de aquéllos con los pirenaicos*, de dirección Norte a Sur, desviada en algunos parajes por pilares resistentes, dió lugar a las *muy complicadas estructuras del sector central* de la cuenca. Los saltos y roturas de las capas hulleras, fueron debidos a presiones tectónicas de edad terciaria, y siendo éstas las únicas que afectaron a las capas mesozoicas, dan lugar en ellas a pliegues e inclinaciones poco acentuadas.

No nos ha sido posible reconocer la serie antedevoniana, tan minuciosamente descrita por Quring, al SE. de Verbios, inclinándonos a creer, de acuerdo con nuestras observaciones, que la sucesión estratigráfica en tal zona es mucho más alta.

Resulta interesante hacer notar *la gran extensión comprobada para el Devoniano* en la región de Cervera, después de los hallazgos fosilíferos de Quring y nuestros, en contraste con las pequeñas manchas señaladas, hasta aho-

ra, en los mapas geológicos y situadas, únicamente, al Oeste de la cuenca del Rubagón.

Concedemos cierta importancia a los fósiles de la llamada «cuarcita de Cervera», ya que proporcionan un argumento decisivo en la rectificación de estos niveles de «cuarcitas» que, con frecuencia, han sido señalados como silurianos en la cordillera.

Los niveles «calizos» del Sur de Vergaño quedan incluidos en el Devoniano, sin que encontremos fundamento a la clasificación (22) que los incluye en el Carbonífero superior.

Hemos tenido ocasión de comprobar, de acuerdo con el citado autor alemán, la *no existencia de amplia mancha señalada como «caliza de montaña»*, o infracarbonífera, en mapas geológicos relativamente recientes y que se suponía abarcando los alrededores de San Cristóbal, llegando a Gramedo, Vergaño, Herrerueta y Sierra Coriza. Tal superficie corresponde, en realidad, a estratos del Hullero productivo, incluyendo «capas de carbón», y aflora no lejos de ella, y al Sur de Vergaño, un estrecho horizonte de «caliza» devoniana fosilífera, no señalado hasta ahora.

Según los fósiles que en ellos encontramos son de época hullera, es decir, «calizas carboneras», los crestones y largas corridas de bancos calcáreos de Rabanal, Cabra Mocha, San Cebrián de Mudá, Sierra Coriza, Celada de Robledo, Peña Tremaya, etc. Creemos, sin embargo, *deben reducirse a tres* los cinco niveles sucesivos indicados por Quring en esta zona.

El horizonte calizo de Rabanal debe, verosímilmente, situarse en la base del Hullero productivo; el nivel que tan fuertemente destaca en las altas crestas de Cabra Mocha, Alto Sierra, San Cebrián y Sierra Coriza se presenta claramente intercalado entre dos paquetes productivos, con

«capas de hulla» y, por último, los fuertes y curvados bancos «calizos» de Celada, Tremaya y Redondo, deben representar el nivel culminante de la serie productiva.

El establecimiento de esta serie de «calizas carboneras» resulta considerablemente apoyado por los bancos de *fusulinas* que hemos tenido la suerte de encontrar en las calizas de Cabra Mocha.

Los rápidos y múltiples cambios de facies observados en esta cuenca hullera, son claro exponente de oscilaciones del suelo durante el depósito de las capas carboneras, e indican una formación «parálica» o de estuario.

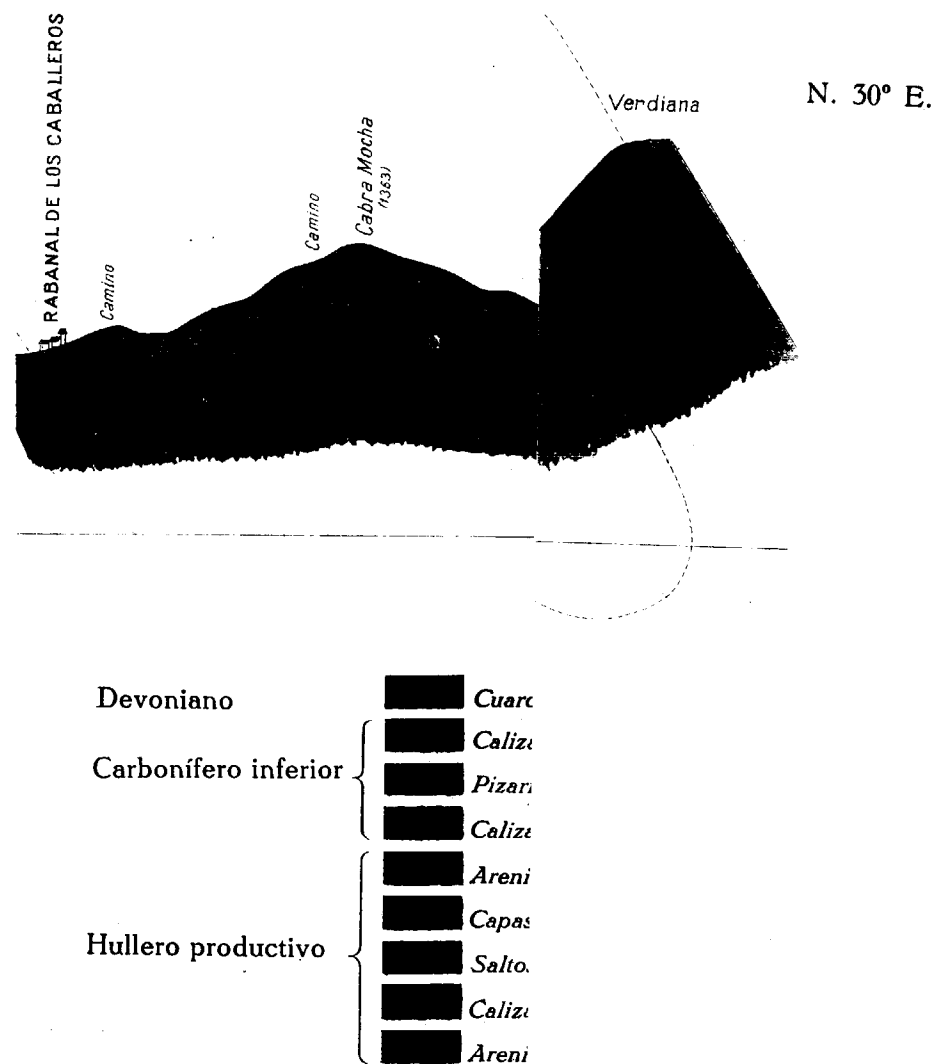
En cuanto a su edad, los fósiles hallados no han sido suficientes para determinar si todas las capas de carbón deben incluirse en el piso moscoviense-westfaliense o llegan las más altas al uraliense-estefaniense. Ahora bien, la fauna hallada por Mallada, Fuchsing y otros, en Barruelo, Orbó y San Cebrían, nos inclinan, más bien, a situar en el Hullero medio o westfaliense la zona carbonera estudiada.

El considerable desnivel, superior a 150 metros, existente entre la *segunda terraza* del Pisuerga, mejor definida en la zona, y su lecho actual, así como el gran tamaño de los cantos rodados que integran la más antigua, son pruebas de la intensa acción erosiva que, desde el Neogeno al actual, han ejercido las nieves y aguas meteóricas en la cuenca de este río, quien todavía muestra a veces carácter torrencial.

Madrid, enero 1945.



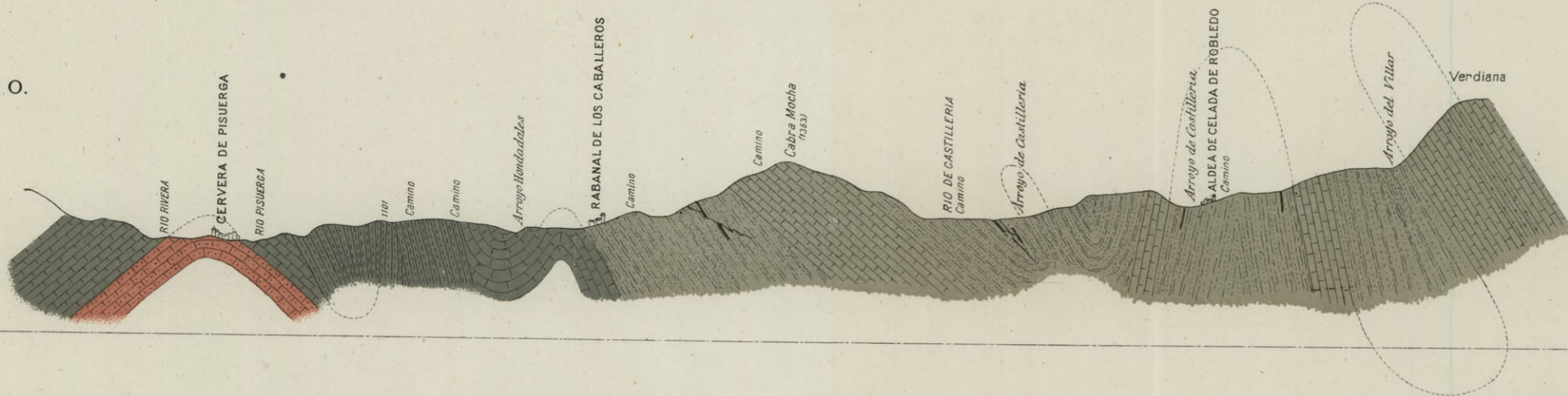
NAL DE LOS CABALLEROS, CELAD



CORTE I DE CERVERA A RABANAL DE LOS CABALLEROS, CELADA DE ROBLEDO Y ALTOS DE VERDIANA

S. 30° O.

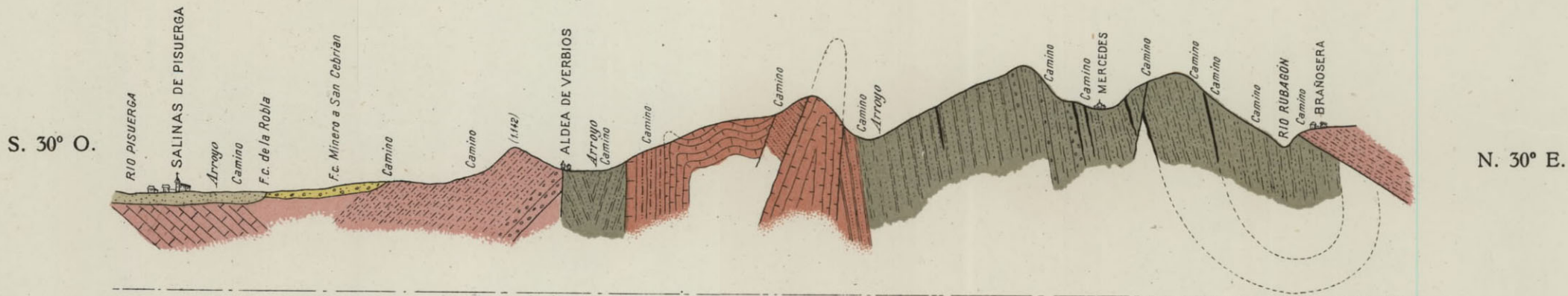
N. 30° E.



ESCALAS { Horizontal 1 : 50.000
Vertical 1 : 20.000

Devoniano		Cuarcita de Cervera
Carbonifero inferior		Caliza de Montaña
		Pizarras y filadíos
		Caliza con crinoides
Hullero productivo		Areniscas y pizarras delgadas
		Capas de carbón
		Salto o falla
		Calizas carboneras con corales y crinoides
		Arenisca basta dura

CORTE II DE SALINAS DE PISUERGA A VERBIOS Y BRAÑOSERA



ESCALAS { Horizontal 1:50.000
Vertical 1:20.000

- | | | | |
|------------------------|---|--|-------------------------------|
| Devoniano | } | | Cuarcitas |
| | | | Calizas |
| | | | Pizarras arcillosas |
| | | | Areniscas |
| Hullero productivo | } | | Conglomerado hullero |
| | | | Capas de carbón |
| | | | Arenisca dura hullera |
| | | | Pizarras y areniscas delgadas |
| | | | Contactos anormales y fallas |
| Triás | } | | Conglomerados |
| | | | Arenisca roja |
| | | | Calizas |
| Cuaternario
Aluvial | } | | 3.ª terraza |
| | | | Aluviones recientes |

BIBLIOGRAFÍA

1. 1863.—DAVIDSON (T.).—«British fossil brachiopoda».—(Paleontographical Society.—London).
2. 1878.—MALLADA (L.).—«Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España».—(Boletín de la Comisión del Mapa Geológico).
3. 1882.—BARROIS (CH.).—«Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice».—(Six-Horremans.—Lille).
4. 1889.—BARROIS (CH.).—«Fauna du calcaire d'Erbray».—(M. Société Géologique du Nord. T. III).
5. 1892.—MALLADA (L.).—«Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España».—(Boletín de la Comisión del Mapa Geológico).
6. 1898.—MALLADA (L.).—«Sistemas Devoniano y Carbonífero».—(Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España).
7. 1902.—OEHLERT (M. D. P.).—«Fósiles devonianos de Santa Lucía».—(Boletín Comisión Mapa Geológico. T. XXVI).
8. 1906.—SÁNCHEZ LOZANO (R.).—«Datos geológico-mineros relativos a la cuenca carbonífera de Guardo (Palencia)».—(Boletín Comisión Mapa Geológico España. T. 28).

9. 1912.—SÁNCHEZ LOZANO (R.).—«Sondeo extremo oriental de Guardo, cerca estación Cervera».—(Boletín Comisión del Mapa Geológico de España Tomo 33).
10. 1914.—ADARO (L.).—«Emplazamientos de sonde para investigar la probable prolongación de l senos hulleros por bajo de los terrenos mesozoicos».—(Boletín Instituto Geológico y Mine de España. T. XIV).
11. 1922.—URRUTIA (R.).—«Un sondeo en el Carbonife de León».—(Boletín Instituto Geológico y nero de España. T. XLIII).
12. 1924.—DUPUY DE LÔME y Novo.—«Estudio para la investigación del Carbonífero oculto bajo el S cundario de Palencia y Santander».—(Bolet Comisión Mapa Geol. de España. T. 45.—V
13. 1927.—ZITTEL (K. A.).—«Text-book of Paleontology (Macmillan and Co.—London).
14. 1929.—MÜLLER (W.).—«Die fauna der Frasnies-Stu bei Almadén (Sierra Morena, Spanien)».—(Fra kfurt A. M.).
15. 1929.—GÜRICH (G.).—«Leitfossilien».—(Verlag vo Gebrüder Borntraeger.—Berlín).
16. 1930.—LAVARDIERE (J. W.).—«Contribution a l'étud des terrains paleozoiques dans les Pyréné occidentales».—(Memoires de la Sociéte Gé logique du Nord. T. X).
17. 1933.—CUSHMAN (PH. D.).—«Foraminífera».—(Sh ron.—Massachusetts).
18. 1934.—LE MAITRE (D.).—«Etudes sur la faune de calcaires devoniens du Bassin d'Ancenis. (M. Sociéte Géologique du Nord. T. XII).
19. 1934.—KARRENBERG (H.).—«Die postvaricische Entwi

- kelung des Kantabro-asturischen Gebirges».— (Ab. Ges. Wiss. Göttingen.—Berlín).
20. 1937.—WEDWKIND (Dr. PH. R.).—«Mikrobiostratigra phie die Korallen und foraminiferenzeit».— (Ferdinand Enke Verlag.—Stuttgart).
21. 1937.—GOTHAN (W.).—«Die Lagerstätten der Nützbaren Mineralien etc. T. III. Kohle.—(F. E. V. Stuttgart).
22. 1939.—QUIRING (H.).—«Die Ostasturischen Steinkohlenbecken».—(Preussische Geologische Landesanstalt.—Berlín).
23. 1942.—PATAC (I.).—«Crónica del Segundo Congreso de estratigrafía carbonífera».—(Notas y Comunicaciones, número 10, del Instituto Geológico y Minero de España).
24. 1943.—QUIRING (H.) y ALVARADO (A.).—«Cuencas hulleras al Este de Asturias».—(Boletín Instituto Geológico y Minero de España. T. LVI).
25. 1944.—SAMPELAYO (P. H.).—«Datos para el estudio de las hojas del Mapa Geológico 1 : 50.000 (Gijón y Oviedo)».—(Instituto Geológico y Minero de España).

**CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO
DE LA GEOLOGÍA CANTÁBRICA**

UN ESTUDIO DE PARTE DE LAS PROVINCIAS DE
BURGOS, ALAVA, VIZCAYA Y SANTANDER

POR

J. M. RÍOS, A. ALMELA Y J. GARRIDO

Los trabajos de campo fueron realizados por los Sres. Almela, Galy Ríos, durante el verano de 1944. Las determinaciones paleontológicas han sido hechas, en su totalidad, por el Sr. Almela. El estudio de los datos, composición y redacción del texto por el Sr. Ríos. Este trabajo fué entregado para su publicación en el otoño de 1944.

ÍNDICE

	<u>Páginas</u>
Advertencia preliminar	5
Introducción	9
CONTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA Y TECTÓNICA	
I. CARACTERÍSTICAS GENERALES	17
II. ESTUDIO DETALLADO DE LA ESTRATIGRAFÍA	21
A. Cortes típicos	21
Región SO.	22
Cortes típicos en la Sierra de la Testa o de Tesla	22
Región SE.	26
Cortes típicos en el anticlinal de Lalastra-Sobrón	26
Cortes típicos en la estructura monoclinal al NE. del anticlinal de Lalastra-Sobrón	32
Región NO.	38
Región NE.	40
Depresiones del relleno terciario	42
B. Descripción detallada de la serie estratigráfica	47
Triásico	47
Jurásico	50
Cretáceo	52
Cretáceo inferior	52
Cenomanense	61
Turonense	63
Senonense	67
Las formaciones terciarias	80
Eoceno	80
Ypresiense	80
Luteciense	81
Oligoceno	86
C. Descripción detallada de la tectónica	91
III. RESUMEN GENERAL E HISTORIA GEOLÓGICA	109
Cretáceo inferior	109
Cenomanense	110
Turonense	111
Coniaciense	112
Santoniense	112
Campaniense	113

Maastrichtiense	
Garumnense	
Ypresiense	
Luteciense	
Eoceno superior	
Oligoceno	
Tectónica	
IV. ANÁLISIS CRÍTICO	
Ciry	
Estratigrafía	
Basamento	
Permo-triásico	
Triásico	
Jurásico	
Cretáceo inferior	
Cretáceo superior	
Cenomanense	
Turonense	
Coniaciense	
Santoniense, campaniense y maastrichtiense	
Terciario	
Conclusiones generales	
Karrenberg	
Permiano	
Triásico	
Jurásico	
Wealdense	
Aptense	
Albense	
Cretáceo superior	
Terciario	
Schriel	
Triásico	
Jurásico	
Cretáceo inferior	
Cretáceo superior	
Terciario	
Tectónica	
Clemente Sáenz	
Wealdense	
Albense	
Cenománico-turonense	
Turonense medio	
Turonense superior	
Coniaciense	
Santoniense	
Campaniense	
Maastrichtiense	
Garumnense	
Numulítico	
Tectónica	
Relación de las localidades citadas en este trabajo	

ADVERTENCIA PRELIMINAR

Este trabajo está afectado de algunas peculiaridades que conviene señalar para no inducir a error a sus lectores. Estas peculiaridades se han originado por su finalidad de geología aplicada a la minería de productos útiles. Lo que nos interesaba era, sobre todo, determinar lo más exactamente posible la estructura tectónica. Llegamos al terreno advertidos (*) de que el trabajo más reciente y detallado sobre el conjunto de su zona (**) presentaba importantes confusiones estratigráficas, que llevaron a su autor a considerables errores en sus deducciones tectónicas.

Estudiado el problema sobre el terreno, llegamos rápidamente a la conclusión de que, en efecto, la tectónica de la zona era mucho más sencilla que como la había descrito Schriel; en suma, que era muy sencilla.

Ahora bien, al estudiar la estratigrafía nos cautivó la variedad, complejidad y continuidad de las capas y hemos entrado más profundamente de lo que nos proponíamos en su análisis estratigráfico.

(*) Clemente Sáenz: «Notas acerca de la estratigrafía del supra-cretáceo y del numulítico en la cabecera del Nela y zonas próximas». Bol. Soc. Esp. de Historia Natural. 1933.

(**) Schriel: «Die Sierra de la Demanda und die Montes Obarenes». Abh. der Ges. der Wiss. zu Göttingen Math-Phys. Klasse N. F. Bd. XVI, 2, 1930.

Este estudio estratigráfico, en puro rigor científico, ha ir acompañado del estudio detallado de faunas, pero las colecciones no han sido tan ricas y abundantes como hubieran podido serlo de haber dispuesto de más tiempo.

Así, pues, nos hemos apoyado predominantemente en un criterio litológico.

Éste está lejos de ser tan exacto y científico como paleontológico. Sin embargo, en casos como este, en que las capas se presentan con tan gran regularidad, nos ha parecido que merecía la pena intentarlo.

Así, pues, nos adelantamos a señalar el «pero» fundamental de este trabajo, admitiendo, sin embargo, que puede afectar en algunos casos al detalle, el conjunto debe resultar muy aceptable.

Hemos establecido una serie de cortes geológicos, realidad jalónados por pocos fósiles determinantes, y comparación e identificación consiguientes se han basado en el parecido, a veces la identidad, de las series litológicas, consideradas como conjunto.

Existen, sin embargo, una serie de tramos fundamentales cuya identidad parece evidente, y ello justifica nuestra conclusión de que el conjunto sea realmente muy aceptable. Además, las zonas contiguas, sobre todo al Oeste, han sido recientemente y detalladamente estudiadas (*) y ello nos da una sólida base y una piedra de toque.

Así, pues, no nos extrañará que localmente se rechacen y varíen las divisiones menores, elevando o rebajando algunos tramos o capas, pero esperamos haber acertado al conjunto, dando una concepción más exacta de una región hasta ahora no representada en mapas de detalle,

(*) Obras citadas y Ciry: «Étude Géologique d'une partie des provinces de Burgos, Palencia, León y Santander». Toulouse, 1940

falsamente representada, lo que es más importante, en nuestra opinión.

En última instancia se podrá considerar accesorio en este trabajo todo lo que suponga una división menuda de los estratos, y, en cambio, esencial el conjunto y tectónica.

INTRODUCCIÓN

Los estudios geológicos que venimos realizando en colaboración, desde hace ya tres años, nos llevaron durante el verano del pasado 1943 a la zona en que se juntan las cuatro provincias de Burgos, Alava, Vizcaya y Santander.

Es variada y bellísima región. Los cielos límpidos y azules de la seca y austera meseta castellana se cubren de celajes en las alturas de los montes Obarenes; barrera que cierra al Norte los amplios horizontes burgaleses. La vegetación se hace más jugosa, y, entre los roquedos de las sierras, van apareciendo rientes valles cubiertos de frondosos bosques de castaños, robledales y hayedos. Finalmente, nos asomamos, en los confines de las provincias de Alava y Burgos, al borde de un precipicio, balcón por el que Castilla se asoma al Cantábrico, y a nuestros pies aparecen los tallados montes de las provincias de Vizcaya y Santander, separados por infinidad de valles, matizados sus colores por las manchas de bosques, tierras de labor y pueblos y caseríos que salpican el paisaje de esta próspera comarca.

Históricamente es también región llena de gloriosos recuerdos de todas épocas, pero entre todos ellos, sobresalen los que, por más imprecisos, son también más

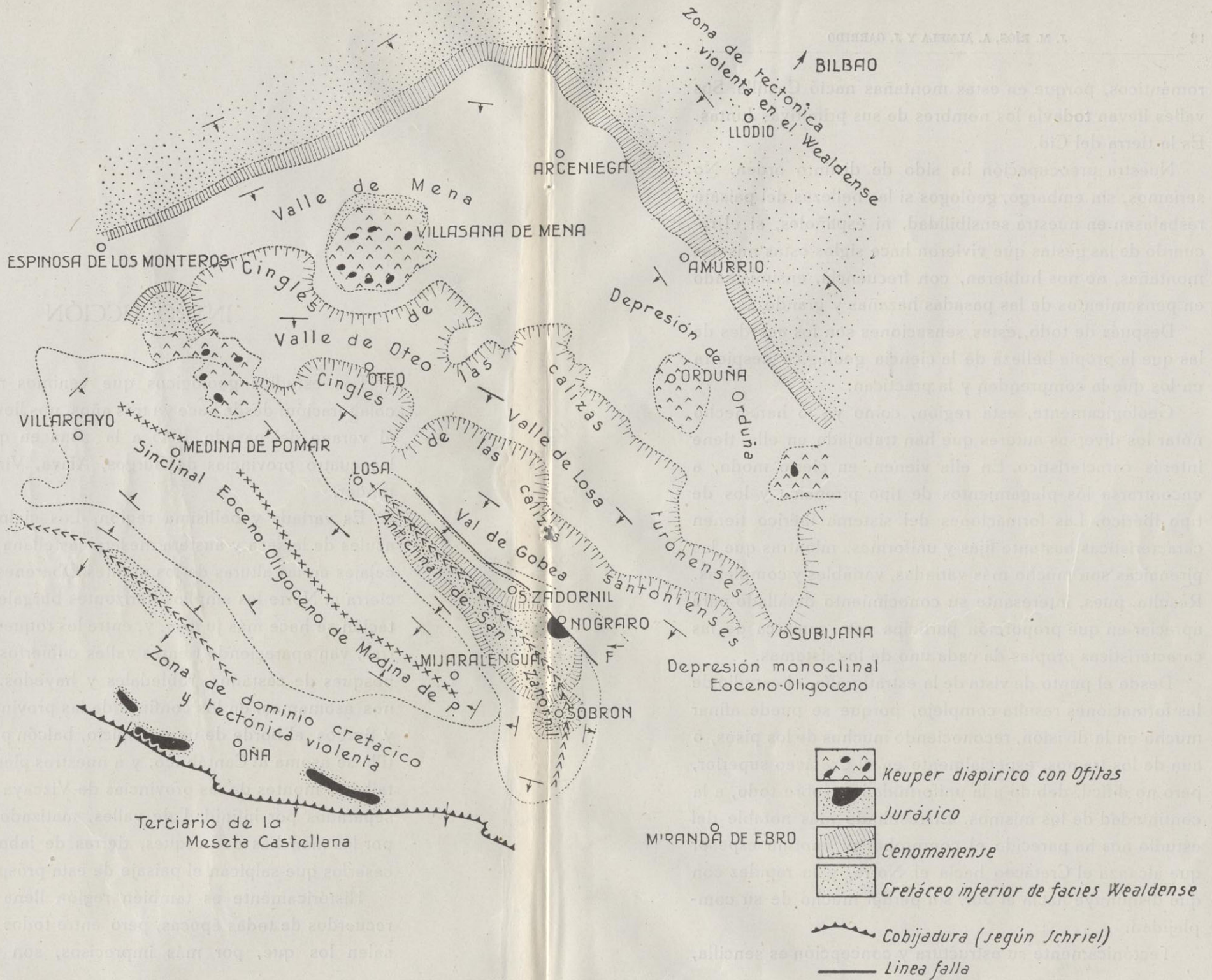


Figura 1

románticos, porque en estas montañas nació Castilla. Su valles llevan todavía los nombres de sus primitivas Juntas Es la tierra del Cid.

Nuestra preocupación ha sido de distinto orden. N seríamos, sin embargo, geólogos si las bellezas del paisaj resbalasen en nuestra sensibilidad, ni españoles, si el recuerdo de las gestas que vivieron hace siglos estas misma montañas, no nos hubieran, con frecuencia, ensimismad en pensamientos de las pasadas hazañas y grandezas.

Después de todo, estas sensaciones son los acordes d las que la propia belleza de la ciencia geológica despiert en los que la comprenden y la practican.

Geológicamente, esta región, como ya lo han hech notar los diversos autores que han trabajado en ella, tien interés característico. En ella vienen, en cierto modo, encontrarse los plegamientos de tipo pirenaico y los d tipo ibérico. Las formaciones del sistema ibérico tiene características bastante fijas y uniformes, mientras que la pirenaicas son mucho más variadas, variables y completa Resulta, pues, interesante su conocimiento detallado par apreciar en qué proporción participa esta comarca de la características propias de cada uno de los sistemas.

Desde el punto de vista de la estratigrafía, el estudio d las formaciones resulta complejo, porque se puede afin mucho en la división, reconociendo muchos de los pisos, aun de los tramos, especialmente en el Cretáceo superior pero no difícil, debido a la uniformidad y, sobre todo, a l continuidad de los mismos. El resultado más notable d estudio nos ha parecido el comprobar el enorme espes que alcanza el Cretáceo hacia el Norte, y la rapidez co que disminuye hacia el Sur, sin perder mucho de su co plejidad.

Tectónicamente su estructura y concepción es sencill

teniendo en cuenta que nosotros no hemos abarcado en nuestro estudio el contacto con la meseta castellana. En este borde Sur de la zona montañosa, la complejidad tectónica, según la describen los que la han estudiado, y según se puede apreciar al atravesar los Obarenes, pasando de la Meseta a la zona que estudiamos, es considerable. Los cabalgamientos, roturas y plegamientos violentos combinados con la compleja estratigrafía han de hacer su estudio detallado verdaderamente difícil.

Pero en la comarca que hemos recorrido, la estructura es sencilla. Al Sur hay unas alineaciones anticlinales, prácticamente simétricas, y sólo en las ramas meridionales, y de manera local, se aprecian trastornos que son el anuncio de la atormentada tectónica de los Obarenes, propiamente dichos. Una gran cubeta y un largo anticlinal, cerrándose periclinalmente (figuras 1 y 2), constituyen el tránsito hacia el Norte a una extensísima estructura monoclinal que afecta el resto del área.

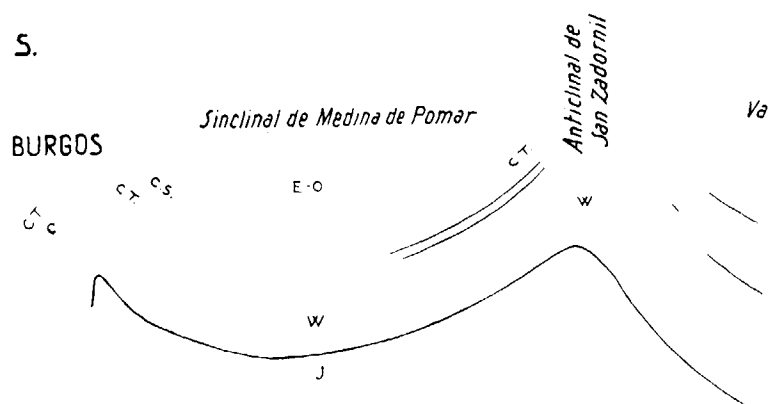
Más al Norte la tectónica se complica otra vez, y los trastornos colocan de nuevo en la superficie del terreno las formaciones altas; pero esto ya fuera de la zona objeto de nuestro estudio. La existencia de una falla, y de varios diapiros importantes, pero sencillos, complican ligeramente el cuadro tectónico de la comarca.

El primer geólogo que se ocupó de la geología de estas regiones y obtuvo un mapa, fué Naranjo (1841), pero los jalones para el conocimiento más detallado, fueron colocados por Verneuil y Collomb (1852).

Los geólogos españoles que cimentaron estos conocimientos, detallándolos, fueron Aranzazu (1877) y Adán de Yarza (1885, 1892), en sus mapas y memorias para la Comisión del Mapa Geológico de España. Desde entonces, han venido apareciendo, periódicamente, trabajos que es-

tudian aspectos parciales o que afectan parcialmente a esta región.

Desde 1930 hasta ahora, han aparecido varios trabajos muy completos e importantes, que constituyen una espléndida contribución al conocimiento detallado, y son los de

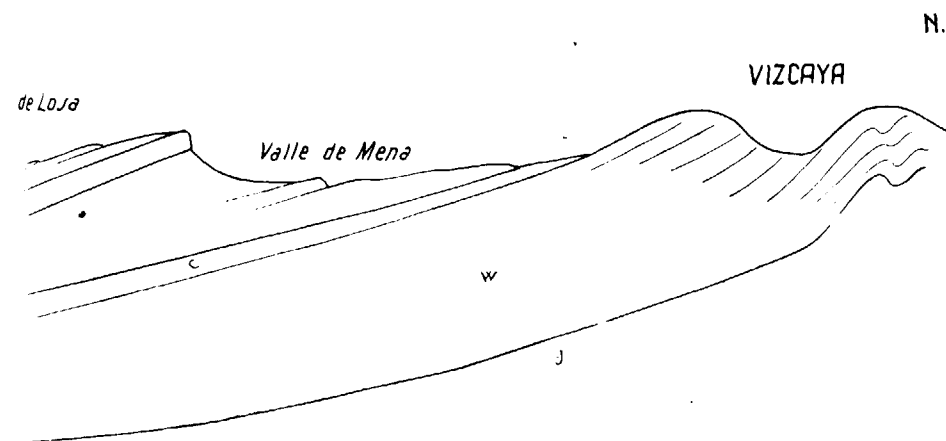


Schriel (1930), a pesar de sus defectos, Clemente Sáen (1933 y 1940), Karrenberg (1934) y Ciry (1940). En ello se precisan, con toda exactitud, una serie de cuestiones, y se fijan en términos precisos y claros, aquellos problemas que aún no han tenido solución.

Los trabajos de Karrenberg y Ciry tratan de las regiones situadas más al Oeste, y únicamente tienen en común con el nuestro la parte más oriental de sus mapas, que coincide con la nuestra más occidental.

No obstante, y dada la continuidad y uniformidad de las formaciones, sus observaciones estratigráficas y tectónicas conservan su validez para nuestra comarca

han de ser tenidas en cuenta. El trabajo de Schriel, en cambio, abarca una zona más extensa que la vista por nosotros, la cual queda englobada en la suya, excepto al Norte, donde nuestras observaciones se han extendido más que las suyas.



Nuestro trabajo consta de dos partes. En la primera, exponemos la constitución estratigráfica y tectónica de la región, ateniéndonos a nuestros datos y observaciones. En la segunda, comparamos estas consideraciones con las de los trabajos que acabamos de mencionar.

CONSTITUCIÓN ESTRATIGRÁFICA Y TECTÓNICA

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES

La región donde las tres provincias de Santander, Burgos y Vizcaya se encuentran, es una de las comarcas españolas donde las formaciones del Cretáceo se presentan más completas y con mayores espesores. El Cretáceo inferior es monótono; sus increíbles espesores se presentan con un aspecto bastante uniforme: la facies wealdense; sólo algunas cuñas marinas permiten comprobar que representa todos o casi todos los pisos del Cretáceo inferior. El Cretáceo superior es, por el contrario, más variado en su litología. Se pueden caracterizar y seguir todos sus pisos en interminables corridas y, además, se pueden dividir aquéllos, litológicamente, en horizontes igualmente continuos. La división litológica se confirma con las caracterizaciones paleontológicas.

El techo geológico del Cretáceo está constituido por el Eoceno, que a su vez soporta, generalmente por intermedio de potentes conglomerados basales marginales, al Oligoceno.

El yacente del Cretáceo no era conocido, y la formación más inmediata a él, cuyos afloramientos estaban señalados, es el Triásico. Existen en esa región varios diapiros en los cuales el keuper, generalmente acompañado de ofi-

tas, perfora las capas cretáceas, y en alguno, además, la eocenas y oligocenas.

La comarca a que nos estamos refiriendo (figura 1) está delimitada por los pueblos de Espinosa de los Monteros, Villarcayo, Miranda de Ebro, Llodio y Valmaseda.

La estructura tectónica es sencilla (figuras 1 y 2). El eje o divisoria tectónica está constituido por una amplia depresión sinclinal simétrica, cuyo eje se arrumba al NO.-S (depresión de Villarcayo-Medina de Pomar-Mijaralengua en que aparecen plegados conjuntamente el Eoceno y Oligoceno. Este sinclinal está bordeado por dos anticlinales, más bien agudos, pero bastante simétricos, cuyos flancos están constituidos, sobre todo, por las capas del Cretáceo superior, y en cuyas charnelas aflora el wealdense. Tanto el sinclinal como los anticlinales, cierran perpendicularmente.

Más allá del anticlinal meridional, el Cretáceo se pliega cada vez más violentamente, hasta presentar un frente de agudísimos trastornos y cabalgaduras de vergencia Sur oeste y Sur.

El anticlinal, al NE. de la depresión de Medina Pomar, está bruscamente roto por una larga falla, que recorre casi todo su flanco Norte. Esta falla ha dado origen al valle de Gobeia, constituido por las capas oligocenas con una muy pequeña inclinación. Al NE. de este anticlinal existe una inmensa disposición monoclinal. Bajo las capas eocenas va saliendo, con una muy pequeña y regular inclinación, toda la complejísima serie del Cretáceo superior.

Un nivel duro de calizas santonienses marca un escalón en los valles de Oteo y La Losa. Otro duro nivel de calizas turonenses marca otra profundísima depresión o escalón en los valles de Mena y Orduña. Más allá van apareciendo diversos tramos del Cretáceo superior, más bajo, y luego

el cenomanense (en la línea Espinosa de los Monteros, Valmaseda, Amurrio). Por debajo del cenomanense y con una inclinación mayor, pero en disposición extraordinariamente regular, lo que arroja enormes espesores, va apareciendo la facies wealdense. Ésta, cerca ya de Bilbao, se afecta de una tectónica violenta y, en vez de mostrar su base, aparece de nuevo el Cretáceo superior.

Hemos dividido nuestra exposición en tres partes independientes, una de estudio y representación detalladas, otra de resumen general de características en que además se analiza el desarrollo y evolución paleogeográficas y tectónicas. A aquellos lectores que no quieran entrar en el conocimiento detallado, o comparar y criticar cotejando con sus propias observaciones, recomendamos que prescindan del estudio detallado, ya que en el resumen encontrarán todos los hechos fundamentales expuestos con mucha mayor claridad y sencillez.

Finalmente, en una tercera parte, hacemos un estudio crítico de nuestras conclusiones por comparación con los resultados a que han llegado los autores de los trabajos más completos y modernos sobre esta región.

II. ESTUDIO DETALLADO DE LA ESTRATIGRAFÍA Y DE LA TECTÓNICA

A. CORTES TÍPICOS

Exponemos en una serie de cortes típicos la estructura estratigráfica de la región, en la misma forma que nos hemos valido para deducirla. Ha de tenerse en cuenta que se trata en este caso de croquis, en que la escala horizontal es aproximada, pero la vertical es libre y está deformada con objeto de mostrar más claramente las características de las distintas capas. Los espesores, por consiguiente, no corresponden a los reales, y ni siquiera, los de unas capas con relación a las otras, más que de una manera vagamente aproximada. Los cortes reales, a escala 1 : 50.000, se encuentran en láminas al final de este trabajo.

Región SO.

Cortes típicos en la Sierra de la Testa o de Testa.

DE VILLALÁIN A VALDENOCEDAS, A LO LARGO DEL CURSO DEL ÉBRO Y DE UN AFLUENTE. (Figura 3.)

Llegamos a Villaláin por una formación margosa blanda y vamos cortando las siguientes formaciones:

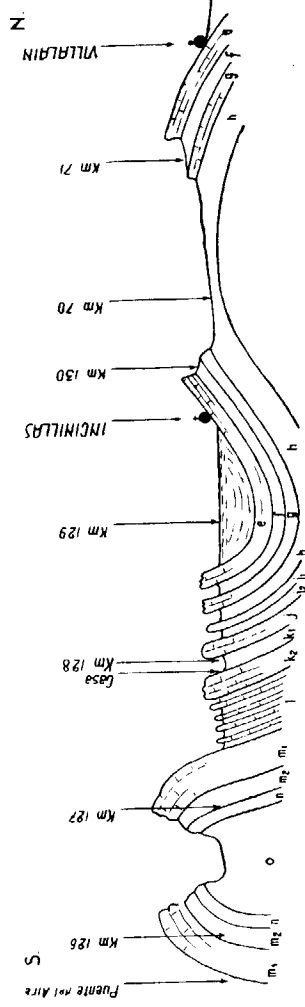


Fig. 3

- e : Capas de calizas grises en bancos regulares y bien estratificados, enajados de *Nummulites* y *Alveolinas*. Su espesor lo apreciamos en unos 40 a 50 metros. Las *Alveolinas* son del tipo de la *A. subpyrenaea*.
- f : Areniscas de grano silíceo, variando su color de amarillo a rosado. Algún lecho de gravilla silícea. De semicompactas a blandas, sueltas hacia la base. Estratificación cruzada. Espesor apreciado en 30 metros.
- g : Calizas dolomíticas compactas, con pequeñas cavidades irregulares; engloba granos diminutos de sílice. Espesor apreciado en 20 metros.
- h : Tierra creta blanca desacreándose en olivo im al abel; contiene fragmentos abundantes de cuarzo rosado. En la parte

Estamos atravesando un anticlinal de modo que se repiten los tramos g, f y e, llegando después al valle del Ebro, en Cuaternario.

Este valle no es sino el relleno de un sinclinal, y volvemos a encontrar las mismas capas con las siguientes características:

- e : Calizas con *Alveolinas* y *Nummulites*. Espesor apreciado, 25-30 metros.
- f : Capas de areniscas y gravillas. Espesor apreciado, 20 a 25 metros.
- g : Dolomías. Espesor apreciado, 40 a 50 metros.
- h : Areniscas blandas y margas calizas, todo ello de color blanco. Debajo masas grises y verdosas, pizarrillas y tierras sueltas de colores vivos. Espesor apreciado en unos 150 metros.
- i₁ : Calizas impuras, arenoso-margosas. Espesor apreciado en 20 metros.
- i₂ : Margas arenosas, duras, tableadas; colores amarillos. Espesor apreciado en 40 a 60 metros.
- j : Calizas en general compactas, algún nivel semi-margoso. Restos de rudistas (*Hippurites* y *Sphaerulites*); grandes y abundantes alveolínidos. Otros restos fósiles. Espesor apreciado, 30 metros.
- k₁ : Areniscas blandas de colores amarillos y blancos. Contienen abundante grano de sílice y pisan a areniscas margosas más duras y amarillas. Algunos tramos de areniscas son muy compactos. Existe algún banco de caliza intercalado. En la base, margas arenosas, cuyo color varía del azul al amarillo. Contienen abundantes restos fósiles, entre ellos *Ostreae*.
- k₂ : Calizas margosas, duras y compactas. Restos fósiles; diminutos alveolínidos. Espesor, 30 metros.
- l : Complejo en que margas, más o menos calizas, alternan con una serie de crestones calizos duros.
- m₁ : Calizas compactas, en bancos gruesos y regulares. Espesor apreciado, 150 metros.
- m₂ : Bancos margosos blandos. Espesor apreciado, 80 metros.
- n : Bancos margoso-arenosos, duros; con *Orbitolinas*. Espesor apreciado, 60 metros.
- o : Areniscas amarillas, micáceas, blancas, deteznables.

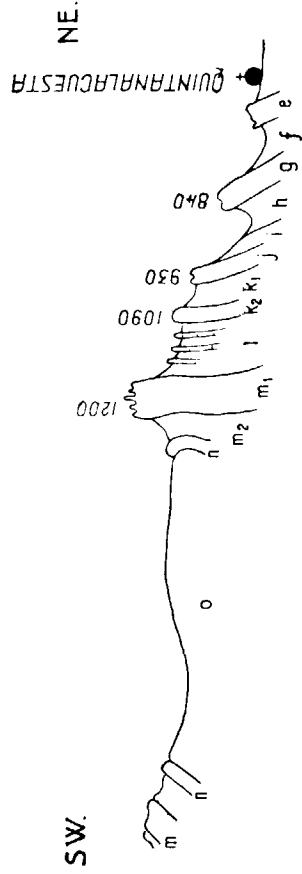


Fig. 4

- e : Caliza cuajada de *Alveolinas*; es un banco continuo con el correspondiente del corte anterior.
- f : Areniscas rosadas con abundantes granos de cuarzo rosado; estratificación cruzada y confusa. Se trata del tramo
- g : Caliza magnesia; grano fino. Tramo.
- h : Tierras blancas, verdes y víneas; alguna hilada dura de arenisca compacta, con abundante grano de sílice de color rojo oscuro; tramo.
- i : Calizas margosas, margas y margas-calizas de color amarillo; tramo.
- j : Calizas compactas con largos rudistos (*Hippurites*); tramo
- k₁ : Calizas arenosas, cavernosas con abundante grano de sílice; areniscas; tramo.
- k₂ : Calizas compactas, cuajadas de *Alveolinas* de tamaño diminuto; tramo
- l : Complejo de margas y calizas en bancos finamente estratificados; duras y compactas; tramo

De la comparación de los dos cortes que acabamos de describir se observa que ambas series estratigráficas son perfectamente identificables como no podía menos de ocurrir. Se trata, en efecto, de capas, cuyas corridas, ininterrumpidas, se pueden seguir perfectamente con la vista. Los diversos tramos calizos constituyen escarpes continuos, o líneas de cerros, perceptibles incluso en las curvas de nivel de las hojas del Mapa Nacional a escala 1 : 50.000.

No nos ha acompañado la fortuna en la recogida de fósiles, pues aunque hemos visto huellas abundantes, no hemos podido hacer apenas determinaciones específicas.

Poco podemos, pues, precisar, por ahora, en lo referente a los tramos. Sin embargo, anticiparemos que:

- e : Calizas con *Alveolina subpyrenaica* y *Nummulites*, corresponde al Eoceno, probablemente al inferior.
- h : Sobre todo en su tramo inferior de arcillas verdes y rojas nos recuerda el garumnense.
- j : Con su abundancia de hippurítidos, son probablemente las calizas campanienses.
- m : El tramo más importante de calizas debe representar por su carácter y posición el turonense. En el corte de Quintanacuesta estas calizas han suministrado un ejemplar de *Ostrea*, al parecer la *Exogyra* *columba*, Lamck, ejemplar de pequeño tamaño, especie cenomanense, pero también citada, incluso como característica (Lamouche), del turonense.
- n : Las primeras capas con *Orbitolinas* son el cenomanense. Estas capas pasaron inadvertidas en el corte de Quintanacuesta, pero se han representado, porque todo hace suponer que realmente existen.
- o : Capas detríticas y carbonosas de carácter continental, por su aspecto y su posición son, sin duda, las capas albenses, idénticas en su aspecto a sus coetáneas de la Ibérica.

Esta serie estratigráfica, así determinada, la hemos empleado como patrón, comparando con ella las que hemos ido obteniendo en esta región de características litológicas tan uniformes. Los hallazgos paleontológicos que hemos ido realizando nos han permitido comprobar la clasificación provisional que acabamos de realizar y determinar la edad de los tramos intermedios.

Región SE.

Las formaciones que acabamos de describir se sumergen bajo otras más modernas, afectando todas ellas una disposición sinclinal que constituye la depresión de Villarcayo-Medina de Pomar-Tobalinilla y reaparecen para constituir al NE. una disposición monoclinal, y al SE. el flanco SO. del anticlinal de Lalastra-Sobrón.

Cortes típicos en el anticlinal de Lalastra-Sobrón.

FLANCO SO. POR LA HOZ. (Figura 5.)

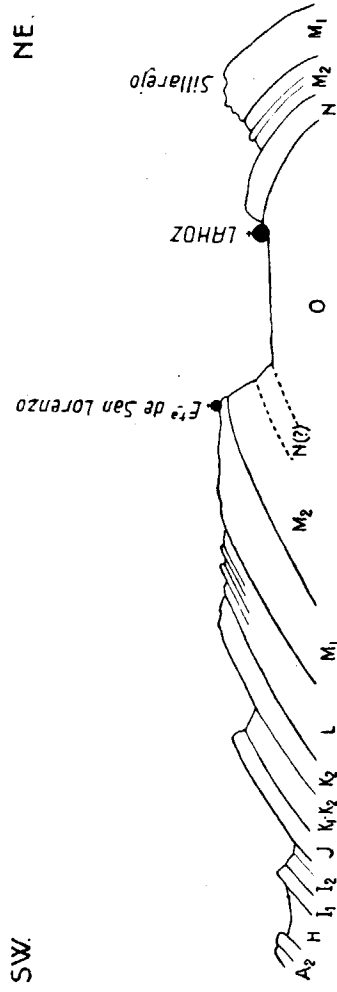


Fig. 5

- I₁. Calizas blancas compactas.
- I₂. Capas de calizas arenosas, amarillas y blancas, compactas.
- J. Calizas grises rojizas, oquerosas.
- K₁, K₂. Margas grises, de blandas a compactas con abundantes fósiles. *Alveolina*, sp., *Lacazina elongata*, Dun-Chal., *Cyclonites*, sp., *Terebratulita*, sp., *Cardium coniacum*, d'Orb., *Lima santoniensis*, *Nerinea requieni*, d'Orb., *Pleurotomaria*, sp., *Nautilus*, sp., abundantes restos de *Ammonites* y *Alectrongia matheroniana*, d'Orb.
- K₃. Calizas grises compactas.
- L. Tramo margoso-calizo.
- M₁. Calizas grises y rojizas finamente estratificadas.
- M₂. Calizas y margas arenosas y areniscas, con *Nautilus*, sp. e *Inoceramus*, sp.
- O. Areniscas amarillas, micáceas; de sueltas a compactas.
- N. Calizas margoso-arenosas, finas y regularmente estratificadas. Contienen abundantes *Orbitolinas* y alveolínidos entre otros restos fósiles indeterminables.
- M₂. Margas grises y amarillentas, con algún tramo calizo más duro.
- M₁. Calizas compactas de grano fino.

Comparando esta serie con las anteriores, podemos establecer las siguientes identidades:

Las capas O son el albense, equivalentes a las n. Las N representan el cenomanense, con abundancia de *Orbitolinas*, equivalentes a las n (al SO. de La Hoz estas capas, o no son visibles, o han pasado inadvertidas).

Las potentes calizas de M₁, representan, sin duda, las calizas turonenses (m₁). Las calizas y margas K₂, con abundantes *Alveolinas* y variados fósiles, representan el santoniense inferior. Equivalen a las k₂. El tramo H equivale, quizás, al h y representa el garumnense. Encima se apoyan discordantemente los conglomerados oligocenos A₂, y faltan los tramos de la serie eocena.

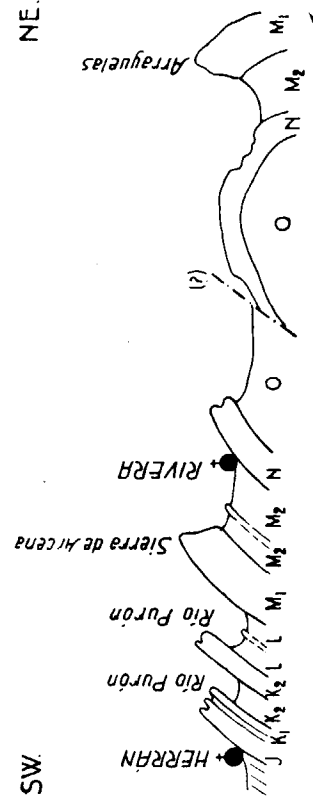


Fig. 6

J : Calizas rojas muy arenosas, bastante estratificadas (80 metros)

K₁ : Nivel margoso blando (15 metros).

K₁ : Banco de caliza gris (15 a 20 metros).

K₂ : Margas grises (70 metros).

K₂ : Bancos de calizas grises compactas.

L : Margas grises y pizarrillas gris verdiccas (80-100 metros).

M₁ : Potentes calizas grises en capas muy regulares y bien estratificadas (unos 190 metros).

M₂ : Margas grises en tramos compactos con algún banco más calizo y duro (unos 300 metros de margas).

N : Bancos compactos de calizas grises con intercalaciones margosas. *Orbitolinas*.

O : Areniscas micáceas con lechos carbonosos; areniscas compactas y bancadas de arenas blancas y amarillentas con mucha mica.

La identificación de esta serie con la anterior es bastante clara.

EXTREMO SUR, A LO LARGO DEL RÍO EBRO, POR EL BALNEARIO DE SOBRÓN Y TOBALINILLA. (Figura 7.)

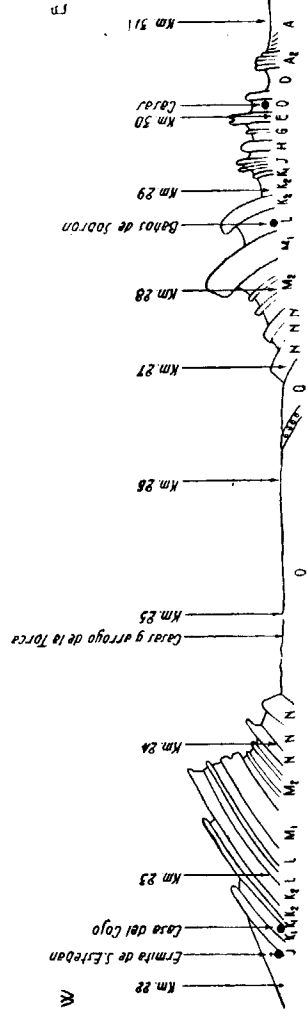


Fig. 7

Empezando al Oeste, es decir, por Tobalinilla, encontramos la siguiente serie:

- Calizas arenosas de colores rojizos a muy rojos, se ven continuamente en el terreno, y son los mismos bancos J de los cortes anteriores; es el tramo..... J
- Nivel margoso con abundantes restos fósiles indeterminables..... K₁
- Nivel calizo margoso-arenoso, pero muy compacto..... K₁
- Nivel margoso fosilífero..... K₂
- Banco grueso de calizas compactas..... L
- Margas calizas, con algún banco calizo intercalado..... M₁
- Grueso tramo calizo de unos 100 metros que está compuesto de 25 metros de calizas compactas inferiores, 25 metros algo más margosos y 50 metros de calizas compactas..... M₁
- Nivel margoso..... M₂ 130 metros.....

- Banco calizo de 35 a 40 metros..... N
- Margas azules con *Orbitolinas* 40 metros..... } 140 a 160 metros.....
- Calizas con *Orbitolinas* 60 metros.....
- Luego vamos encontrando una formación esencialmente detrítica constituida de areniscas amarillas muy micáceas en y pizarritas azules, oscuras, carbonosas, con pequeños cristales de yeso; presentan intercalaciones de margas hojosas kilómetro 26 encontramos unas margas azules arrionadas y pizarritas, con equinidos de pequeño tamaño, mal conservados, de la especie *Pitheozoster colleyni*, Sism., de edad aptense. Tras un pequeño espesor de estas margas, vienen bancos de arenas silíceas sueltas, de color blanco, y otros compactos de areniscas en estratificación cruzada, de típica facies albense. Todo este conjunto representa el cretáceo inferior de facies wealdense, con la particularidad de presentar alguna intercalación marina..... O
- Calizas cuajadas de *Orbitolinas*..... N
- Margas con *Orbitolinas*..... } Representan el cenomanense.....
- Calizas.....
- Margas azules y grises..... M₂
- Calizas arenosas y muy arenosas..... M₁
- Un nivel calizo de 5 a 10 metros entre capas margosas..... L
- Bancos compactos y espesos de calizas..... K₂
- Nivel margoso blanco..... K₁
- Calizas compactas muy regulares y finamente estratificadas, con *Alveolinas* y *Ostréas*, en crestón..... J
- Margas arrionadas con fósiles..... I (?)
- Bancos arenosos y calizos rojizos-amarillentos entre capas margoso-arenosas blandas..... G, H (?)
- Crestón de muy poco espesor de calizas rojizas y areniscas de grano muy fino, poco cristalinas, pero muy duras..... E
- Dos crestones de poco espesor, calizos, rojizos, con *Alveolinas* y *Sphaerulites*, sp., separados por bancos de margas y tierras rojas; en conjunto 80 metros..... D
- Calizas arenosas amarillentas compactas con restos fósiles; muy bien estratificadas, 30 a 40 metros.....
- Capas margosas, colores algo vivos, con una intercalación algo más caliza.....
- Calizas con restos fósiles, intercalaciones detríticas, granos de sílice.....
- Areniscas silíceas terrosas, blancas, grano muy fino con *Astinitas*.....

Cortes típicos en la estructura monoclinal al NE. del anticlinal de Lalastra-Sobrón.

CORTES POR MIOMA-VALPUESTA. (Figura 8.)

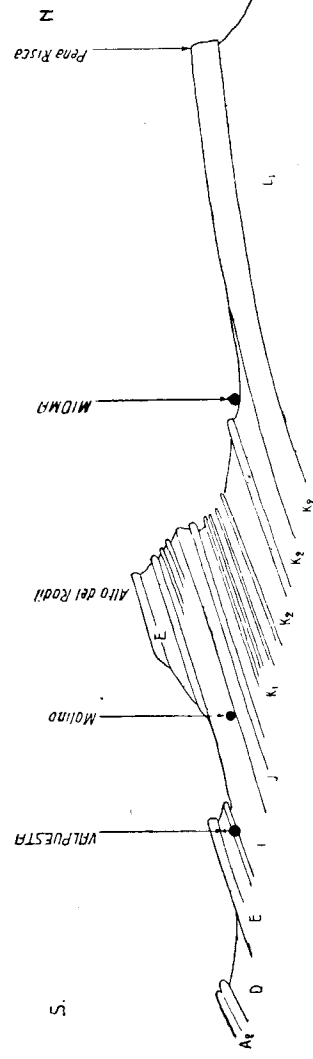


Fig. 8

Conglomerados oligocenos	A ₂
Margas y tierras blancas, de semi-compactas a saeltas.	D
Bancada caliza con una intercalación margosa de 30 metros; espesor total 50 metros	E
Alternancia de banquitos calizo-arenosos, con margas de color amarillento y areniscas rojas	I
Calizas blanco-rojizas con abundantísimos <i>Sphaerulites</i> . Debajo bancos calizos margoso-arenosos, blancos y amarillentos. Contienen granos de sílice redondeados	J
Nivel de margas blancas	K ₁
Areniscas rojas y blancas, con grano de sílice abundante y algún banco compacto intercalado	K ₁
Margas blandas de color blanco	K ₂
Nivelito margoso-calizo, compacto, con <i>Limas</i> e <i>Inoceramus</i> muy abundantes. Margas calizas de color blanquezo	K ₂
Calizas rojas arenosas, con fósiles: <i>Lacazina elongata</i> , <i>Hemiasler nucleus</i> , <i>Desor</i> , <i>Lima santoniensis</i> , <i>d'Orb.</i> , <i>Mortinoceras tecanum</i> , <i>Roem</i>	K ₂

Las calizas de la base las tenemos bien determinadas paleontológicamente y representan el nivel calizo del santoniense inferior.

El tramo, con abundantes rudistas, por su contenido fósil, aspecto y posición, representa, con toda probabilidad, el campaniense. La identificación de los demás tramos se ha hecho por interpolación, teniendo en cuenta que el Oligoceno está perfectamente caracterizado.

CORTE POR LA CARRETERA DE TRESPADERNE A ARCENIEGA (QUINTANILLA LA LOSA-RÍO DE LOSA). (Figura 9.)

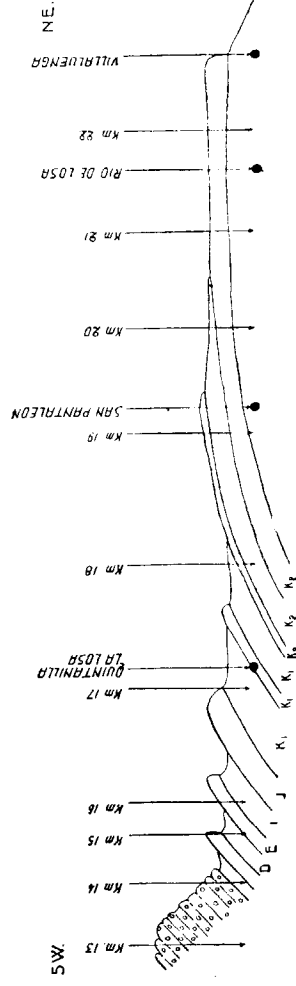


Fig. 9

Partiendo de los conglomerados oligocenos, aquí en enormes masas, y pasados unos tramos eocenos, encontramos:

- Un banco de calizas, con *Ateolinas* y *Orbitoides*, que tiene en su base un banco de areniscas cementadas por caliza; contienen *Ateolina longa*. Se trata de las calizas eocenas E
- Margas y areniscas de colores claros I
- Tramo de calizas amarillentas, con niveles margoso-arenosos; restos fósiles J
- Areniscas claras, con algunas margas. Es un tramo predominantemente arenoso K₁
- Banco calizo arenoso de unos seis metros de potencia, con *Mitoides* K₁
- Areniscas blancas, y arenas sueltas micáceas K₁
- Banco calizo de poco espesor K₂
- Banco de margas grises, arrionadas, nodulares, con fósiles abundantes, *Cyclotites* *polimorpha* Gold., *Cyclotites* sp., *Placosmitia vidali*, *Pyrina ataciana* Cott, *Pyrina orbigniana* d'Orb., *Phymosoma arnaudt* Cott, *Vologesia acuta* d'Orb., *Rhynchonella vespertilio*, *Inoceramus goldfussi* d'Orb., *Arca* sp., *Cardium* sp., *Solen radians* (?) d'Orb., *Pleurotomaria* sp., *Natica* sp. K₂
- Un tramo potente de calizas K₂

Las margas y calizas K₂, por su contenido fósil, están paleontológicamente bien determinadas; representan el santoniense.

El nivel de calizas J parece corresponder al tramo de rudistos que venimos atribuyendo al campaniense. Los demás tramos se clasifican por su posición entre éstos.

CORTE POR OTEO - PERESOTAS - MONMEDIANO - VILLATE. (Figura 10).

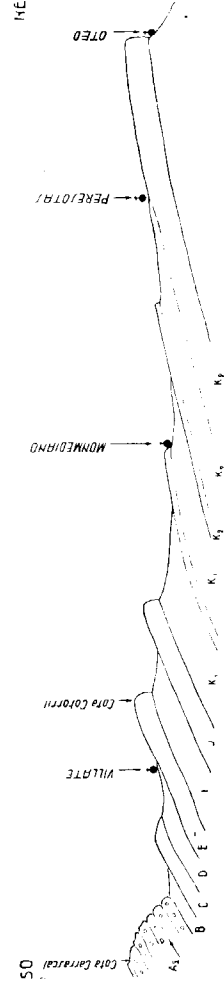


Fig. 10

Partiendo, igualmente, de los conglomerados oligocenos, de espesor bastante más reducido aquí, y salvados tres tramos eocenos, dos de ellos margosos y el intermedio calizo, encontramos:

- Un banco de calizas; *Alveolinas*..... E
- Tierras y areniscas blancas y blandas..... I
- Un banco calizo..... J
- Un tramo de areniscas amarillas, de grano fino, pasando de blandas a compactas..... K₁
- Nivel calizo-arenoso, de color amarillo..... K₁
- Tramos de margas arenosas..... K₁
- Un nivel de calizas muy fosilíferas con radiolas y placas de *Cicaris* y restos de lamelibranchios y gasterópodos..... K₂
- Margas con restos fósiles y calizas margosas..... K₂

6 * CORTE PARCIAL POR VILLAMOR. (Figura 11.)

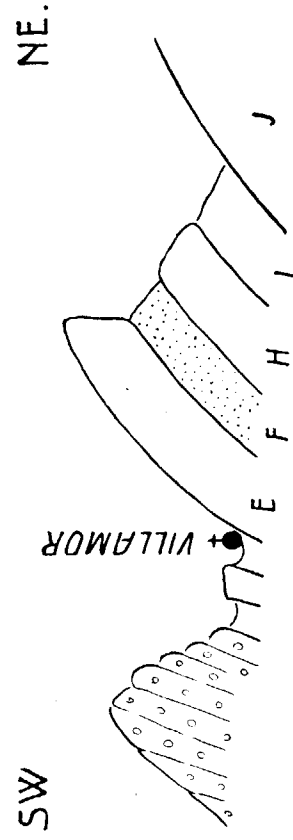


Fig. 11

Los conglomerados oligocenos, además de la continuidad de las capas, nos permiten relacionar estas capas con las anteriores.

Encontramos (compárese con las figuras 3 y 4):

- Calizas de *Alveolinas*..... E
- Areniscas silíceas grano fino, rosadas, estratificación confusa..... F
- Tierras abigarradas rojas, blancas y verdes..... H
- Margas..... I
- Un banco de calizas..... J

Región NO.

CORTE OTEO-VILLABASIL-COTA PEÑALBA. CORTE POR BARCEDO-ÁGÜERA. (Figura 12.)

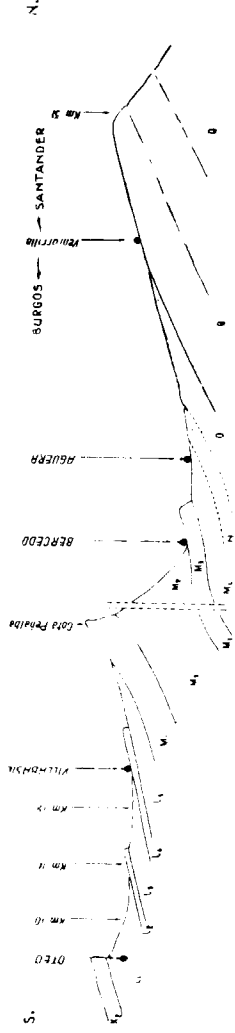


Fig. 12

Partiendo de las calizas santonienses K₂ (ver figura 10), vamos encontrando:

- Un tramo de margas grises arenosas, semi-compactas
- Un nivel de margas calizas, compactas, con *Nautilites*, *Ammonites*, *Limus* de gran tamaño, gasterópodos de tipo *Turritella* de gran tamaño
- Un tramo de margas grises con abundantes restos fósiles, como los antes citados; además, *Pleurotomarius* y abundantísimos briozoarios.....
- Van pasando por intermedio de bancos calizo-margosos a una potente e importante formación de calizas en masa.....
- Un tramo de margas grisadas amarillentas, muy finamente estratificadas con hiladitas compactas intercaladas. Aspecto de flysch
- Un tramo de calizas de color gris oscuro, algo margosas, compactas
- Un tramo de margas y calizas margosas, grises u oscuras; blandas a compactas
- Una serie complejísima y extraordinariamente potente en que alternan las areniscas compactas, amarillentas, en bancos gruesos y firmes; capas finamente tableadas y hojosas con restos carbonosos. Todo el conjunto muy micáceo. También hay margas pizarreñas de color negro.....
- O

- El tramo K₂ representa el nivel de calizas santonienses, como se ha visto por cortes anteriores.
- El tramo M₁, representa las calizas turonenses, y si bien aquí no hemos recogido fósiles determinantes, su edad la hemos establecido paleontológicamente en otras localidades.
- Los tramos comprendidos entre ellos los atribuimos al coniacense.
- El tramo O representa, sin duda, el Cretáceo inferior en facies wealdense.
- No hemos visto el tramo de *Orbitolina* N, que representa el cenómanense, pero existe, bien caracterizado, poco más al Este y, también, pocos kilómetros más al Oeste; por esto admitimos su posible existencia.

CORTE POR VILLALBA DE LOSA-PEÑA DE ORDUÑA-LLODIO. (Figura 13.)



Fig. 13

Partiendo de las calizas santonienses K_2 , de Peña Risca (ver figura 8), encontramos los tramos siguientes:

Un tramo de margas grises y blancas.....	L_1
Un nivel de calizas	L_2
Un tramo de margas arenosas grises azuladas	L_3
Un nivel calizo	L_4
Paso gradual a un potente tramo de macifos y calizas grises, pasando de margosas a compactas, con <i>Lima conso-</i> <i>brina</i> , d'Orb	M_1
Un potentísimo tramo de margas arenosas de facies flysch que van pasando hacia la base de margas azules, tableadas y sueitas, con algún banco intercalado más compacto de macifos	M_2
Un tramo de margas calizas grises, compactas, marcando un escalón muy continuo en la topografía	M_3
Un tramo de margas grises	M_4
Un tramo de margas arcillosas tableadas, cuajadas de <i>Orbitolinas</i>	N
Un tramo excepcionalmente potente, heterogéneo en el detalle, muy homogéneo en el conjunto, formado por la repetición alternada de margas micáceas, arenosas, de estructura pizarreña y color negro; areniscas amarillas micáceas. Intercalaciones de margas hojosas y carbonosas negras, con eflorescencias azufrosas Hay un nivel compacto de bancos de calizas negras muy compactas, fosilíferas, con <i>Pseudotoxaria santanderensis</i>	O

Comparando este corte con el anterior, se aprecia la identidad de ambos. Todos estos niveles son continuos entre uno y otro corte.

El tramo O representa el Cretáceo inferior con facies wealdense. Es curioso que el tramo calizo, situado muy abajo, puede representar ya por sus fósiles una edad aptense, aunque aún tiene por encima enormes espesores de sedimentos antes de llegar al tramo N que representa el cenomanense. El importante tramo calizo M_1 está constituido por las calizas turonenses; atribuimos al turonense los niveles margosos comprendidos entre M_1 y K_2 .

Depresiones del relleno Terciario.

CORTE DEL BORDE SO. DE LA DEPRESIÓN DE VILLARCAYO-MEDINA DE POMAR, POR QUINTANALACUESTA - MONEO - SAN MARTÍN. (Figura 14.)

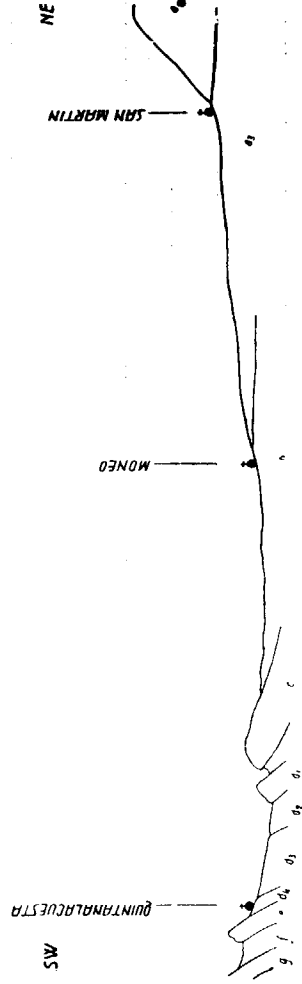


Fig. 14

Partiendo de las calizas de *Alveolinas* e, en cuya falda está edificado Quintanalacuesta (ver figura 4), encontramos:

- Un nivelito de arenas silíceas, cuyo tamaño pasa de muy fino a gravilla; ferruginosas, de colores rojizos, con estratificación cruzada; arcillas violáceas d
 - Un tramo de margas y tierras blancas, sueltas y desagregadas y arcillas y tierras blancas, verdosas y rojas d₃
 - Un tramo de calizas margosas, bien estratificadas con aspecto más bien marino; un nivelito de areniscas rojas d₁
 - Bancos compactos, de caliza margosa muy blanca comprendiendo tierras y arenas blancas con abundante pedernal y sílice semiópalo c
 - Un tramo blando de arenas, margas y arcillas de colores blancos y rosados b
 - Areniscas y margas, y algún banco de conglomerados; aspecto inconfundiblemente Oligoceno a₃
 - Un potesísimo tramo de parecida composición, pero en el que predominan los conglomerados a₂
- Los tramos a₂ y a₃ son, a nuestro juicio, oligocenos.
 Los que quedan comprendidos entre éstos y las calizas eocenas de *Alveolinas* y *Nummulites* serían eocenos.

CORTE DEL BORDE NE. DE LA DEPRESIÓN DE VILLARCAYO-MEDINA DE POMAR. (Figura 15; comparar con las 9 y 10.)

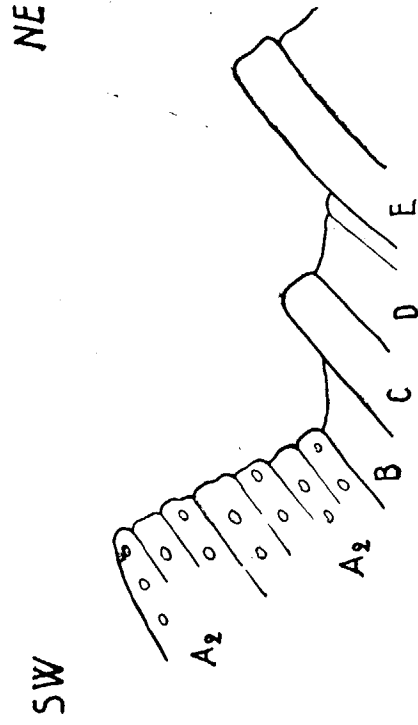


Fig. 15

En este corte, en el que se han resumido las características de varios, ya que todos los que se pueden trazar son muy parecidos, encontramos, aparte de las calizas de *Alveolinas*:

- Un nivelito de areniscas amarillentas.
- Un tramo de margas blancas, arcillas violáceas y arenas silíceas D
- Un tramo compacto de calizas margosas, blancas y cavernosas C
- Un tramo de areniscas tableadas y margas arenosas, claras y rosadas B
- Una potentísima masa de conglomerados, con todo el aspecto de los conglomerados oligocenos. A2

Los cortes que acabamos de dar a conocer son aquellos más típicos, por ellos se puede imaginar fácilmente las estructuras estratigráficas y tectónicas de la región. Nuestro trabajo se apoya, sin embargo, además, en datos obtenidos en otras muchas localidades, y las atribuciones estratigráficas están basadas no solamente en los fósiles ya citados, sino en otros recogidos en puntos no afectados por los cortes. Por consiguiente, vamos a hacer un análisis detallado de las formaciones geológicas y de sus variaciones a lo largo del terreno estudiado.

B. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA SERIE ESTRATIGRÁFICA

TRIÁSICO

El Triásico se presenta en esta zona únicamente bajo el aspecto de diapiros, así es que sus contactos con las formaciones circundantes son siempre anormales.

Existen cuatro grandes diapiros: el de Salinas de Rosío, al extremo NO. de la depresión de Medina-Villarcayo; el de Villasana de Mena, en el valle de Mena; el de Orduña, en la depresión de Orduña; el de Luquiano (o de Murguía), al extremo Este de nuestra zona.

Posiblemente es un diapiro abortado el que ha hecho aflorar la mancha jurásica de Nograro, donde aparece incluso el retense, pero la presencia del Triásico es sumamente problemática y unas manchas de arcillas rojas que allí existen junto al retense, más que el keuper, parecen ser resultado de la laminación de las capas calizas por las presiones.

La tectónica de todos ellos es análoga y presenta particularidades interesantes, que describiremos al ocuparnos de la tectónica en general.

Debido a este carácter diapírico, el Triásico no presenta en ningún lado una serie normal, sino que sus afloramientos se reducen a una confusa y trastornada masa, predomina

minante margosa, donde es imposible establecer un orden de continuidad de las capas.

Estos afloramientos parecen corresponder exclusivamente al keuper, y están constituidos, sobre todo, masas de margas muy variables en su color, ya que pasan de tonos grises y azulados a los vivos colores abigarrados que son típicos del de facies germánica.

DIAPIRO DE SALINAS DE ROSÍO.

El diapiro de Salinas de Rosío presenta este aspecto variable, con margas grises y azules y arcillas deleznable (La Maza); margas azules con jacintos de compostela (v. tice Cañares, al Sur de Villatomil), que por su aspecto vistas a lo lejos, conducen a confusión, pues más bien parecen cretáceas o eocenas. En otros lados tiene un color blanco, vinoso o azul violado, y presentan entonces margas el aspecto de la tiza empapada en tinta (La Riba La Cerca). Pueden tener el aspecto típico del keuper germánico con margas y tierras rojas y abigarradas con yeso en masa, susceptibles de explotación (La Cerca, Villatomil, Bóveda de la Ribera, La Riba).

Son abundantes las masas y bloques de calizas magnesianas cavernosas, con los colores amarillos y rojizos las carniolas. Se encuentran estos bloques salpicando doquier las masas de margas. Es imposible establecer orden de correlación, pero más bien que las carniolenses parecerían ser un tramo de calizas magnesianas intrakeuperianas.

Lo mismo ocurre con las masas ofíticas (*), de cuyos restos se ve a veces más o menos cubierto el diapiro,

(*) Son rocas de aspecto ofítico, pero cuyo verdadero carácter petrográfico de ofitas ha sido negado por San Miguel y otros.

que sea posible apreciar con exactitud la localización del afloramiento de que provienen. Hemos podido llegar a localizar tres manchas ofíticas en Rosales, Villatomil y al Sur de La Cerca. Esta última parece estar rodeada de una aureola metamórfica de pizarras, si bien, quizás, no sean otra cosa que las margas pizarreñas negras del wealdense, que arrastradas por el keuper han tomado un aspecto metamórfico.

DIAPIRO DE VILLASANA DE MENA.

En el diapiro de Villasana de Mena, de aspecto muy parecido, tenemos margas blancas, como creta, y vinosas (El Vigo, Siones) o arcillas rojas y abigarradas (Ordejón de Ordunte). En este diapiro son muy abundantes las calizas dolomíticas cavernosas, amarillo rojizas, esparcidas en bloques y masas por todo el diapiro.

En algunas zonas el suelo está materialmente cubierto por fragmentos y pelotas de rocas oscuras de textura ofítica, pero rara vez se ve el afloramiento de la roca firme.

DIAPIRO DE ORDUÑA.

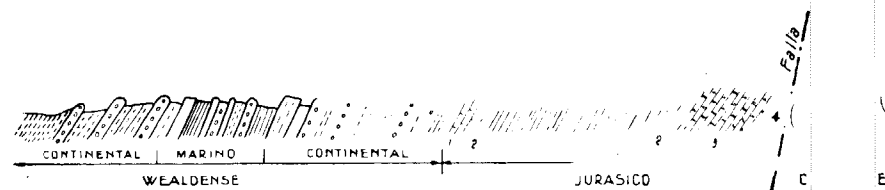
El diapiro de Orduña es de características análogas a los anteriores; presenta, igualmente, yesos, que se explotan en las afueras de Orduña, y carniolas. No hemos visto ofitas pero han sido señaladas por Adán de Yarza, por Schriel y C. Sáenz.

DIAPIRO DE LUQUIANO-AMORGUIA.

El diapiro de Luquiano lo hemos recorrido sólo por un extremo. Parece muy extenso. Tiene una constitución parecida y hemos visto, por lo menos, un afloramiento de ofitas en roca firme.

JURÁSICO

Hemos dado a conocer recientemente (*) la existencia en esta zona, del Jurásico, formación que hasta ahora se había señalado. Existe un solo afloramiento enclavado en el anticlinal de Lalastra-Sobrón.



1.- Calizas jurásicas. 2.- Margas liásicas. 3.- Calizas liásicas. 4.- Corniolas retenses

Fig. 16

La serie jurásica (figura 16) comienza en su parte superior por un tramo de calizas compactas (1), color gris anteo, veteadas de calcita; contiene abundantes restos fósiles sobre todo *Ammonites*; su espesor es de 10 a 12 metros. A continuación hay unas margas (2), hojosas, laminares por los empujes, comprendidas entre hiladas más duras unos 10 a 20 centímetros de grueso. Su color es gris a lado. Contienen abundantes *Belemnites*. Su espesor es de unos 75 metros. Siguen a las margas unas calizas oscuras (3), amarillas en superficie, negras en fractura, muy fértiles contienen abundantes artejos de crinoides. Su espesor es de 40 a 50 metros. A continuación hay unas corniolas completamente cavernosas, y celulares, sin que se pu-

(*) Almela, Garrido y Ríos: «Una nueva mancha jurásica en el Pirineo (Val de Gobeia-Alava)». Notas y comunicaciones del Instituto Geológico y Minero. Tomo 12. 1944.

apreciar su estratificación. Su color es gris amarillento. Las celdas son de formas poliédricas. Su espesor es de unos diez metros.

En las calizas superiores 1, sobre todo en el contacto con las margas 2, hemos recogido los siguientes fósiles:

Espongiario.

Pentacrinus feuguerollensis, de Lor.

Cyclocrinus? *strangulatus*, d'Orb.

Cyclocrinus rugosus, d'Orb.

Balanocrinus inornatus, d'Orb.

Pseudodiadema, sp.

Rhynchonella concina, Sow.

— *subangulata*, Day.

Terebratula, sp.

Perisphinctes nicolescoi, de Gross.

— *lucretius*, d'Orb.

— sp.

Garantia garanti?, d'Orb.

— sp.

Oppelia subradiata, Sow.

Lissoceras oolithicum, d'Orb.

Cadomites braikenridgii, d'Orb.

Strenoceras niortense, d'Orb.

Strigoceras truellei, d'Orb.

Sphaeroceras brongniarti, Sow.

Patoceras subannulatum, d'Orb.

— *obliquecostatum*, Quenst.

— *densicostatum*, Quenst.

Belemnites giganteus, Schloth.

— *canaliculatus*, Schloth.

Estas especies son características del bajociense.

En las margas, las siguientes especies:

Balanocrinus subteroides, Quenst.

Rhynchonella amalthei, Quenst.

— *capitulate*, Tate.

— *triplicata*, Quenst.

Belemnites tripartitus?, Schlot.

— sp.

En las calizas inferiores, las siguientes especies:

Pholadomya idea, d'Orb.

Stephanoceras raquinianum, d'Orb.

En nuestra publicación, y por comparación con la s que dá como típica Ciry, para la zona cantábrica, llegá mos a la conclusión de que el primer tramo de cal representaba el bathoniense; las capas del contacto estas calizas con las margas son de edad bajociense resto de la formación representa toda la serie liásica, cuya base existen unas carniolas atribuibles al retiene

CRETÁCEO

CRETÁCEO INFERIOR (O)

El Cretáceo inferior aparece con espesores extraordinarios en todo el borde Norte de nuestra zona (figs. 1 y 2). Únicamente en la parte más externa o marginal de la zona NE. está intensamente trastornado. El resto de esta enorme masa de sedimentos aparece sumamente regular y formemente estratificada, con una inclinación que oscila entre los 30 y 40° al SO. para la región NE., y los 15 y

SE. para la región NO. Esto arroja enormes espesores para el conjunto de la formación.

Se sumerge hacia el Sur, bajo el cenomanense y las formaciones más altas, para reaparecer en las charnelas erosionadas en los anticlinales de Lalastra-Sobrón y de la Sierra de Tesla, con espesores, aunque aún muy considerables (superiores a los 1.000 metros), mucho más reducidos y con facies distintas.

Finalmente, en algunos diapiros (sobre todo el de Villasana), el Trías ha arrastrado retazos de esta formación.

Su carácter es eminentemente continental y detrítico, con escasos restos fósiles e intercalaciones carbonosas. Su límite inferior o base no es visible en la zona Norte. En el anticlinal de Lalastra-Sobrón se vé perfectamente como se apoya sobre niveles jurásicos (fig. 16).

El límite superior lo hemos considerado en el contacto con aquellos tramos marinos, extraordinariamente continuos, que cuajados de *Orbitolinas* representan, para nosotros, el cenomanense.

Vistas así las cosas, esta facies wealdense del Cretáceo inferior, y dada la extraordinaria cifra de espesores, debe representar todos los pisos, desde el wealdense propiamente dicho hasta el albense. Además existen diversas intercalaciones marinas con fósiles, que han permitido confrontar (Ciry, en Santander) que esta hipótesis es cierta.

FAJA AL NORTE.

Comenzando la descripción por la faja Norte, esta formación presenta un aspecto muy monótono en su conjunto, ya que si bien en detalle las capas son algo heterogéneas, se repiten alternando indefinidamente hasta sumar espesores que a nosotros nos parece que rebasan los cinco mil metros.

Al ocuparnos de la tectónica trataremos de justificar esta cifra exagerada:

El aspecto, al mismo tiempo uniforme y variado, forme en el conjunto, variado en el detalle, que presente esta facies, es el siguiente: alternancia de margas oscu maciños pizarreños de color negruzco, areniscas amarillas todo ello en bancos regulares y bien estratificados; a veces las areniscas amarillas se presentan sueltas y desagregadas (Ayazaga). Pizarrillas oscuras y negras, finas y hojosc carbonosas y con azufre eflorescente (S. de Zubia muy pizarreño, con ripple-marks (Norte de Barambio).

Predominan los colores oscuros, debido a la abundancia de intercalaciones carbonosas cuando es margoso amarillo cuando predominan las arenas y areniscas. siempre muy micáceo.

Una intercalación marina, muy señalada, consiste en banco calizo que corta la carretera de Oquendo a Llodio.

Este banco, cuyo espesor lo apreciamos en unos 40-60 metros, está comprendido entre margas pizarreñas, color amarillo, pero que rápidamente pasan a tener el color negro característico de las de facies wealdense.

Son calizas grises en superficie, negras en fractura, muchas vetas de calcita. Fétidas. Presentan abundantes secciones de rudistas del tipo *Toucasia* o *Polyconites* y otros restos fósiles, espatizados en calcita negra. De canteras de Lujamendi, al NO. de Llodio, hemos clasificado los siguientes fósiles:

Synastrea utrillensis, Coq.

Astrocoenia excavata, From.

Pseudotoucasia santanderensis, Douv.

Esta corrida caliza, que se corta en la carretera Oquendo a Llodio, tanto a un lado (kilómetro 3) como al otro (kilómetro 5) del puerto de Palanca, es probablemente

la misma que en diversos afloramientos discontinuos se ve en la carretera de Areta a Albioneta (kilómetros 19 a 21) y quizás es también el mismo nivel calizo que con idénticas características se corta en la carretera de Vitoria a Valmaseda (kilómetros 25 a 26). Existe otra corrida caliza más alta.

Por su contenido fósil, parecería ser aptense, pero calculamos que tiene todavía por encima 3.000 metros de capas con facies wealdense, y nos parece muy alta su edad para la baja posición que ocupa en tan potente serie.

Este aspecto es el que presenta toda la banda Norte de facies wealdense, tanto en su zona NO., hacia Santander, como en la NE., hacia Bilbao. Es posible que además de las intercalaciones calizas, muy señaladas, existan otras margosas, de carácter marino, con *Orbitolinas*, que es mucho más fácil que pasen inadvertidas.

AUREOLAS EN LOS DIAPIROS.

Los diapiros de Villasana de Mena y de Salinas de Rosío están aureolados por unas formaciones más o menos milonitizadas que parecen ser arrastres de las capas de facies wealdense.

El de Villasana de Mena, en sus lados Norte y NO., está rodeado por unas capas muy inclinadas, verticales, e incluso volcadas; al Norte de Caniego, y en contacto con masas de carnioles, hay unos 10 a 20 metros de caliza gris azulada, compacta, con restos fósiles al parecer de rudistas del tipo *Polyconites*, firmemente engastados y sólo perceptibles en secciones. Continúan en crestón hacia el Oeste, como calizas negras, duras y fétidas. Más al Oeste, en Concejero, estas calizas, cargadas de mica, pueden considerarse como maciños o areniscas micáceas de cemento calizo, de color amarillento negruzco y contiene abundantes *Orbitolinas* y otros restos fósiles; están en contacto con

las carniolas del diapiro. Viene a morir esta corrida al de Urbaneja. Por la descripción que se acaba de hacer parece que se trate, en efecto, de un arrastre de facies wealdense, en contacto, por el interior, con el keuper diapírico y, por el exterior, con margas turonense.

En la parte Sur presenta este diapiro (El Vigo-Sio) varios retazos de margas amarillas y calizas negras vetas de calcita, todo ello muy milonitizado, que parece igualmente, arrastres de la facies wealdense.

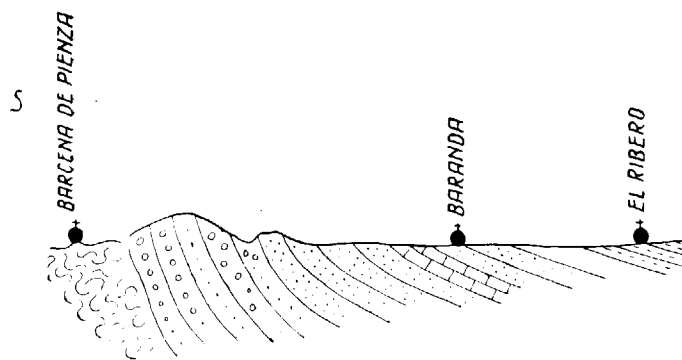


Fig. 17

El de Salinas de Rosío ha levantado, en su parte Noroeste, los estratos, poniendo al descubierto el Cretáceo inferior (figura 17). Los bancos, en contacto inmediato con el keuper están constituidos por conglomerados compactos de textura homogénea y de elemento menudo de gravilla calcítica. Fina y regularmente estratificados, alternan bancos arenosos con glauconia.

Alejándonos del diapiro, predominan las areniscas amarillentas y rojizas, bien desagregadas, bien en bancos compactos. Algún tramo (Baranda), está constituido por calizas arenosas amarillas de estratificación basta, muy fosilífera

En esta localidad hemos recogido y clasificado las siguientes especies:

- Orbitolina*, sp.
- Thamnastraea meandra*, d'Orb.
- Terebratula sella*, Sow.
- Tetragramma malbossi* (?), Agass.
- Terebratula*, sp.
- Exogyra*, sp.
- Nucula impresa*, Sow.
- Platymya marullensis*, d'Orb.
- Pecten*, sp.
- aff. *daubrei*, Coq.
- Polyconites verneuilli*, Bayle.
- Conulus castaneus* (?), Brong.
- Cerithium*, sp.
- Natica utrillasi*, Vern. y Lor.
- Turritella charpentieri*, Piet. y Ren.
- Ammonites*, sp.

Fauna que caracteriza el aptense.

Después de este tramo fosilífero, existen de nuevo bancos de arenas y areniscas, y en serie normal y cada vez más tendida, llegamos a un tramo de margas azules y grises bien estratificadas y más bien sueltas, con niveles de nódulos más compactos dispuestos en rosario (El Ribero). Por su disposición y aspecto estas margas son las de edad turonense. Es curioso que en este corte parece faltar el tramo cenomanense de *Orbitolinas*, hecho ya señalado por Ciry y por Schriel. Otro hecho curioso es que al Oeste de Tabliega y, al parecer, formando parte de este mismo afloramiento, existen unas margas y calizas compactas, amarillentas, arenosas, en corridas bien estratificadas. Su aspecto

to es idéntico al de las calizas aptenses de Baranda, fósiles aptenses, y su posición, con respecto a las mastronenses, parece ser la misma. Pero están cuajadas orbitoides de las especies:

Lepidorbitoides socialis, Leym

— — — var. *minor-pustulata*, Schl

Omphalocyclus macropora, Lamck.

Orbitella apiculata, Schlum.

— sp.

cuyos géneros se consideran limitados al Cretáceo sup y cuyas especies son características del mastrichtiens

No podemos explicarnos este hecho, porque la idad de aspecto y posición de estas capas con las cal de Baranda, indudablemente aptenses, es muy grand precisamente el diapiro parece haber levantado las c sin trastornarlas gran cosa. Por la disposición de las c podríamos admitir que fueran cenomanenses y aun t nenses, pero es difícil comprender que pueda existir al senonense. Nos limitamos, pues, a señalar el hecho, tratar, por ahora, de explicarlo.

El Cretáceo inferior de facies wealdense, se oculta, h el Oeste de estos afloramientos, bajo potentísimos e sores de las formaciones del Cretáceo superior, para rar en los anticlinales de Lalastra-Sobrón y de la Sierr Tesla.

ANTICLINAL DE LALASTRA-SOBRÓN.

En el anticlinal de Lalastra-Sobrón aparecen las for ciones del Cretáceo inferior en la charnela desmantel formando una alargada faja y, en algún sitio (falla Nograro), la formación es visible por entero, queda

comprendida entre el cenomanense con *Orbitolinas* y el Jurásico (figura 16).

Es también un conjunto muy monótono, formado por la alternancia repetida de arenas y areniscas blancas o amarillas, sueltas y compactas, con intercalaciones de margas hojosas y carbonosas de colores grises y negros. Siempre con abundantísima mica y granos de cuarzo blanco y rosado, bien redondeado. Contiene también cantos de cuarzo que, a veces, llegan a formar bancos de conglomerados, muy abundantes éstos hacia la base. Las intercalaciones carbonosas son muy abundantes, con lignito y azabaches, generalmente acompañadas de margas hojosas abigarradas.

Presentan diversas intercalaciones marinas. Al SO. de Nograro (figura 16), hemos cortado un nivel de unos veinte metros de espesor, en que alternan los lechos arenosos de color amarillo con calizas negras y margas oscuras o rojizas, blandos o compactos, cuajados de *Orbitolinas* y otros restos fósiles:

Rhynchonella multiformis, Roemer.

— *globosa*, Pictet (neocomiense).

— *sulcata*, Parkinson.

— n. sp. gr. *Rh. irregularis*.

Heliastrea montsiai, Bat.

Terebratula villersensis, Lor.

— *acuta*, Quenst.

Ostrea sanctae-crucis, Pict. y Camp.

Pseudotoucasia, sp.

Natica utrillasi, Vern y Loriol.

— sp.

Vicarya, sp.

Al SO. de Barrio, en unas capas cuajadas de espongia-

rios (*) hemos clasificado abundantes braquiópodos de especies:

Terebrirrostra lira, d'Orb.

Terebratula sulcifera, Morris.

Rhynchonella contorta, d'Orb.

— *lamarckiana*, d'Orb.

Limita por arriba con margas azules del cenomane. Está separado del Jurásico por unos 100 metros de f. continental, y tendría aún por encima 900 metros de la misma facies wealdense.

También al SO. de Quejo hemos cortado este como areniscas amarillas y margas arenosas con pequeñas *Orbitolinas*.

Otra intercalación marina entre la facies wealdense en su parte alta, como a unos 200 metros por debajo cenomanense, hemos visto en el kilómetro 26,100 de carretera de Sobrón; allí hay unas calizas margosas, más y pizarrillas azules con equínidos de la especie *Pliotoxa collegnoi*, Sism.

La formación wealdense en esta zona consideramos tiene un espesor de 1.000 metros.

ANTICLINAL DE LA SIERRA DE TESLA.

Aparece igualmente en el anticlinal, desmantelado parcialmente por la erosión, de la Sierra de Tesla (figs. 3 y 4) donde solamente es visible la parte alta de la formación

(*) Estos espongiarios en poder actualmente de Mn. J. R. taller, para su estudio y clasificación, a quien también se debe la clasificación de estas especies. El yacimiento está situado al Oeste de la localidad de Espejo y en las proximidades del pueblo.

facies wealdense, con el aspecto de arenas silíceas muy blancas, con granos gruesos y abundantísima gravilla y canto de cuarcita. Hay bancos compactos de areniscas de la misma textura, y el color, a veces, es rosado o rojo quemado. Se presentan intercalaciones carbonosas de textura pizarreña. Abunda la mica.

CENOMANENSE (N)

Las formaciones de carácter continental con facies wealdense están limitadas, en su parte superior, por un importante tramo netamente marino, en general cuajado de *Orbitolinas* de edad cenomanense. Aparece, como es lógico, bordeando las manchas del Cretáceo inferior; constituye una banda estrecha a lo largo del afloramiento Norte del wealdense, y orla los de los anticlinales de Lalastra-Sobrón y de la Sierra de Tesla.

FAJA AL NORTE

En la banda del Norte y hacia el NE. (figura 13) aparece como margas grises y maciños en bancos compactos y semi compactos (Norte de Amurrio, NE. de Arceniega) o bien con margas azules tableadas (Zuaza); hacia el NO. presenta, más bien, aspecto de margas pizarreñas oscuras compactas (Nava de Ordunte) y está siempre cuajado de *Orbitolinas*. En la zona más occidental no se han visto las capas de *Orbitolinas* (ver fig. 12); allí se pasa de las capas de margas y calizas turonenses a areniscas compactas micáceas con fósiles, al parecer lacustres, y ya con el aspecto de la facies wealdense. Además, el cenomanense, está señalado con *Orbitolinas* poco más al Oeste, en Espinosa de los Monteros. Parece pues probable que sea una banda ininterrumpida, pero, por otra parte, hemos señalado an-

tes que, casi exactamente al Sur, en Ribero (fig. 17) pasa sorprendentemente de la facies wealdense a las gas turonenses sin que se vean las capas de *Orbitol* Pudiera, pues, existir una discontinuidad local en la posición marina, con la existencia de un umbral o islote emergido en el mar cenomanense.

El espesor medio del cenomanense, en esta zona de 350 metros.

ANTICLINAL DE LALASTRA-SOBRÓN.

La faja cenomanense que aureola el Cretáceo inferior en el anticlinal de Lalastra-Sobrón, no parece muy homogénea ni regular. Alternan allí los bancos de margas (grises o azules) y calizas, a veces en hiladas finas alternas. El conjunto es predominantemente calizo hacia la base. En algunas localidades parece exclusivamente calizo, con unos 60 metros de potencia (Lahoz). En otros es muy arenoso, alternan las margas azules con los maciños en bancos lentos y compactos (Quejo). En Nograro aparece muy minado (fig. 16), y en contacto con el retense, contenido *Orbitolinas*. Presenta siempre abundantísimas *Orbitolinas*. Se han visto al Norte en Rivera, Lahoz, Lalastra, Ilafría de San Zadornil, San Zadornil, Quejo, Nograro, Ribero. En Lahoz hay, además, abundantísimas *Alveol*. En general van acompañadas las *Orbitolinas* de restos fósiles, sobre todo pequeñas *Ostreas* y *Tertulias*. En la misma collada del puerto (alto de la Mota) atraviesa el camino de Sobrón a Nograro hemos recogido además de espículas de *Cidaris*:

Terebratulina martiniana, d'Orb
Rhynchonella cuvieri, d'Orb.
Terebratula, sp.

El espesor medio en esta zona es de 120 metros.

En la carretera de Trespaderne a Puentelarra, al Oeste del balneario de Sobrón (ver figura 7), es donde la estructura y composición del cenomanense aparece más claramente puesta de manifiesto.

Está formado por dos bancos calizos que comprenden un tramo de margas azules. El banco de la base tiene unos 80 metros de espesor, el de margas unos 40, el banco superior de calizas unos 35 a 40 metros, con unos 160 metros de espesor para el conjunto cenomanense. Está cuajado de *Orbitolinas*, y abundan las *Ostreas* de pequeño tamaño. Se puede seguir este piso sobre el terreno, perfectamente, con la vista. Limita, en su parte superior, con margas grises y blancas del turonense.

ANTICLINAL DE LA SIERRA DE TESLA.

En el anticlinal de Tesla aparece como bancadas de margas con *Ostreas*. No hemos visto allí las *Orbitolinas*, pero están señaladas por C. Sáenz.

TURONENSE (M)

El turonense, de carácter igualmente marino, es una formación que alcanza un desarrollo muy considerable. En toda la región se puede dividir fundamentalmente en dos sub-pisos; inferior, de carácter margoso, y superior, calizo.

El tramo inferior se compone esencialmente de margas azules, pero presenta intercalaciones accesorias margoso-calizas o calizas, a veces de importancia.

El tramo superior está integrado por un potente tramo de calizas, el de mayor espesor que con carácter eminentemente calizo se presenta en la región. Debido a su compactidad sobresaliente es el que ha subrayado las directri-

ces tectónicas, fijando las líneas generales del relieve tual. Constituyen los cingles o crestones que coronan abismos del valle de Mena y Orduña (figs. 12 y 13). A los flancos de los anticlinales de Sobrón-Lalastra y de Sierra de Tesla (figs. 3 y 6), que debido precisamente a la dureza de estas calizas se desmantelan en el centro, da lugar a la depresión que se indica en las figuras.

MARGAS TURONENSES (M₁, M₂, M₃)

FAJA DE LA ZONA NORTE.

En la faja turonense de la zona Norte, esta formación está coronada por el tramo superior calizo (figuras 12 y 13). El turonense inferior margoso presenta intercalado un tramo de carácter calizo, bien marcado en la topografía por serie de crestones continuos.

Cubren este crestón unas margas y calizas arenosas (M₁), micáceas, de color gris oscuro (Noceco); margas azules (Arceo-Burceña-Ribota de Ordunte); margas azules arenosas con *Rhynchonellas*, *Alectronyas* y abunda *Hemiaster verneuilli*, Dessor (Norte de Caniego); margas azules más o menos hojosas, en toda la corrida, de Campijo y Arceniega hasta Lezama y Astobiza. Su espesor varía entre los 1.500 metros y los 350 metros. Este tramo margoso es la parte más inferior del turonense y descansa sobre el cenomanense.

Están cubiertas las margas por un tramo calizo (apenas caracterizado hacia el Oeste, donde son más bien margas calizas compactas, con poco espesor y relieve topográfico (Sur de Quintana de los Prados), y calizas margosas compactas muy oscuras (Bercedo), pero al Este de esta localidad empiezan a destacar en la topografía como serie continua de crestas, que forman una cuesta y esca-

muy bien marcados. Tienen más bien el carácter de margas calizas compactas, con espesores no superiores a los 100 metros (Norte de Menamayor). Con espesores uniformes, e ininterrumpidamente, continúan hacia el SE. bordeando el diapiro de Orduña, para quedar cortadas por el de Luquiano.

La parte alta del sub-piso margoso (M₂), la más importante por su espesor, se compone de margas de colores claros y, más generalmente, grises y azules, con algunos niveles de maciños más compactos. El espesor, en la zona NO., es de 700 metros. En la zona NE. llega a ser de 1.250 metros y tiene más bien aspecto de flysch (bajada de Orduña), siendo allí bastante más arenoso.

ANTICLINAL DE LALASTRA-SOBRÓN.

En el anticlinal de Lalastra-Sobrón, el turonense se separa perfectamente en turonense inferior margoso y superior calizo; el primero (M₂), presenta el aspecto de margas azules o amarillas, si contienen arena; hemos encontrado pequeños *Inoceramus* en Villamadones; margas azules con una intercalación caliza compacta (Rivera, ver figura 6); margas azules con niveles arenosos amarillos (San Zadornil-Quejo), que en Barrio se destacan en un cejo de margas arenosas compactas. En la carretera que pasa por el balneario de Sobrón (figura 7) está representado por margas azules, que comprenden uno o dos bancos calizos, de unos 10 a 15 metros de espesor cada uno.

ANTICLINAL DE LA SIERRA DE TESLA.

En el anticlinal de Sierra de Tesla, son margas (M₂), más o menos compactas, constituyendo un nivel blando (figuras 3 y 4).

CALIZAS TURONENSES (M.)

Las calizas superiores del turonense forman un ni potente y compacto, el más señalado en la topografía.

FAJA DE LA ZONA NORTE.

En la banda Norte, son bancos de calizas compa con briozoarios en sus capas superiores (Norte de Tab ga); hacia el Este van adquiriendo un relieve cada mayor, y en el puerto de la Magdalena (al Oeste de Ca gua), se alzan ya 500 metros sobre el valle, con declive rápido al Norte, estando constituido por calizas cristali muy duras, algo arenosas, con secciones de *Radiolite Sphaerulites*. En el pico de Peñalba se alzan 900 met sobre el valle, con enorme pendiente al Norte, con aspecto de calizas cristalinas de grano muy fino, con al nivel margoso y granos de sílice poco abundante. E Peña de Orduña, el desnivel al Norte es de 900 metr cortados prácticamente a pique. En Berberana hemos re gido *Lima consobrina*, d'Orb, y *Serpula*, sp. Hacia el E son más bien calizas margosas, con niveles de cali cristalinas, pero siempre duras y compactas y el desni es sólo de 400 metros. El turonense se hace muy marg en su parte superior y, en general, su tránsito a las mar coniacienses (L_5), es gradual. Su espesor medio es 400 metros.

ANTICLINAL DE LALASTRA-SOBRÓN.

El anticlinal Lalastra-Sobrón está armado por las cali turonenses. Tiene la forma de un óvalo alargado, consti yendo un valle interior cerrado, rodeado completame por las calizas turonenses, que constituyen las cumbr

Son siempre calizas cristalinas, duras y compactas, en general de grano fino. Su espesor es algo variable y por término medio es de 100 metros (ver figuras 5, 6 y 7). Localmente se presentan niveles algo más margosos (Este de Tobalinilla).

ANTICLINAL DE TESLA.

En la Sierra de Tesla (figuras 3 y 4), son calizas compactas en bancos finos y regularmente estratificados con restos de *Exogyras*, *Pecten*, *Limas*, artejos de *Crinoides*, etcétera (Sur de Valdelacuesta).

SENONENSE (I, J, K, L)

El senonense es un conjunto estratigráfico muy complejo y variado y que alcanza un espesor muy considerable. Se puede dividir litológicamente en sub-pisos, tramos y niveles. Paleontológicamente no se puede llegar tan lejos en la división fina, pero los sub-pisos quedan bien determinados.

CONIACIENSE (L_3, L_4, L_5, L_2, L_1)

FAJA DE LA ZONA NORTE.

El coniaciense de la banda es un conjunto predominantemente margoso, de margas bastante limpias en su parte alta (L_1) y arenosas en su parte baja (L_5). Presenta intercalados dos niveles calizos (L_4, L_2), de muy poco espesor (unos 5 a 10 metros), pero muy continuos, de modo que pueden seguirse de Este a Oeste casi ininterrumpidamente. Queda así dividido el coniaciense en tres tramos margosos, separados por dos nivelitos calizos (figura 18). Es bastante fosilífero.

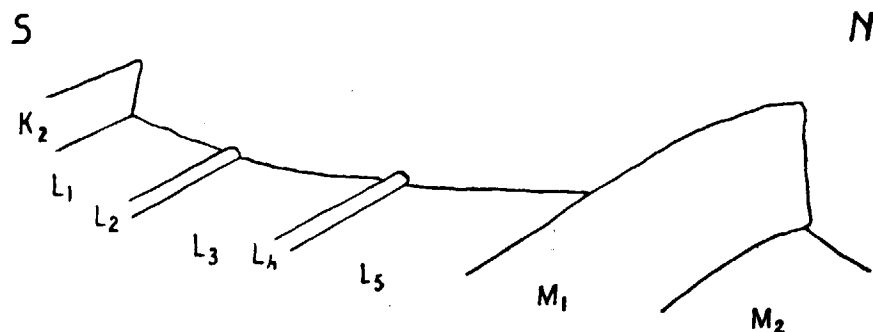


Fig. 18

El tramo margoso inferior (L_5), pasa gradualmente, por cargarse de caliza, a las calizas turonenses, y precisamente son las capas del contacto las que son muy fosilíferas. Se trata de margas grises y azuladas, bastante arenosas, con artejos de pentacrínidos, *Limas* de grande y pequeño tamaño, fragmentos de *Ostreas*, *Pleurotomaria*, sp., fragmentos de *Nautilus*, y abundantísimas colonias de briozoarios (al Norte de Villabasil). Al Oeste de Cárcamo hemos recogido *Cardium*, sp., *Spondylus truncatus* (?), Goldf., *Leptomaria perspectiva* (?), Mant., *Turritella renauxiana*, d'Orbigny. El nivel calizo (L_4) son calizas margosas grises, compactas, con *Acanthoceras*, sp., *Nautilus*, sp., *Limas* de gran tamaño (Norte de Villabasil). En Villaventín hemos clasificado:

Terebratula, sp.

Pycnodonta vesicularis, Lamck.

Myoconcha supracretaea, d'Orb.

El tramo margoso medio (L_3) es bastante compacto y arenoso y de colores grises.

El nivel calizo (L_2) constituye un banco duro que marca

un pequeño escalón continuo, con abundantes restos fósiles. Al S. de Villabasil, hemos recogido la *Lima dujardini*, Desh.

El nivel más alto (L_1) está constituido por margas azules sueltas y margas blanco azuladas (Norte de Oteo).

Todos estos niveles coniacienses se separan muy bien desde la región de Oteo, donde suman 1.500 metros de espesor hasta la de Berberana y Osma, donde miden al Sur de Osma 1.500 metros, se van confundiendo y perdiendo notablemente en espesor, que se reduce a unos 200 metros; en la zona Cárcamo-Barrón hemos dibujado hipotéticamente estos niveles, pero, si es que existen, es difícil separarlos por la disposición que afectan.

ANTICLINAL DE LALASTRA-SOBRÓN.

El anticlinal Lalastra-Sobrón está rodeado, en su extremo NE., por el coniaciense. El tramo superior margoso (L_1) está representado por margas azules con *Nautilus*, sp. (San Pantaleón de Losa), y los tramos margosos inferiores (L_3 y L_5) por capas de margas azules con abundantísimas *Pycnodonta vesicularis*, Lamck., de pequeño tamaño, y *Rhynchonella*, sp. (SE. de Pantaleón). Entremedio queda un nivelito más calizo y compacto que lo identificamos con el L_2 . El L_4 no lo hemos podido localizar.

En la zona de Sobrón (ver figuras 6 y 7) está representado por margas más o menos calizas, sin que hayamos podido identificar los distintos niveles.

ANTICLINAL DE TESLA.

En el anticlinal de Tesla, está representado por capas blandas de margas, comprendiendo banquitos (figura 4) de calizas finamente estratificadas duras y compactas (Sur de Quintanalacuesta) y (figura 3) por margas calizas

grumosas, comprendiendo banquitos de calizas compactas, grises azuladas que destacan en crestos, continuos (Sur de Horma).

SANTONIENSE (K_2 , K_1)

Hemos agrupado en el santoniense un conjunto muy heterogéneo, comprendido entre las margas coniacienses y un tramo calizo muy bien definido, con frecuencia cuajado de hipuritidos, que consideramos que representa el campaniense. Algunos de sus tramos son muy fosilíferos.

En la base, existe en toda la región un banco calizo (K_2), el segundo en importancia por su potencia y continuidad, y que subraya, junto con las calizas turonenses, la topografía de la comarca. Sobre él viene un nivel margoso (K_1), igualmente muy característico, que contiene siempre abundantísimos fósiles. Los tramos altos son francamente detríticos y, en general, están representados por arenas y areniscas.

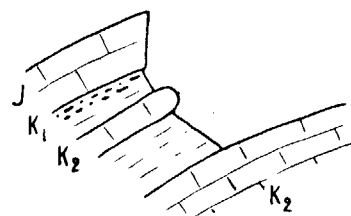


Fig. 19

El anticlinal de Lalastra-Sobrón, cierra periclinalmente hacia el Oeste, constituyendo el vallecito de Losa. Las capas al NO. de este valle tienen disposición monoclinal

y, al SE., van pasando a ambos lados del anticlinal para constituir sus flancos, conservando aquéllas bastante bien su identidad, pero mejor con las del flanco NE., a pesar de que la erosión las ha separado, que con las del SO., con las que forman banda continua. Las capas calizas de la base (K_2), forman un Single o cejo muy continuo y destacado en la topografía que corre sobre los valles de Oteo, con una altura de unos 300 metros sobre el río, disminuyendo gradualmente hacia el SE., de modo que, en la zona Barrón-Ormijana, es de 200 metros.

CALIZAS DE LA BASE (K_2)

MONOCLINAL AL NO. DEL LOSA.

En la zona NO, es decir, en la de estructura monoclinal (ver figs. 9 y 10) son bancos calizos, o calizo margosos, arenosos, de colores más bien blancos y amarillentos, con *Exogyra spinosa*, Math. y *Trigonia limbata*, d'Orb. (Sur de Oteo).

MONOCLINAL AL NORTE DE LALASTRA-SOBRÓN.

Al Norte del anticlinal de Lalastra-Sobrón (ver fig. 8) tiene el aspecto de calizas rojas, arenosas, en estratificación basta. Hacia la base son muy compactas; en la parte alta son bastante más margosas y pasan a margas de colores blancos. Es muy fosilífero, sobre todo hacia su parte alta. Contiene abundantísimas *Alveolinas* en toda esta corrida. Abundan los lamelibranquios y gasterópodos, de gran tamaño, sobre todo *Limas*. Son también frecuentes los *Nautilidos*. Se han visto *Inoceramus*, *Alectronyas*, *Ammonitidos*, etc. Hemos clasificado los siguientes fósiles:

Inoceramus cripsi, Mant. (Norte de Quintanilla).

Cyprina ligeriensis, d'Orb. (NO. de Bóveda).

Mortonicerias (Texanites) texanum, Roem. (Quintanilla).

Este nivel de calizas rojas arenosas, pasa superiormente a margas blancas y azules (K₂), que contienen, en general, un nivelito más calizo, que suele destacar bien en la topografía.

MARGAS (K₂)

MONOCLINAL AL NO. DEL LOSA.

En la región monoclinal, al NO. (figs. 9 y 10), estas margas son grumosas-arriñonadas, formando nódulos que en el centro encierran un fósil. Rompiendo estos nódulos hemos recogido, entre San Pantaleón y Quintanilla de Ojeda, los siguientes fósiles:

Placosmilía vidali, Mall.

Cyclolites polymorpha, Gold.

— sp.

Vologesia acuta, Des. Moul.

Pirina ataxensis, Cott.

— *orbygniana*, d'Orb.

Rhynchonella vespertilio, d'Orb.

Phymosoma arnaudi, Cott.

Inoceramus goldfussi, d'Orb.

Arca, sp.

Cardium, sp.

Solen radinas (?), d'Orb.

Natica, sp.

Pleurotomaria, sp.

Al SO. de Robledo de Losa hemos recogido *Exogyra spinosa*, Math.

MONOCLINAL AL NE. DE LALASTRA-SOBRÓN.

En la región al NE. del anticlinal de Lalastra-Sobrón (figura 8) las calizas pasan a margas blancas sueltas, que son muy ricas en fósiles, que vienen a quedar en el contacto. Sobre ellas vienen margas azules, a veces nodulares. Los fósiles son abundantísimos.

Al Norte de Tobillas hemos recogido:

Heliastrea sulcato-lamellosa, Mich.

Vologesia (Echinolampas) acuta, Des. Moul.

Cidaris, sp.

Rhynchonella diformis, d'Orb.

Yanira quadricostata, d'Orb.

Exogyra spinosa, Math.

Cardium bimarginatum (?), d'Orb.

Nerinea requieni, d'Orb.

Al Oeste de Mambliga, *Hemiaster nucleus*, Desor; al Norte de Pinedo, *Pinna cretacea*, Schl; al NE. de Mioma, *Lima santoniensis*, d'Orb; al Sur de Carranca, en los niveles altos, el *Cardiaster sub-trigonatus*, Lor.

TRAMOS DETRÍTICOS (K₂)

Sobre estos tramos calizos y margosos, el santoniense adquiere un desarrollo netamente detrítico.

MONOCLINAL AL NO. DEL LOSA.

Al NO. del valle de Losa (figuras 9 y 10) hay, sobre las

margas, arenas blancas, más o menos arcillosas, pasando a areniscas blancas y amarillas y aun a conglomerados de canto fino (SO. de Perex). En intercalación existe un banco calizo arenoso de unos seis metros de potencia, con miliolitos o pequeños alveolínidos (Quintanilla la Ojeda).

En el otro lado del valle de Losa (figura 8) hay areniscas rojas y blancas con abundante grano de sílice, bien en bancos sueltos y desagregados, bien en bancos o hiladas duras y compactas que, a veces, pasan a conglomerados con canto de cuarzo bien redondeado.

ANTICLINAL DE LALASTRA-SOBRÓN.

En el flanco SO. del anticlinal de Lalastra-Sobrón, las calizas de la base del santoniense (K_2) (ver figuras 5 y 6) son compactas, de color gris y grano fino. Soportan una serie de bancos de margas azules y tierras blancas sueltas (K_2), con niveles de margas calizas grises, duras y compactas. Al Oeste de Villamadones hemos recogido en estas capas:

Alveolina, sp.

Lacazina elongata, Mun.-Chalm.

Cyclolites, sp.

Terebratula, sp.

Alectronya matheroniana, d'Orb.

Cardium coniacum (?), d'Orb.

Lima santoniensis, d'Orb.

Pleurotomaria, sp.

Nerinea requieni, d'Orb.

Nautilus, sp.

En el corte de Sobrón (figura 7) las calizas de la base (K_2) son muy compactas y forman un potente crestón.

Están bien estratificadas y contienen *Alveolinas* y *Ostreas*. Las margas (K_2) son azules, nodulares arriñonadas, con fósiles en su núcleo. Presentan intercalado algún banco más calizo.

En las capas que cierran periclinalmente este anticlinal (Sur de Tobalinilla) es donde se aprecia bien la estructura (fig. 10): bajo las calizas campanienses J, rojas y arenáceas, hay un tramo de margas que presentan intercalado un banco calizo de 10 metros de espesor. Son margas grises y amarillentas, grumosas, con *Rhynchonella diformis*, d'Orb. y *Pycnodonta vesicularis*, Lamck.

Los tramos arenosos son mucho menos potentes y más margosos.

ANTICLINAL DE LA SIERRA DE TESLA.

En el anticlinal de la Sierra de Tesla (figs. 3 y 4) las calizas santonienses (K_2) son muy duras y compactas, formando un potente crestón, con *Lacazinas*, *Alveolinas* y muchas huellas de restos fósiles (SO. de Valdelacuesta, Sur de Hocina). Los tramos margosos (K_2) y arenosos están representados por margas arenosas, azules y amarillentas, con restos fósiles; soportan areniscas (K_1) blandas o compactas de colores blancos, amarillos y rojos, con abundante gravilla de sílice.

CAMPANIENSE (J)

El campaniense de esta región es calizo detrítico y se caracteriza porque está constituido por bancos localmente cuajados de hippurítidos, que, en mayor o menor cantidad, no suelen faltar.

ZONA MONOCLINAL AL NO. DEL LOSA.

En la zona monoclināl al NO. del vallecito de Losa (figs. 9 y 10), está representado por calizas margosas amarillentas o rojizas, en general oquerosas y bastamente estratificadas, otras veces duras y compactas, cinteadas de grano silíceo fino; tienen algún resto fósil (Villamor, Gobantes).

ANTICLINAL LALASTRA-SOBRÓN.

Esta corrida se continúa ininterrumpidamente por todo el flanco SO. del anticlinal Lalastra-Sobrón, donde forma unas crestas marcadísimas por su relieve y color oscuro. Son calizas de color gris rojizo oscuro, oquerosas (Oeste de Villamadones) (fig. 5). Allí, aún tiene por encima algún tramo cretáceo y el Eoceno; pero más al SE. (fig. 6), estas calizas rojas, bastamente estratificadas, que son muy arenosas y tienen un nivel margoso intercalado, están cubiertas por el Oligoceno, que ha avanzado trasgresivamente, cubriendo el Eoceno y los tramos cretáceos más altos (Herrán). La misma disposición y aspecto afectan en el extremo SE. del anticlinal (Tobalinilla) (figura 7).

En el otro flanco del anticlinal (figura 7), en la carretera del Balneario de Sobrón, se descompone en varios bancos de poco espesor (unos cinco metros cada uno) de calizas rojizas arenosas, algunas veces duras y cristalinas, que comprenden intercalaciones de margas y tierras rojas. Tienen *Alveolinas* y *Lacazinas*, y uno de los niveles calizos es un verdadero banco de rudistos.

Allí hemos recogido *Alveolina*, sp., *Radiolites*, sp. y *Mortinoceras (Texanites) texanum*, d'Orb. Este último fósil proviene de las capas más bajas y quizás es ya santoniense. El campaniense vuelve a tener en esta zona, por encima, algún tramo cretáceo y Eoceno, antes de llegar al Oligoceno.

ZONA MONOCLINAL AL NE. DE LALASTRA-SOBRÓN.

En la zona monoclināl al NE. de este anticlinal, el Oligoceno está igualmente separado del campaniense por diversos tramos eocenos y cretáceos. Este campaniense se presenta como calizas bien estratificadas con *Radiolites* (Norte del convento del Angosto), calizas margoso-arenosas, blanco amarillentas o rojizas, con bancos cuajados de *Radiolites* (Norte de Valpuesta) (figura 8), y con el mismo carácter y abundante grano de sílice redondeada, continúan hacia el NO. (Pinedo-Corro).

ANTICLINAL DE TESLA.

En la zona anticlinal de la Sierra de Tesla, se presenta el campaniense como calizas arenosas, cavernosas, con abundante grano de sílice y un banco compacto de *Hippurites* (Sur de Quintanalacuesta) (figura corte 4) y como calizas margosas compactas con alveolínidos, *Sphaerulites* e *Hippurites* (Sur de Incinillas) (figura 3).

MAASTRICHTIENSE (I)

El maastrichtiense es un sub-piso más heterogéneo, discontinuo y peor definido que los anteriores.

ZONA MONOCLINAL AL NO. DEL LOSA.

En la zona monoclināl, al NO. del río Losa, se presenta como margas y areniscas de colores claros (Sur de Quintanilla la Losa, Norte de Villate) (figuras de los cortes 9 y 10), y como margas blancas (Norte de Villamor) (figura 11).

ZONA MONOCLINAL AL NE. DE LALASTRA-SOBRÓN.

En su continuación, al NE. del anticlinal Lalastra-So-

brón, como alternancias de banquitos calizo-arenosos, con margas de color amarillento y areniscas rojas (Valpuesta, figura 8).

ANTICLINAL DE LALASTRA-SOBRÓN.

En el anticlinal de Lalastra-Sobrón, como margas calizas grumosas (figura 7).

El maastrichtiense no es visible en todo el flanco SE. de este anticlinal por estar transgredido, junto con el Eoceno, por el Oligoceno, que lo oculta.

ANTICLINAL DE TESLA.

En el anticlinal de Tesla, como margas y calizas margosas de colores amarillos, margas arenosas amarillentas (Sur de Incinillas, figura 3).

GARUMNENSE (H)

La serie cretácea termina en algunas zonas con unas margas vinosas de carácter continental, que se atribuyen al garumnense. (*).

El carácter regresivo que se viene señalando desde el santonense, alcanza su punto álgido en la época correspondiente a esta formación, que no sólo es de carácter netamente continental, sino que además falta en gran parte de la comarca, donde no ha habido, al parecer, deposición sedimentaria durante ella.

ANTICLINAL DE TESLA.

Donde aparece esta formación más caracterizada, es en

(*) Clemente Sáenz.

los anticlinales de la Sierra de Tesla y de Villalaín-Incinillas (figura 3). Su base está constituida por tierras y arcillas blancas, verdosas y azuladas, y están superpuestas por cretas o tierras muy blancas y finas, con grano de cuarzo rosado (Villalaín, Incinillas, Hocina), y como tierras verdes y vinosas (figura 4) con hiladas de arena silícea compacta de color oscuro, con grano de sílice, que soportan tierras y arcillas de color blanco (Quintanalacuesta).

Estos tramos vienen cubiertos por una maciza y compacta corrida de calizas magnesianas, que atribuimos ya al Eoceno.

ZONA MONOCLINAL AL NE. DEL LOSA.

En la zona monoclinal, al NE. del Losa, encontramos aún algo que parece garumnense (figura 11) con el mismo aspecto de tierras abigarradas, rojas, verdes y blancas, con espesor ya bastante más reducido, y donde faltan las calizas magnesianas.

Más al Sur este tramo se acuña y falta en el resto de la región, donde el Eoceno pasa a apoyarse directamente sobre el maastrichtiense.

ÁNTICLINAL DE SOBRÓN:

Sólo en el corte de Sobrón (figura 7), y en el flanco Norte, parecería haber entre el Eoceno y el maastrichtiense unas capas blandas, algo abigarradas, que por su aspecto y posición podrían representar el garumnense, pero esto es muy dudoso. En el flanco Sur la transgresión del Oligoceno ocultaría estas capas, caso de existir, pero nos parecería haberlas visto al Sur de Orbañanos, donde el Oligoceno no ha avanzado.

LAS FORMACIONES TERCIARIAS

Las formaciones terciarias están localizadas en las dos depresiones de Villarcayo-Medina de Pomar-Tobalinilla, y de Val de Gobeá. La primera es una artesa de cierre periclinal; la segunda está limitada al SO. por una falla.

Su relleno consiste en diversos pisos y tramos margosos y detríticos que representan el Eoceno y Oligoceno.

EOCENO

YPRESIENSE (G, F)

Podemos considerar como ypresienses dos tramos que se apoyan sobre el garumnense, y que aún no son típicamente marinos.

En los anticlinales de Tesla y Villalaín-Incinillas (figura 3), descansa sobre el garumnense un compacto y continuo nivel de calizas blancas compactas (G) de grano fino, muy magnesianas, verdaderas dolomías, que engastan grano de sílice (Incinillas, Valdelaín, Hocino, Quintanalcuesta). No han sido vistas en ningún otro lado salvo, quizás, en el flanco NE. del anticlinal Lalastra-Sobrón (figura 11), donde su presencia es dudosa. Sobre ellas vienen unas areniscas amarillas o rosadas (F), con grano de sílice y algún lecho de gravilla de cuarzo rosado; presentan estratificación cruzada (mismas localidades). Este nivel de areniscas se encuentra también al NE. del Losa (figura 11) con el aspecto de areniscas silíceas, de estratificación confusa, grano fino y color rosado (Norte de Villamor).

LUTECIENSE (E)

Sobre las capas anteriores viene en transgresión un tramo marino, con deposición de calizas que constituyen un banco compacto, muy continuo, que se encuentra sobre el Cretáceo superior, en toda el área en que éste se presenta. La discordancia no es prácticamente apreciable. Generalmente es muy rico en *Alveolinas*.

DEPRESIÓN VILLARCAYO MEDINA-TOBALINILLA.

Estas calizas forman la base de la depresión terciaria de Villarcayo-Medina de Pomar-Tobalinilla, y afloran en orla alrededor, constituyendo su borde.

Son calizas grises, en bancos compactos, bien estratificados y regulares. Están cuajadas de *Alveolinas* y contienen, además, *Nummulites* (Villalaín, Incinillas, Hocino, Quintanalcuesta).

ANTICLINAL DE LALASTRA-SOBRÓN.

Calizas blancas de grano fino, que no parecen contener *Alveolinas* en Villamor, y las contienen al Oeste de Gobantes, Este de Ciales y Este de Quintanilla-Montecabezas, todo ello en la misma corrida ininterrumpida. Más al SE. de esta misma localidad, desaparecen bajo el Oligoceno, por transgresión de éste.

Al otro lado del anticlinal de Lalastra-Sobrón, es decir, en su flanco NE., parecen estar representadas (figura 7) por un banco de calizas (unos 10 metros de espesor) con grano de sílice, que soporta unas capas de margas con *Assilinas*, indudablemente eocenas. Allí no hemos visto *Alveolinas*.

MONOCLINAL AL NE. DE LALASTRA-SOBRÓN.

Tampoco recordamos haberlas visto en la corrida de

calizas que en toda la zona monoclin, al NE. del anticlinal citado, representaría para nosotros este piso luteciense.

Se trata allí de un banco, en corrida continua, de unos diez metros de espesor y color blanco, más o menos margoso, pero casi siempre muy compacto con abundantes espículas de *Cidarís* (Oeste de Pinedo) que atestiguan su carácter marino. En Corro son tan detríticos, que pueden, más bien, considerarse como arenisca basta con gran cantidad de grano de cuarzo blanco bien redondeado.

EOCENO SUPERIOR (D, C, B)

Entre las calizas de *Alveolinas*, consideradas como lutecienses, y los conglomerados que constituyen la base del Oligoceno, existen unos tramos de margas, margas calíferas, arcillas y arenas, de carácter entre continental y marino, que no dudamos en considerar que representan el Eoceno superior.

En efecto, el Oligoceno presenta un aspecto que a nosotros nos parece inconfundible. Se trata de la misma composición, disposición y aspecto, con que lo hemos visto en todo el borde de la cuenca del Ebro, al Sur de los Pirineos y en la Cordillera Costera catalana.

Los conglomerados son basales-marginales, y las formaciones inferiores deben representar, por consiguiente, los pisos superiores del Eoceno.

DEPRESIÓN DE VILLARCAYO.

El borde SO. de la depresión de Villarcayo-Medina de Pomar-Tobalinilla, que constituye, al mismo tiempo, el pie del flanco del anticlinal de Tesla, tiene la siguiente composición y disposición:

Sobre las calizas de *Alveolinas* se apoyan (figura 20) unas arcillas violáceas y arenas silíceas (d_4), cuyo grano pasa del tamaño muy fino a gravilla; su estratificación es cruzada y confusa (Quintanalacuesta); es un nivelito de poca potencia. Encima tiene un tramo (d_3) de margas, tierras y arcillas sueltas, de colores blancos, verdosos y rojizos (Quintanalacuesta). Siguen unas areniscas (d_2) amari-

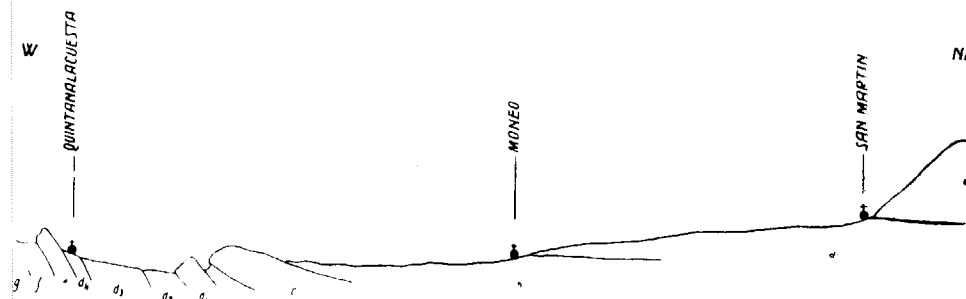


Fig. 20

llas de grano silíceo en bancos compactos, formando un nivel de escasa potencia. Este tramo detrítico pasa a (d_1) en que hay unas areniscas rojas y calizas margosas, cuyo aspecto sería marino, o por lo menos salobre.

Encima viene un tramo importante (e), por su compacidad y espesor, con calizas margosas muy blancas, en bancos compactos, e intercalaciones de arcillas y arenas blancas con abundantísimo pedernal y sílice semi-ópalo.

Forman estos bancos una serie de alturas que se pueden seguir perfectamente desde Nofuentes, Norte de Quintanalacuesta, hasta el Este de Villarcayo, donde pasan entre los kilómetros 4 y 5 de la carretera que va de aquella localidad a Medina de Pomar. Tienen allí el mismo aspecto de calizas margosas blancas, alternando con tierras rosadas y areniscas.

Continúan todavía hacia el Norte y se cortan en el kilómetro 81,800 de la carretera de Burgos a Bercedo, con el carácter de calizas margosas duras, de colores blancos y vinosos, alternando con tierras rojas (Este de Fresneda).

Tienen fósiles lacustres en ambas localidades. Estas faunas lacustres son difíciles y poco determinantes. Caracterizan los tramos continentales del Eoceno alto o del Oligoceno. Por consideraciones litológicas y estratigráficas, nos inclinamos a considerarlas como eocenas.

El último tramo eoceno es más heterogéneo. Consiste en una alternancia repetida de arenas, margas, tierras y arcillas de colores blancos, amarillos y rosados (Sur de Moneo).

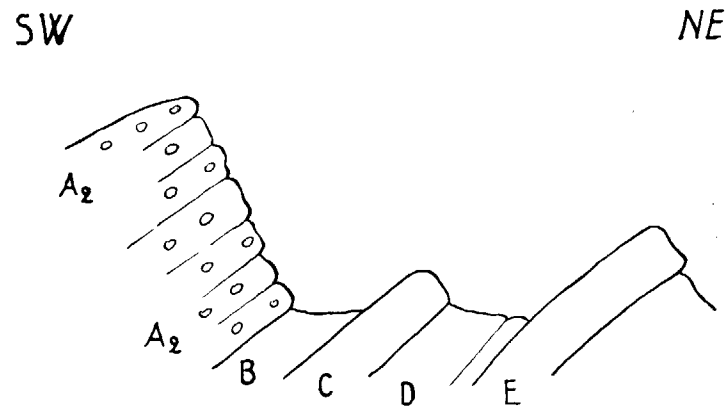


Fig. 21

Es notoria la disimetría en los espesores eocenos de relleno de la depresión. En el borde NE. la serie eocena, aunque de características litológicas análogas, es más sencilla y, sobre todo, menos potente (fig. 21).

El tramo de calizas margosas compactas (E) está también muy destacado, y corre en cretón continuo desde

Villate (al Oeste), hasta Criales. A la altura de Rufiancos (al Este), viene a quedar cubierto por la transgresión del Oligoceno.

Por debajo tiene un tramo (D) de margas, tierras y arcillas blancas que representaría el conjunto d_3 , d_2 , d_1 del borde Sur de la depresión. En la base, en el mismo contacto con las *Alveolinas*, presenta un nivel de areniscas y conglomerados (Criales), que representarían el d_4 del borde Sur. Por encima del banco calizo-margoso, existe, a este lado, un tramo (B) de margas de tonos rojizos, rosados o claros, con intercalaciones detríticas.

DEPRESIÓN DE VAL DE GOBEA.

La depresión de relleno terciario de Val de Gobeá, no es sino el extremo de otra mucho más extensa: la de Miranda de Ebro.

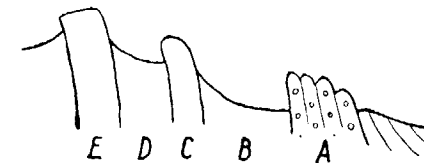


Fig. 22

La estructura del Eoceno superior está puesta de manifiesto con toda perfección en la carretera que pasa por el Balneario de Sobrón, entre los kilómetros 30 y 31 (figura 22). Sobre el tramo calizo (E) que representa las calizas de *Alveolinas*, se apoya un tramo de areniscas arcillosas blancas, que se desagregan fácilmente. Contienen *Assilinas* de tamaño diminuto. Por sus características y posición se trata del tramo D. Encima vienen las calizas margosas blancas (C), en bancos compactos y durísimos,

con pedernal y ópalo. Entre estas calizas y los conglomerados y margas oligocenas hay un tramo de tierras blancas, rosadas y violáceas, con grano silíceo. Se trata del tramo B.

En el Val de Gobeá, propiamente dicho, esta estructura, aunque se adivina, no está puesta tan claramente de manifiesto. Existen allí tramos de margas blancas con intercalaciones calizas, pero no se ve tan claramente su división en los tres niveles B, C y D.

OLIGOCENO (A_3 , A_2 , A)

Los depósitos oligocenos se acumulan en las depresiones terciarias, alcanzando muy grandes espesores.

Su aspecto es el mismo que presenta en todo el Norte de España, sobre todo el que tiene en los bordes de la cuenca del Ebro, tanto hacia el Pirineo como hacia la Cordillera costera catalana.

Se repiten alternando capas de margas, areniscas y conglomerados, de color predominantemente rojizo y amarillento. En las zonas marginales, los conglomerados (A_3) predominan de tal manera que se acumulan en enormes masas, pero sin que falten nunca del todo las intercalaciones margosas y arenosas. Hacia la depresión estos bancos van presentando elementos cada vez menos gruesos y pasan lateralmente a arenas y margas. Así el aspecto es el de un frente de conglomerados, que se extinguen hacia el interior en una serie de cuñas (figura 23).

DEPRESIÓN DE VILLARCAYO.

Tal carácter tiene el Oligoceno de la depresión de Villarcayo-Medina-Tobalinilla. Desde Villamor a Ruffranca (en el borde NE.), presenta en su base bancos de conglome-

rados (A_3). En el centro de este frente, desde más al N. de Criales hasta Quintanilla-Montecabezas, todo el Oligoceno parece constituido por conglomerados, y éstos se alzan en un muro casi vertical que mide más de 400 metros de altura. Observado con detalle, se aprecia, sin embargo, que no faltan intercalaciones de bancos e hiladas margosas. El

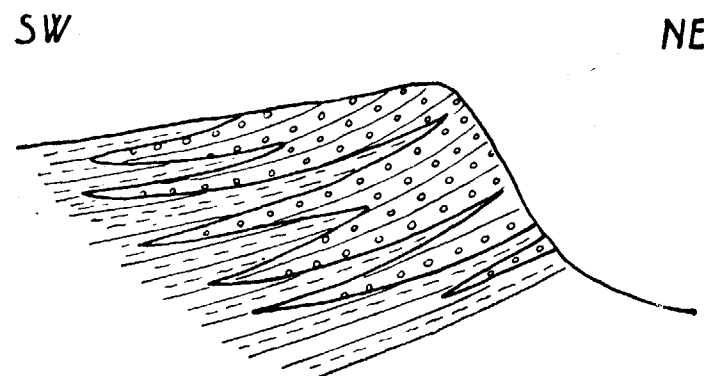


Fig. 23

río Losa corta esta ingente masa de conglomerados, que recuerda con toda exactitud las de la base y margen del Oligoceno en el Pirineo aragonés y catalán, por ejemplo en Oliana. Permite ver cómo los conglomerados van cediendo lugar a las areniscas y éstas a las margas.

Hacia el margen Oeste de la depresión, los conglomerados ya han desaparecido de la base, aunque no deja de verse algún que otro banco.

Volviendo a la margen NE. observamos un curioso fenómeno. Por lo pronto, vemos que al SE. de Quintanilla-Montecabezas, si bien la base aun está formada exclusivamente por conglomerados, éstos presentan ya pequeño espesor. Hacia el centro de la depresión abundan todavía los bancos de conglomerados, pero separados por tramos

gruesos de margas y areniscas. Así pues, la enorme masa de Quintana-Entrepeñas representa el cono de deyección de una gran corriente de agua, proviniendo del NE., es decir, confirma la existencia próxima en esa dirección de una masa en proceso de emersión, ahora más acentuada.

Además, al Sur del citado pueblo, el Oligoceno se ha depositado transgresivamente sobre un Eoceno y Cretáceo algo plegados. No se observan discordancias angulares, pero van desapareciendo bajo el Oligoceno, primero los tramos altos del Eoceno, luego la caliza de *Alveolinas* y, sucesivamente, los tramos altos del Cretáceo, hasta el Campaniense, que no es rebasado.

Ya en Herrán, en la misma corrida, el Oligoceno se compone sólo de margas y areniscas (A_2) y no se ven verdaderos conglomerados. El Oligoceno se apoya sobre las calizas campanienses.

En esta disposición se mantiene hasta Tobalinilla, donde la depresión cierra periclinamente. Al Oeste de esta localidad, vuelven a surgir bajo el Oligoceno los tramos más altos.

La transgresión es, pues, fenómeno local.

DEPRESIÓN DE MIRANDA DE EBRO-VAL DE GOBEA.

De la gran depresión de Miranda de Ebro, conocemos sólo una pequeña zona.

En el corte del Ebro por el Balneario de Sobrón, el Oligoceno presenta pocos conglomerados. Allí consiste, sobre todo (Oeste de Bergüenda), en bancos alternantes de margas y areniscas, estas últimas en bancos compactos. Hacia la base hay intercalaciones de conglomerados de canto calizo grande, y bien rodado, que contienen también gravilla cuarcítica. No parece tener carácter transgresivo.

En la depresión de Val de Gobeá, en cambio, el Oligo-

ceno muestra muy distintamente que su base es detrítica. Sus bancos más bajos son conglomerados de canto calizo bien redondeados; sobre ellos vienen las margas y areniscas rojas, presentando todavía algún otro banco fuerte de conglomerados. Se trata, sin duda, de conglomerados basales-marginales y aunque no se acumulen en enormes masas como en Ciales y Quintana-Entrepeñas, no cabe duda de que son la prolongación de estas masas que cruzaban el área ocupada ahora por el anticlinal de Lalastra-Sobrón, antes de haber alcanzado éste el relieve actual y ser dismantelado por la erosión que arrastró los conglomerados.

Sobre las margas y areniscas rojas, reposa una formación lagunar (A) de margas blancas y grises, calizas margosas blancas, todo ello en bancos gruesos regulares bien estratificados con marcada facies límnic y fósiles lacustres (entre *Nograro* y Villanueva de Val de Gobeá). Hemos clasificado el *Planorbis cornu*, Brongn., y la *Limnaea fabulum* (?), Brongn.

Estas últimas capas lacustres pudieran ser ya miocenas.



C. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA TECTÓNICA

La tectónica de esta comarca, como se ha podido apreciar ya por el estilo y disposición de los diversos cortes presentados, es muy sencilla (figura 24).

Consta de una depresión sinclinal, la de Villarcayo-Medina-Tobalinilla bordeada al Sur por el anticlinal de Tesla y al Norte, parcialmente, por el de Lalastra-Sobrón.

La depresión forma una cubeta cerrada periclinalmente.

El anticlinal Lalastra-Sobrón tiene su flanco Norte roto por una falla. También cierra periclinalmente por ambos extremos. Más allá de su extremo NO., las capas afectan una disposición monoclinal con buzamientos al SO., disposición que persiste hacia el SE., es decir, al otro lado de la falla.

Esta gran estructura monoclinal es la que constituye la mayor parte del área representada en nuestro mapa, es decir, las áreas NO., Norte, NE., Este y Sur.

Su regularidad sólo está alterada al NE., donde nos encontramos en una zona de tectónica violenta, y también alrededor de los cuatro diapiros, con la peculiaridad de que éstos afectan solamente un área muy pequeña a su alrededor. Vamos a examinar con algún detalle estos elementos estructurales.

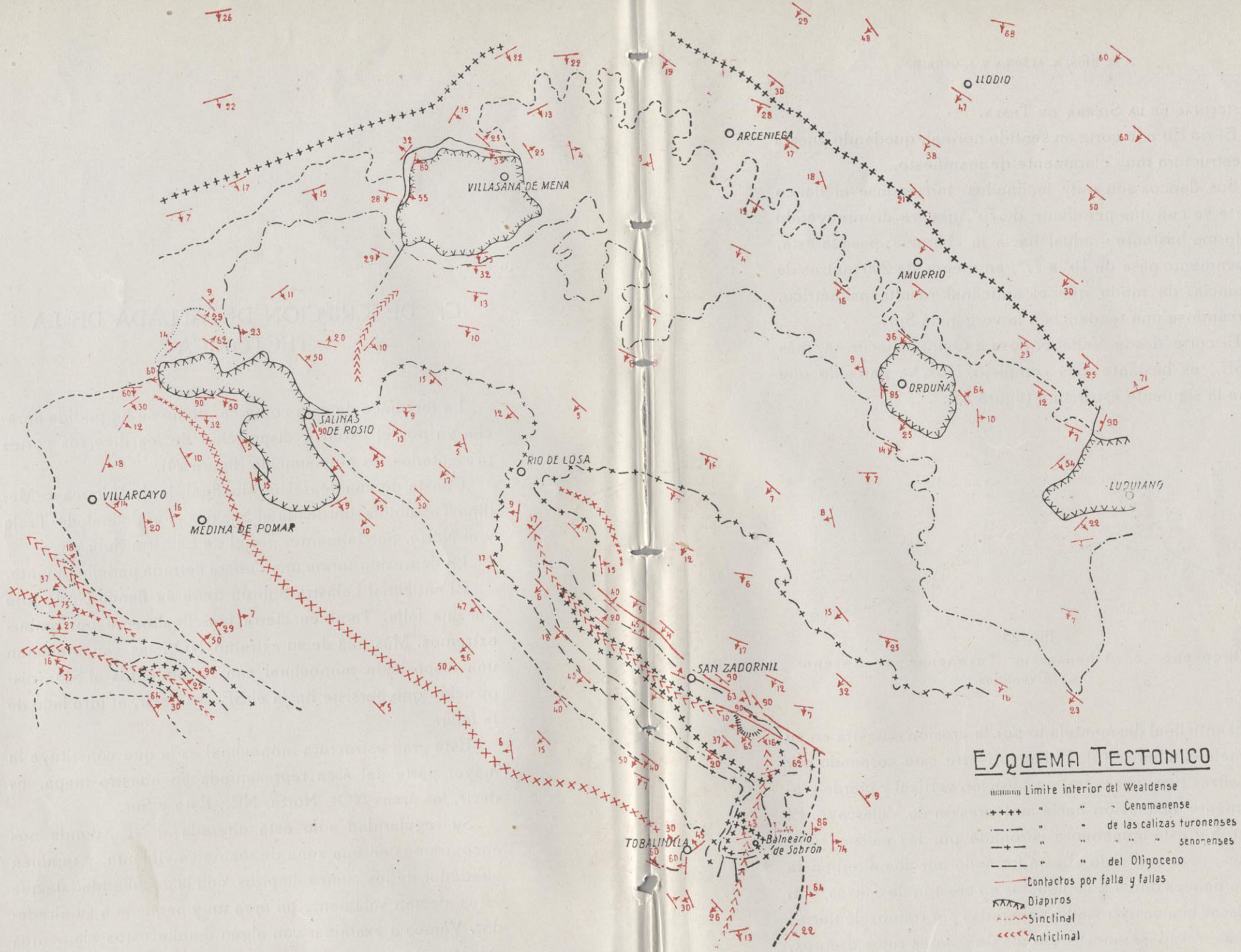


Figura 24

ANTICLINAL DE LA SIERRA DE TESLA.

El río Ebro lo corta en sentido normal, quedando puesta su estructura muy claramente de manifiesto.

Sus flancos son muy inclinados, iniciándose el flanco Norte ya con una pendiente de 75°, que va disminuyendo en forma bastante gradual hacia la charnela; pasada ésta, la pendiente pasa de 16° a 77°, en menos de 200 metros de distancia, de modo que el anticlinal resulta asimétrico, marcándose una tendencia a la vergencia Sur.

El corte desde Vallehermosa a Quintanalacuesta, más al SE., es bastante más complejo. Nos ha parecido que tiene la siguiente estructura (figura 25):

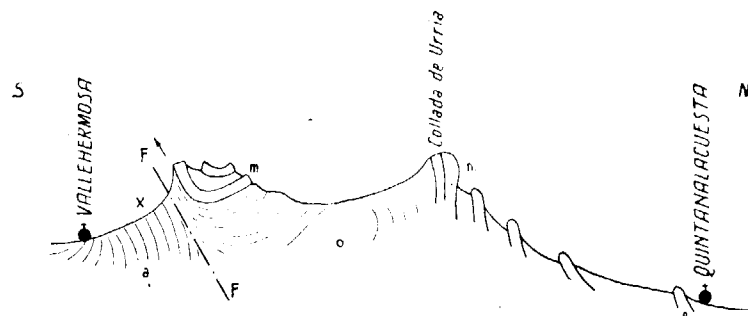


Fig. 25

a. Oligoceno.—o. Albense.—m. Turonense.—e. Eoceno.—
x. Alveolinas.

El anticlinal desmantelado por la erosión muestra en su charnela el albense (o). El flanco Norte está coronado por las calizas turonenses (m) en posición vertical y pierde gradualmente inclinación hacia la depresión de Villarcayo. El flanco Sur está igualmente coronado por las calizas turonenses, pero casi todo él está formado por una alternancia (a) de bancos duros y compactos en cretón de calizas, con areniscas blancas y rosadas separadas por tramos de tierras blancas, rosadas, vinosas y otras de colores rojos oscuros,

todo ello de aspecto de facies continental o lagunar, en corridas homogéneas y continuas, con buzamiento bastante uniforme de 65° a 75° al Norte.

Estas capas parecen ser del Eoceno alto u Oligoceno. Consideramos, pues, que existe aquí una cabalgadura, y que el anticlinal de Tesla, roto por una falla, ha montado, resbalando, sobre el borde de la depresión terciaria del valle del Ebro. Mostraría aquí, esta sierra, una vergencia Sur bastante más marcada que en el corte descrito antes.

ANTICLINAL INCINILLAS-VILLALAÍN.

En el borde SO. de la depresión de Villarcayo, viene a morir por cierre periclinal, un anticlinal: el de Villalaín-Incinillas.

Está separado del de Tesla por un sinclinal asimétrico (falda Sur, 75° al Norte, en Horna; falda Norte, 32° al Sur, en Incinillas).

El anticlinal Villalaín-Incinillas, es ligeramente asimétrico, siendo su falda Sur más inclinada (35° al Sur) que la Norte (18° al Norte); aquí, en su extremo, tiene poco relieve y desaparece seguidamente al SE., yendo las capas de sus flancos a unirse con las del anticlinal de Tesla; aún se señala, por consiguiente, una ligera vergencia al Sur.

LA DEPRESIÓN DE VILLARCAYO-MEDINA DE POMAR-TOBALINILLA.

Es una gran depresión sinclinal de relleno terciario, que cierra periclinalmente en forma de artesa.

Al SO. se apoya sobre el anticlinal de Tesla; la pendiente del borde es bastante grande (50 a 55° al SO.); pierde bastante rápidamente la inclinación hacia el centro. Al NE. se apoya sobre el anticlinal de Lalastra-Sobrón, con pendiente grande (50° al SE.), que también disminuye rápidamente hacia el centro.

Es, pues, prácticamente simétrico, y su eje tectónico se sitúa en su línea media, cuya dirección media es Norte 50° Oeste.

Al Oeste cierra con una inclinación media de 18° al Este. Al SE. cierra apoyándose sobre el anticlinal de Lalastra-Sobrón, cuya parte meridional se curva, formando una directriz N.-S. La inclinación de este borde pasa de los treinta y cinco grados (Tobalinillas) a los sesenta (Orbanos).

ANTICLINAL LALASTRA-SOBRÓN.

Tiene la forma de un domo alargado, cerrando por sus extremos con toda perfección por dos medias cúpulas. Su directriz tiene una orientación media de N. 45° O., pero ya en su extremo meridional se incurva bruscamente, tomando una dirección Norte-Sur.

Su flanco meridional, sobre el que se apoya la depresión de Villarcayo, tiene una pendiente media de 50°. Su flanco Norte afectaría, probablemente, esta misma pendiente, si no estuviera trastornado posteriormente por una gran falla. La semibóveda al NO., que lo cierra por ese extremo, tiene una pendiente máxima de 25 a 30°, que es la misma que viene a tener la del extremo Sur. Sería, pues, un anticlinal casi perfectamente simétrico, de no haber sido roto por la falla que hemos mencionado.

Además existen otras fallas en el interior. Una, dudosa, rompe el cretáceo inferior (Villamadones, figura 6), pero pudiera, quizás, tratarse de una repetición estratigráfica de capas de parecidos caracteres, más bien que de un trastorno tectónico.

Otra muy marcada, y de gran salto, es la que pone de manifiesto la existencia del Jurásico en Nograro, dejando al descubierto toda la serie wealdense. Su recorrido es de

tres o cuatro kilómetros. Existen fallitas locales en la semicúpula meridional, de poco salto, longitud e importancia.

LA FALLA DEL VALLE DE GOBEA.

Recorre esta falla parcialmente el flanco Norte del anticlinal de Lalastra-Sobrón, y tiene, exactamente, la misma dirección que su eje.

Su nacimiento se ve perfectamente entre Lalastra y Bóveda.

Al Oeste de Bóveda la serie es perfectamente normal y constituyen las capas un sinclinal bastante suave. Al SO. de la misma localidad las capas oligocenas, con pendiente de 5° al SO., están en contacto con los tramos cretáceos con inclinaciones de 40° al NE. Al Sur de Corro, las capas oligocenas, casi horizontales, están en contacto con las calizas turonenses prácticamente verticales. En San Zadornil, el Oligoceno está vertical y en contacto con las calizas turonenses, también verticales; toda la línea de contacto presenta trastornos y laminaciones violentas, pero el Oligoceno se coloca rápidamente en posición casi horizontal, al alejarse de la falla. Entre San Zadornil y Nograro, las calizas turonenses están ligeramente volcadas (62° al SO.) sobre el Oligoceno. Los conglomerados de base afloran en retazos por la línea de falla. Más al SE. las calizas turonenses, muy trastornadas, casi llegan a desaparecer. En Barrio, una falla transversal de pequeña importancia, corta la corrida de calizas, desplazándolas ligeramente. Al SE. de Barrio, la falla se extingue en seguida, coincidiendo su desaparición con el cambio de dirección del eje del anticlinal. Aparecen rápida y sucesivamente los tramos que han desaparecido en la falla.

La serie está completa y normal en el corte de la carretera que pasa por el Balneario de Sobrón (figura 7); las

capas están casi verticales (80°), pero ya no hay el menor indicio de falla.

La categoría y dimensiones de esta falla quedan de manifiesto si se recuerda que todo el Cretáceo inferior, con más de 1.000 metros de espesor, y el Jurásico, son expuestas a lo largo de ella. Así pues, la rasgadura del anticlinal llega casi a poner el Oligoceno en contacto con el triás.

LA ESTRUCTURA MONOCLINAL DE LA ZONA N. Y NE. (Fig. 24.)

El resto del área está ocupado casi exclusivamente por una inmensa estructura monoclinial.

En el borde NO. de la depresión de Villarcayo (Villamor-Criales), absolutamente toda la serie, desde el Oligoceno hasta el wealdense participa de esta estructura monoclinial. El Oligoceno está afectado de una pendiente media de 15 a 20° SO.; aumenta a 30° (calizas lutecienses de *Alveolinas* en Gobantes); disminuye a 10° - 15° (calizas santonienses de Oteo-Cabañes). El coniaciense tiene una pendiente media de 15° (Lastras de la Torre) y esta misma viene a ser el promedio de la inclinación del turonense (Arceñiega). El cenomanense muestra ya inclinaciones medias superiores (de unos 30°), siempre al SO. En el conjunto de facies wealdenses las inclinaciones crecen gradual y regularmente desde esta última cifra hasta los 75° u 80° , y una vez que alcanzan esta inclinación empiezan los pliegues y fracturas violentos que bordean la estructura monoclinial.

Más al SE., al llegar al extremo del anticlinal de Lastra-Sobrón, las capas de la estructura monoclinial se abomban y pasan a un lado y otro del anticlinal, para constituir sus flancos. Donde la disposición monoclinial tiene verdaderamente su continuación es, realmente, al Norte de

la falla, donde toda la serie, Oligoceno inclusive, hasta el wealdense, participan de la disposición monoclinial.

La mayor parte del área monoclinial comparte la diretriz general NO.-SE., de modo que las capas buzan con casi absoluta regularidad al SO. y tienen, exactamente, la misma dirección que la depresión de Villarcayo, los anticlinales de Lastra-Sobrón y que las fallas. Sólo el ángulo NO. tiene una dirección OOS.-EEN., también muy uniforme y regular, que hacia la mitad del área cambia rápida y regularmente a Noroeste-Sureste, que afecta toda la región Noreste.

LOS DIAPIROS.

Este cuadro tan sencillo de la tectónica general, está únicamente, y apenas alterado, por la existencia de los cuatro diapiros ya citados. En general, trastornan las capas con las que están en contacto inmediato, pero el radio de acción de sus efectos es muy pequeño, las capas recobran rápidamente sus posiciones normales. Tres de los diapiros surgen en el gran flanco monoclinial y perforan en las capas del turonense inferior. El cuarto ha perforado, precisamente, en el borde mismo de la depresión de Villarcayo y afecta desde el Oligoceno hasta las margas turonenses.

No están ligados por ninguna línea de falla, y aunque, sin duda alguna, son de la misma edad y efectos de una misma causa; constituyen fenómenos aislados de idéntico carácter, pero no forman parte de un mismo accidente tectónico.

EL DIAPIRO DE SALINAS DE ROSÍO.

Su interior.—Está constituido por una intrusión de masas de keuper, integrado por margas rojas, azuladas, grises y violáceas, con yesos, a veces en grandes masas,

Hay manantiales salinos que se explotan (Salinas de Rosío), pero las sales no afloran. Está todo el keuper sumamente trastornado y entre las margas afloran fragmentos, bloques e incluso grandes masas de carniolas oquerosas que llegan a constituir cerros y colinas. Son abundantes los fragmentos de ofitas en casi toda el área y hay varios afloramientos firmes. Uno de ellos (al Sur de La Cerca), está rodeado de lo que parece una aureola metamórfica.

Las márgenes. —La mitad inferior del diapiro está enclavada en el Oligoceno.

Los contactos con el Oligoceno se expresan en los siguientes cortes esquemáticos (figuras 26, 27 y 28).

La mitad superior se ha abierto paso al exterior fuera de la depresión de Villarcayo, aflorando en las capas del turonense inferior margoso. El carácter de los contactos lo hemos resumido en los esquemas de la figura 26.

Inmediatamente al Norte de Salinas de Rosío hay una zona complicada que no hemos estudiado con detalle, y que hemos representado arbitrariamente.

De los esquemas parciales que acabamos de presentar, se deduce que el carácter del contacto se reduce a uno de los cuatro tipos siguientes (figura 28, 1, 2, 3 y 4).

Todos los contactos son anormales, pero en algunas zonas, el diapiro, en todo análogo en su modo de funcionar a un aparejo volcánico, ha desbordado sobre las zonas contiguas, y el keuper cabalga sobre las zonas contiguas (figura 26, b, c, d y e; figura 28).

El esquema que acompaña muestra cómo se distribuyen en el perímetro los contactos por resbalamiento y los contactos por cobijadura (figura 28, 5).

EL DIAPIRO DE VILLASANA DE MENA.

El interior. —Está constituido por rocas de análogo tipo.

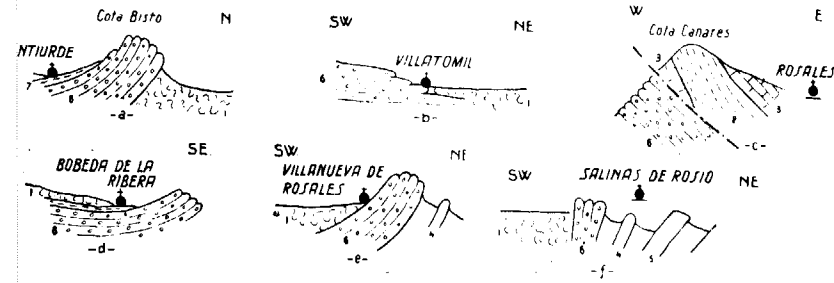


Fig. 26

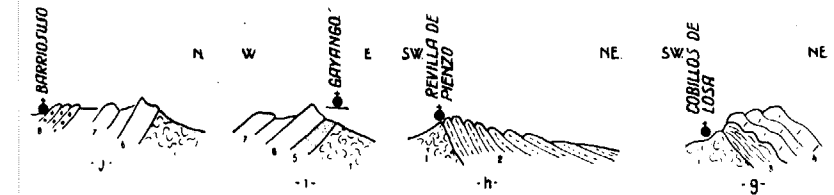


Fig. 27

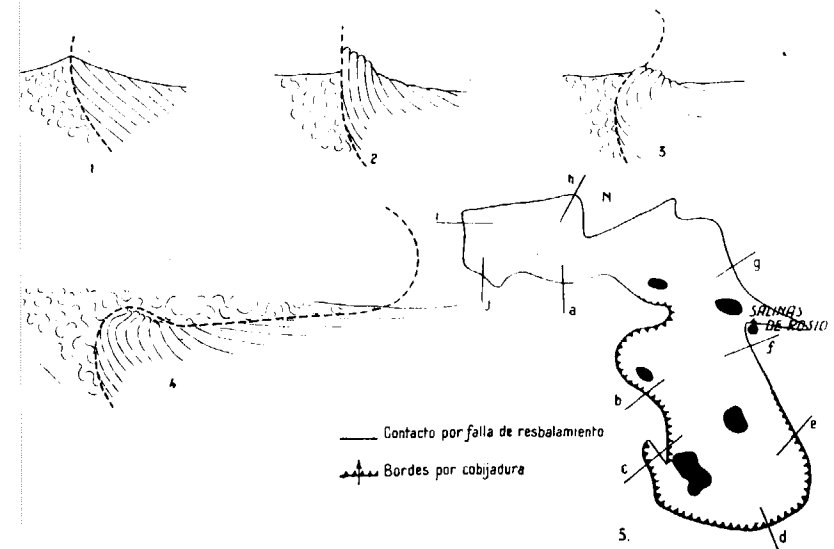


Fig. 28

- | | | | |
|---------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|
| 1. Margas abigarradas. | } Keuper. | 4. Margas blancas. | } Eoceno. |
| 2. Margas azules con ja-cintos. | | 5. Calizas de alveolinas. | |
| 3. Carniolas. | } Oligoceno. | 6. Conglomerados. | } Oligoceno. |
| | | 7. Margas rojas. | |

Las masas de carniolas y margas del keuper están igualmente trastornadas y trituradas. Hay afloramientos ofíticos, e infinidad de pelotas y fragmentos de esta roca cubren algunas áreas.

Las márgenes.—Todo el afloramiento está enclavado en las margas turonenses, pero el diapiro ha arrastrado retazos del Cretáceo inferior, que quedan dispuestos en aureola o incluidos en la masa del keuper.

Los siguientes esquemas muestran la naturaleza y disposición de los contactos:

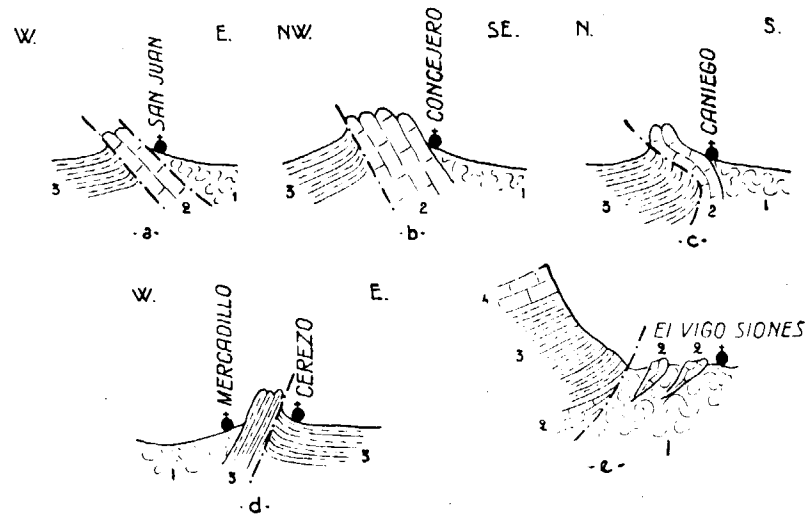


Fig. 29

- | | | |
|-----------------------|-------------|--------------|
| 1. Keuper. | 3. Margas. | } Turonense. |
| 2. Cretáceo inferior. | 4. Calizas. | |

El diapiro, en conjunto, se presenta en la forma que indican los croquis A y B de la figura 30.

EL DIAPIRO DE ORDUÑA.

Su interior.—Constituido, como los anteriores, por carniolas, margas abigarradas y yesíferas. No hemos visto

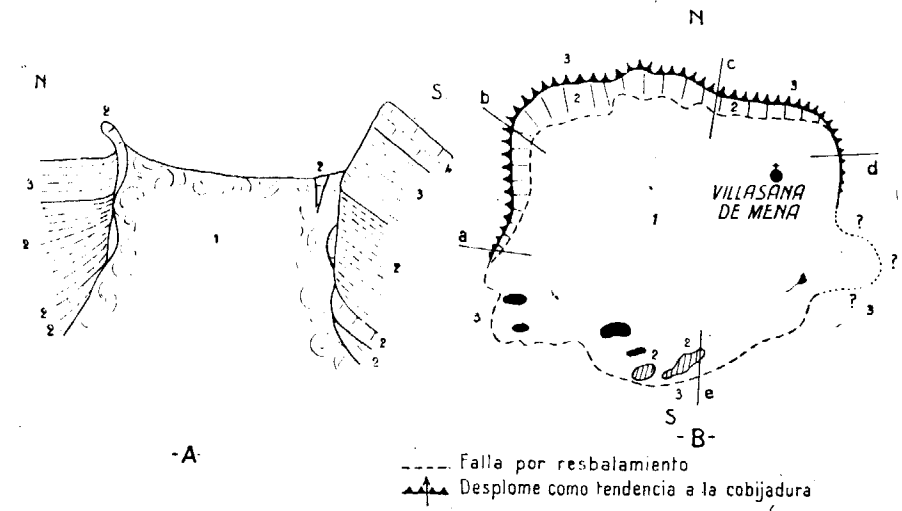


Fig. 30

- | | | |
|-----------------------|-------------|--------------|
| 1. Keuper. | 3. Margas. | } Turonense. |
| 2. Cretáceo inferior. | 4. Calizas. | |

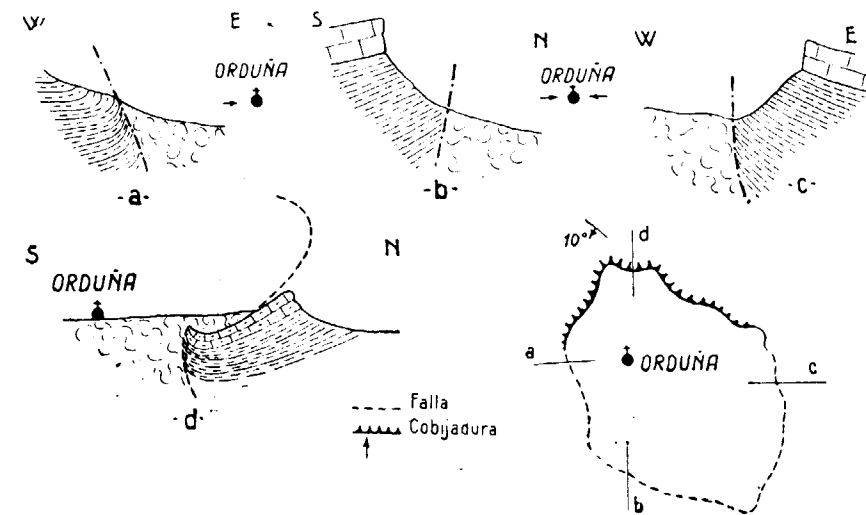


Fig. 31

las ofitas, pero han sido ya señaladas por diversos autores.

Sus márgenes.—Es un diapiro de características iguales al anterior. Aflora íntegramente dentro de las margas turonenses. No vimos arrastres de las capas del Cretáceo inferior. Representamos esquemas de su contacto en la fig. 31.

DIAPIRO DE LUQUIANO (O DE MURGUÍA).

No vamos a entrar en su descripción porque no hemos hecho otra cosa que atravesarlo. Sus contactos y estructura son muy complicados y parece mucho más complejo que los anteriores. Tampoco garantizamos la precisión de los contornos y contactos dados por nosotros en el mapa. Sólo nos proponíamos señalar su existencia y dar a conocer las circunstancias generales de su afloramiento.

¿ES UN DIAPIRO ABORTADO EL AFLORAMIENTO JURÁSICO DE NOGRARO?

Desde el primer momento nos ha llamado poderosamente la atención la disposición que afectan las capas del afloramiento jurásico de Nograro. Las capas jurásicas parecen haberse levantado a impulsos de un empuje vertical localizado en un área muy pequeña, de modo que se han dispuesto en forma de cúpula alrededor de este punto. Es exactamente la forma que adoptarían las capas si un diapiro estuviera a punto de aflorar en el centro de la cúpula (figura *). Hay otras razones que parecerían apoyar este hecho.

El anticlinal de Lalastra-Sobrón es asimétrico, excepto donde la falla ha trastornado esta simetría. Aquélla presenta caracteres de falla de compresión. Es difícilmente explicable que un empuje actúe en tan poca extensión, en forma tal, que los extremos del anticlinal sean perfectamente simétricos, y el centro esté roto e incluso algo vol-

cado. Pero sí es posible que el diapiro, apareciendo descentrado en el anticlinal, haya actuado con fuertes reacciones sobre la parte más continua de su flanco, originando la falla de compresión que se extiende a distancias relativamente cortas a ambos lados del supuesto diapiro, extinguiéndose luego por completo.

No es difícil imaginarse que en este caso pueda tratarse

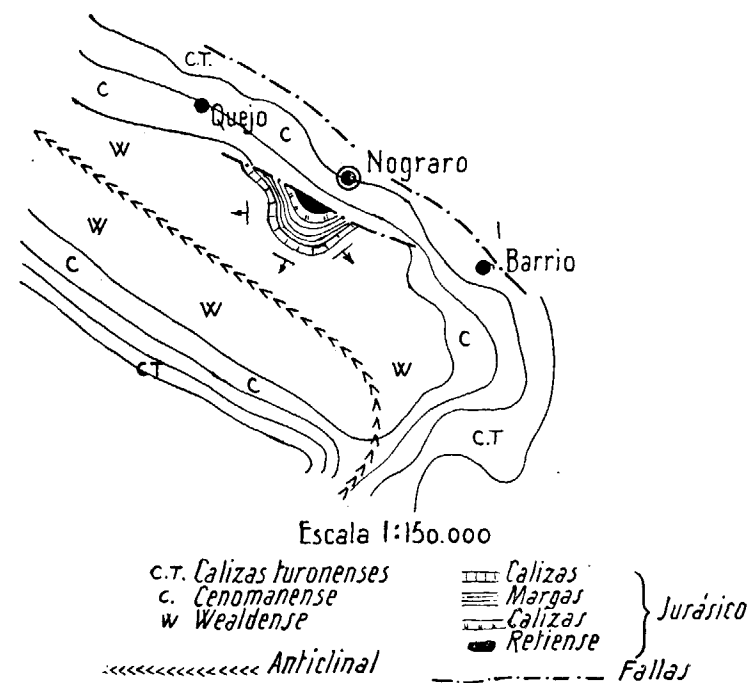


Fig. *

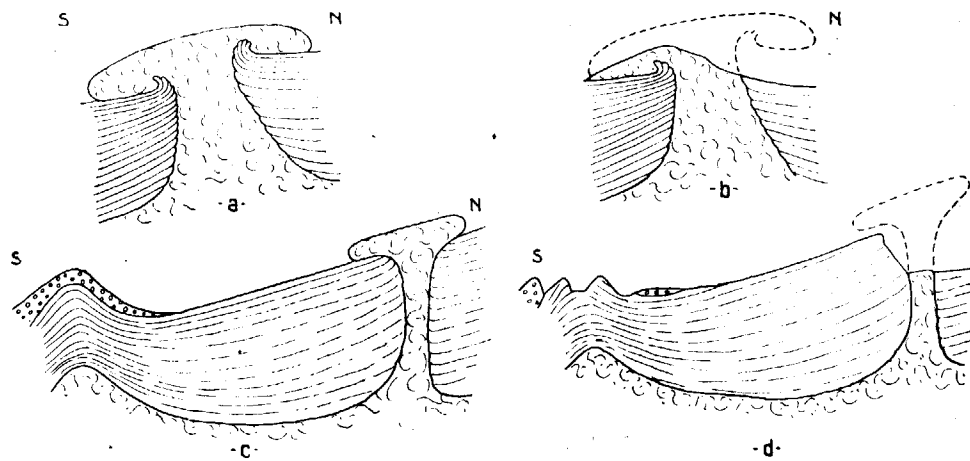
del afloramiento de un diapiro, abortado en el mismo momento de la erupción del keuper, o que quizás está aún en curso de completarse. Por otra parte, este razonamiento no es tampoco completo, porque si el keuper está a punto de aflorar (ya que la base del Lías está al descubierto), es debido, también, a la erosión, que ha tenido que arrastrar

más de 2.000 metros de espesor sedimentario levantado por el keuper.

EDAD DE LOS DIAPIROS.

Lo único que realmente se puede afirmar de manera categórica es que son post-oligocenos, ya que esta formación está atravesada por un diapiro. Es lógico suponer, sin embargo, que todos ellos son contemporáneos y que se han originado al mismo tiempo que los plegamientos, al actuar las presiones sobre las plásticas masas del keuper.

Suponiendo, pues, que los diairos sean post-oligocenos y contemporáneos del plegamiento, observamos que



a y c: al tiempo de producirse los diairos

b y d: en los tiempos actuales

Fig. 32

el de Salinas de Rosío (figura 32, b) debería presentar un aspecto distinto de los de Villasana de Mena y Orduña (figura 32, d).

En efecto, el de Salinas de Rosío, está en parte enclavado en la depresión oligocena, donde la erosión ha respetado toda la serie sedimentaria. Al menos la mitad Sur del

diapiro es la que debe guardar en su disposición un aspecto más parecido al que tenía, cuando se produjo el diapiro. Todo parece indicar que éste funcionó mecánicamente, como un volcán (figura 32, a). La disposición que correspondería actualmente al diapiro de Salinas de Rosío, sería la que indica la figura 32, b.

Si, como es lógico, admitimos que los diairos de Villasana de Mena y Orduña son contemporáneos de aquél, su aspecto actual no corresponde con la misma fase que presenta el de Salinas de Rosío.

En la época de su aparición, la nueva estructura monoclinical no estaba erosionada (figura 32, c) y estos diairos aflorarían sobre el Eoceno (el borde del área de sedimentación oligocena queda más al Sur).

Después ha actuado muy intensamente la erosión creando el gran escalón de los valles de Mena y Orduña, y lo que vemos actualmente del diapiro, corresponde a un corte de la chimenea y no al de la seta de expansión (figura 32, d).

De no ser esto así y corresponder todos los diairos actualmente a la erosión de las setas, todos ellos habrán de ser igualmente contemporáneos, pero mucho más modernos, pliocenos o cuaternarios.

III. RESUMEN GENERAL E HISTORIA GEOLÓGICA

Cretáceo inferior (*)

Es una formación de carácter marcadamente detrítico, puramente detrítica en la zona Sur y bastante más arcillosa en la zona Norte. Esto le da un aspecto distinto, ya que en esta última adopta una textura, en general, pizarreña y con colores oscuros, mientras que al centro el color predominante es el amarillento y, al Sur, el blanco y rosado.

Al Norte, los espesores (5.000 metros) que se deducen de los cortes son tan grandes que la imaginación se resiste aceptarlos. Sin embargo, no hay el menor indicio de fallas o repeticiones. Al Sur, los espesores, aunque mucho menores, son, sin embargo, considerables y superiores a los 1.000 metros.

Se apoya sobre el dogger y está cubierto por el cenomanense. Su monotonía y la carencia de fósiles impide dividirlo. Las cuñas marinas parecerían señalar que el aptense es el piso más desarrollado, ya que llega bastante cerca de la fase de la formación. Creemos, sin embargo, que se trata más bien de un barremiense-aptense. Todos los tramos estarían entonces representados.

(*) Consúltese la lámina en color, representando en varios cortes la evolución paleogeográfica.

El albense no está caracterizado en la faja Norte. En cambio, al Sur (sierra de Tesla), el aspecto es inconfundiblemente albense, al menos lo que exactamente con el mismo aspecto se viene considerando como albense en la Ibérica.

En esta comarca se aprecia, por consiguiente, perfectamente el cambio de la facies cantábrica a la ibérica y, en efecto, el anticlinal Lalastra-Sobrón puede considerarse como de aspecto intermedio.

Existía, por consiguiente, una depresión de tipo geosinclinal, de relleno continental, cuyas máximas profundidades de sedimentación, enormes, estaban situadas hacia la actual línea de costa. Su relleno es allí más potente y arcilloso. Hacia el Norte nos acercamos al área elevada de denudación que suministraba el material proveniente probablemente de la masa granítica castellana (cuarzo blanco, abundancia de mica). Sus intercalaciones marinas parecen ser originadas por avances temporales de un mar situado al Norte.

Cenomanense

Es una formación netamente marina de carácter calizo margoso. Predomina el carácter margoso hacia el Norte, sobre todo hacia el NO., donde es arcilloso y pizarreño. Hacia el Sur es más netamente calizo, sin que falten, y aun abundan, las intercalaciones margosas. No hay diferencia marcada entre los espesores al Norte y al Sur, y sus cifras quedan dentro de lo normal. Así, pues, se ha detenido el rápido hundimiento del geosinclinal del Norte y el descenso de fondo es más normal y, sobre todo, más uniforme.

Al terminar el Cretáceo inferior, se produce la transgresión cenomanense que cubre toda la zona de sedimentos marinos, extraordinariamente ricos en *Orbitolinas*. Es curioso señalar también la presencia de alveolínidos. El avance marino parece haberse producido de Norte a Sur. Las *Orbitolinas* no son exclusivas del piso cenomanense, y las contienen también las intercalaciones marinas del Cretáceo inferior. Su clasificación, sin embargo, es difícil y su sistematización parece ser aún más difícil. Ciry, que ha estudiado muy bien estas faunas, cita casi todas las especies en una y otra formación; se ve que, por consiguiente, no son de utilidad para la separación estratigráfica. Las formas que cita las atribuye, con más o menos dudas, a las especies *Orbitolina conica*, d'Arch., *O. discoidea*, Donc., *Orbitolina mamillata*, d'Arch. y *O. aperta*. Cita también la *Praealveolina cretacea*, d'Arch., en sus variedades *brevis* y *tenuis*.

Turonense

Es un piso netamente marino, comprendido entre las margas cenomanenses con orbitolinas, y las coniacienses, muy fosilíferas, ambas también marinas.

Se divide en dos sub-pisos, el inferior predominantemente margoso, y el superior de calizas.

En el inferior predominan las margas azules sueltas, pero a veces es bastante arenoso y entonces tiene un color amarillo. Algunos tramos son muy calizos, bastante duros y compactos. Al Norte hay uno de estos niveles, muy continuo e importante. Al Sur los niveles calizos son, en general, de menos potencia, pero bastante continuos. No se puede establecer bien la relación de éstos en las distintas

zonas, ni tampoco con los del Norte. Es muy poco fosilífero. Su espesor es muy grande al Norte, llegando a rebasar bastante los 2.000 metros. Disminuye muy rápidamente hacia el Sur, siendo mucho más reducido en el anticlinal de Lalastra y aún menor en el de Tesla.

El superior se compone casi exclusivamente de calizas compactas cristalinas; sólo hacia el Este es algo más margoso. Su espesor es bastante uniforme, aunque decrece algo hacia el Sur. En general es muy poco fosilífero.

La transgresión cenomanense se continúa en el turonense; la depresión geosinclinal del Norte, cuyo descenso se había hecho más lento durante el cenomanense, se hunde ahora de nuevo muy rápidamente, dando lugar a la acumulación de enormes espesores de margas. Parece haber alcanzado un ritmo más normal durante el turonense superior, ya que no hay diferencia marcada entre los espesores de calizas depositadas en el Norte y los del Sur.

Coniaciense

Se trata de un piso marino, con abundantes fósiles, *Rhynchonellas*, *Grypheas*, *Limas*, *Nautilus*, etc., de carácter predominante margoso, sobre todo al Norte, con intercalaciones de banquitos calizos compactos. Al Sur es marcadamente más calizo. Los espesores no acusan disimetría notable y solamente disminuye hacia el SE.

Santoniense

Durante el santoniense inferior continúa el régimen marino. Se inicia por la deposición, en toda la comarca, de

potentes y compactos bancos de caliza, en general arenosa, con *Lacazinas*, *Alveolinas* y abundantes lamelibranquios y gasterópodos. Se inicia un movimiento regresivo y las aguas se cargan de arcillas que dan origen a margas con contenido fósil muy abundante, en las que existen todavía algunos bancos calizos. La aportación arenosa se incrementa hacia el final del santoniense. La regresión se acentúa y se depositan abundantísimas arenas y areniscas, e incluso conglomerados, todo ello de carácter muy silíceo. Parecería hallarse toda la región en régimen continental.

No hay diferencia notable en los espesores. En conjunto todas las características de esta formación son bastante uniformes, nivel a nivel, para toda la comarca.

Campaniense

El campaniense se presenta como un tramo marino calizo-detritico, con gran uniformidad de aspecto y espesores en toda la comarca. Constituyen en la topografía crestones continuos y bien marcados de calizas rojas, arenosas, con grano de sílice, conteniendo abundantes alveolínidos y, sobre todo, *Hippurites*, *Radiolites* y *Sphaerulites*.

Maastrichtiense

Presenta carácter marino de regresión, con carácter calizo margoso arenoso, heterogéneo, y algo variable también en sus espesores.

Garumnense

La regresión iniciada en el santoniense tiene su culminación al final del Cretáceo; la mayor parte de la región queda emergida, y únicamente en las zonas más occidentales y meridionales, hay deposición de sedimentos, de carácter continental, representados por margas abigarradas en la base y blancas en la parte alta.

La región NE., que durante el Cretáceo inferior y la primera del superior está sometida a un proceso rápido de hundimiento, en régimen geosinclinal, es ahora la más elevada, si bien con escaso relieve todavía. Después de aminorarse la velocidad de sedimentación durante la mayor parte del Cretáceo superior, se detiene el movimiento, invirtiéndose al final del Cretáceo.

Ypresiense

Continuación del régimen continental anterior con oscilaciones que dan lugar a comunicación con el mar y deposición de calizas en aguas salobres. Se podría reunir con el garumnense, como, en general, en el Pirineo, en un tramo de transición garumnense-ypresiense.

Consta de dolomías en la base y arenas en su parte alta. Se mantienen las mismas áreas de erosión y sedimentación que en el garumnense.

Luteciense

El régimen continental garumnense-ypresiense termina al comenzar el luteciense. El mar eoceno avanza transgre-

sivamente, probablemente en dirección SO.-NE. La disminución de espesores en la zona NE., así como el carácter más detrítico y la desaparición de las *Alveolinas*, parecen indicar que la línea de costa no se hallaba lejana. En todo caso, era una costa muy baja, de escaso relieve. La erosión ha arrastrado los sedimentos altos más allá de los valles de Oteo y Losa y, por consiguiente, no podemos apreciar su posición. Lo que sí se puede afirmar es que la región NE. quedaba emergida con relación a la zona SO. Caracterizan el luteciense las calizas, que al SO. contienen *Alveolinas* y *Nummulites*, y son más arenosas hacia el NE.

Eoceno superior

Tras la transgresión eocena, que dió lugar a la deposición de las calizas de *Alveolinas*, cesa el avance de los mares. Se interrumpe probablemente la comunicación con el mar libre y tiene lugar la sedimentación de una serie de tramos salobres continentales constituidos por niveles detríticos en la base, calizo-margosos en la zona media y margoso-detríticos en la alta. El mar libre se extendía, probablemente, hacia el Este y SE., donde los sedimentos tienen carácter más francamente marino. El continente hacia el Norte, Oeste y Sur.

La notable disimetría en los espesores de la depresión de Villarcayo, así como su espesor, indican que está afectada de régimen sinclinal. La zona de máximas profundidades estaría situada hacia el SO., quizás en la actual Sierra de Tesla. El antiguo anticlinal al Norte, cuyo descenso cesó después del santoniense, y que empezó a elevarse muy lentamente después del campaniense, sigue

emergido y al final de esta época va a iniciarse su alzamiento definitivo, merced a los empujes alpinos de edad pirenaica.

Oligoceno

Al finalizar el Eoceno, la zona elevada al NE., que hasta ahora ha tenido poco relieve, empieza a levantarse con ritmo más rápido. La erosión empieza a actuar violentamente en este relieve recién creado, y envía hacia el SO. grandes masas de detritus gruesos y finos. El área de sedimentación eocena se reduce, y en sus márgenes oligocenas se depositan masas de conglomerados que en algunas localidades (Quintana-Entrepeñas) se acumulan en enormes espesores en la desembocadura de alguna importante corriente de agua, proveniente del NE.

La depresión de Villarcayo, unida con la de Miranda, funciona junto con toda la depresión del Ebro (de las que forman su extremidad NO.), como un geosinclinal continental que recibe muy considerables espesores de sedimentos.

El anticlinal de Lalastra-Sobrón empieza ya a surgir, si bien con escaso relieve, al final del Eoceno. El Oligoceno hace desaparecer varios tramos eocenos y cretáceos, llegando a apoyarse en el campaniense. Hacia el interior de la depresión se acumulan margas y areniscas.

Localmente hay lagunas que dan lugar a la deposición de capas con faunas límnicas (Nograró, Barrio, Villañane).

Al final del Oligoceno empieza ya a funcionar orogénicamente el antiguo geosinclinal del NE., que desde el santoniense ha mostrado una actividad muy reducida. En el borde NE. de nuestra zona se pliegan intensamente sus

estratos, que afectando una tectónica violenta se enlazan por el Este de Vizcaya y Guipúzcoa con los del Pirineo propiamente dicho.

En nuestra zona, estos plegamientos hacen surgir definitivamente el anticlinal Sobrón-Lalastra, cuyo movimiento se había iniciado a finales del Eoceno. La zona al NE., comprendida entre este anticlinal y la de plegamientos violentos, queda afectada uniformemente de una inclinación muy regular, o sea en estructura monoclinal.

El anticlinal Lalastra-Sobrón separa la depresión de Villarcayo de la de Miranda de Ebro. Aquella queda constituida como una cubeta, de cierre periclinal.

Elevan el anticlinal de la Sierra de Tesla, casi simétrico, pero que es el preludio de zonas de tectónica violenta.

Se producen las salidas diapíricas, y la falla que flanquea el anticlinal de Lalastra.

El eje tectónico de esta comarca es el sinclinal de Villarcayo, de dirección OON.-EES. (figura 24).

Los anticlinales que lo bordean al Norte y Sur son prácticamente simétricos. La zona al NE. del anticlinal de Lalastra-Sobrón presenta vergencias NEE.; la zona al SO., vergencia OOS.

Tectónica

Los movimientos seculares de alzamiento y depresión que dan origen a variaciones considerables en los espesores sedimentarios, a discordancias y a plegamientos de pequeño relieve han sido descritas al estudiar la evolución de esta región con los tiempos geológicos. Verdaderos plegamientos orogénicos sólo se pueden señalar los muy débiles que originaron un ligero abombamiento del futuro anti-

clinal de Lalastra-Sobrón a fines del Cretáceo, y los que al final del Eoceno dan lugar a un avivamiento de la erosión que origina la del Cretáceo-Eoceno, y suministra el material para los conglomerados de base y margen del Oligoceno. Los plegamientos orogénicos, verdaderamente intensos, tienen lugar al final del Oligoceno. Se originan los pliegues anticlinales de la Sierra de Tesla y de Lalastra-Sobrón, separados por la depresión sinclinal de Villarcayo-Medina-Tobalinilla. Al NE., y fuera de nuestra zona, se pliegan simultáneamente y de forma violenta el Cretáceo y el Eoceno. Esta zona de plegamientos violentos se une con la nuestra por una inmensa zona monoclinial. Al SO., y fuera también de nuestra zona, los plegamientos adquieren un carácter muy violento. La directriz esencial es la NO.-SE. Nuestra comarca es, pues, una zona de remanso, donde esfuerzos relativamente suaves dan lugar a plegamientos simétricos sin vergencias marcadas. Sólo en el extremo NE. se inician las vergencias al NE., y al Sur las vergencias Sur y SO. La divisoria tectónica coincide con el eje de la depresión de Villarcayo.

La única manifestación que anima con viveza tectónica este sencillo cuadro es la presencia del diapirismo. El keuper, empujado quizás más por el enorme peso de los sedimentos que por las propias presiones, busca el equilibrio rompiendo al exterior por una serie de verdaderas chimeneas por las que materialmente se vierte sobre las formaciones contiguas. Arrastran en su salida algunas de las capas más duras que atraviesa, y con las que va formando la chimenea. Es curioso que éstas no se ligan por alguna fractura o falla.

Se localizan los diapiros, sin embargo, cerca de una línea de debilidad de la corteza, en la margen del geosinclinal Cretáceo inferior-turonense, señalada por la rápida

disminución hacia el Sur de los enormes espesores de estas formaciones.

Un diapiro, que aborta, da lugar a roturas en el anticlinal de Lalastra-Sobrón, son fallas de compresión que comparten la directriz general NO.-SE.

El eje tectónico se sitúa en el centro del sinclinal oligoceno (de carácter geosinclinal, pero de reducida extensión para tener categoría de geosinclinal).

Cesan los movimientos, se restablece el equilibrio tectónico, y la erosión actúa intensamente hasta nuestros días, creando enormes relieves y desniveles, regidos, tanto por las directrices tectónicas, como por la índole y dureza de los estratos.

IV. ANALISIS CRÍTICO

En esta parte examinamos, desde un punto de vista crítico, las conclusiones a que hemos llegado, por comparación con las alcanzadas por Ciry, Karrenberg, Schriel y Clemente Sáenz, autores de los trabajos más completos y modernos que afectan a esta región. Rectificamos algunos de nuestros resultados, rechazamos algunos de los suyos y establecemos, con la máxima claridad que nos ha sido posible alcanzar, el enlace y equivalencia de nuestras divisiones con las suyas. Así se llega a unificar una serie de trabajos que afectan en su conjunto a la mayor parte del sistema cantábrico.

CIRY

En 1940 apareció el «Étude Géologique d'une partie des Provinces de Burgos, Palencia, León et Santander», de Raymond Ciry (*), en que se estudia de manera muy detallada una extensa región situada al Oeste de la nuestra, con la que tiene en común la estrecha faja comprendida entre los meridianos de Incinillas y Medina de Pomar. Ya hemos repetido, sin embargo, que la continuidad de los estratos hace que la comparación de características estratigráficas y aun tectónicas sea válida y muy útil.

Ciry ha hecho un estudio estratigráfico muy detallado; sobre todo, sus faunas y listas de fósiles son completísimas.

Vamos a comparar nuestros resultados con los suyos.

ESTRATIGRAFIA

BASAMENTO

Parte Ciry de las formaciones post-hercínicas, y los primeros sedimentos que describe son los del permo-triásico, que se apoya discordantemente sobre diferentes niveles del Carbonífero y del Devoniano.

(*) Toulouse, 1940.

PERMO-TRIÁSICO

Constituido según Ciry por una potente serie detrítica de pudingas cuarzosas, areniscas rojas y rosadas, más o menos bastas y micáceas; psamitas, margas pizarrosas, de colores vinosos y quemados y, más raramente, verdes.

Los sedimentos de carácter más bastamente detríticos se localizan generalmente en la base; los finos, como psamitas y pizarras, en la parte alta.

La carencia de fósiles impide la división paleontológica, y el conjunto representaría el permo-triásico, correspondiendo la parte superior, más finamente detrítica, al bunt, y la base al permiano superior y, quizás, al medio.

Constituyen estos depósitos una facies continental de desmantelamiento de las recién emergidas cordilleras hercianas, que se van depositando en zonas de hundimiento. La desaparición gradual del relieve se aprecia en la disminución del tamaño de los depósitos detríticos. Fenómenos volcánicos han intercalado efusiones lávicas entre las primeras capas sedimentarias.

Esta formación, invisible en nuestra área, quizás constituya el basamento del keuper, primera de las formaciones que afloran en la comarca estudiada por nosotros. De todas maneras los afloramientos más próximos distan más de 40 kilómetros (al Oeste).

Si se acepta que estos sedimentos son contemporáneos y se corresponden con los que Viennot y Lamare consideran como permianos, y describen con características parecidas en el bajo Pirineo vasco-francés (monte Larún o La Rhune), en la misma frontera española, entonces es aún más lógico admitir que, en efecto, pueden constituir el primer sedimento post-hercínico de nuestra comarca.

Los espesores vistos por Ciry pueden llegar a los 500 ó 600 metros, o ser mucho menores.

TRIÁSICO

Su base está representada en el permo-triásico. El muschelkalk falta, en opinión de Ciry, que refuta la atribución a esa edad por Karrenberg, de determinadas calizas negras y fétidas. Según Ciry, son calizas del liás inferior, y una repetición ocasionada por falla las hace aparecer como situadas entre el bunt y el keuper, lo que indujo a Karrenberg a considerarlas como muschelkalk. Además todo esto ocurre muy al Oeste de nuestra zona.

El keuper, con su aspecto habitual, con abundantes manifestaciones salinas y yesíferas, y con cuarzos bipiramidados, está bien caracterizado. Presenta ofitas, idénticas a las de los Pirineos. Su espesor es difícil de apreciar, a causa de la plasticidad de las arcillas, muy sensibles a las presiones y empujes, que las estiran en algunos lados y las acumulan en otros. Además están muy trastornadas y son imposibles de medir. Su espesor parece variar de unos pocos a 100 metros.

JURÁSICO

Hemos señalado nosotros por primera vez su existencia en nuestra zona. Según nuestros datos paleontológicos y estratigráficos, tenemos bien caracterizados el bajociense, representado por el contacto entre las calizas superiores y las margas intermedias, y las carniolas retienses, además de algún tramo liásico. La serie que Ciry da como típica se compone de: 15 metros de carniolas retienses en la base; calizas compactas u hojosas, negruzcas, dolomíticas

las más bajas, representando el hettangiense y sinemuriense; 100 a 190 metros de alternancia de calizas margosas y margas gris-azuladas, representando el lotharingiense al bajociense, y 20 a 40 metros de calizas claras representando el bathoniense y a veces el calloviense; si comparamos nuestra serie con la suya, vemos que la coincidencia de características de nuestro afloramiento es absoluta, incluso en los espesores. La uniformidad de características estratigráficas indican que una extensísima región, en la cual estaba enclavada nuestra comarca, estuvo sometida durante el Jurásico a un régimen geológico uniforme.

Las condiciones presentes al final del keuper se modifican escasamente durante el retiense, depositándose las carniolas, en transición el régimen francamente marino del hettangiense, seguida quizás de una regresión sinemuriense. Un mar situado al Norte, invade toda la región durante el charmutiense, avanzando profundamente al Sur. La facies es, por consiguiente, margosa. Al final del aalenense empieza la retirada de los mares. El régimen es más costero y se depositan calizas durante el bajociense y bathoniense. La regresión es neta en el calloviense y toda esta zona queda afectada de un régimen francamente continental.

CRETÁCEO INFERIOR

Es base del estudio Ciry una diferenciación entre Cretáceo inferior de tipo septentrional con facies wealdense, caracterizado por depósitos margoso-arenosos lagunares, alternantes con depósitos de carácter marino, y el de tipo meridional de carácter puramente lagunar-continental, y facies igualmente wealdense.

Esta facies, según Ciry, no representa en su base, como

han querido ver algunos autores, el Jurásico superior, ya que para él, tras la surrección post-calloviense, se origina una laguna estratigráfica que abarca todo el resto del Jurásico. Además, la base del Cretáceo sería transgresiva, apoyándose, incluso, en el Triásico. Así pues, si bien no de una manera terminante, y a reserva de lo que pueden afirmar posteriores descubrimientos, los primeros tramos del Cretáceo inferior son ya neocomienses.

Esta hipótesis de Ciry queda confirmada por nuestras observaciones, ya que en los cortes del anticlinal de Lalastra y Sobrón (figura 16), el contacto de la facies wealdense con la jurásica es perfectamente visible. No se aprecia la existencia de discordancias y no hay conglomerados; la facies wealdense parece apoyarse de la manera más natural sobre el Jurásico. Pero separados solamente por unos veinte metros de facies wealdense, existe un tramo marino de edad barremiense-aptense con abundantes *Orbitolinas* y *Rudistos* de orden inferior.

Para el wealdense meridional señala espesores de mil metros, o sea, más o menos los mismos que atribuimos nosotros, y que hemos medido en el anticlinal Lalastra-Sobrón, donde la serie aparece completa y muy uniforme. Lo divide en dos grupos: inferior, con pudingas y arcillas abigarradas de tonos vivos y, con menos importancia, areniscas y calizas lacustres; superior, casi exclusivamente compuesta de depósitos arenosos, muy variables en su aspecto; es, con mucho, la más potente, y la única presente en nuestra área meridional (Cw de Ciry = o).

El Cretáceo inferior de facies nórdica, o cantábrica (Cw¹⁻² de Ciry = O), es mucho más complejo. Con verdadero amor se ha dedicado Ciry a su estudio, haciendo un análisis detalladísimo, escala estratigráfica que ha de servir de base para el estudio de las zonas contiguas.

Desgraciadamente, nosotros no conocíamos su trabajo al realizar nuestras jornadas de campo, y es lástima, porque aun no disponiendo de tiempo para estudios estratigráficos muy alejados del motivo que nos llevaba allí, hubiéramos podido quizás establecer una relación entre ambas zonas, lo que no nos es posible con los datos de que disponemos actualmente.

En el macizo de Castro-Valnera, inmediatamente al Oeste de nuestra zona, el Cretáceo inferior es muy complejo. Ciry lo divide en:

ESPEORES	CARACTERÍSTICAS	EDADES	CARÁCTER
?	Complejo arenoso sup. de facies wealdense.	Cenomanense inf. Vraconiense. Albense.	Continental wealdense.
150 metros.....	Calizas de las Machorras.		
200 >	Complejo arenoso medio.		
100 >	Calizas de Castro	Gargasiense.	Marino con <i>Pseudotoucasias</i> y <i>Polyconites</i> .
200 >	Complejo arenoso inferior.		
200 >	Margas con <i>Plicatulas</i> .	Beduliense sup.	Marino con <i>Plicatulas</i> , <i>Ostreas</i> y algún <i>Ammonites</i>
?	Margas con <i>Orbitolinas</i> , areniscas y arrecifes de rudistas.	Beduliense sup.	Marino con <i>Orbitolinas</i> , <i>Pseudotoucasias</i> , <i>Polyconites</i> , y algún ammonitado.
700 a 900 m. ...	Serie arenosa de facies wealdense, del río Pas.	Barremiense. Wealdense.	Continental, con <i>Paludinas</i> en la base.

Esta serie-tipo que describe Ciry es, como se ve, muy completa; la más completa. Hacia el Este, es decir, hacia

nuestra zona, no lo ha estudiado con detalle, pero sospecha que la serie se simplifica notablemente. Acentúan su importancia las calizas de las Machorras, que forman imponentes acantilados entre Ramales y el río Miera, pero desaparecen las calizas de Castro y las margas de *Plicatulas*, lo que confirma Karrenberg al mencionar que entre el wealdense propiamente dicho (basal) y la facies urgoniense se intercalan solamente algunas calizas arenosas con *Orbitolinas*.

En cambio, por encima de las calizas de las Machorras, existe una potente serie de margas negras, pizarreñas, más o menos arenosas, y poco fosilíferas, con *Orbitolinas*, superpuestas por un potente complejo detrítico, prolongación hacia el Este del complejo inferior de facies wealdense.

Descrita así esta serie tiene mucha mayor analogía con la que hemos descrito nosotros. Los bancos calizos de Llodio, con sus fósiles marinos, podrán, quizás, corresponder a las calizas de las Machorras. Por debajo existe aún una serie de facies wealdense. Por encima viene una serie análoga y potentísima, con carácter predominantemente margoso, pizarreño y oscuro, y tramos arenosos intercalados, con margas de colores vivos y lignitos. Es muy posible que haya horizontes con *Orbitolinas*, aunque no los hemos visto. Desde luego nos sorprende la separación que se hace en general dentro de esta serie de una parte superior (albense en facies wealdense) francamente detrítica y arenosa. Nosotros no hemos visto sino un conjunto muy homogéneo, aunque variado en el detalle, desde las calizas del Llodio hasta las margas cenomanenses. No hay nada que recuerde allí la facies de arenas blancas, rojas y rosas de la zona meridional, si no es episódicamente. El conjunto es netamente margoso, pizarreño y oscuro, aunque con-

tenga abundantes arenas, mica y horizontes arenosos. Queda en pie, por consiguiente, la unión y equivalencia entre nuestra zona y la de Ciry, aunque se ve hacia dónde apunta la solución.

Es lástima que de los datos de Ciry no se puedan obtener las cifras totales de espesores de la serie nórdica, porque no da los de todos los tramos. Pasan, desde luego, de los 1.650 metros y, seguramente, de los 2.000 o los 2.500. Hemos observado que, en general, los espesores apreciados son sensiblemente menores que los que se deducen trazando los cortes a partir de mapas exactos y llevando a ellos abundantes medidas. Operando de esta manera hemos obtenido un espesor mínimo de 4.000 metros, para el Cretáceo inferior de nuestra comarca. No nos extrañaría, que fuera aún mayor en 1.000 ó 1.500 metros más. Al Norte de Agüera, en la carretera del Puerto de los Tornos, hemos recorrido siete kilómetros lineales, en que la inclinación de las capas aumentaba gradualmente desde los 17° a los 22°, sin el menor indicio de falla o de repetición, con una serie evidentemente continua, y quedándonos aún lejos de la base. Más al Este, hemos recorrido 11 kilómetros lineales, desde más al Sur de Lujandio hasta más allá de Aracaldo, en que las pendientes aumentaban gradual y regularmente desde los 21° hasta los 75°. En toda la zona no hemos podido observar ni un solo buzamiento anormal o contradictorio. Hay que descartar toda idea de falla.

Por arriesgado que nos parezca lanzar estas cifras, tenemos que rendirnos a la evidencia de las mismas. Así pues, creemos que el espesor del Cretáceo inferior en nuestra comarca es superior a los 4.000 metros, y muy bien pudiera llegar a los 6.000.

Es un caso parecido al de la famosa serie, igualmente en facies wealdense, entre Soria y Pico-Frentes, o al de

los espesores oligocenos en la depresión del Ebro, aunque en estos casos en menor escala. En general, los geólogos se resisten a aceptar los espesores que arrojan los cortes y prefieren suponer repeticiones por fallas de las que no hay la menor evidencia.

Nuestras cifras son, pues, muy superiores a las que, incompletas, da Ciry. No podemos apreciar si Ciry quedó corto en sus determinaciones, o si realmente la velocidad de hundimiento fué mayor en nuestra comarca.

La disimetría entre las zonas Norte y meridional, resulta, pues, mucho más acentuada en nuestros cortes generales que en los de Ciry.

El tránsito de las facies cantábricas a las meridionales se puede seguir perfectamente en el trabajo de Ciry. Los depósitos de Castro Valnera van reduciendo sus espesores, hasta sumar solamente pocas decenas de metros; los bancos calizos se van estrechando y llegan a perder su individualidad. El espesor del conjunto llega a ser de solamente 10 metros, comprendidos entre enormes espesores de facies wealdense.

Es el mismo fenómeno que hemos observado nosotros, si bien de manera discontinua. En el anticlinal de Sobrón-Lalastra (figura 16), el Cretáceo inferior tiene una facies que recuerda mucho más a la detrítica y amarilla meridional, que a la margosa y pizarreña del Norte. Pero aún hay algunas intercalaciones marinas con *Orbitolinas*, *Polycornites*, *Pseudotoucasia*, etc. El espesor ha bajado a los mil o mil doscientos metros.

Ciry explica el mecanismo geológico de estos espesores, admitiendo una emersión general post-caloviense y muy pequeño relieve, seguida de un régimen muy estable, con muy reducida energía de erosión y sedimentación escasa o nula, que explica la laguna estratigráfica después del

Jurásico superior. Con el Cretáceo empieza un rápido hundimiento de toda esta zona, mucho mayor al Norte que al Sur. Este hundimiento, acentuado en el aptense, da lugar a la invasión del mar beduliense, procedente del Norte y otra más profunda gargasiense. La región meridional acentúa entonces su hundimiento y toda la zona recupera su régimen continental.

CRETÁCEO SUPERIOR CENOMANENSE

Ciry describe el cenomanense como una formación esencialmente arenosa (C_{4-5} Ciry = N), pero en su parte oriental señala que hacia la parte superior adquiere un carácter de margas finamente arenosas, hojosas, y calizas margosas de colores grises y azulados. Cuando describe esa facies habla precisamente de la región en que monta con nuestra zona y, en efecto, hacia el Este el cenomanense es predominantemente margoso, y no se puede hablar en absoluto de facies detrítica. Más al Sur aún es más calizo. Por consiguiente, este carácter, que no pasa de episódico en la margen oriental de su trabajo, deja de serlo en nuestra comarca para predominar. El cambio lateral queda, pues, bien registrado.

Hemos considerado nosotros como cenomanenses las capas cuajadas con *Orbitolinas* que separan el Cretáceo superior del inferior, con facies wealdense. Un cambio radical y duradero, como el paso de régimen continental al marino, nos ha parecido el mejor criterio de separación. Toda nuestra comarca corresponde al tipo de cenomanense nórdico de Ciry, cuajado de *Orbitolinas*, en oposición al meridional o de *Ostreas*, que no las contiene.

Señala Ciry la existencia de *Orbitolinas* en el corte de la Sierra de Tesla, por el río Ebro, que nos pasaron inadvertidas.

Añadiremos que también nosotros hemos encontrado alveolínidos, probablemente la *Praealveolina cretacea*, d'Arch., junto con *Orbitolinas*, en las calizas cenomanenses de Lahoz (anticlinal Lalastra-Sobrón).

Respecto de la sucesión de fenómenos geológicos en esta época, Ciry no puede precisar las características de la invasión marina, ni el momento exacto que se produjo. Por los cambios laterales de facies parece que haya sido gradual, pero Ciry no ve bastantes elementos de juicio para aceptarlo. Coincide con Karrenberg, en que no se debió la transgresión a un reflejo de plegamientos violentos en otro lado (fases austríacas), sino a una continuación de los movimientos de descenso que vienen ocurriendo desde el Cretáceo inferior.

Nosotros hacemos notar, sin embargo, que el cenomanense se acuña sólo ligeramente hacia el Sur, y es muy poco disimétrico. Corresponde a un hundimiento más regional, pero más lento, sobre todo mucho más lento en la depresión al Norte que en los tiempos precedentes.

TURONENSE

Nuestro turonense coincide con el descrito por Ciry en la región contigua en sus características generales, pero hay diferencias muy apreciables de detalle. En esquema la división de Ciry es la siguiente:

Turonense	} Superior,	calizo con <i>Hippurites</i> .
		} Inferior

Advierte su autor que esta división es meramente litológica y que no coincide con la división paleontológica en ligeriense y angoumiense. El nivel inferior puede representar, además del ligeriense, todo o parte del angoumiense inferior.

El mismo criterio litológico hemos seguido nosotros, y advertimos, como él, que la separación litológica no es absolutamente exacta, porque el paso de margas a calizas no es neto y hay muchos cambios laterales.

El nivel inferior (6 de Ciry = $M_4 + M_3 + M_2$) de facies flysch, que sólo tiene 150 metros (Ciry) en la depresión de Espinosa, aumenta enorme y rápidamente su espesor en la nuestra, donde se desdobra en tres tramos muy característicos, M_2 y M_4 margosos con facies flysch, y uno intermedio M_3 calizo margoso, de escasa potencia, pero con mucha personalidad en la topografía. El espesor conjunto llega a los 1.500, y quizá a los 2.000 metros. Los cefalópodos, que ya empezaban a desaparecer en la zona oriental de Ciry, no los hemos visto. El tramo margoso de la base (M_4) es el más fosilífero y parecido al flysch de Ciry. El superior (M_2) es prácticamente estéril.

Hacia el Sur de nuestra comarca los espesores son mucho más pequeños, lo que podríamos llamar el tipo normal. Se pasa a la facies castellana.

En las calizas superiores (C_6 de Ciry = M_1), hemos visto los rudistas, pero ni mucho menos en abundancia como los encuentra Ciry en su zona, sino más bien como una rareza. Su límite superior está, en consecuencia, muy mal fijado, y falta en esta zona la precisión paleontológica con que cuenta Ciry. Muy por el contrario, el tránsito al coniaciense margoso es gradual, y como los fósiles coniacienses abundan precisamente en la base de las margas, no nos extraña que Clemente Sáenz considere todo este

tramo calizo como coniaciense. Es muy posible que, en parte al menos, lo sea en esta comarca al Este de la de Ciry. Tampoco se aprecia aquí que cese absolutamente todo aporte detrítico durante la depresión de las calizas superiores. Hemos observado la existencia de calizas arenosas, incluso con grano de sílice, y en todo caso son, en general, mucho más margosas que las puramente cristalinas de Ciry.

CONIACIENSE

De características parecidas al que describe Ciry en la zona contigua (C_7 de Ciry = L_1-L_5), hemos de señalar algunas diferencias, como son la menor abundancia en cefalópodos; paso gradual al turonense calizo en oposición al muy terminante que indica Ciry; gran disimetría, con espesores mucho mayores al Norte que al Sur; mayor importancia de las intercalaciones calizas.

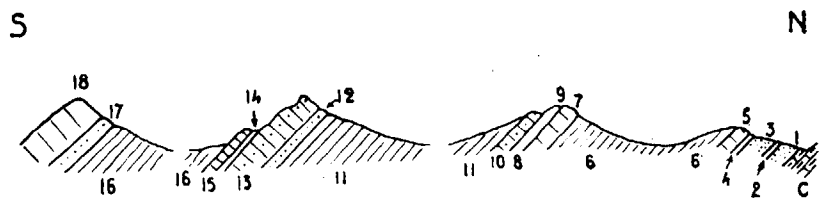
Todo parece indicar que la parte Norte de nuestra zona está afectada de una velocidad de hundimiento mucho más rápida y persistente que la contigua al Oeste, diferencia que, por otra parte, va a cesar con el coniaciense. Las zonas meridionales tienen, en cambio, un régimen geológico más uniforme.

SANTONIENSE, CAMPANIENSE Y MAASTRICHTIENSE

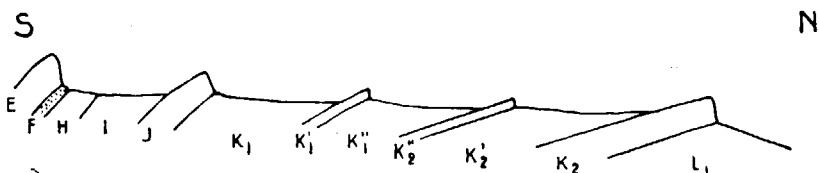
En la apreciación de las separaciones de estos tramos es evidente que hemos diferido ampliamente de Ciry. La heterogeneidad y variedad de la estratigrafía hace difícil establecer las equivalencias por la comparación de las descripciones en los respectivos textos. Vamos a tratar de establecerla a partir de la comparación de algunos cortes.

El diapiro de Salinas de Rosío perfora en una estructura isoclinal, cuya identidad estratigráfica, a ambos lados, debe de ser grande. En la página 260 da Ciry un corte al Oeste de este diapiro (figura 33, parte superior), y nosotros hemos dado a conocer (figuras 9, 10 y 11) varios cortes muy parecidos al Este, del tipo que representa el croquis inferior de la figura 33.

Es evidente que las capas 18 de Ciry, que son calizas



Corte por Torme, inmediatamente al O del diapiro de Salinas de Rosío (CIRY)



Corte inmediatamente al E. del mismo diapiro. (Nosotros)

Fig. 33

blancas, litográficas, ya terciarias, corresponden a nuestro nivel E de calizas eocenas de alveolinas. Los bancos 17 de arenas blandas, son nuestras arenas F. Las margas blancas intercaladas de arcillas varioladas, 16, corresponden a nuestras capas H de tierras abigarradas e I de margas y arenas blancas. 13, calizas «nankins» con cantos cuarzosos y muy fosilíferas, 14 margas y 15 calizas blancas deben corresponder a J, calizas amarillentas con niveles margoso-

arenosos y restos fósiles. Las capas 11 de Ciry, de areniscas finas, arcillosas y arcillas abigarradas, deben corresponder a K₁, areniscas claras con algún nivel margoso. Las calizas compactas 7, con huellas de rudistos, calizas margosas 8, arcillas verdes 9, y calizas arenosas 10 con *Exogyra spinosa*, podrían corresponder a nuestro nivel calizo arenoso K'₁ con miliolidos.

Las arenas finas, arcillosas, verdosas o amarillentas 6 corresponderían a K''₁ areniscas blancas y arenas sueltas micáceas y margas arenosas. Las arenas bastas cuarzosas 3 y calizas arenosas con grandes lacazinas 5 corresponderían a nuestro banco calizo K''₂ muy fosilífero. Nuestros bancos margosos y margoso-arenosos K''₂, con fósiles abundantes, corresponderían a las «margas de la Mazorra», de Ciry. K₂ son las calizas santonienses de Ciry.

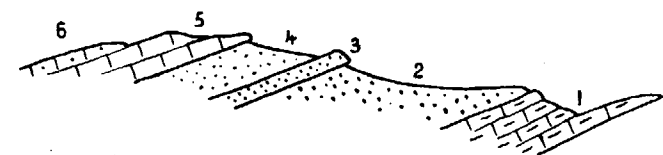
Para Ciry, el santoniense se reduce a nuestras calizas K₂. El campaniense a las «margas de la Mazorra» K'₂. El resto de la serie sería maastrichtiense. Hemos expresado la equivalencia en el siguiente cuadro:

CIRY		NOSOTROS	
Terciario	18	E	Luteciense
	17	F	Ypresiense
		H	Garumnense
	16	I	Maastrichtiense
Maastrichtiense	13, 14 y 15	J	Campaniense
	11 y 12	K ₁	
	7, 8, 9 y 10	K' ₁	(¿Campaniense?)
		K'' ₁	
	3, 4, 5	K'' ₂	Santoniense
Campaniense	Margas de la Mazorra	K ₂ (margas con sorpresa)	
Santoniense	Calizas	K ₂	

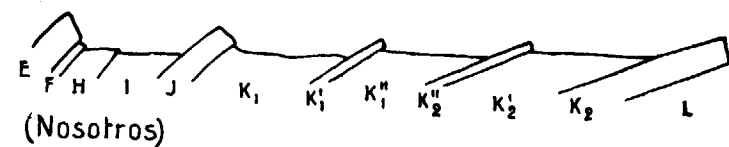
Esta equivalencia, si bien no sea absolutamente exacta en el detalle, debe de serlo en el conjunto. Se ve, pues, que la división del senonense es muy distinta, y no nos extrañaría mucho que fuera la de Ciry más exacta, ya que trabaja con faunas mucho más abundantes.

Por nuestra parte hemos de decir que las margas K'_2 , o margas nodulares con fósiles en el centro del nódulo (margas con sorpresa), por su contenido fósil nos ha parecido que debiéramos incluirlas en el santoniense. Parece que estas margas correspondan con las de la Mazorra, de Ciry.

En cambio, hemos pensado con frecuencia, que los niveles francamente arenosos y detríticos K' , K'_1 y K''_1 , hubiera sido mucho más lógico reunirlos con las calizas arenosas J, es decir, pasarlas del santoniense al campaniense. Las calizas J, en general, contienen casi siempre muy abundantes rudistos y lacazinas o alveolinas. Este nivel, muy constante al parecer, lo hemos considerado como campaniense, que es el tramo que en los Pirineos abunda más en hippurítidos. Por cierto que el nivel 12 de este corte de Ciry, constituido por calizas pardo amarillentas, finas o bastas, más o menos arenosas y muy fosilíferas, contienen abundantes orbitoides, entre ellos las especies *Orbitella apiculata*, *Simplorbites gensacicus* y *Omphalocyclus macropora*. Hemos citado nosotros, en la proximidad del diapiro de Gayangos, unas capas con abundantes orbitoides, cuyo parecido con las calizas cenomanenses y rara posición nos dieron mucho que pensar. Sin duda, se trata de este mismo nivel, y habría que rectificar el borde al NE. del anticlinal de Gayangos, cuya zona hemos recorrido más ligeramente. En ningún otro sitio hemos visto nosotros los orbitoides, que allí son abundantísimos.



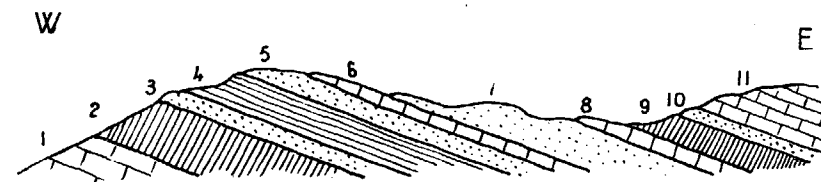
Corte por Sobrepeña. (CIRY)



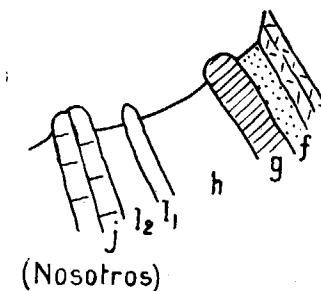
(Nosotros)

Fig. 34

1. Campaniense.—2. Areniscas rojas blandas.—3. Arenas duras.—4. Areniscas blandas arcillosas.—5. Calizas con *Orbignya lapeirousiei*.—6. Margas arenosas.



Corte al W. de Villalain. (CIRY)



(Nosotros)

Fig. 35

La comparación resulta aún más clara con el corte que da Ciry por Sobrepeña (*) (figura 34), donde 1 = K₂ + K₂' ; 2 = K₁' ; 3 = K₁ ; 4 = K₁ ; 5 = J. Aquí se ve bien la correspondencia de nuestras calizas con *Hippurites* y alveolínidos, con las calizas con *Orbignya lapei-rousei* y lacazinas. Las capas 1 a 6 son todas ellas maas-trichtienses, según Ciry.

Comparemos ahora otra serie de Ciry con nuestra figura 35, aunque ambas están algo separadas y el paralelismo no es, por lo tanto, absoluto.

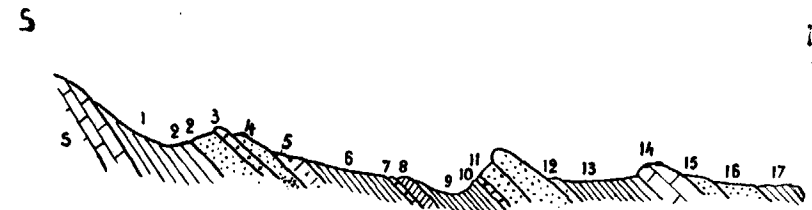
CIRY	NOSOTROS
11. Calizas de <i>Alveolinas</i> y <i>Nummulites</i>	= e. Calizas lutecienses.
10. Areniscas de gravillas y ar. finas.	= f. Ypresiense.
9. Arcillas abigarradas.....	¿
8. Calizas dolomíticas.....	= g. Dolomías.
7. Areniscas blancas finas..	= h. Areniscas blandas, margas, calizas y cretas muy finas de color blanco, con cuarzo rosado. Debajo margas rojas y verdes.
6. Calizas de miliolidos.....	
5. Areniscas más o menos arcillosas con niveles dolomíticos.....	
4. Arcillas abigarradas.....	
3. Arenas bastas rosas o rojas con gravillas cuarzosas (<i>nivel de Orbitoides</i>).	
2. Arcillas abigarradas.....	= i. Calizas impuras, margoso-arenosas. i. Margas arenosas tableadas. j. Calizas con hippuritidos y lacazinas.
1. Calizas margosas pasando a calizas dolomíticas.	

Esta equivalencia se resume en el siguiente cuadro:

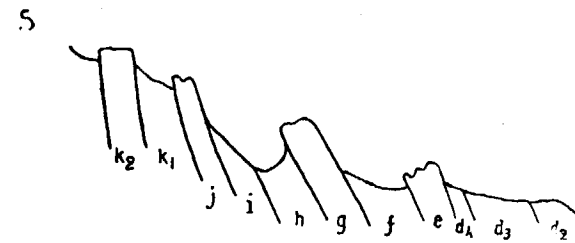
(*) Página 263.

CIRY		NOSOTROS	
Eoceno	11	e	Luteciense
¿Maest? ¿Danés?	9, 10	f	Ypresiense
¿Paleoceno?	8	g	Garumnense
	2, 3, 4, 5, 6, 7	h	
Maastrichtiense	1	i, i ₁	Maastrichtiense
		j	Campaniense

Comparemos ahora los cortes (fig. 36), trazados ambos al Sur de Quintanalacuesta:



Corte al S. de Quintanalacuesta.(CIRY)



(Nosotros)

Fig. 36

17. Margas arcillosas abigarradas.....	} = d. Margas y tierras blancas y arcillas abigarradas. = d. Arenas silíceas con gravilla, de finas a bastas.
16. Arenas bastas con gravilla silícea.....	
15. Areniscas finas amarillentas.....	

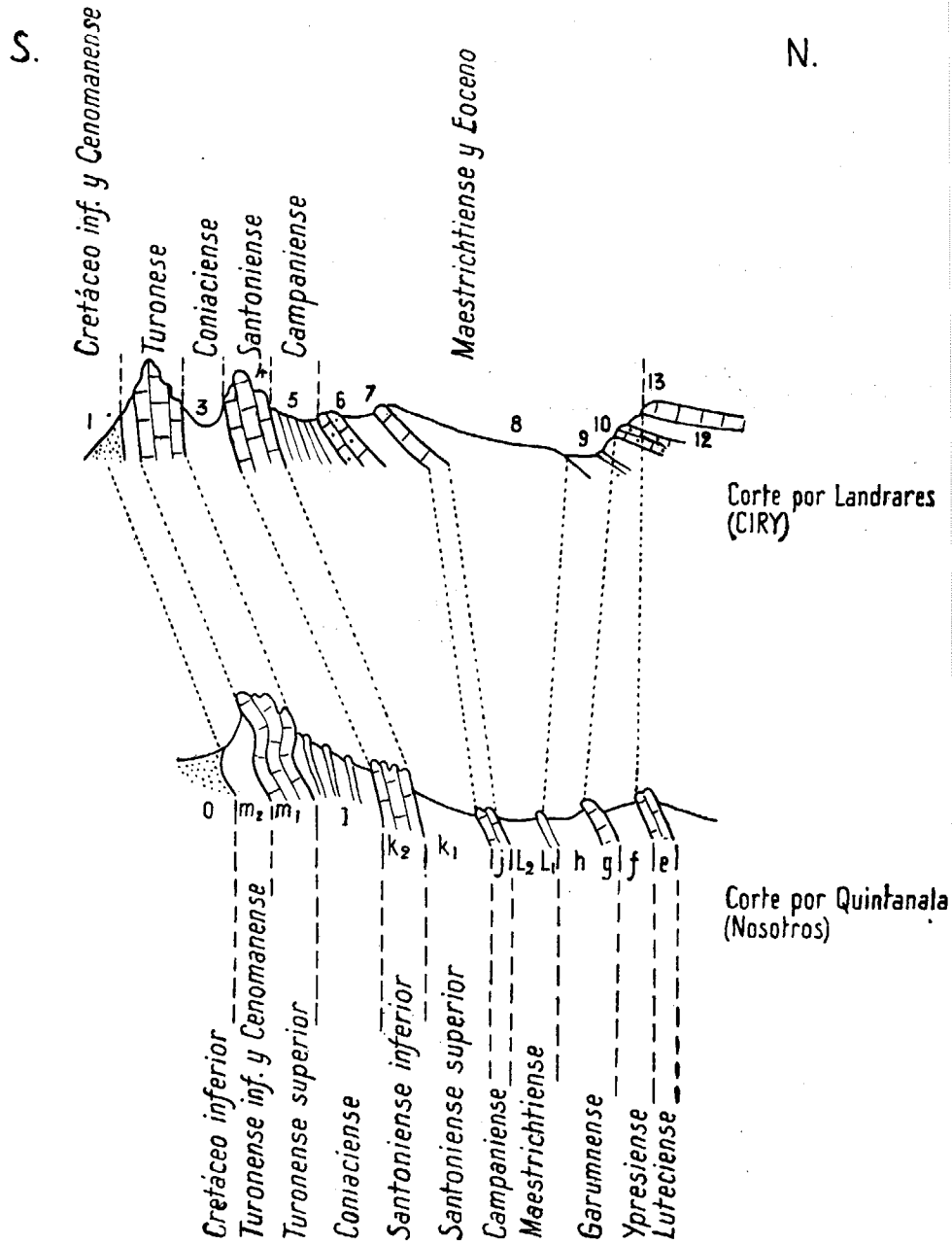


Fig. 37

- | | |
|--|--|
| 14. Calizas con <i>Nummulites</i> , <i>Alveolinas</i> y <i>Orbitolites</i> | = e. Calizas con <i>Alveolinas</i> y <i>Orbitolites</i> . |
| 13. Zona margosa poco visible. | } = f. Areniscas con granos de cuarzo rosado. |
| 12. Areniscas muy finas, compactas. | |
| 11. Arenas finas, rojas, compactas en la base..... | |
| 10. Calizas oolíticas. | = g. Calizas magnesianas de grano fino. |
| 9. Arcillas abigarradas y margas blancas..... | } = h. Tierras blancas, verdes y vinosas con hiladas duras de arenisca compacta y grano de sílice. |
| 8. Margas blancas compactas..... | |
| 7. Calizas en banquitos. . . | } = i. Calizas margosas, margas y margas calizas de color amarillo. |
| 6. Margas arcillosas abigarradas con bancos arenosos | |
| 5. Calizas arenosas con <i>Lacuzinas</i> y <i>Radiolites</i> | = j. Calizas compactas con <i>Hippurites</i> . |
| 4. Areniscas y cuarzos | } = k. Calizas arenosas y areniscas. |
| 3. Areniscas bastas | |
| 2. Areniscas finas..... | |
| 1. Margas arenosas. | |

Finalmente vamos a examinar todavía un corte de Ciry (página 270), cuya comparación con los nuestros es de gran interés. A pesar de ser una zona relativamente alejada (Landrares, 15 kilómetros al Oeste de Villalaín), tiene una gran analogía con los nuestros. Además abarca toda la serie cretácea, por cuya razón es doblemente interesante.

En la figura 37 figuran las equivalencias, que damos aquí más detalladamente con la descripción elemental de las formaciones:

Cretáceo inf. y Cenomane	1. Areniscas cubiertas parcialmente por los derrubios.	= o. Areniscas micáceas, con capas carbonosas.	Cretáceo inf. y Cenomane
		= n. Capas margoso-arenosas con orbitolinas.	
Turonense	2. Calizas blancas en gruesos bancos verticales.	= m ₂ . Bancos margosos blandos.	Turonense
		= m ₁ . Calizas compactas en bancos gruesos y regulares.	
Coniaciense	3. Margas blancas en depresión, difícilmente perceptible entre los derrubios.	= l. Complejo en que alternan las margas con banquitos calizos duros.	Coniaciense
Santoniense	4. Calizas blancas y rojas con lacazinas.	= k ₂ . Calizas y calizas margosas duras y compactas. Diminutos alveolínidos (¿lacazinas?)	Santoniense
Campaniense	5. Margas arenosas, nodulares, gris azuladas, con <i>Exogyra spinosa</i> , arenosas en la parte alta, con bancos calizo-arenosos.	= k ₁ . Calizas arenosas, cavernosas, con gravilla cuarzosa; areniscas. Margas arenosas, azuladas o amarillentas en la base, con <i>Ostreas</i> . Areniscas en la parte alta, con grano de sílice. Bancos compactos y calizas intercaladas.	Santoniense sup.

Maastrichtiense y Eoceno

6. Areniscas			
7. Calizas con lacazinas y rudistos con un banco arenoso intercalado <i>Orbignya lapeirousiei</i> .	= j. Calizas compactas con largos <i>Hippurites</i> grandes y abundantes alveolínidos (¿lacazinas?).		Campaniense
8. Areniscas grano fino, alternadamente duras y blandas.	= (?) i. Calizas margosas, margas y margas calizas de color amarillo. Margas arenosas y calizas impuras.		Maastrichtiense
9. Arcillas verdes y rojas en la parte superior con un banco arenoso intercalado.	= h. Margas grises verdosas y tierras de colores vivos. Alguna hilada de arenisca compacta de color rojo oscuro.		Garumnense
10. Serie margosa caliza con bancos travertínicos compactos y margas blancas.	= h. Margas calizas de color blanco. Tierras blancas.		
	= g. Dolomías. Caliza magnesiánica grano fino.		
11. Areniscas bastas, poligénicas, casi son pudingas, de pequeños elementos y con abundantísimos miliolidos.	= f. Areniscas rosadas con abundante gravilla de cuarzo.		Ypresiense
12. Margas arcillosas con <i>Ostreas</i> .			
13. Calizas de alveolinas.	= e. Calizas con alveolinas.		Luteciense

En el estudio y comparación de estas series tan análogas, perfectamente identificables, se desvanecen todas las dudas que pudieran quedar respecto de las equivalencias de nuestros tramos con los de Ciry. No diferimos respecto a los límites del senonense como conjunto, pero hay mucha diferencia en la división de sub-pisos. La documentación paleontológica de Ciry es mucho más completa que la nuestra. Por consideraciones litológicas, de facies y paleogeográficas quizás, es, sin embargo, más lógica nuestra división, sobre todo si se reúnen con las calizas arenosas de rudistos (nuestro campaniense), las series arenosas (nuestro santoniense superior) que descansan sobre las margas con sorpresa, equivalentes a las de la Mazorra (campaniense de Ciry).

TERCIARIO

No se dedica Ciry al estudio de detalle de estas formaciones y, por otra parte, la escasez de documentación paleontológica, a la que siempre atiende tan minuciosamente, le retrae en la determinación de las edades. Sus conclusiones, muy dubitativas, se pueden resumir en el siguiente cuadro:

	CIRY		NOSOTROS
Ypresiense sup.	11. Calizas con <i>Nummulites</i> y <i>Alveolinas</i> .	= f.	Luteciense
Ypresiense inf.	10. Areniscas. 9. Arcillas varioladas. 8. Calizas dolomíticas.	= f.	Ypresiense
Sparnaciense	7. Areniscas blancas finas.	} = g. } = h. }	} Garumnense
Montiense Danés	6. Calizas con miliólidos. 5. Areniscas arcillosas con niveles dolomíticos. 4. Arcillas abigarradas.		
Maastrichtiense	3. Arenas bastas o finas, rojas o rosas, con gravillas cuarzosas (nivel de orbitoides).		

CONCLUSIONES GENERALES

El estudio de Ciry es un magnífico trabajo, modelo en su género, en que a base de recogidas y clasificaciones paleontológicas, muy cuidadosas y detalladas, se ha podido desmenuzar al detalle las series estratigráficas. El examen minucioso de todas las publicaciones existentes sobre la región, constituye, además, una síntesis en que se analizan y ponen al día todas las cuestiones pendientes. Tanto por esta revisión histórica como por su bibliografía, este trabajo es también fundamental para los naturalistas que en el futuro se ocupen de la geología cantábrica.

Nuestras observaciones concuerdan, en lo esencial, con las de Ciry, de modo que no hay la menor dificultad en el empalme de los mapas. Las diferencias más señaladas consisten en la división del senonense, si bien los límites superior a inferior están de acuerdo. No nos extrañaría que Ciry estuviera más acertado que nosotros, a quienes nos interesaba mucho más la estructura tectónica y edad relativa de los estratos, en las diferentes zonas, que la absoluta.

Las conclusiones paleogeográficas y tectónicas son parecidas; difieren notablemente los espesores apreciados en algunas formaciones de la zona Norte (Cretáceo inferior, turonense inferior, coniaciense); puede ello ser debido a errores de apreciación, o a que en nuestra zona el hundimiento del surco Norte haya sido mucho más rápido y, probablemente, a la suma de las dos causas.

KARREMBERG

El trabajo de Karrenberg (*), cubre la misma zona que el de Ciry, pero se extiende algo más en todas direcciones. Ambos autores se encontraban en el terreno por la misma época, pero el trabajo de Karrenberg se publicó mucho antes, en 1934. Pertenece este autor a la generación de geólogos alemanes de la escuela de Stille, que se dedicaron en los últimos quince años al estudio de la paleogeografía española con objeto de aportar datos para contraste de las teorías tectónicas del gran geólogo alemán.

El límite oriental de sus estudios viene a coincidir con el que se fijó Ciry y, por consiguiente, se superpone ligeramente al nuestro. Resulta de interés comparar y establecer la equivalencia de sus estudios con los nuestros.

PERMIANO

En Asturias hay sedimentos parecidos a los del bunt, que yacen muy discordantes sobre el paleozoico. Contienen tobas y ofitas, y como estas manifestaciones eruptivas no son conocidas en el bunt germánico, pero es sabido

(*) Herbert Karrenberg: «Die Postvariscische Entwicklung Des Kantabro-Asturischen Gebirges (Nordwestpanien)». Berlín, 1934. Beiträge zur Geologie der Westlichen Mediterrangebiete. Abh. der Ges. der Wiss. zu Göttingen. Math. Phys. Klasse III Folge. Heft. 11.

que el Permiano pirenaico representa una etapa de intensa actividad volcánica, parece lógico atribuir a esta última formación las series asturianas de aspecto de bunt. En Cantabria no se aprecia claramente la existencia del Permiano, pero quizás la base de los sedimentos triásicos corresponden a esta edad. En general, predomina para Karrenberg la erosión durante esta época, con excepción de áreas locales de sedimentación.

TRIÁSICO

En cambio, toda la zona Norte pasa a ser zona de sedimentación al comenzar el Triásico con facies detrítica (Buntersandstein y Röt). Nuestra comarca forma parte de esta zona de sedimentación, que recibía sus sedimentos del área de denudación de un «macizo asturiano», parte del gran «macizo castellano», y formaba parte de la zona profunda, con espesores de sedimentación superiores a los 800 metros.

La existencia del muschelkalk, que señala Karrenberg, ha sido rebatida por Ciry, como ya hemos explicado. Su espesor no sería, en todo caso, superior a los 38-40 metros, y su importancia paleogeográfica estribaría en que los límites del mar triásico medio pasarían de la actual línea Ibérica-Guipúzcoa, hasta una línea al Oeste de Reinosa. No llegaría, sin embargo, a los límites de sedimentación del bunt.

Los grandes elementos paleogeográficos que se van señalando son, según Karrenberg (figura 38), un macizo asturiano, unido al Sur con el gran macizo castellano con un espolón o «umbral nord-cantábrico», separando dos fosas, el surco asturiano y la fosa cantábrica, que afecta a nuestra comarca.

El keuper, con arcillas abigarradas, yesos, sales y ofitas, puede tener, según Karrenberg, espesores mayores de 100 metros o bajar a 5 metros y aun faltar absolutamente. Su potencia exacta es difícil de determinar, ya que la menor presión tectónica las puede expulsar por completo de extensas zonas. Karrenberg reconoce en la distribución

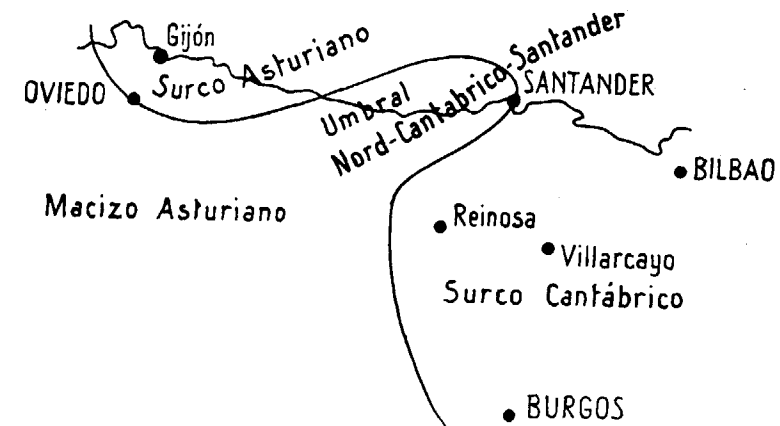


Fig. 38

del keuper las mismas características paleogeográficas fundamentales. Las ofitas se presentan únicamente en el surco cantábrico.

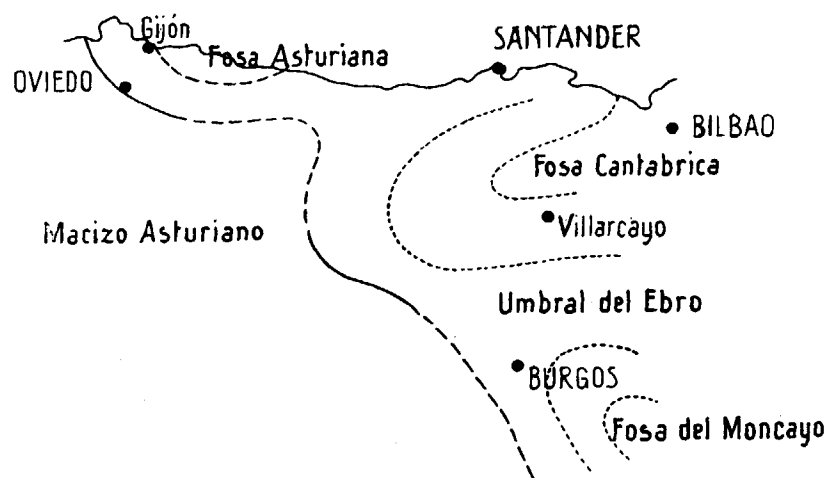
JURÁSICO

Se inicia por unas carniolas que en Reinosa presentan aún efusiones ofíticas intercaladas. Corresponden a la extinción de la intensa actividad volcánica del keuper. La base de las carniolas sería retiense; las ofitas del hettangiense inferior y el resto de las carniolas hettangiense superior y quizás sinemuriense. Están representados el lías medio y superior y el dogger. En algunas zonas, además, el celloviense. La invasión marina se inicia, por consi-

guiente, al final del Triásico, avanzando rápidamente. Nuestra comarca sigue situada en plena depresión cantábrica. Las variaciones en potencias y facies son muy pequeñas, lo que habla de una época epirogénicamente muy tranquila. La energía del relieve jurásico debió de ser muy pequeña, dada la escasez de aportes detríticos.

WEALDENSE

Los movimientos neo-kimméricos introducen un cambio brusco en la historia sedimentaria de la comarca. Se producen abombamientos epirogénicos apreciables en las variaciones del yacente, que en nuestra comarca es el bathoniense o calloviense, en otras el keuper, el carbonífero o el paleozoico más bajo. También hay indicios de movimientos orogénicos de la misma edad, pero éstos no afectaron a nuestra zona. Los elementos paleogeográficos se muestran en el croquis de la figura 39. A los anteriores hay que añadir el «umbral del Ebro» entre el surco cantábrico



y el del Moncayo. La zona de máximas profundidades sedimentarias de la depresión cantábrica, que durante el Triás empezaba en Reinosa, se va desplazando hacia el Este.

APTENSE

Tras el régimen continental del wealdense, que representa también al barremiense, avanza el mar desde el Norte en varias pulsaciones, de las cuales, las más marcadas, son la del bedouliense inferior, que es la más acentuada, y la del gargasiense.

ALBENSE

Considera Karrenberg que la serie albense (de facies wealdense) es difícil de separar del cenomanense con facies flysch. En el mapa reúne el conjunto albense-cenomanense inferior en un solo símbolo.

KARRENBERG	NOSOTROS	
Turonense superior	M ₁	Turonense superior
Turonense inferior y Cenomanense superior	M ₂ M ₃ M ₄	Turonense inferior
Cenomanense inferior Albense	N	Cenomanense
Aptense		Cretáceo inferior con facies wealdense
Wealdense	O	

Nos parece que los espesores que indica Karrenberg, son algo inferiores a los reales. *Grosso modo* los espesores apreciados en la zona inmediatamente contigua son: wealdense 1.000, aptense 350-400, albense-cenomanense medios 1.800-2.000 metros. Total máximo 3.400. Nosotros lo apreciamos en 4.500.

Hemos representado, esquemáticamente en la figura 40, las opiniones paleogeográficas de Karrenberg referentes a la época albense-cenomanense medio. El borde del macizo estaba situado, a nuestro juicio, mucho más al Sur de Villarcayo.

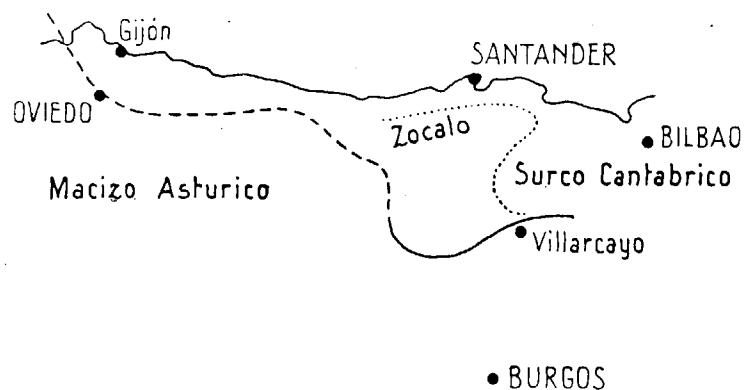


Fig. 40

CRETÁCEO SUPERIOR

Para Karrenberg, el «primer tramo margoso supracretácico» reúne el cenomanense superior y el turonense inferior, difíciles de separar. El «primer tramo calizo supracretácico», que descansa sobre aquél, representa el turonense superior (angoumiense). No difiere apenas de nuestra división (ver cuadro anterior), pero entonces su mapa, en la zona Bercedo-Espinosa, debe de estar equivocado. Tal como está representado, la equivalencia sería la siguiente:

KARRENBERG	NOSOTROS	
Turonense Cenomanense superior	M,	Turonense superior
Cenomanense medio	M, M, M,	Turonense inferior
Albense	N	Cenomanense
Aptense		Cretáceo inferior de facies wealdense
Wealdense	O	

Bien distinto del anterior. Su descripción no coincide, al menos en su margen oriental, con el mapa, y es éste el que, según nuestros datos, está equivocado.

El resto del Cretáceo superior, apenas detallado en su trabajo, viene a corresponder con el nuestro en la forma que indica el cuadro adjunto.

KARRENBERG		NOSOTROS	
Garumnense Maastrichtiense Campaniense		K,	Garumnense Maastrichtiense Campaniense
Santoniense	2.º tramo calizo		
Coniaciense	2.º tramo margoso	L	Coniaciense
Turonense superior	1.º tramo calizo	M ₁	Turonense superior
Turonense inferior	1.º tramo margoso	M ₂	Turonense inferior
Cenomanense superior		N	Cenomanense

Señala Karrenberg la existencia de un profundo surco existente al Norte de la línea Espinosa-Bercedo (nuestro gran geosinclinal), que se acuñaba rápidamente hacia el Sur.

TERCIARIO

El de la depresión Medina de Pomar-Villarcayo, es considerado por Karrenberg de la siguiente manera: todo

el conjunto (160-200 metros) de arcillas abigarradas, areniscas con gravillas silíceas y bancos de margas calizas blancas, corresponderían, aunque con alguna intercalación marina, al garumnense límnic del Pirineo. Y como en el Pirineo, podría hablarse aquí de un garumnense-ypresiense, reuniendo entonces todas las capas desde el mastrichtiense hasta las calizas de alveolinas. Las capas de dolomías serían, según Karrenberg, cuisienses. Las calizas de alveolinas las atribuye al luteciense inferior.

Los conglomerados, que para nosotros son la base y margen del Oligoceno en el borde Norte de la depresión, los considera Karrenberg también como oligocenos, pero, según él, estarían por debajo de las calizas-margas blancas (nuestras capas c, C), que es evidente están debajo de toda la serie oligocena, tanto al Norte, donde afloran continuamente por debajo de los conglomerados, como al Sur.

Según determinaciones paleontológicas de Wenz, la fauna obtenida allí por Schriel es muy poco determinante y se debería atribuir al ludiense. Por nuestra parte, creemos que estas capas o sus equivalentes son, en algunas localidades, de carácter marino (Este de Sobrón) y encierran assilinas. Así, pues, no nos cabe duda que son eocenas, y que su complejidad y gran espesor muy bien pueden representar todo el Eoceno superior.

KARRENBERG		NOSOTROS	
		A	Oligoceno
Oligoceno		B	
Ludiense	Calizas margosas blancas	C	Eoceno superior
	(*)		
Eoceno superior	Conglomerados	D	
Luteciense inferior	Calizas de <i>Alveolinas</i>	E	Luteciense inferior
	Areniscas y gravillas	Y	Ypresiense
Cuisiense		Dolomías	
Ypresiense	Caliza arenosa	G	Garumnense
Paleoceno	Arcillas abigarradas, areniscas y margas	H	
Maastrichtiense		I	Maastrichtiense

El cuadro paleogeográfico terciario de Karrenberg es, en breves palabras, el siguiente: Regresión marina tras el mastrichtiense, con formación de una depresión garumnense; ésta tuvo alguna comunicación temporal con un mar situado al Norte. Las zonas de depresión se han trasladado al Sur.

Amplia y fugaz transgresión durante el luteciense inferior, proveniente del Norte y que llega hasta una línea de costa situada algo al Norte de la alineación Burgos-Briviesca.

Toda la región vuelve al régimen continental ya interrumpido.

Durante el Oligoceno (Eoceno superior-Oligoceno, para nosotros) se señala la particularidad de originarse en las

(*) No existen esos conglomerados, o mejor dicho, están por encima del ludiense.

zonas de relleno continental, depresiones de rápido hundimiento, que se rellenan de grandes espesores sedimentarios (1.000 metros según Karrenberg, 2.000 según nosotros).

Los rasgos paleogeográficos de Karrenberg coinciden, en sus líneas generales, con los nuestros, y son los siguientes:

Un macizo paleozoico, el macizo astúrico, parte Norte del gran macizo castellano, se comporta en casi todas las épocas y con parecidos contornos, como una zona emergida suministradora de material detrítico sedimentario.

Se manifiesta por primera vez durante el bunt, y se da a conocer durante el keuper por la ausencia de manifestaciones ofíticas, limitadas exclusivamente a las depresiones. Inundada parcialmente durante el Jurásico, en los tiempos neokimméricos, se renueva su relieve, suministrando las potentes masas detríticas de sedimentación wealdense. La transgresión cretácea superior lo cubre con un espesor de sedimentos marinos, que protegen al núcleo paleozoico de erosión hasta bien avanzado el Terciario. Una gran depresión, la depresión cantábrica, llegaba hasta más al Oeste de Reinosa durante el mesozoico inferior, terminando allí bruscamente. La máxima depresión se va desplazando, sin embargo, hacia el Este y deja en realidad de funcionar como tal depresión a partir del coniacense, aunque continúa recibiendo sedimentos marinos. Desde el Oligoceno, todo el espacio de la depresión cantábrica es ahora una zona emergida que envía sus sedimentos hacia el Sur. Hay, pues, una notable inversión de las zonas de umbral y depresión.

SCHRIEL

Walter Schriel, fué el primero de los colaboradores de Stille que se ocupó, sobre el terreno, de los problemas paleogeográficos y tectónicos de nuestro país, con su estudio del paleozoico de la Cordillera Costera Catalana, trabajo realizado en 1927 y aparecido en 1929. En 1928 se ocupó de los mismos problemas en la Sierra de la Demanda y en los Montes Obarenes (*), constituyendo estos últimos, dos trabajos, prácticamente independientes. Su estudio de los Montes Obarenes no está limitado a esta alineación montañosa, sino que se extiende en una extensa zona al Este, Norte y Oeste, en que queda enclavada la que nosotros estudiamos. Nuestro trabajo alcanza una mayor extensión al Norte que el suyo, y es más reducido al Sur, Este y NO. No obstante ser un experimentado geólogo de capacidad y fama reconocidas, sufrió equivocaciones de monta, que fueron señaladas por primera vez por Clemente Sáenz y luego por Ciry. Confusiones en la identificación de extensas unidades estratigráficas, le llevan a errores considerables en los mapas y, como consecuencia, a una interpretación tectónica muchas veces errónea, que

(*) Walter Schriel: «Die Sierra de la Demanda und die Montes Obarenes». Berlín, 1930. Beiträge zur Geologie der Westlichen Mittelmeergebietes. Abh. der Ges. der Wiss. zu Göttingen Math-Phys. Kl. N. F. Bd XVI, 2.

hace aparecer algunas zonas como complicadas cuando, en realidad, son sencillas. Karrenberg, que estudió la zona contigua, rectificó algunos de estos errores. Por otra parte, y salvados estos errores, dió Schriel, por primera vez, un mapa detallado de estas comarcas, que se ajusta en la realidad en sus contornos y afloramientos y constituye una contribución sumamente útil al conocimiento de la geología regional.

Lo que sorprende, es que sus errores afectan zonas tectónicamente tan sencillas y litológicamente tan bien caracterizadas, que pueden dibujarse perfectamente *a priori* sobre el terreno, en oposición a lo que ocurre en zonas complicadas, donde la correspondencia entre formaciones contemporáneas ha de hacerse a base del estudio e interpretación de las libretas de campo y previo un examen y clasificación cuidadosa del material paleontológico. En este caso se puede trabajar a la inversa, estableciendo en el mismo campo la coetaneidad y contornos de las formaciones y aun fijando allí mismo su edad en algunos casos.

Téngase en cuenta, sin embargo, la dificultad que supone obtener ideas claras, trabajando en zonas muy extensas, como lo hacen los colaboradores de Stille, durante varios meses seguidos, reuniendo abundantísimo material, cuyo examen y ordenación material y mental ha de hacerse luego de haber abandonado las zonas sometidas a estudio y sin posibilidad de aclarar de nuevo, sobre el terreno, las dudas y comprobaciones. En este sentido asombra el rendimiento obtenido por los geólogos de la escuela de Stille, cuyos métodos de trabajo y observación en el campo han de ser insuperables, así como su criterio geológico, que les permite obtener ideas tan claras de los datos amontonados durante meses de labor ininterrumpida en el campo.

TRÍAS

Para Schriel se compone solamente de buntsandstein y keuper. La falta del muschelkalk es más bien supuesta que comprobada, ya que en ninguna localidad aparecen juntos el bunt y el keuper, limitado aquél a la zona occidental y éste a la oriental.

JURÁSICO

De carácter calizo y margoso, representaría el Lías y el dogger. El afloramiento de Nograro, en la Sierra de Valdegobia (Val de Gobeá), le pasa inadvertido.

CRETÁCEO INFERIOR

Una importante confusión afecta a toda la faja Norte, desde Espinosa hasta Orduña.

Considera que el Cretáceo inferior, al Norte, tiene siempre facies wealdense y la describe con sus auténticas características, pero incluye en ella unas margas y calizas, finas al Oeste, compactas al Este, que no son sino las calizas del turonense superior.

En la zona al Sur de Espinosa, atribuye a estas calizas turonenses la edad urgoniense. En la de Mena y Orduña, las considera como senonenses. El senonense sería transgresivo sobre toda esta serie, apoyándose hacia el Oeste sobre el urgoniense, y hacia el Este sobre el wealdense, por acuñamiento de aquél.

En ninguna de las formaciones afectadas encontró fósiles.

les. En la parte más oriental identifica las margas del turonense inferior como senonenses, señalando que esta formación se apoya sobre el wealdense por intermedio de conglomerados basales.

La equivalencia es la siguiente:

SCHRIEL		NOSOTROS	
Senonense		L	Coniaciense
		M ₁	Turonense superior
Urgoniense	cu ₃		
	Cw ₂		
Wealdense	Cw ₁	M ₂ , M ₃ , M ₄	Turonense inferior
		O	Cenomanense
			Cretáceo inferior en facies wealdense

En la zona Sur las atribuciones son también erróneas, como se puede ver comparando los respectivos cortes a lo largo del Ebro, entre Villalaín y Valdenocenas (figura 18 de Schriel; figura 3, nuestra).

SCHRIEL		NOSOTROS	
Eoceno	men ₂	e	Eoceno
	men ₁	f	Ypresiense
Capas de Utrillas (albense)	Cu ₄	g, h	Garumnense
	Cu ₃	i	Maastrichtiense
Urgoniense	Cu ₂	j	Campaniense
		k ₁	Santoniense superior
		k ₂	Santoniense inferior
		l	Coniaciense
		m ₁	Turonense superior
		m ₂	Turonense inferior
Cretáceo inferior	Cu ₁	n	Cenomanense
		o	Albense Cretáceo inferior facies wealdense

Al encontrarse al final de la serie del supuesto Cretáceo inferior con las calizas de alveolinas de edad eocena, ha de hacer intervenir una falla inexistente.

Sin embargo, las separaciones y contornos de los diferentes tramos están bien representados.

Así, pues, en toda la región Sur, SO. y Oeste de nuestra comarca, el Cretáceo inferior lo extiende hasta nuestro garumnense, por confundir su facies con la albense de las capas de Utrillas. Entonces el Cretáceo superior queda reducido a un pequeñísimo espesor detrítico (Co₁ de Schriel: conglomerados y areniscas rojas), que son parte de nuestro garumnense-ypresiense y denomina capas basales del Cretáceo superior.

La ventaja de esta región, consistente en la continuidad de sus capas, se vuelve aquí contra Schriel, porque una equivocación, que en otras regiones sería local y pasaría inadvertida, se convierte aquí en regional.

La parte meridional del anticlinal Lalastra-Sobrón, está

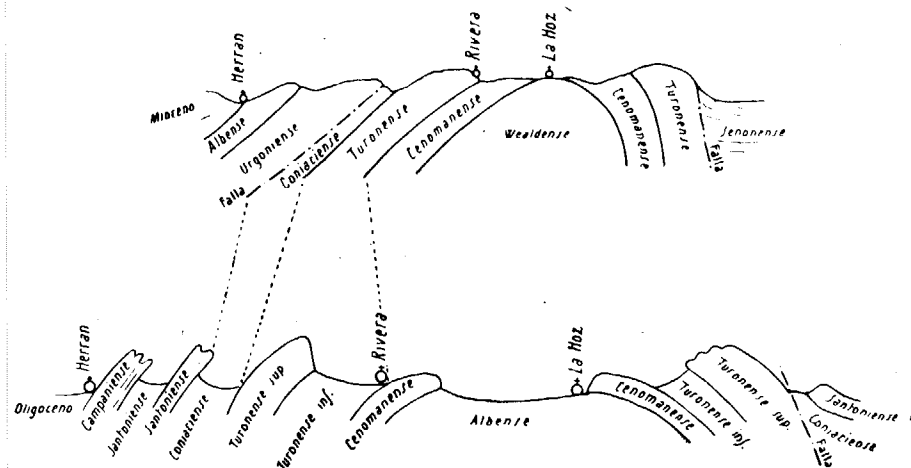


Fig. 41

afectada de parecidos errores en la atribución. También extiende el Cretáceo inferior a expensas del superior, que queda reducido a espesores mínimos.

Sin embargo, ha apreciado bien la disimetría ocasionada por la transgresión oligocena (miocena de Schriel). La alargada mancha de Cretáceo inferior de la parte NO., ha sido atribuida al cenomanense. Las equivalencias allí son las que se deducen de los croquis de la figura 41. Como consecuencia de la errónea atribución al Cretáceo inferior de las capas del superior, en todo el borde Sur y Oeste del anticlinal del SO., se ve obligado a explicar la extraña disposición que de ello resulta por una falla de cobijadura totalmente inexistente. La falla normal del flanco NE. está correctamente representada e interpretada, pero algo excesivamente prolongada al NO.

CRETÁCEO SUPERIOR

Schriel considera que todos los tramos, desde el cenomanense al senonense (ambos inclusive), están representados en la serie, apenas trastornada, al NE. de la depresión Medina-Villarcayo. Sin embargo, como considera que el senonense es transgresivo sobre el Cretáceo inferior, dada la estructura monoclinial, no aparecen los tramos inferiores a aquél. Los errores en esta zona se han originado, sobre todo, por confusión de los dos niveles importantes de calizas, el turonense superior y santoniense inferior.

Entre Salinas de Rosío y Bercedo, atribuye parte de las calizas turonenses al urgoniense y parte al senonense transgresivo. Más al Este las une con las calizas santonienses, configurándolas, sin embargo, con bastante exactitud. Al Este de Criales, las reparte correctamente a ambos lados

del anticlinal de Lalastra-Sobrón, como calizas senonenses, pero al Norte de Valpuerta las une de nuevo con las calizas turonenses, considerándolas siempre senonenses, y las configura correctamente, haciéndolas formar el gran entrante meridional de Subijano, que aparece así formado por calizas senonenses, en vez de turonenses.

El cenomanense, turonense y coniaciense están bien situados (figura 41) en el anticlinal Lalastra-Sobrón. Allí nuestras series están parcialmente de acuerdo con las suyas, y es muy interesante hacerlo notar, porque nosotros no encontramos citados fósiles y, en cambio, Schriel encontró *Ammonites*.

Emsecheriense - coniaciense: *Gauthiericeras margae*, Schlüter y *Barroisiceras haberfellneri*, Hauer.

Turonense inferior: *Pachydiscus peramplus*, Mant.

que son una confirmación muy interesante de nuestras determinaciones.

TERCIARIO

El Eoceno está representado por capas detríticas y calizas con *Nummulites* y *Alveolinas*. Las capas basales serían, para Schriel, equivalentes de las de *Bulimus* de Cataluña. Abundamos nosotros en la misma opinión y, por esa razón, las hemos considerado como ypresienses.

Todas las formaciones superiores a las calizas de *Alveolinas* las considera como miocenas. Aprecia confusamente su estructura por situar mal los conglomerados basales, inexistentes hacia el Sur. Se da cuenta, sin embargo, de que las capas blancas calizo-margosas (B, C, D nuestras) son, contra lo que se venía creyendo, más antiguas que la masa principal terciaria; tanto, en efecto, que en nuestra

opinión son todavía eocenas. Sus deducciones paleogeográficas sobre la inmediata situación del macizo, al Norte, y la unión de la depresión de Villarcayo con la de Miranda, coinciden con las nuestras.

TECTÓNICA

La vergencia Sur que presenta toda la zona monoclinal, viene muy expresivamente marcada en el mapa de Schriel por una serie de líneas de cobijadura. Una de ellas, es la que bordea algunas partes del flanco meridional de la Sierra de Tesla (figura 25 nuestra y corte AB, lámina 3, de Schriel). En cambio, las confusiones estratigráficas que hemos señalado antes, le obligaría a colocar una falla, inexistente entre el anticlinal de Tesla y la depresión sinclinal Incinillas-Hocina. El anticlinal de Lalastra-Sobrón está tectónicamente bien representado en su zona meridional, donde, sin embargo, las atribuciones estratigráficas son falsas. En la mitad NO., el hallazgo de fósiles le permitió hacer una estratigrafía principalmente correcta, y esto le obligó a suponer una falla rodeando las zonas meridional y occidental del núcleo, en una disposición por cierto muy extraña (figura 41). La falla del flanco Norte, en cambio, está bien vista, si bien excesivamente prolongada hacia el NO.

Cita, creo que por primera vez, los diapiros de Villana y Orduña. Se detiene algo más en la representación del de Gayangos-Salinas de Rosío, pero, a nuestro juicio, su interpretación es defectuosa, por confundir capas garumnense-ypresienses con la facies albense, error fundamental, que es, quizás, el que le ha trastornado todas sus series estratigráficas. Se comprende fácilmente que sus conclu-

siones paleogeográficas son, en general, erróneas. La atribución al Mioceno de la gran masa terciaria, a nuestro juicio oligocena, le lleva a considerar como rodánicos los plegamientos principales que, a nuestro juicio, son de fase sálica.

CLEMENTE SÁENZ

Los geólogos españoles, tampoco han dejado de estar representados, en las últimas décadas, entre los investigadores de esta comarca. Nuestro querido colega Clemente Sáenz, publicó el año 1933 (*), un trabajo no muy extenso, pero muy sustancioso e interesante. En él, se desmenuza la estratigrafía de la zona inmediatamente al Oeste de la estudiada por nosotros y la parte más occidental de esta última.

Apareció después que la obra de Schriel y antes que la de Ciry. Así, pues, pudo señalar varias de las equivocaciones de aquél, reconociendo justamente, sin embargo, que su trabajo, con las debidas correcciones, puede ser útil. Estas correcciones son las que hemos procurado señalar nosotros para que sus datos puedan ser aprovechados. Ciry aprecia justamente el valor del trabajo de C. Sáenz.

En la figura 42 damos nosotros el corte en que esquematiza la estratigrafía de esta zona contigua y otro nuestro, en que, vista la gran analogía de ambos, se pueden establecer las equivalencias. Las diferencias entre ambos, son

(*) Clemente Sáenz. «Notas acerca de la estratigrafía del supracretáceo y numulítico en la cabecera del Nela y zonas próximas». Bol. R. S. E. de H. N.

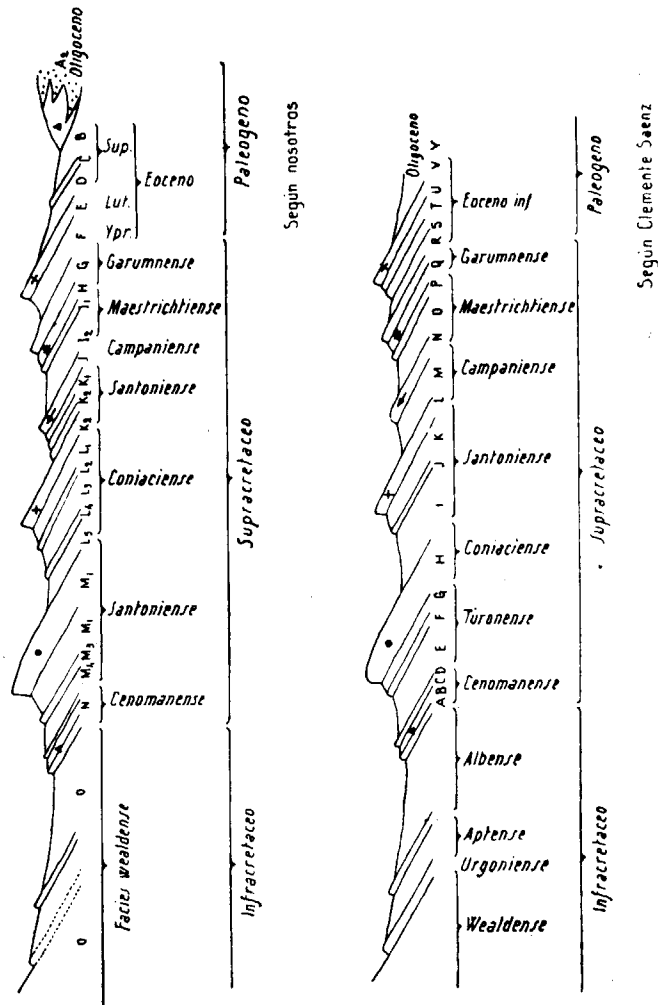


Fig. 42

bien explicables, tratándose de cortes en zonas contiguas, pero en que hay en el detalle variaciones de facies.

Este trabajo no constituía más que un avance preliminar, con los datos directamente obtenidos en el campo, y su autor se proponía hacer un estudio muy detallado, para lo cual disponía de abundantes notas y material paleontológico.

Los azares de los últimos años le han impedido, por pérdida de todo este material, realizar esta obra. No obstante, y reuniendo sus recuerdos, ha conseguido redactar un trabajo muy interesante para nosotros porque coincide exactamente con la zona nuestra, extendiéndose algo más al Norte y al Este (*). Así como desde el primer momento dispusimos de su trabajo sobre la zona contigua, desconocíamos la existencia de éste, que nos fué comunicada por su propio autor, una vez que habíamos concluido enteramente este trabajo.

Hay que decir, que dentro de su escala y carácter esquemáticos, es un trabajo muy exacto, en que no solamente se rectifican los errores de Schriel, sino que se señalan todas las divisiones principales, con una notable veracidad en los contornos.

La determinación de las edades de sus pisos es, sin embargo, bastante distinta de la nuestra, como puede apreciarse en el siguiente cuadro:

(*) Clemente Sáenz. «Notas acerca de la estratigrafía de la parte Occidental del país Vasco y NE. de la provincia de Burgos». Las Ciencias. Año V. Núm. I. 1940.

CLEMETE SÁENZ		NOSOTROS		CIRY
Oligoceno superior.	OL	A	Oligoceno (margas y arenas).	Oligoceno.
Oligoceno inferior (conglomerados).	PU	A ₂	Oligoceno (conglomerados).	
Supranumulítico.	NS	B, C, D	Eoceno superior.	Eoceno.
Numulítico inferior (alveolinas).	NU	E	Luteciense.	
	?	F	Ypresiense.	
	?	G, H	Garumnense.	
Maastrichtiense.	MA	I	Maastrichtiense.	Danés y maastrichtiense.
		J	Campaniense.	
		K ₁	Santoniense superior (arenoso).	
Campaniense sup.	CA ₂	K ₂	Santoniense (margas).	Campaniense.
Campaniense inf.	CA ₁	K ₂	Santoniense (calizo).	Santoniense.
Santoniense (margas fosilíferas).	SA	L	Coniaciense.	Coniaciense.
Coniaciense (calizas).	CO	M ₁	Turonense sup.	Turonense.
Turonense sup.	T-S	M ₂	Turonense inferior (margoso).	
Turonense medio.	T-M	M ₃		
		M ₄		
Cenománico-turonense.	C-T	N	Cenomanense.	Cenomanense.
Albico-aptense.	A-A		Cretáceo inferior de facies wealdense.	Cretáceo inferior de facies wealdense.
Urgoniano.	U	O		
Wealdico.	W			

Vamos a comentar sus apreciaciones:

WEALDENSE

Es un conjunto heterogéneo, que forma la parte más

baja del Cretáceo inferior y está constituido por pizarras, arcillas, areniscas, esquistos, psamitas micáceas y cayuelas de colores vivos; frecuentemente oscuro, en series alternantes que se reúnen en un enorme espesor. Constituye el núcleo de un gran anticlinal cuyo eje pasa por la zona de Miravalles. Contiene *Vicarya* y *Paludinas* de tamaño gigante. Se trata, pues, del wealdense. No hemos visto nosotros estos fósiles (situados fuera ya de nuestra zona), pero la descripción de la formación es igual que la nuestra.

Soporta este wealdense por intermedio de unos 250 metros de marga gris pizarreña, unos gruesos bancos de caliza gris con protorudistas, orbitolinas y restos de cidaridos. Estas calizas, urgo-aptenses para C. Sáenz, son las de la corrida fosilífera marina que va marcada en nuestro mapa.

También ha visto C. Sáenz las calizas del Altube, de parecidas características, que muy justamente sospecha que puedan ser contemporáneas.

Este flanco Sur no está mineralizado. En el flanco Norte del anticlinal, estas calizas constituyen los riquísimos criaderos de la región bilbaína.

ALBENSE

Señala C. Sáenz su facies wealdica, pero a nosotros no nos ha parecido mucho más detrítica que la inferior, sino de características muy análogas. Su espesor lo señala en cientos de metros, pero nosotros diríamos, más bien, miles. Hace notar, que en los afloramientos de la charnela del anticlinal Lalastra-Sobrón tiene una facies parecida ya a la Ibérica o Castellana, apreciación interesante en que hemos coincidido.

CENOMÁNICO-TURONENSE

C. Sáenz extiende hacia arriba el cenomanense, a nuestro juicio a costa del turonense. Coincidimos con él en apreciar que, al Este de Espinosa de los Monteros, el espesor de estos tramos aumenta rápida y enormemente, pasando de los 200 metros a los 1.000 o más, que tiene frente a Orduña. También señala, como nosotros, la rápida disminución de espesores que experimentan hacia el Sur (espesores reducidos del anticlinal Lalastra-Sobrón).

TURONENSE MEDIO

Es nuestro banco calizo M_3 , cuyos recortados contornos vienen muy justamente representados en el mapa de Sáenz.

TURONENSE SUPERIOR

Corresponde a los macizos y margas calizas de la baja da de Orduña, y subraya Sáenz su extraordinaria potencia.

CONIACIENSE

Es para Sáenz el atrevido cejo calizo que corona las cumbres que rodean las depresiones de Mena y Orduña. Para nosotros, es aún santoniense.

A nuestro juicio, lo extiende excesivamente al Sur, en la zona occidental, haciéndolo llegar hasta Quincoces de Yuso, a costa de las margas que tiene encima (CO de

Sáenz = $M_1 + L_5 + L_4 + L_3$). En la parte oriental lo termina correctamente en Berberena (CO = M_1).

SANTONIENSE

Margas blanquecinas y grises, muy fosilíferas en el Nela, pero mucho más estériles aquí. Es nuestro coniaciense. Señala con toda exactitud la digitación que lo hace dividirse a ambos lados del anticlinal Lalastra-Sobrón (Sierra de Peñagobea) (*).

CAMPANIENSE

Ahora ya los tramos cretáceos aparecen muy desplazados en las atribuciones. Este campaniense está constituido por los acantilados calizos que, para nosotros, son del santoniense inferior. El campaniense inferior, muy fosilífero, son nuestras «margas con sorpresa» (santoniense).

MAASTRICHIENSE

Esencialmente arenoso, comprende nuestro santoniense

(*) Hemos de lamentar que nuestras toponimias no coincidan, en general, con las de los restantes autores. Fiados exclusivamente en el mapa topográfico nacional, a escala 1:50.000, hemos usado la toponimia de sus hojas. Nombres como Sierra de la Magdalena, Sierra de Peñagobea, y otros muchos, que, a juzgar por el uso unánime que de ellos hacen todos los autores, son los de empleo general en el país para designar los accidentes geográficos más importantes, no aparecen, o aparecen insuficientemente destacados, en las hojas a escala 1:50.000, y de uso corriente nos hemos dado cuenta solamente una vez terminada la parte fundamental del trabajo y con toda la ilustración gráfica ya terminada.

superior (detrítico), el campaniense con rudistos (calizo-arenoso) y el maastrichtiense (margoso-arenoso).

GARUMNENSE

Lo describe en la zona del Nela, pero no en esta comarca. Para nosotros existe aún, hacia Villamor y Villate y hacia Orbañanos y Tobalinilla, siendo ya muy dudoso al Este de Sobrón. Parece, en efecto, desaparecer hacia el Este.

NUMULÍTICO

Muy bien caracterizado por las capas calizas con *Alveolinas*, señala además C. Sáenz la existencia de margas blancas con calizas blandas intercaladas. Señala la presencia de gasterópodos lacustres, y también el gran espesor que alcanzan. Pero este espesor es máximo, precisamente hacia el borde SO. de la depresión de Medina-Villarcayo, donde el autor no señala este numulítico superior, haciendo descansar directamente el Oligoceno sobre las calizas de *Alveolinas*. En realidad, quedan entremedio grandes espesores de Eoceno margoso entremedio (nuestros tramos b, c y d). Se cortan en la carretera que va de Villarcayo a Medina de Pomar. El límite inferior del Oligoceno, con sus margas y areniscas rojas, se percibe con bastante claridad. Además, casi nunca faltan banquitos de los conglomerados marginales del Oligoceno.

TECTÓNICA

Expresa con claridad y exactitud, aunque esquemáticamente, todas las características tectónicas de la región.

Corrige la falsa representación que dió Schriel al anticlinal de Lalastra-Sobrón. Observa el carácter netamente perforante de los diapiros, rodeados de una estrechísima faja de trastornos, que apenas afectan localmente la regularidad general de las formaciones.

Es, en suma, un bonito e interesante trabajo, muy elegantemente redactado, y muy útil por empalmar esta zona con la de los llanos de Vitoria, donde las características estratigráficas varían notablemente.

RELACIÓN DE LAS LOCALIDADES CITADAS EN ESTE TRABAJO

Localidades	Páginas
A	
Agüera	38, 130
Altuve.	173
Albioneta.....	55
Amorguia.....	49
Amurrio	19, 61
Angosto	77
Arceñiega	34, 61, 64, 98
Arceo	64
Areta	55
Arracaldo.....	130
Astobiza.....	64
Ayazaga.	53
B	
Baranda	56, 58
Barcedo.....	38
Barrambio	54
Barrio	59, 65, 116
Barrón.....	69
Berberana	66, 69
Bercedo.....	64, 154, 155, 164
Bergüenda.....	88
Bilbao.....	19, 55
Bóveda de la Ribera.....	48, 97
Burceña.	64
Burgos	17

Localidades	Páginas
C	
Cabañes.....	98
Caniego.....	55, 64
Cañares (vértice).....	48
Campijo.....	64
Cárcamo.....	69
Carranca.....	73
Castro-Valnera (macizo de).....	128
Concejero.....	55
Corro.....	77, 82, 97
Criales.....	81, 85, 87, 89, 98, 164
E	
Ebro (valle de).....	23
El Ribero.....	57
El Vigo.....	49, 56
Espinosa de los Monteros.....	18, 19, 61, 154, 155, 161, 174
F	
Fresneda.....	84
G	
Gayangos.....	138, 166
Gobantes.....	76, 81, 98
Gobea (valle de).....	13
H	
Herrán.....	28, 76, 88
Hocina.....	79, 80, 81, 166
Horma.....	70, 95
I	
Incinillas.....	77, 79, 80, 81, 95, 166

Localidades	Páginas
L	
La Cerca.....	48, 49, 100
La Hoz.....	26, 27, 62
Lalastra.....	26, 32, 53, 58, 61, 62, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 73, 74, 76, 77, 78, 80, 81, 91, 95, 96, 97, 98, 99, 110, 116, 117, 118, 119, 133, 163, 165, 173, 174, 175, 177
La Losa.....	18, 71, 72
La Maza.....	48
Landrales.....	142
La Riba.....	48
Lastras de la Torre.....	98
Lezama.....	64
Losa (valle de).....	73, 74, 76, 77, 79, 80, 115
Lujamendi.....	54
Lujandio.....	130
Luquiano.....	47, 49, 65, 104
LL	
Llodio.....	18, 40, 54
M	
Machorras.....	129
Magdalena (puerto de la).....	66
Magdalena (Sierra de).....	175
Mambliga.....	73
Mazorra.....	137, 146
Medina de Pomar.....	18, 26, 42, 44, 47, 80, 81, 82, 83, 86, 91, 95, 118, 155, 164, 176
Menamayor.....	65
Mena (valle de).....	18, 47, 63
Miera (río).....	129
Mijaralengua.....	18
Mioma.....	32
Miranda de Ebro.....	18, 88, 116, 117, 166
Miravalles.....	173
Moneo.....	42, 84
Monmediano.....	36
Montecabezas.....	81, 87
Murgia.....	47, 104

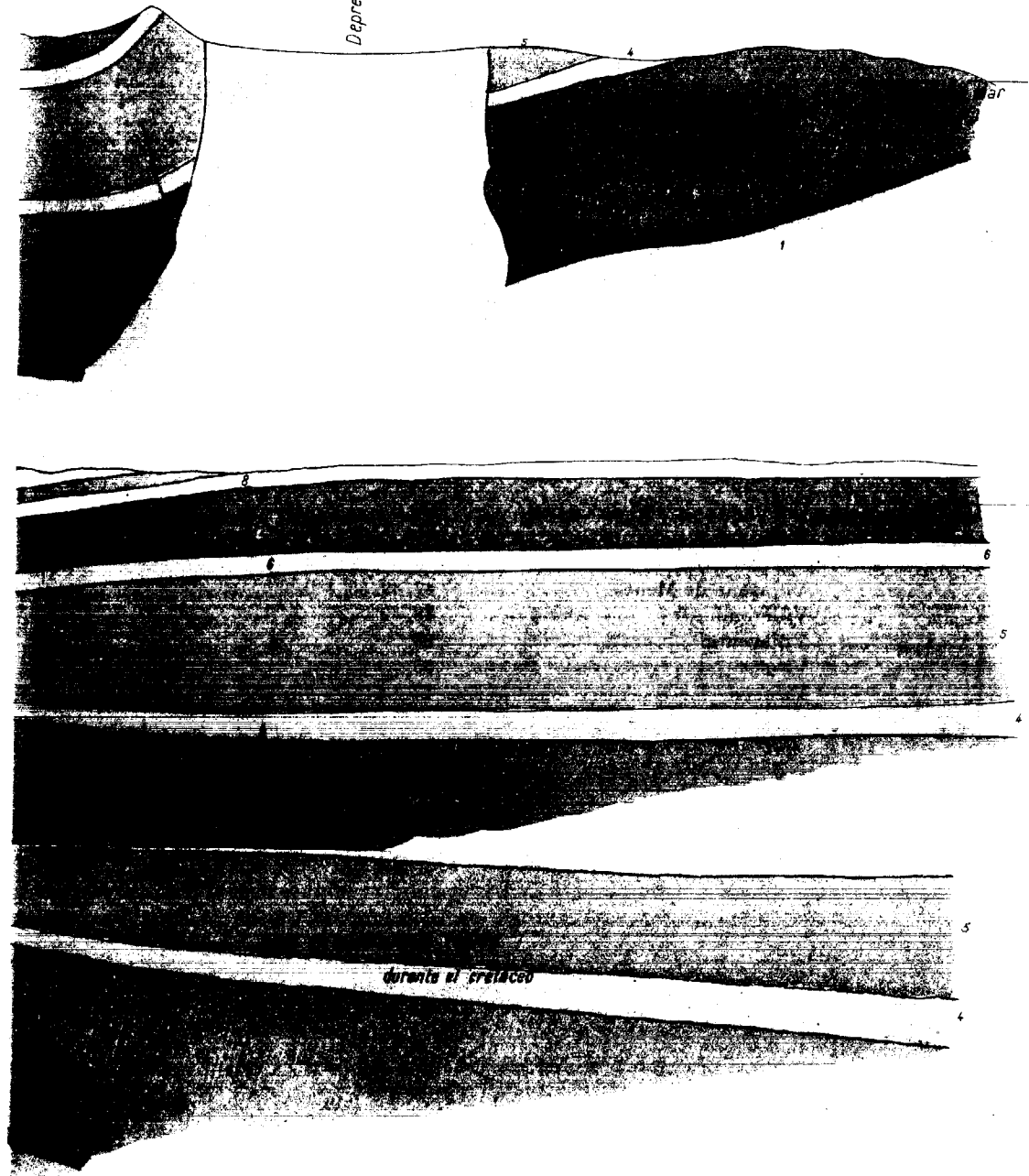
Localidades	Páginas
N	
Nava de Ordunte	61
Nela (río)	169, 176
Noceco	64
Nofuentes	83
Nograro	50, 58, 59, 62, 89, 96, 97, 116, 161
O	
Obarenes (montes)	9, 13
Oliana	87
Oquendo	54
Osma	69
Orbañanos	79, 96, 176
Ordejón de Ordunte	49
Orduña (peña de)	40, 66, 106, 107, 161, 166, 174
Orduña (valle de)	18, 47, 49, 64, 65, 102
Oteo (valle de)	18, 36, 38, 69, 98, 115
P	
Palanca (puerto de)	54
Peñagobea	175
Peñalba (pico de)	66
Peñalba (cota)	38
Peñarisca	41
Peresotas	36
Perex	74
Pico Frentes	130
Pinedo	73, 77, 82
Puentelara	63
Q	
Quejo	60, 62, 65
Quintana de los Prados	64
Quintana Entrepeñas	89, 116
Quintanalacuesta	24, 42, 43, 69, 77, 79, 80, 81, 83, 94, 141, 142
Quintanilla de Ojeda	72, 74
Quintanilla la Losa	34, 77, 81

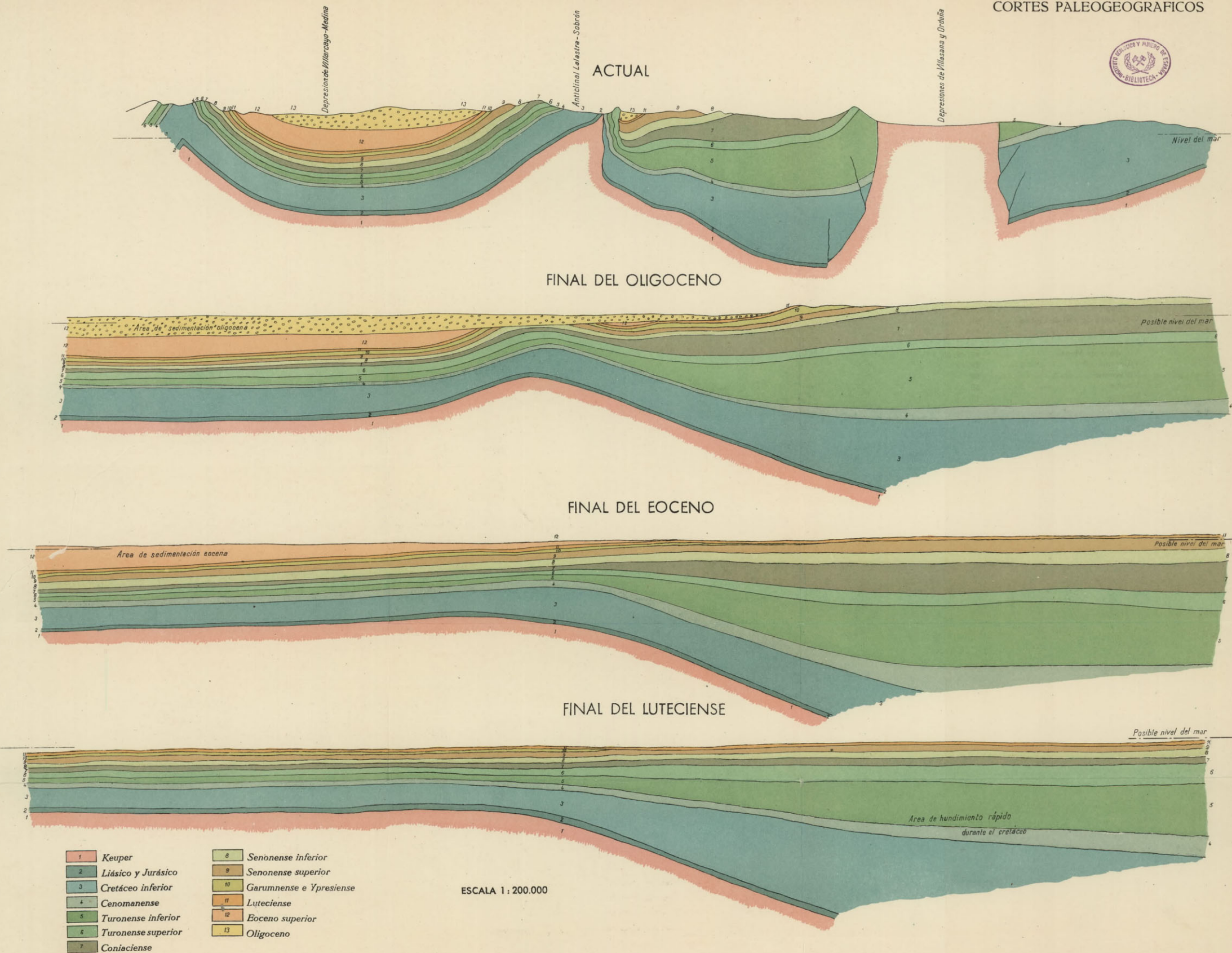
Localidades	Páginas
R	
Ramales	129
Reinosa	150, 151
Ribero	62
Ribota de Ordunte	64
Río de Losa	34
Rivera	28, 62, 65
Robledo de Losa	73
Rosales	49
Rufranca	86
S	
Salinas de Rosío	47, 48, 55, 56, 99, 100, 106, 107, 136, 164, 166
San Martín	42
San Pantaleón de Losa	69, 72
Santander	17, 53, 55
San Zadornil	62, 65, 97
Siones	49, 56
Sobrepeñas	139
Sobrón	26, 30, 32, 53, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 69, 70, 71, 73, 74, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 85, 88, 91, 95, 96, 97, 98, 99, 110, 116, 117, 118, 119, 133, 156, 163, 165, 173, 174, 175, 176, 177
Soria	130
T	
Tabliega	57, 66
Tesla (Sierra de)	22, 53, 58, 60, 61, 63, 64, 65, 67, 69, 75, 77, 78, 79, 80, 82, 94, 95, 110, 115, 117, 118, 166
Testa (Sierra de)	22
Tobalinilla	26, 30, 67, 75, 76, 80, 81, 82, 86, 88, 91, 95, 96, 118, 176
Tobillas	73
Traspaderne	34, 63

Localidades	Páginas
U	
Urbaneja	56
V	
Val de Gobeá.....	80, 85, 86, 88, 161
Valdelain	80
Valdelacuesta	67
Valdenocedas	22
Valmaseda	18, 19, 55
Valpueda	32, 77, 78, 165
Vallehermoso.....	94
Villabasil.....	38, 68, 69
Villalba de Losa.....	40
Villalaín.....	22, 79, 80, 81, 95, 139
Villafra de San Zadornil.....	62
Villamadones.....	65, 74, 76, 96
Villamor	37, 76, 77, 80, 81, 86, 98, 176
Villanueva de Val de Gobeá.....	89
Villañane	116
Villate	36, 77, 85, 176
Villasana de Mena.....	47, 49, 55, 100, 106, 107, 166
Villatomil	48, 49
Villaventín	68
Vitoria	55
Vizcaya	17
Z	
Zuaga.....	61
Zubiaur	53



Depresiones de Villasana y Ordina





- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 1 Keuper | 8 Senonense inferior |
| 2 Liásico y Jurásico | 9 Senonense superior |
| 3 Cretáceo inferior | 10 Garumnense e Ypresiense |
| 4 Cenomanense | 11 Luteciense |
| 5 Turonense inferior | 12 Eoceno superior |
| 6 Turonense superior | 13 Oligoceno |
| 7 Coniaciense | |

ESCALA 1 : 200.000

Area de hundimiento rápido durante el cretáceo

Posible nivel del mar

Posible nivel del mar

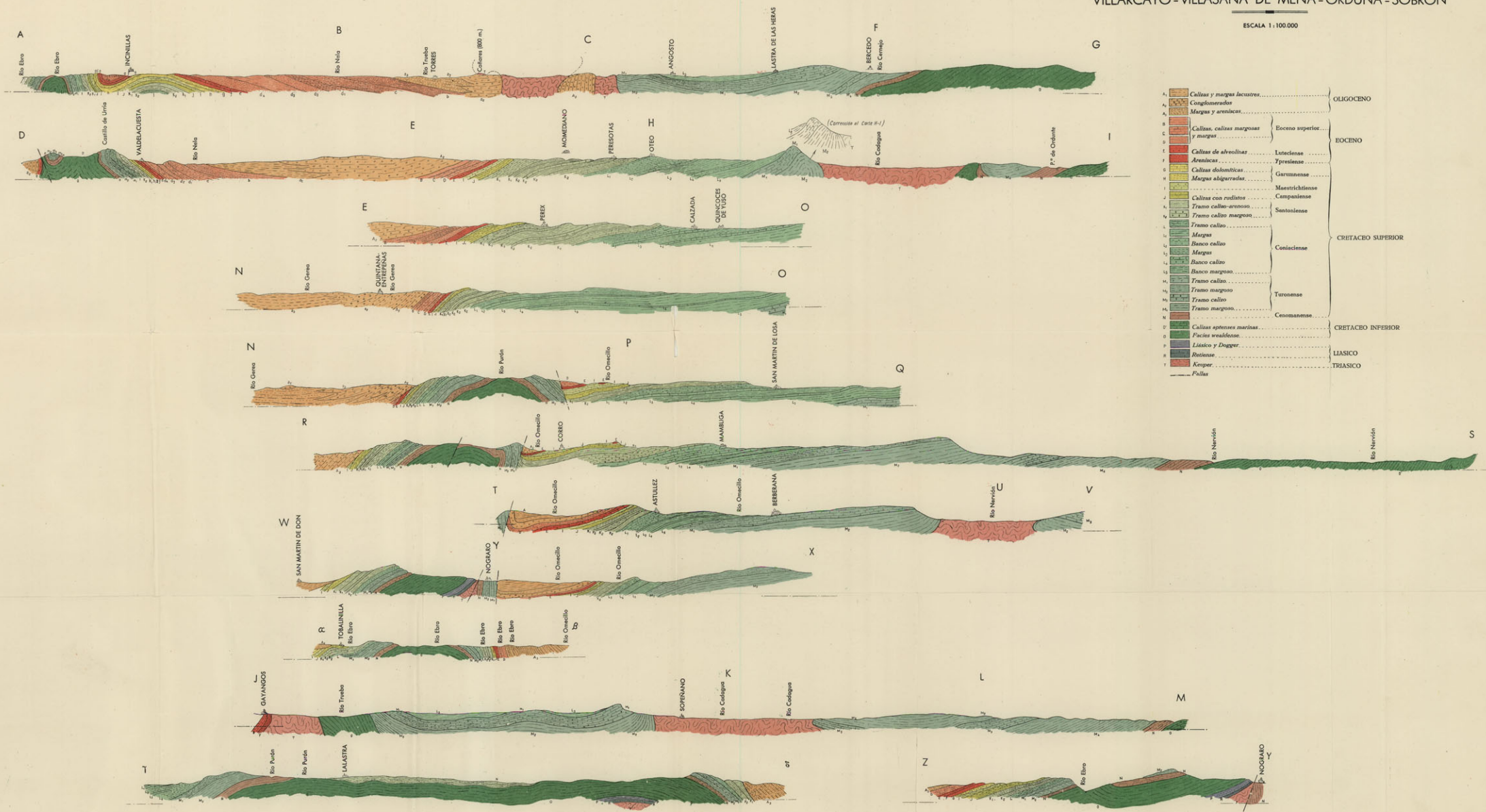
Posible nivel del mar

Nivel del mar

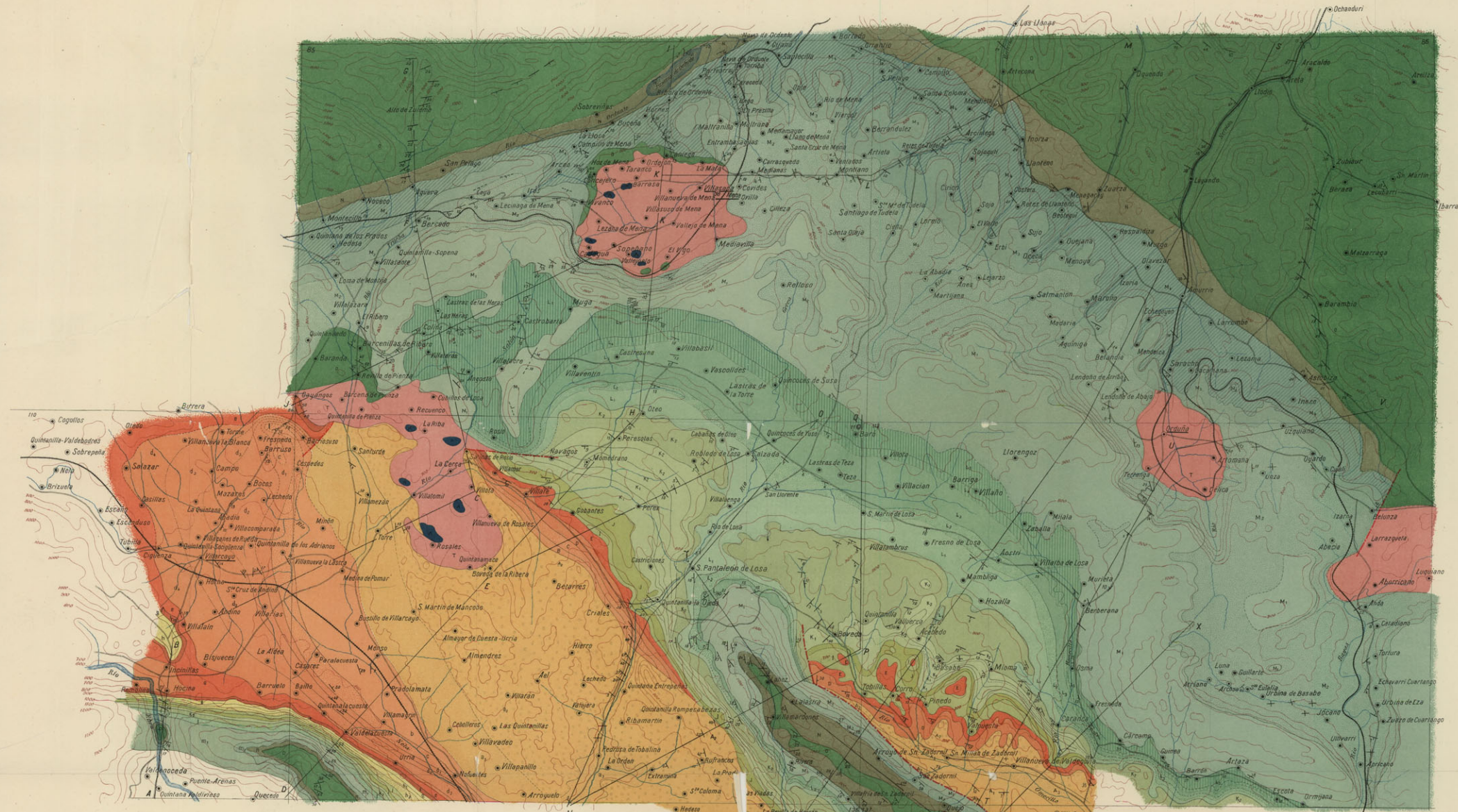


CORTES GEOLOGICOS DE LA ZONA DE
VILLARCAYO-VILLASANA DE MENA-ORDUÑA-SOBRÓN

ESCALA 1:100.000



A	Calizas y margas lacustres...	OLIGOCENO
A ₁	Conglomerados	
A ₂	Margas y areniscas	
B	Calizas, calizas margosas y margas	Eoceno superior
C		
D		
E	Calizas de alveólicas	Luteciense
F	Areniscas	Præseniense
G	Calizas dolomíticas	Garrumense
H	Margas abigarradas	Maastrichtiense
I	Calizas con radiolitas	Companiense
J	Tramo calizo-arenoso	Santonense
K	Tramo calizo magroso	
L	Margas	
L ₁	Banco calizo	Coniaciense
L ₂	Margas	
L ₃	Banco calizo	
L ₄	Banco margoso	
M	Tramo calizo	
N	Tramo margoso	Turonense
N ₁	Tramo calizo	
N ₂	Tramo margoso	
N ₃	Tramo margoso	Cenomanense
O		
P	Calizas aptenses marinas	CRETACEO INFERIOR
Q	Facies wealdense	
R	Liasico y Dogger	LIASICO
S	Rotinense	
T	Kesuper	TRIASICO
	Fallas	



**MAPA GEOLÓGICO DE LA ZONA DE
VILLARCAYO - VILLASANA DE MENA - ORDUÑA - SOBRÓN**
POR
J. M.^o Ríos, A. Almela y J. Garrido
ESCALA 1:100.000
MADRID, 1944

A ₁	Calizas y margas lacustres	OLIGOCENO	} Coniaciense
A ₂	Conglomerados		
A ₃	Margas y areniscas		
B		Eoceno superior	} Turonense
C	Calizas de alveolinas		
D	Areniscas		
E	Calizas dolomíticas	Garamuntense	} Cenomaniense
F	Margas abigarradas		
G	Calizas con rudistas	Maestrichtiense	} CRETÁCICO INFERIOR
H	Tramo calizo-arenoso		
K ₁	Tramo arenoso	Campaniense	} LIASICO
K ₂	Tramo calizo		
K ₃	Tramo calizo	Santonense	} TRIASICO
K ₄	Tramo margoso		
K ₅	Tramo calizo		

L ₁	Margas	} EOCENO	} CRETÁCICO SUPERIOR
L ₂	Banco calizo		
L ₃	Margas	} Turonense	} CRETÁCICO INFERIOR
L ₄	Banco calizo		
L ₅	Banco margoso	} Cenomaniense	} CRETÁCICO INFERIOR
L ₆	Tramo calizo		
M ₁	Tramo margoso	} Maestrichtiense	} LIASICO
M ₂	Tramo calizo		
N	Tramo margoso	} Campaniense	} TRIASICO
O	Tramo calizo		
P	Tramo margoso	} Santonense	} TRIASICO
Q	Tramo calizo		

Z	Keuper	} TRIASICO
Z'	Dirección y buzamiento de las capas	
L	Líneas de cortes	} LIASICO
F	Fallas	
C	Contactos vistos	} TRIASICO
S	Contactos supuestos	



**INVESTIGACIÓN DE NUEVOS
YACIMIENTOS DE COBRE EN LAS
PROVINCIAS DE SEVILLA Y HUELVA**

POR

JOSÉ MESEGUER PARDO, ILDEFONSO PRIETO,
ISMAEL ROSO DE LUNA y JUAN PÉREZ REGODÓN

INGENIEROS DE MINAS

INTRODUCCIÓN

Notoria es la extraordinaria disminución de nuestra producción de cobre que, por desdicha, ha creado actualmente en España el problema angustioso de no poder satisfacer nuestras más perentorias necesidades.

En las presentes circunstancias, en que todos los países han decretado la prohibición de las exportaciones de minerales cupríferos, parece ineludible una solución en sentido autárquico que, naturalmente, entraña el descubrimiento y subsiguiente explotación de nuevos criaderos de cobre, además del laboreo de diferentes minas que se hallan hoy absolutamente inactivas.

El Instituto Geológico y Minero de España, a quien, en su elevada misión, competen los estudios e investigaciones necesarias para poner al descubierto las riquezas del subsuelo, ha acometido importantes trabajos encaminados a determinar los yacimientos cupríferos españoles de verdadero interés industrial, labor encomendada a los Ingenieros que suscriben, cuyas tareas, durante el año 1943, como los resultados correspondientes, quedan condensados en el presente estudio.

No es reducido el número de yacimientos de cobre con que afortunadamente contamos, los cuales aparecen muy

repartidos por todo nuestro territorio. Así, los criaderos de La Coruña (masas de La Barquera), Lugo (filones de cuarzo de Becerreá, Cervantes y Nogaes), Asturias (pizarras del Aramo y Peñamellera), Navarra (areniscas impregnadas de Los Arcos), Huesca (moladas de Labata, Santa Eulalia, Barluenga y Ayerbe), Zaragoza (moladas de Sos y Biel), Lérida (afloramientos de Os de Civis), Gerona (filones de Montdevá), León (yacimientos de Rodiezmo y Cármenes), Burgos (areniscas impregnadas de Huidobro), Soria (filones cuarzosos de Borovia), Segovia (filones de Otero), Madrid (filones de Garganta de los Montes), Cáceres (filones cuarzosos de Guadalupe y Plasenzuela), Badajoz (yacimientos de Calera de León y Cheles), Córdoba (filones cuarzosos de Cerro Muriano), Jaén (diques pegmatíticos de Andújar), Granada (filones del Marquesado de Cenet y Güejar-Sierra), Murcia (yacimiento de Santomera), Menorca (margas magnesianas impregnadas de Mercadal), y tantos otros que pudieran citarse..... Además, en nuestro protectorado de Marruecos aparecen diversos filoncillos, algunos de los cuales acaso sean susceptibles de explotación.

Pero donde en realidad se encuentra la principal riqueza cuprífera de la nación, es en la provincia de Sevilla (términos de el Castillo de las Guardas y Aznalcollar) y, sobre todo, en la de Huelva, junto a las cuales los demás yacimientos no tienen tanta importancia, pues su explotación no ha sido hasta ahora remuneradora, porque el precio de coste del cobre se hallaba muy por encima del necesario para competir con los Estados Unidos, Chile, Canadá, Rodesia, Japón y otros países.

Entre la copiosa bibliografía geológica que se refiere a esta privilegiada zona de nuestra Patria, sobresale la notable «Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva», debida al ilustre Ingeniero J. Gonzalo y Tarín,

en la que el esclarecido autor efectuó la detallada exposición de las múltiples masas de piritas entonces conocidas.

Pero tan importante trabajo, muy completo en su tiempo, y de grandes enseñanzas en cualquier circunstancia, ha perdido su actualidad en ciertos aspectos de la estratigrafía, génesis de las masas piritosas, orientaciones para la investigación de las mismas por métodos modernos y, sobre todo, relaciones entre el aspecto aparente de los indicios superficiales y la importancia de los yacimientos, pues son muchas las enseñanzas que el progreso científico, y la práctica de la minería, han proporcionado en los largos años transcurridos desde la época en que vió la luz la referida publicación.

Cúmplenos así, para el debido desenvolvimiento de nuestro trabajo, comenzar por el esbozo de los caracteres geológicos regionales con las nuevas observaciones que hemos tenido ocasión de llevar a cabo.

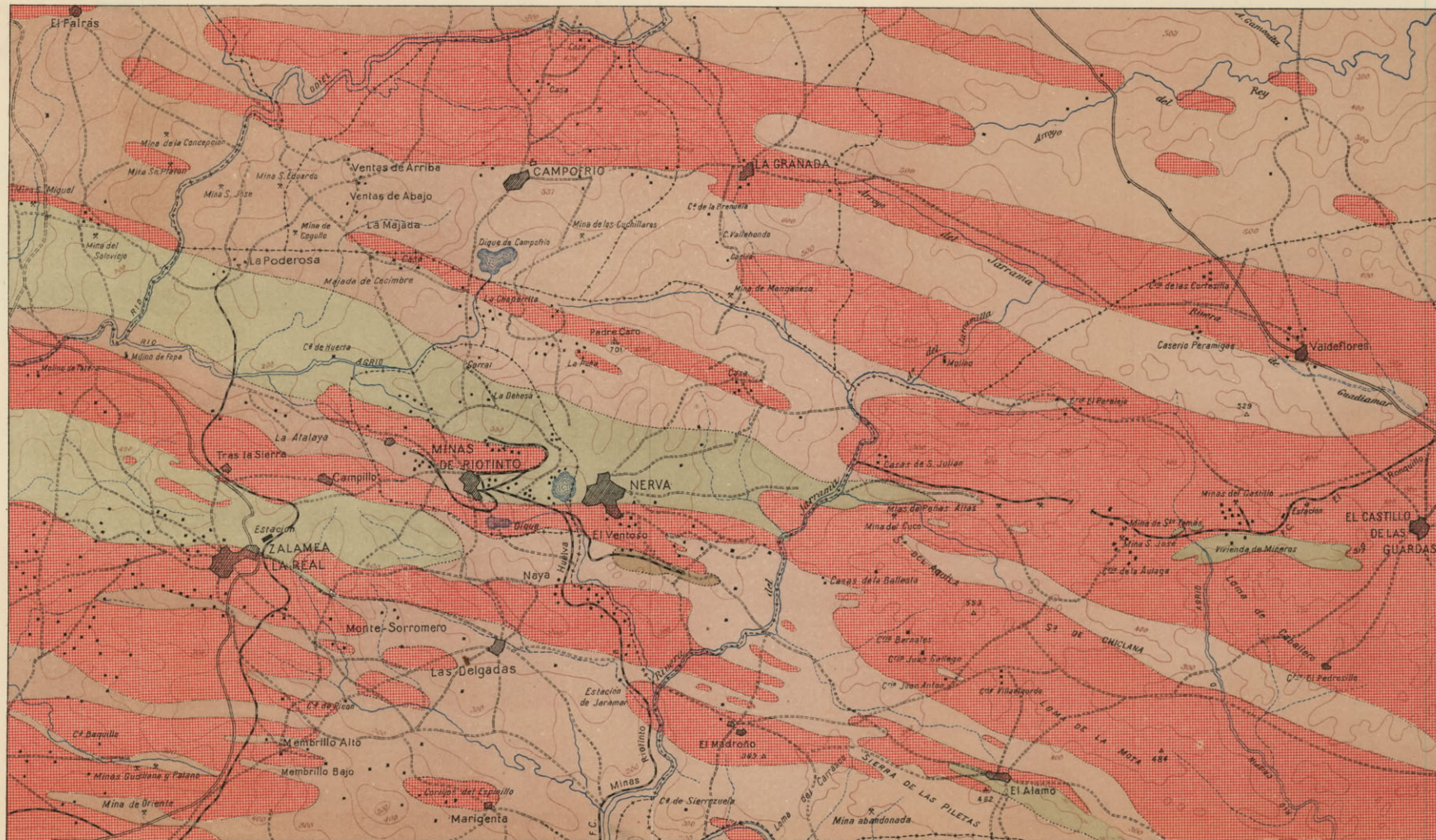


Bosquejo Geológico de la Región investigada

ESCALA 1:100.000



- Hipogénico
- Gotlandiense
- Fameniense
- Dinantiense



GEOLOGÍA GENERAL

La zona objeto de nuestro estudio, forma una banda de 250 kilómetros de longitud y 40 a 60 de anchura que, con dirección Este-Oeste, parte de la región occidental de la provincia de Sevilla, corre por la de Huelva y se interna, finalmente, en territorio portugués. .

Esta zona se encuentra al mediodía de la Sierra Morena, localmente denominada Sierra de Aracena, la cual no es sino el labio erguido, a modo de escalón, de la gran falla del Guadalquivir. Roto el suelo, desde principios del mesozoico, por la enorme dislocación bética que se arrumba oblicuamente (30° a 50°) a la dirección E.-NE. de la Sierra, paralela a los pliegues hercinianos, una de las partes descendió verticalmente a la izquierda del río para formar el valle del Guadalquivir, mientras la otra constituía el desgajado borde del territorio, dando origen a una serie de escarpas escalonadas que más tarde fueron dulcificadas por los agentes exteriores.

De este modo, el terreno desciende suavemente desde la Sierra, al mediodía, y acaba por determinar las llanuras litorales de Sevilla y Huelva; pero también inclina al Oeste, ya que al Norte de Sevilla alcanzan las colinas altitudes comprendidas entre 600 y 1.000 metros. En Río Tinto no

exceden de 500, de Tharsis a Paymogo bajan a 400 y 200, y ya en Portugal, en San Domingos, raras veces sobrepasan los 100.

Las formas topográficas que, en la zona septentrional singularmente, comunican al suelo un aspecto quebrado, resultan, sin duda, de la disección fluvial de la penillanura semimadura, cuyo nivel señala la uniforme elevación de los accidentes.

Un levantamiento posterior del suelo, produjo el rejuvenecimiento de las corrientes seniles existentes que actuaron con nuevo vigor, y así se originaron los valles actuales imponiéndose el curso de los ríos principales que hoy cruzan, casi perpendicularmente, la dirección de los estratos.

Tales corrientes principales son el río Tinto y el Odiel, que se sitúan entre las cuencas del Guadalquivir y del Guadiana, y ven separados sus cauces por las lomas o bajas sierras de Zalamea la Real y Valverde del Camino.

Marcha el Tinto en dirección Sur durante la primera mitad de su recorrido, e inclina al SO. en la segunda, al paso que el Odiel desciende en este mismo rumbo para avanzar después al mediodía y confluir, en el primero, en la ría de Huelva, cerca del evocador y deleitable convento de La Rábida.

La red fluvial de los tributarios del Tinto (barranco de Bajo Hornillo, riberas de Cachán, del Manzano y de Valverde, y ríos Helechoso y Candón, por la derecha; arroyo Tamajoso y otros menos importantes por la izquierda) ha quedado subordinada a la estructura Este-Oeste y a la susceptibilidad de erosión de las rocas, y lo propio puede decirse de los afluentes del Odiel (riberas Seca, de Escalada, Olivargas, Oraque y Mal Paso, por la derecha; ribera de Zorros y algunos pequeños arroyos por la izquierda)

que, como los anteriores, excavan sus cauces en las formaciones blandas, dejando cerros de rocas resistentes, y pueden calificarse de corrientes subsecuentes.

Las entalladuras de los cauces y las angostas gargantas de los aparatos acuíferos, todavía rebelan un postrer levantamiento premioceno a lo largo de la falla del Guadalquivir, que originó la separación del Mioceno continental de la Meseta del marino, correspondiente al valle bético.

La vegetación arbórea (castaños, encinas, pinos, eucaliptos) hace sumamente pintorescas algunas extensiones del país; pero, en su aspecto general, éste es poco risueño, debido al carácter sombrío del matorral de jaras, brezos, madroños y tantos otros arbustos que lo cubren dilatadamente.

La geología de esta región es, en síntesis, la siguiente: sobre el Arcaico de la Sierra de Aracena, que queda al descubierto en los anticlinales desmantelados, descansan sedimentos del Siluriano superior o Gotlandiense, y sobrepuestos a ellos aparecen otros devonianos y dos tramos con fósiles marinos, característicos del Dinantiense. Tales terrenos paleozoicos quedan limitados, al Sur, por la zona litoral de formaciones terciarias y cuaternarias, sin importancia desde el punto de vista minero.

Relativamente a la tectónica, la comarca es clásicamente herciniana, viéndosela considerablemente afectada por fallas, cuyos planos coinciden, generalmente, con los de estratificación de las rocas sedimentarias. Se observan zonas de milonitización intensa, no sólo en los contactos entre aquéllas y las formaciones hipógenas, sino en otros planos de resistencia débil.

Los pliegues, bien definidos, poseen dirección E.-NE. a O.-SO., y la magnitud de las ondulaciones decrece desde

la Sierra hasta el litoral, de análoga manera a como lo efectúan las ondas amortiguadas.

Los accidentes tectónicos se produjeron desde el Carbonífero inferior a los primeros tiempos triásicos, y antes de concluir el diastrofismo, probablemente en la época permiana, quedaron atravesadas las capas por multitud de intrusiones o digitaciones endógenas (granitos, granodioritas, sienitas, pórfidos, dioritas, porfiritas diabásicas, diabasas y meláfidos) que adoptaron una disposición en bandas estratiformes con la propia dirección de los bancos y fracturas. Todas las apófisis, sean por su naturaleza ácidas o básicas, deben de pertenecer a un mismo substrato fundamental.

Consideremos los caracteres más salientes de los diferentes sistemas.

Estrato-cristalino

Forma, en la denominada Sierra Alta, dos manchones, cuya mayor dimensión se alinea de Este a Oeste; el más septentrional parte de la provincia de Sevilla, prolongándose a occidente por la de Huelva, y el del Sur comprende toda la Sierra de Aracena y se extiende desde la zona oriental de Zufre hasta más allá de Rosal de la Frontera, para internarse en Portugal.

En ocasiones, es difícil establecer el límite con el Paleozoico a causa del metamorfismo que ha impreso tales alteraciones en las rocas, que se originan dudas sobre el verdadero lugar que corresponde a las capas en la serie estratigráfica. Una circunstancia puede contribuir, sin embargo, al deslinde del Arcaico, y es la presencia de la grauwacka

que, en la mayoría de los casos, acompaña a las pizarras de los sistemas superiores,

El Estrato-cristalino ofrece los siguientes tramos, procediendo de abajo a arriba: 1) Gneis. 2) Micacitas. 3) Pizarras talcosas con sericita y filitas.

El primer tramo se presenta en las inmediaciones meridionales de Aracena; ocupa la cumbre de Las Valeras, Sierra de La Monilla y otras inmediatas a la villa de Linares, forma un manchón en Santa Ana la Real y puerto de Los Romeros, y aparece al Oeste de Almonaster, Norte de Cortegana y Sur de Aroche.

Caracteriza a la serie el gneis micáceo y normal, aunque con frecuencia aparecen modificaciones de composición y estructura que dan lugar a muchas variedades (gneis cordierítico, epidotífero, anfibólico, granítico.....). Otra roca del tramo es la caliza, que hace aparición en multitud de puntos. La colina que sustenta el viejo castillo de Aracena, es una masa de la citada roca, que se extiende de Este a Oeste en más de un kilómetro. Allí posee la caliza textura granular, color blancuzco y fractura astillosa, sin que falten algunas vetillas de galena que motivaron, hace bastante tiempo, investigaciones mineras, sin resultado. En este cerro se encontrará la notable gruta de «Las Maravillas», cuyos lagos, estalactitas, estalagmitas y formas caprichosas de la caliza concrecionada, ofrecen, con la iluminación eléctrica que se ha instalado, un aspecto de lo más sorprendente y curioso.

Asoma también la caliza en las proximidades de Linares de la Sierra y Santa Ana la Real, en la divisoria de la Sierra de Almonaster y en los alrededores de Cortegana.

La estratigrafía del tramo suele aparecer bastante confusa a causa de las roturas, saltos y resbalamientos producidos entre las fallas que han dividido los materiales del terreno.

El segundo tramo, o de las micacitas, se advierte tan sólo en la llamada loma del Chorrillo, situada entre Santa Ana la Real y El Castaño, donde los estratos se hallan sumamente trastornados, con pliegues y roturas, siquiera el carácter litológico se ofrezca en todos ellos claro y uniforme.

El tercer tramo comprende tres horizontes diferentes. El inferior, se integra esencialmente de talquitas con sericita, pizarras cloríticas, anfibólicas y feldespáticas, y algunas calizas, extendiéndose desde las cercanías de Aracena, por Levante, hasta más allá de las aldeas de Cortegana, por el Oeste, y de Norte a Sur, desde las calizas de la Sierra de Aracena, hasta la Sierra Mariana y proximidad de la sienita de La Nava.

Más extenso es el horizonte medio, que se presenta al SO. de Almonaster y continúa al Oeste después de cruzar la frontera portuguesa, mientras por el Sur avanza con las derivaciones meridionales de la Sierra Pelada y cumbre llamada de Albarrán.

La composición de este nivel es más sencilla que la del anterior, y son bastante escasas las calizas intercaladas. También es menos avanzado el grado de descomposición de las talquitas, lo cual permite apreciar con más facilidad sus caracteres. Generalmente son grises, más o menos verdosas, rojizas o pardas, y más oscuras que las del horizonte inferior.

Las filitas cierran la serie de rocas estrato-cristalinas y se extienden a lo largo del macizo, en una zona que comienza algo al Este de Zufre para ir a confundirse con las pizarras del Norte del manchón granítico del valle del Chanza, donde constituyen el nivel más elevado del tramo superior de las talquitas.

Quizá pertenezcan también a este horizonte las pizarras hojosas y tabulares existentes al Norte de la mina



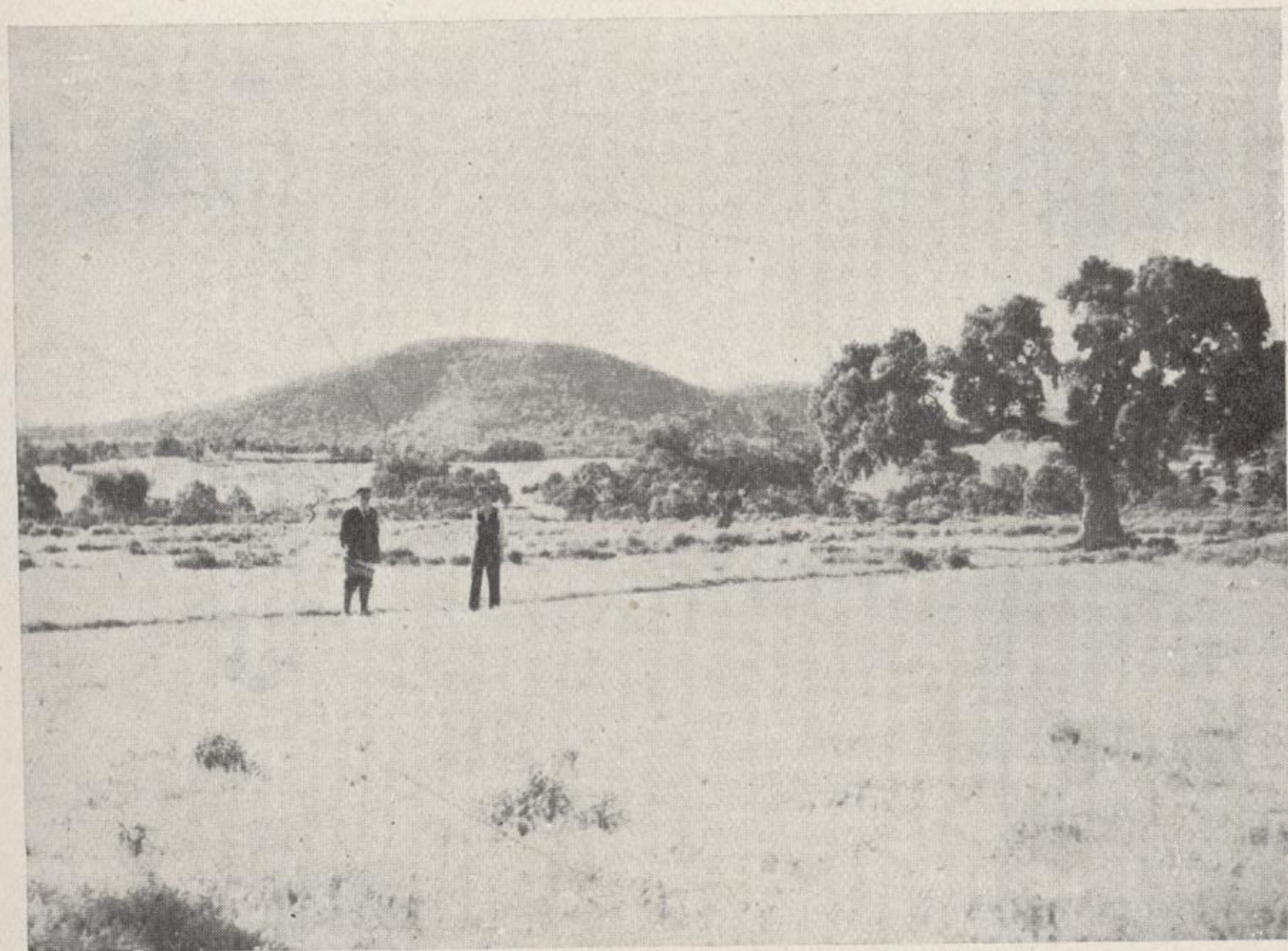
Fot. 1.—Valle del arroyo de Juan García, en pizarras silurianas. Término de El Madroño. (Sevilla).



Fot. 2.—Penillanura en el macizo porfirico de Juan Gallego. Término de El Madroño. (Sevilla).



Fot. 1.—Valle del arroyo de Juan García, en pizarras silurianas. Término de El Madroño. (Sevilla).



Fot. 2.—Penillanura en el macizo porfírico de Juan Gallego. Término de El Madroño. (Sevilla).

«Poyatos» que se ciñen al pie de la vertiente meridional de Sierra Pelada, así como las de la cumbre de Agua Buena, en el término de Linares de la Sierra, y otros puntos de la zona meridional del macizo arcaico.

Las filitas que hemos mencionado, son de estructura hojosa, con superficie más o menos plana, color gris azulado o verdoso y aspecto satinado.

Siluriano

Interesa el extremo NO. de la provincia de Sevilla y ocupa una buena parte del centro de la de Huelva, extendiéndose por los términos de Aracena, Zalamea la Real, Valverde del Camino, Cabezas Rubias, Calañas, Santa Bárbara, Paymogo y Puebla de Guzmán.

Tiene esta formación un aspecto particular, no solamente por la amplitud que alcanzan los pliegues (que atestiguan la extensión de los isleos carboníferos) sino por el acentuado metamorfismo que en los estratos pizarreños ha producido la gran cantidad de apuntamientos eruptivos que llegan a cruzarlos. Este metamorfismo se manifiesta particularmente en los términos de Zalamea, Calañas y Valverde del Camino, en que abundan las masas hipogénicas.

Debido a la escasez de fósiles, ha sido preciso, en la mayor parte de los casos, acudir a los caracteres litológicos para cronologar estos sedimentos, que ofrecen una gran semejanza con los carboníferos. Como regla para distinguir unos de otros, cabe apuntar que los silurianos suelen aparecer más impregnados de óxidos de hierro, circunstancia que les comunica un matiz rojizo, no tan frecuente en los del Dinantiense. Naturalmente que no es éste un carácter

seguro para efectuar la clasificación, pero en determinadas ocasiones puede servir para decidir la edad probable de una capa dudosa.

El insigne Ingeniero J. Gonzalo y Tarín (93), profundo conocedor de la comarca *), señaló lo arbitrarios que resultaban en muchos puntos los límites por él establecidos al deslindar el Siluriano, y consecuentemente, no puede extrañar que en algunas de las manchas clasificadas como gotlandienses se hayan encontrado después faunas propias de otros sistemas.

Así, A. M. Finlayson (136), en unos estratos próximos a la mina «Tharsis», supuestos silurianos, recogió la *Posidonomya becheri*, Gold., que pertenece al Carbonífero inferior, y el Ingeniero L. García Lorenzana, halló también la misma especie a cinco y siete kilómetros al Oeste de la Puebla de Guzmán, en terreno atribuido al Gotlandiense.

Por nuestra parte, en el paraje llamado Naya, al SE. de la villa de Nerva, entre los kilómetros 29 y 30 de la carretera de Sevilla, hemos encontrado nuevos fósiles (*Glyphioceras crenistria*, Phil., *Poteriocrinus*, sp. y *Clymenia*, sp., que, juntamente con la naturaleza de las rocas, revelan el Fameniense con tránsito al Carbonífero inferior.

Todo induce a creer que buena parte del Gotlandiense figurado en la zona meridional de la provincia de Huelva pertenezca al Carbonífero inferior, pero nosotros, en tanto que nuevos hallazgos paleontológicos no vengan a modificar lo establecido, respetaremos la clasificación llevada a cabo por el esclarecido geólogo.

*) Las cifras entre paréntesis a continuación del nombre de los autores que se citan, corresponden a las publicaciones incluidas en la bibliografía que figura al final del presente trabajo.



Fot. 3. Macizo de porfirita de El Madroño, cortado por el río Tinto.



Fot. 4. - El río Tinto en su confluencia con el Gallego.





Fot. 3. Macizo de porfirita de El Madroño, cortado por el río Tinto.



Fot. 4. - El río Tinto en su confluencia con el Gallego.



El mismo señala exclusivamente en el Siluriano de Huelva el piso superior o Gotlandiense, con los siguientes horizontes, de abajo a arriba: 1) Filadios arcillosos, micáferos o talcosos y pizarras de grano basto. 2) Pizarras hojosas con grauwackas y pizarras silíceas con cuarcitas y calizas en algunos parajes. 3) Ampelitas entre filadios arcillosos.

Entre Campofrío y Aracena se hallan filadios arcillotalcosos, de colores vivos, en medio de los cuales aparece una estrecha faja de pizarras tabulares, menos metamorfizadas. Más al Sur se observa un tránsito a la grauwacka pizarreña con matiz verdoso.

En la Sierra de La Nava existe una zona de filadios y pizarras que se prolonga por el pueblo de Los Serpos, y al lado de Almonaster hay una manchita de filadios y cuarcitas. Estratos semejantes constituyen la Sierra del Monago, y se advierten también cuarcitas entre los filadios de Traslasierra.

En Zalamea la Real, Valverde del Camino y Calañas, son los filadios las rocas más frecuentes, escasean las pizarras y grauwackas y apenas si se presentan las cuarcitas. En diversos parajes aparecen los filadios y pizarras con grandes variaciones de color, estructura y composición, debidas a la proximidad de yacimientos metalíferos. Generalmente se tiñen de color violado junto a los manganesíferos y de rojo o amarillo en los de piritas. Se ven infinidad de tránsitos entre las rocas normales y las afectadas por el metamorfismo y todas ellas forman estratos levantados que se arrumban al O.-22°-N.

En la comarca del Andévalo existe un extenso manchón siluriano alineado de Este a Oeste, con anchura de uno a dos kilómetros. En él son frecuentes las grauwackas y no faltan filadios con caracteres normales. La generalidad de

las rocas son más o menos cristalinas, con fractura desigual, tonalidades claras y frecuentes vetas de cuarzo.

Escasean los filadios arcillosos o arcillo-talcosos en El Alosno, Villanueva de los Castillejos, el Granado y El Almendral, y son, en cambio, abundantes en los términos de El Cerro, Cortegana, Cabezas Rubias, La Puebla de Guzmán y Paymogo.

Entre el último de dichos pueblos y Santa Bárbara, se ofrecen ampliamente las pizarras arcillo-talcosas o micáferas, ásperas al tacto y de hoja plana, predominando entre los diversos matices el verdoso amarillento. Existen zonas donde, por la mayor abundancia de arcilla, poseen las rocas caracteres semejantes a los de las pizarras del Dinantiense.

Todas las capas gotlandienses presentan gran profusión de inflexiones y fracturas, y su dirección oscila comúnmente de O.-8°-S. a O.-32°-N.

Devoniano

Entre los sistemas Siluriano y Carbonífero, aparecen en la comarca algunas capas devonianas de la facies pelágica, esencialmente mediterránea, del mármol griota, que no se habían señalado hasta ahora por no haberse logrado hallazgos fosilíferos que lo justificasen. Pero era de presumir la existencia del Devoniano, considerando la extraña interrupción que en el mapa geológico sufren los isleos homotácicos del Alemtejo (Portugal), al llegar a la frontera de Huelva; interrupción que, a falta de restos orgánicos, no pudieron modificar los Ingenieros E. Dupuy de Lôme y P. de Novo (152) después de su estudio del Paleozoico de la zona.



Fot. 5.—El río Jarama a su paso por el macizo porfírico de La Jabata (Sevilla).





Fot. 5.~El río Jarrama a su paso por el macizo porfírico de La Jabata (Sevilla).



Ya en el pasado siglo, expresó J. A. Collins (85) que Fraas y Etheridge consideraban devonianos algunos estratos de Rio Tinto, y posteriormente, A. M. Finlayson (136) indicó que no existían motivos suficientes para establecer el Siluriano en la región y que todas las pizarras primarias debían ser de una misma edad carbonífera inferior o devono-carbonífera.

El Devoniano se ha señalado, desde luego, en las provincias próximas de Badajoz y Córdoba, por el ilustre L. Mallada (116); en Guadalmez, cerca de Almadén, por el geólogo francés J. Groth *), en 1911, y en Jaén, por los Ingenieros A. Fernández y J. Meseguer **), el año 1929.

Realmente, las manchas de Almadén eran conocidas por el eminente Ingeniero C. de Prado ***), que las hizo figurar en los mapas de Sierra Morena, desde sus primeros estudios, pero como se ve han sido ampliadas por los geólogos españoles y reforzadas por el francés J. Groth, que recogió los siguientes *Goniatites*, cuya determinación fué revisada por E. Haug:

Chiloceras circumflexum, Sandb.

Torthoceras simplex, Busch.

— *bilobatum*, Wedekind.

Buchiola retrostiata, Busch.

fauna que representa la base del tramo Fameniense, por

*) Les schistes a *Goniatites* de Guadalmez.—Comp. Rend. Acad. Scit. CLVIII. Paris, 1914.

**) Memoria explicativa de la Hoja número 885, Santisteban del Puerto.—Inst. Geol. Min. Esp. Madrid, 1931.

***) Memoria sobre la geología de Almadén, de una parte de Sierra Morena y de las montañas de Toledo.—Bull. Soc. Geol. Franc., t. XII. Paris, 1855.

bajo de las pizarras de *Clymenia* de San Domingos (Portugal), según P. Pruvost *).

Este horizonte de San Domingos, está integrado por capas pizarrosas con intercalaciones calizas que encierran las siguientes especies:

Clymenia levigata, Münst.

Orthis arcuata, Phil.

Phacops granulatus, Münst.

Cypricardina acalaris, Phil.

Petraia radiata, Münst.

Tallos de crinoides.

y se ha atribuído al Fameniense, aunque quizá pertenezca, en parte, al Dinantiense, ya que el tránsito del Devoniano superior al Carbonífero debe verificarse paulatinamente, como en tantos otros puntos.

En nuestros trabajos de campo hemos hallado, a tres kilómetros al SE. de Nerva, entre los kilómetros 29 y 30 de la carretera de Sevilla, paraje llamado Naya, algunos restos fósiles que en opinión del Ingeniero P. H. Sampelayo corresponden a *Glyphioceras crenistria*, Phill., *Clymenia*, sp. y tallos de *Poteriocrinus*, los cuales indican el tramo más alto del Devoniano, con mar profundo de cefalópodos en relación con el referido de San Domingos.

Han aparecido los fósiles en unos filadíos arcillosos grisáceos, con nódulos calizos de color pardo-amarillento, diseminados en la roca paralelamente a la estratificación, formando un conjunto de estructura pizarreña, semejante

*) Observations sur les Terrains Dévoniense et Carboniferes du Portugal. Com. Serv. Geol. Port., t. X. Lisboa, 1914.

por sus caracteres al mármol griota de los Pirineos, también supradevoniano. La presencia, cerca del yacimiento, de la *Posidonomya lateralis*, Sow., expresa que en la zona de Huelva, como en la pirenaica y en la Montaña Negra, se opera un tránsito progresivo del Fameniense al Carbonífero inferior.

No existe discordancia con el sistema infrayacente, de modo que nos hallamos ante una facies mediterránea concordante a la vez con el Siluriano y el Dinantiense, es decir, fuera de la influencia de los plegamientos caledonianos, de manifiesto en diferentes puntos de la zona centroeuropea.

P. Pruvost, en una generalización estratigráfica exagerada, ha llegado a suponer que la facies de *Goniatites* debe haberse mantenido durante el Mesodevoniano y el Carbonífero en una gran parte de nuestra Península. No creemos que las formaciones alcancen tanta amplitud, pero se ven ratificadas por el Devoniano onubense, que viene a constituir un nuevo jalón entre el Fameniense europeo y el africano, y acentúa el carácter armoricano-varisco de las caednas paleozoicas del Sahara septentrional.

Carbonífero

Los estratos de este sistema corresponden, indubitablemente, al piso inferior o Dinantiense, como lo prueba la presencia de yacimientos de *Goniatites* y *Posidonomyas*, en buen número de puntos. Son aquí exclusivas las pizarras arcillosas y las grauwackas de estructura compacta o pizarreña. Las primeras tienen composición muy variada; predominan las arcillosas y las cloríticas, pero se ven también otras micáceas y silíceas, sobre todo en las áreas de meta-

morfismo intenso. Todas las rocas, singularmente las grauwackas, se hallan cruzadas por fisuras oblicuas a la estratificación, rellenas de cuarzo blanco.

Basado en la textura de las grauwackas, J. Gonzalo y Tarín (93) distinguió dos tramos en el Dinantiense: inferior, caracterizado por pizarras compactas, lustrosas, grises o amarillentas, en estratos muy levantados y dislocados por varios pliegues y fracturas y por grauwackas de grano fino y filadios negruzcos y duros; este tramo es el más importante, desde el punto de vista metalífero, por haberse formado entre sus materiales los yacimientos de mayor categoría. El superior lo constituyen pizarras y grauwackas de grano grueso, colores oscuros, menos lustrosas y de estratificación más regular que las del inferior. La gran cantidad de grauwackas que aquí aparecen, pone de relieve la preexistencia de un gran macizo con pequeña proporción de filadios, al Mediodía del área que ocupa actualmente la formación carbonífera.

La dirección media de las capas del tramo inferior es O.-13°-N., el buzamiento se verifica, generalmente, al Norte y la inclinación varía de 45° hasta casi la vertical.

En la zona de Río Tinto, las pizarras son de tono gris azulado oscuro, que se transforma con el tiempo en colores abigarrados, variables del pardo al amarillo. El matiz que predomina en las pizarras inalteradas, se atribuye al contenido de carbono, que es de 0 a 5 % por término medio y aumenta en las variedades más oscuras.

El estudio microscópico indica que también puede contribuir a la coloración el sulfuro de hierro, muy dividido, pues algunas muestras de pizarra, sin pirita visible, suelen contener más de 1 % de azufre en estado de sulfuro.

Las capas corresponden claramente al Carbonífero inferior, dados los abundantes fósiles que encierran. Entre la

presa de Marinilla y la llamada Masa del Sur se han clasificado:

- Posidonomya becheri*, Gold.
- *lateralis*, Sow.
- *constricta*, Kon.
- Goniatites sphaericus*, Mart.

En las pizarras de la Dehesa se han encontrado también ejemplares de *Posidonomya*, y en la vertiente meridional de la Atalaya se recogieron, asimismo, *P. lateralis*, *P. constricta* y algunos nódulos concrecionados que encerraban *Goniatites* bien conservados.

En la vecindad de las rocas endógenas, las pizarras se endurecen y quedan invadidas de porfidoblastos feldespáticos sericitizados y granillos de epidota secundaria. También cerca de los yacimientos piritosos se han cargado de sericita y clorita por la acción de soluciones termales en estrecha relación con la deposición de las masas. Al oxidarse después éstas, las aguas ácidas producidas originaron en las rocas de los hastiales una caolinización, que ha llegado a ser muy intensa en la zona de enriquecimiento secundario.

En las sierras del Monago y Obejera, junto a los asomos hipogénicos, las pizarras del tramo inferior del Dinantiense son hojosas, de color gris y se pliegan repetidamente hasta la zona manganesífera de La Grulla, donde las rocas son completamente metamórficas.

Desde la ribera Escalada a la de Olivargas, se encuentran también filadios, tan metamorfizados que se confunden con los silurianos. Dominan las pizarras arcillosas al Mediodía del cerro Pimpollar y se intercalan en aquéllas algunos bancos de grauwacka, muy inclinados al S.-SO. en el

monte Labradillo, que se alteran gradualmente al aproximarse a los afloramientos endógenos, de El Cerro.

En el sector de Zalamea la Real, las pizarras, fuertemente plegadas, pasan a filadios abigarrados muy hojosos, que se endurecen junto al río Tintillo por aumentar el contenido de cuarzo. Al Norte, en el denominado Risco Blanco, se descomponen y hacen muy deleznable al contacto con los jaspes manganesíferos, y cerca del barranco Rejoncillo vuelven a ser normales y comienzan a alternar con las grauwackas.

Las pizarras arcillosas de Zalamea se prolongan hasta la aldea del Villar y allí terminan por acuñarse en las diabasas.

Los estratos se aproximan a la dirección Este-Oeste a medida que van acercándose a las rocas ígneas de la Venta del Puerto. Más al Sur alternan éstas con pizarras normales, y entre la ribera de los Aldeanos y el Odiel, abundan los nódulos endurecidos entre las caras de junta de los filadios, en alguno de los cuales se advierten indicios de fósiles.

En la mina «La Zarza», se ven pizarras rojas y amarillas con jaspes en relación con los afloramientos hipógenos. En las solanas del Cerrajón, aquéllas son tabulares, y al Norte de Perrunal contienen nódulos con *Goniatites*. En el término de El Cerro, al O.-NO. de las minas, abunda la *Posidonomya barroisi*, Mallada, en los filadios blandos, muy foliáceos, que se hallan inmediatos a los pórfidos del Cerrajón. Al SO. de la mina, en el cabezo del Guijarro, otros filadios silíceos y micáferos resultan muy semejantes a los silurianos.

En Villanueva de las Cruces abundan las pizarras arcillosas con *Posidonomyas* y la *Edmondia scalaris*, Kon. Desde dicho punto a la mina «Tharsis» se observan, en

COBRES DE SEVILLA Y HUELVA

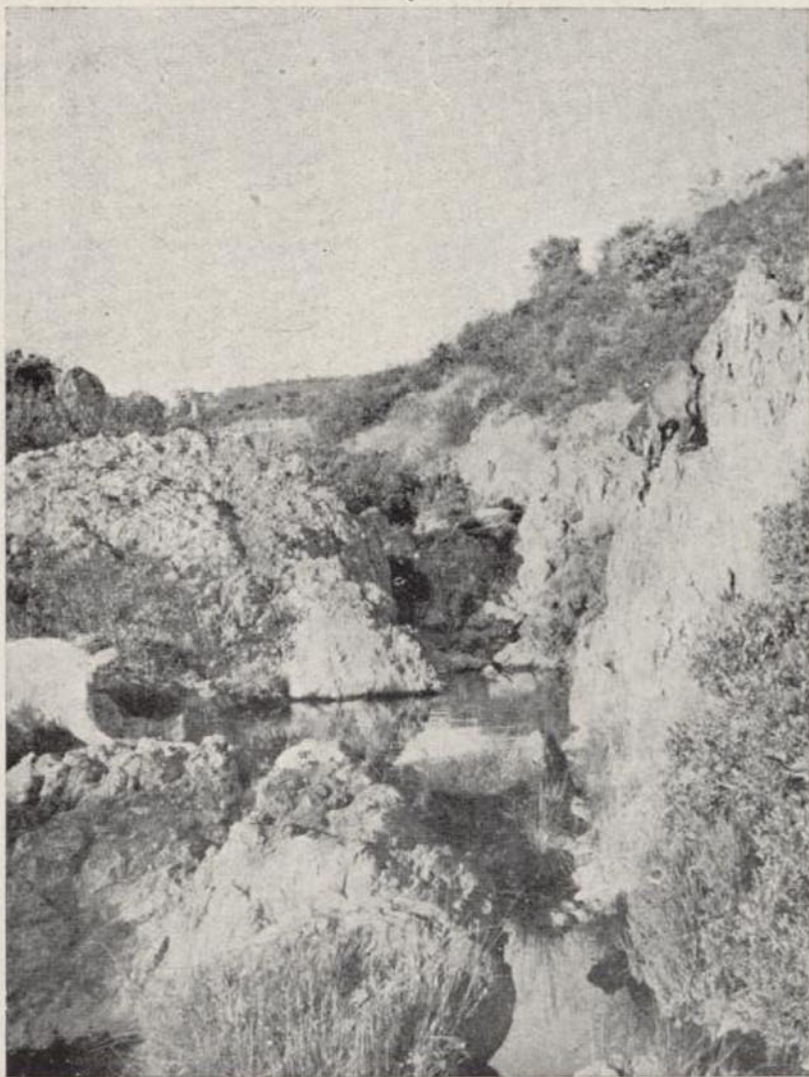


Fot. 7. — Río Odiel a su paso por el macizo hipogénico entre Campo Frio e Higuera, junto a Aracena.

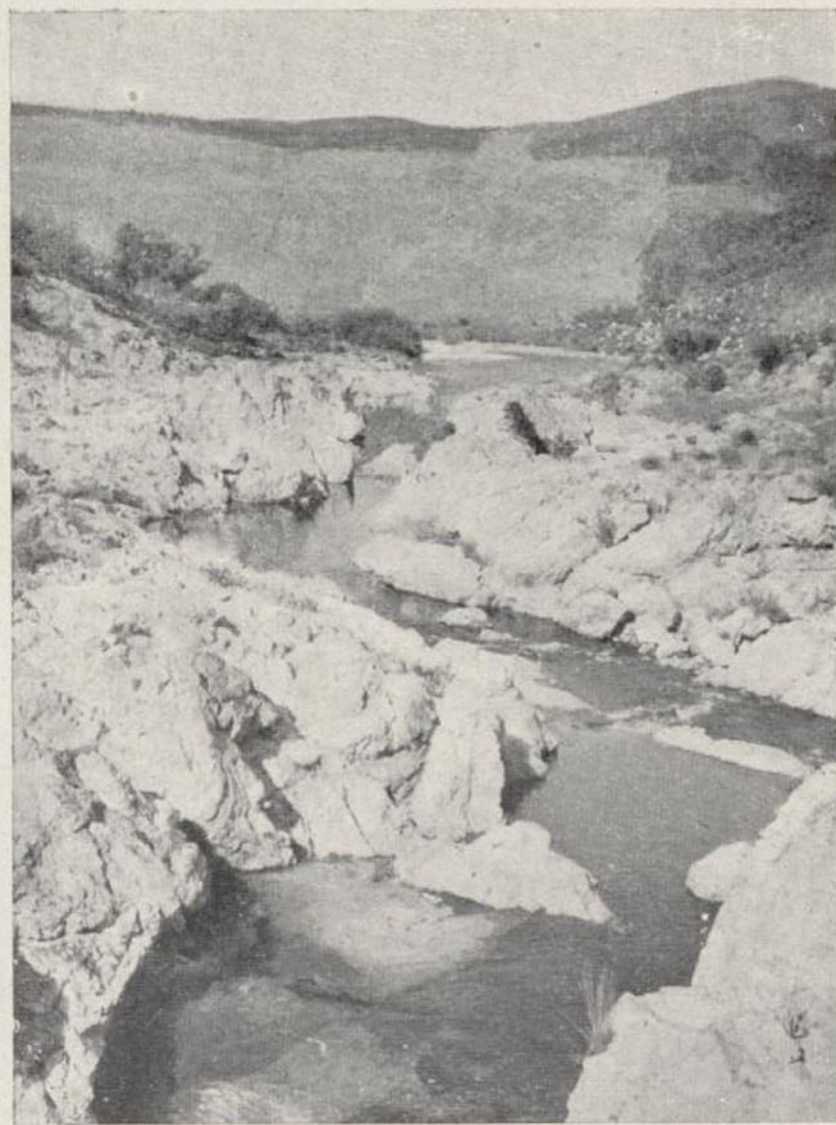


Fot. 6. — Arroyo de La Simona, en la falda de Sierras Blancas (Sevilla).





Fot. 6.—Arroyo de La Simona, en la falda de Sierras Blancas (Sevilla).



Fot. 7.—Río Odiel a su paso por el macizo hipogénico entre Campo Frío e Higuera, junto a Aracena.



algunos filadios talcosos, acompañados de grauwacka, ciertos nódulos con señales de *Goniatites*. También las pizarras del río Oraque ofrecen moldes del mismo género y ejemplares de *Posidonomya becheri*, Gold.

En la dehesa del Medio Millar, por el ferrocarril de Tharsis, hay pizarras blandas, de color gris verdoso, con fractura desigual, que contienen:

Posidonomya becheri, Gold.

— *cortazari*, Mallada.

— *gonzaloi*, Mallada.

Streblopteria egozcuei, Mallada.

Edmondia macphersoni, Mallada.

Goniatites sphaericus, Mart.

Orthoceras, sp.

y un anélido que puede corresponder al género *Crosopodia*.

La *Posidonomya becheri* y el *Goniatites sphaericus* se hallan, asimismo, en los filadios de la dehesa de Siete Barrios, y se han recogido restos semejantes en la llamada de La Higuera. Las mismas rocas se encuentran en otros parajes de esta zona, formando capas muy levantadas y plegadas que ofrecen gran abundancia de cuarzo.

En las proximidades de las minas «Cabezas del Pasto», domina una pizarra gris oscura, con lechos alternantes de grauwacka, que se halla menos alterada y ofrece entonces una coloración rojiza-amarillenta característica. En una trinchera del ferrocarril que une las concesiones con el puerto de La Laja, en el río Guadiana, se han encontrado *Posidonomya becheri*, *P. constricta*, *Goniatites sphaericus* y un trilobites, el primero hallado en la provincia de Huelva, especies que indican la existencia del sistema.

En el tramo superior del Dinantiense es más abundante

la grauwacka que en el inferior, cuya roca determina estratos regulares que alternan con pizarras arcillosas de grano basto y matices menos vivos que las de aquél. La dirección media es 9° más al Norte que la de las capas inferiores, lo cual se explica por la mayor abundancia, en dicho tramo, de los isleos hipogénicos.

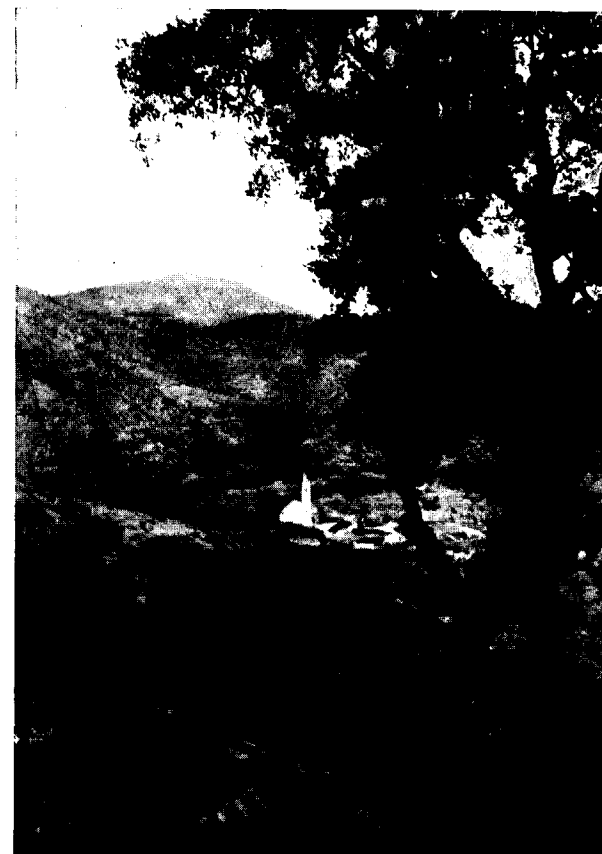
Entre los pueblos de San Bartolomé y El Alosno, la grauwacka micáfera es más frecuente que las pizarras, las cuales presentan vetas de cuarzo y se hallan teñidas de amarillo y rojo, junto a las manchas ferruginosas de la ribera del Aserrador. A la derecha de esta última, las pizarras, muy hojosas, con algunas fajas violadas, debidas a la presencia del manganeso, se doblan y desgarran en distintos sentidos.

Más al Norte, entre Longuera y El Alosno, abundan las pizarras abigarradas, con asomos diabásicos, que alternan con gruesas capas de grauwacka dura y compacta en determinados parajes.

En el puerto de La Lobilla se encontraron la *Posidonomya becheri* y la *P. constricta* en unas pizarras arcillosas, blandas, de varios colores, que inclinan 60° al N.-NE. y han sufrido presiones en todos sentidos.

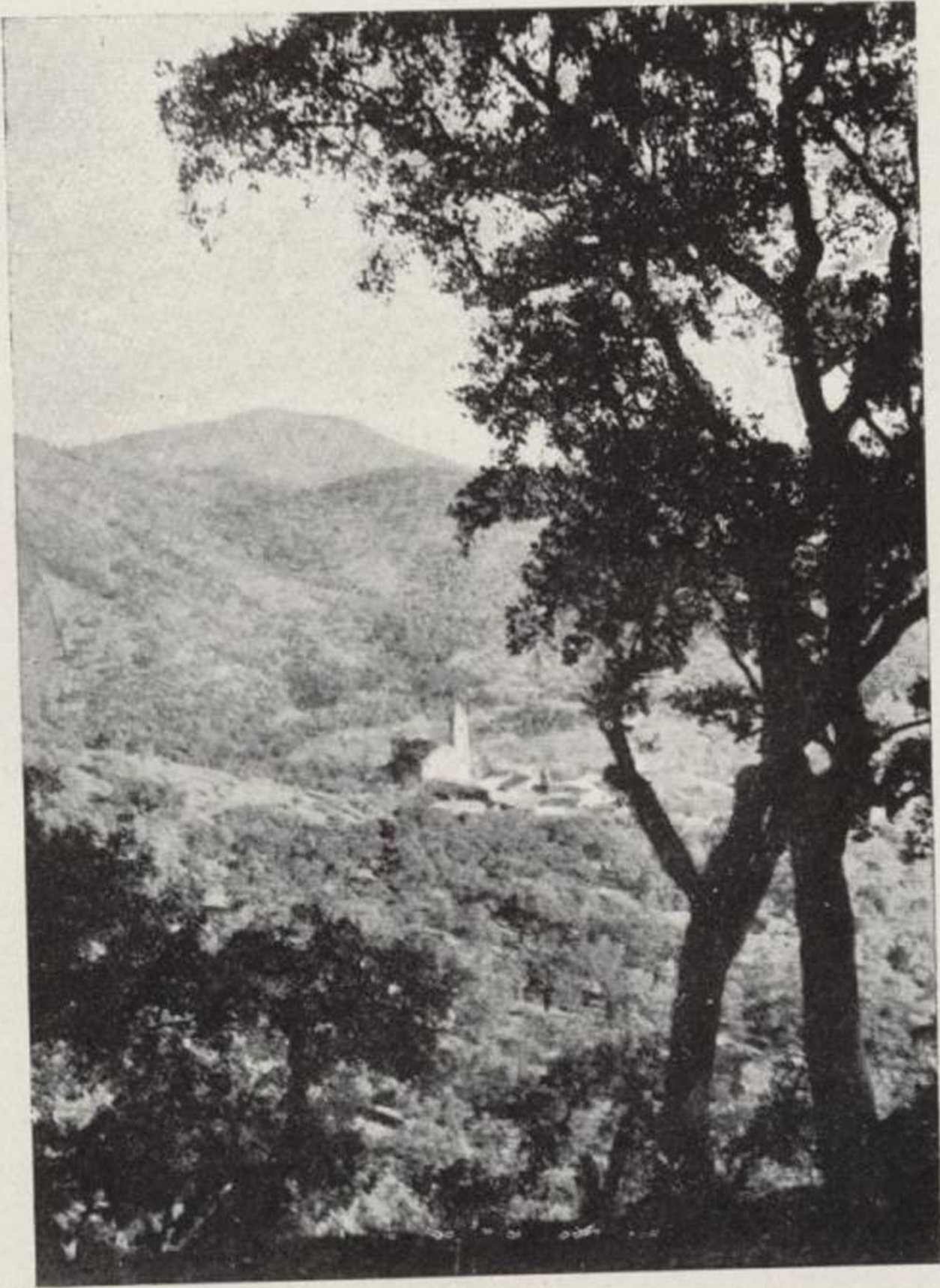
A Levante de El Alosno, la estratificación y los caracteres petrográficos son muy confusos en las pizarras que se hallan cerca del contacto con el Siluriano. Más al Este, en los desmontes del ferrocarril de Tharsis, suelen aparecer ejemplares de *P. becheri*.

En la estación de San Bartolomé, alternan las grauwackas con las pizarras en gruesos bancos ondulados, alternancias que se mantienen entre El Medio Millar y Gibrleón, con intercalaciones de filadios desgarrados y plegados. Todos los estratos presentan dos sistemas de fisuras, rellenas de cuarzo.



Fot. 8. - Vista general de Linares de la Sierra (Huelva).





Fot. 8. - Vista general de Linares de la Sierra (Huelva).



En Gibraleón, a la izquierda del río, ofrecen las capas algunas impresiones de helechos, y entre el mismo pueblo y el de Beas prosiguen los estratos con análogos caracteres litológicos.

Es de señalar el intenso metamorfismo sufrido por las rocas dinantienses en la zona minera, fuera de la cual apenas si han experimentado alteración. Tal metamorfismo afecta principalmente al tramo inferior hasta Villanueva de los Castillejos y San Bartolomé de la Torre y El Alosno. A causa de las referidas transformaciones, los caracteres litológicos de las capas carboníferas se confunden en numerosos puntos con los de las silurianas, de modo que es muy difícil la diferenciación entre ambos sistemas.

El metamorfismo del Dinantiense, es particularmente notable en el sector del río Tinto, donde se ha formado un porfiroide pizarreño que se acompaña de pizarras impregnadas de óxido de hierro con diversas modificaciones de textura y composición.

En la Sierra Javata, las rocas metamorfizadas se prolongan por la Obejera y ribera de Olivargas, hasta los yacimientos de la mina «La Zarza», y pueden observarse todos los tránsitos, desde las pizarras normales hasta las porfiroides.

En el término de Zalamea el metamorfismo presenta caracteres muy variados. El macizo más septentrional de los afectados comprende la aldea de El Villar, se une al de la cumbre de Masegoso y llega, por el Oeste, a las vertientes del Odiel. Más a Mediodía aparece otro que pasa por Zalamea, cruza la ribera de los Aldeanos y termina en el Odiel, quedando intercaladas algunas pizarras arcillosas que no ofrecen modificaciones sensibles.

En el término de Calañas, desde el cabezo Bua a los riscos de Los Gatos, se unen a las pizarras silurianas meta-

morfizadas otras del Dinantiense petrosilíceas y porfiroides, y más al Sur aparecen rocas semejantes que llegan a la divisoria del Tamujoso y Bordallo.

Al Este y mediodía de El Alosno, asoman dos filas de rocas metamorfizadas junto a otras eruptivas.

Finalmente, en el término de La Puebla de Guzmán, por ambos lados de la ribera Malagón, hasta el Guadiana, se encuentran otras áreas afectadas por el metamorfismo.

Rocas ígneas

Determinan un número extraordinario de apuntamientos, apófisis y digitaciones que rasgan el Arcaico y los estratos paleozoicos; este estado de dispersión constituye, ciertamente, uno de los rasgos más característicos de la geología comarcal.

Las formaciones que consideramos, pueden distribuirse en dos grupos principales: *ácidas y básicas*, el primero de los cuales comprende los granitos, granodioritas, sienitas y pórfidos, y, el segundo, las dioritas, porfiditas, diabasas y meláfidos. Como de ordinario, se encuentra una multitud de tránsitos entre unas rocas y otras que, no sólo dificulta la distinción de los tipos que predominan en los diversos afloramientos, sino la propia delimitación en el terreno.

Todas las masas hipogénicas, no obstante sus diversos grados de acidez, deben de constituir diferenciaciones de un mismo magma fundamental, que formaría el substrato de la región metalífera, magma que envió a los sedimentos paleozoicos digitaciones múltiples que, interstratificadas o al modo intrusivo, asoman profusamente por toda el área minera.

Las rocas ácidas ocupan un nivel cortical más profundo

que las básicas, no obstante ser más elevada la localización topográfica, y ello obedece a la mayor intensidad de la erosión, que ha llegado más al fondo de las raíces intrusivas; así aparecen especialmente en las zonas altas, o sea en la mitad Norte de la región. Con tales rocas ácidas están relacionados los grandes yacimientos de pirita.

Las rocas básicas se encuentran, por el contrario, en la porción meridional de la comarca, siquiera aparezcan, a veces, en algunas áreas septentrionales menos denudadas, distribución que debe de obedecer a la influencia refrigerante de las zonas corticales próximas a la superficie, de conformidad con las observaciones de Soret. Los sulfuros complejos, ricos en cobre, de tipo más claramente hidrotermal que las masas de pirita, parecen enlazarse especialmente con las rocas de carácter básico.

En los afloramientos endógenos suelen existir ciertas litoclasas, orientadas de Norte a Sur, que separan la roca en bancos, subdivididos a su vez en bloques por otras fisuras normales entre sí y a las primeras. Estas hendiduras son debidas a la contracción sufrida por los elementos componentes de la roca después de su formación.

A veces, las masas eruptivas, como resultado de la compresión, llegan a afectar una estructura pizarreña, que estorba la diferenciación con los estratos metamorfizados que las circuyen. En otros casos han sido tan descompuestas y atacadas por el ácido sulfúrico, que pueden confundirse con las formaciones arenáceas sedimentarias.

Prescindiendo de las asociaciones y tránsitos de unas rocas ácidas a otras, puede decirse que los granitos aparecen en el Arcaico y Siluriano de la Sierra Alta, las sienitas en el Siluriano, al Este y Sur del macizo de la Sierra de Aracena, y los pórfidos en el Siluriano y en la parte septentrional de la serranía del Andévalo.

Granitos

Forman en la provincia de Sevilla el macizo de El Castillo de las Guardas, y determinan en la de Huelva tres isleos principales, unidos, probablemente, en profundidad. El más septentrional comienza a Poniente de la aldea de Gil Márquez y avanza por Santa Olallita hasta el Este de La Higuera. El segundo, procedente de Sevilla, se halla al Mediodía del anterior y discurre por Puerto Alto y la Granada hasta la mina «La Concepción». El tercero, que constituye, posiblemente, la prolongación occidental del segundo, principia en la ribera del Olivargas y viene a situarse entre los pueblos de Ricomalillo y Los Serpos.

Suelen tener los granitos textura holocristalina, de grano mediano o fino, pero en ciertos casos (El Cerro) disminuye tanto el tamaño de los cristales que la roca se convierte en verdadera eurita. Los elementos componentes son: cuarzo, ortosa, plagioclasa, biotita y hornablenda, que puede preponderar o no sobre la mica. El tipo más común es el granito de hornablenda, pero en el valle del Odiel, al Norte de «La Concepción», existe otro, intermedio entre aquél y la granodiorita.

Granodioritas

Son de textura granular y muy semejantes al granito anfibólico, con el que pueden confundirse. Carecen, sin embargo, de fenocristales de ortosa y se integran de cuarzo, plagioclasa y hornablenda, a la que puede asociarse la biotita, hasta reemplazarla de modo total.



Fot. 9:—Alcornocal del cerro de El Valle. El Alamo (Sevilla).





Fot. 9.—Alcornocal del cerro de El Valle. El Alamo (Sevilla).



En Campofrío aparece, particularmente, una granodiorita de color grisáceo, a veces verdoso, caracterizada por la abundancia de hornablenda.

Sienitas

Constituyen en Sevilla las lomas situadas entre El Castillo de las Guardas y El Garrobo, y se presentan en Huelva, en Cala, Higuera, junto a Aracena, La Granada, Campofrío, Sierra de La Nava, Cortegana y Almonaster la Real. Por lo común, se asocian al granito, granodiorita y diorita, abundando las variedades intermedias, de modo que es difícil decidir a qué tipo corresponde una muestra determinada.

Por regla general, son de textura holocristalina, de grano fino, color blanco, a veces algo rosado, y aparecen muy ricas en ortosa, entre la que se presenta la hornablenda en granos verdes cristalinos, acompañados de otros pardos, de esfera.

Pórfidos

Forman diferentes tipos: pórfidos cuarcíferos y otros menos ácidos, ortófidos y pórfidos sieníticos, con grandes diferencias de textura, desde la afanítica hasta la porfídica bien caracterizada.

Abundan los pórfidos cuarcíferos en El Castillo de las Guardas y El Ronquillo, y determinan múltiples asomos en Cala, Arroyomolinos, El Cerro, Cabezas Rubias, Santa Bárbara y Paymogo. En los demás afloramientos de la comarca se hallan los pórfidos sieníticos asociados a los primeros.

Los pórfidos cuarcíferos son de colores claros, blanco agrisado o amarillento, verde o rojizo, y se caracterizan por el predominio de fenocristales de cuarzo, algunos de ortosa y otros, raros, de albita, en una matriz criptocristalina, de granos de cuarzo y feldespato. El único elemento ferromagnesiano primario es la biotita.

Los pórfidos sieníticos poseen matiz, generalmente verde claro, raras veces blanco obscuro, cuando se trata de la variedad afanítica. Aunque encierran ortosa, abundan más la albita y la oligoclasa-andesina, feldespatos que se acompañan de hornablenda y biotita en pequeña cantidad.

En El Castillo de las Guardas existe una variedad de pórfido feldespático, de color rojo, con múltiples granos de cuarzo. Tipos semejantes se ven también al Sur de Santa Olalla, en Valverde del Camino, Calañas y las minas «Poyatos» y «San Telmo».

Cerca del contacto con las masas de piritita aparece, en bastantes lugares, un tipo de pórfido marginal que se caracteriza por la abundancia de fenocristales feldespáticos; además, la roca ha sido afectada intensamente por las soluciones termales que produjeron las mineralizaciones, y de aquí un gran desarrollo de clorita y sercinita que se acompañan de carbonatos de calcio y de hierro.

Dioritas

Asoman entre Cortegana y Aroche, junto a Almonaster la Real, al SE. de la Sierra de San Cristóbal, entre esta villa y El Castaño, y en algunos puntos de la Sierra de Santa Ana.

Son rocas granitoides, macizas, compuestas de plagioclasa labrador y hornablenda en cristales verdes, que con-

trastan con el blanco de la pasta feldespática. Además de estos elementos, encierran mica y augita escasas, epidoto, apatito y piritita de hierro.

Kersantitas

Se encuentran, especialmente en el cerro del Castillo de Aracena, en contacto con la caliza cristalina, y en las inmediaciones de Linares de la Sierra. Se hallan caracterizadas por la presencia de la mica y poseen color verde y textura afanítica. Los elementos son microcristalinos, es decir, mucho más pequeños que los de las dioritas.

Porfíditas diabásicas

Determinan extensas masas al Sur de El Castillo de las Guardas, entre la Sierra Chiclana y El Garrobo, y aparecen, asimismo, en Valverde del Camino, Zalamea la Real, Calañas, minas «La Zarza», «Buitrón» y «Cueva de la Mora», entre Higuera junto a Aracena y La Granada, en El Campillo, Cortegana y al NE. de El Cerro. Constituyen un tránsito entre las rocas ácidas y las básicas, y pueden considerarse como variedades ácidas de las diabasas.

El color es verde, más o menos intenso. La fractura, astillosa o concoidea, y la dureza mayor que la de las diabasas. Aparecen entre éstas y los pórfidos y forman, con unas y otros, asociaciones tan íntimas que no es fácil distinguir a qué roca corresponden los ejemplares obtenidos. La textura es felsítica, criptocristalina o petrosilíceas.

Diabasas

Se encuentran en el Castillo de las Guardas, La Granada, Valverde del Camino, Zalamea la Real, Calañas, El Cerro, Cabezas Rubias, El Alosno, La Puebla de Guzmán y desde Villanueva de los Castillejos al Guadiana. Son las rocas ígneas más modernas de la comarca y se las ve atravesar los pórfidos sin haber quedado afectadas por el proceso dinámico que se señaló en los últimos.

El color de las diabasas es verde, más o menos oscuro, pero hay casos en que parecen pardo-rojizas y violadas. Dominan las texturas ofítica y afanítica. El feldespato que prepondera es la oligoclasa, aunque son frecuentes los microlitos de andesina y anortita; a veces aparece la ortosa y hasta hay casos en que se observa el cuarzo libre. Como elemento ferromagnesiano se halla la augita, más o menos alterada en hornablenda y clorita, y, como producto secundario, la epidota.

En la mayoría de las diabasas es característico un gran contenido de titanio en forma de ilmenita, augita titanífera y perovskita. También encierran proporciones notables de hierro, cobre, níquel y zinc, y la de manganeso llega, muchas veces, a 0,5%.

Las diabasas, al descomponerse, adoptan la forma de grandes bloques redondeados, y su disgregación origina tierras ferruginosas fuertemente matizadas de rojo (lateritas).

Meláfidos

En ciertas ocasiones, la abundancia de peridoto es tal en las diabasas que las hace pasar a la categoría de melá-



Fot. 10. - Embalse de las Minas de El Castillo de las Guardas (Sevilla).





Fot. 10. - Embalse de las Minas de El Castillo de las Guardas (Sevilla).



fidios. Estas rocas, que suelen presentar textura traquítica, están formadas por plagioclasas y augita, acompañadas de olivino en diferentes grados de alteración. Los geólogos ingleses las han calificado de basaltos, pero en nuestra opinión esta denominación debe reservarse a los tipos semejantes de edad terciaria.

En El Castillo de las Guardas, se encuentra un dique, cuya roca, de color verdoso, ofrece al microscopio una red de serpentina rodeando a los cristales de augita. Se ven, además, granos de olivino y anortita, y, por último, finas pajuelas de mica cromífera de tono verde.



Fot. 11.—Valle de erosión en El Madroño (Sevilla).



YACIMIENTOS

Los criaderos de la comarca que consideramos, constituyen masas de pirita de hierro más o menos cobriza, localizadas en el contacto de las rocas ígneas con las sedimentarias o encajadas en las mismas, con formas variables que, según la práctica de explotación, han sido: lentejones, bolas, trompas y masas de tipo filoniano, en muchos de estos casos con inflexiones y recurvamientos en dirección y en profundidad, fenómeno que debe resultar, entre otras causas, de la fuerza de acumulación durante el proceso de las digestiones de las rocas encajantes y de las compresiones y estiramientos producidos por los movimientos contemporáneos del estado pastoso de las mismas.

La orientación de los depósitos es, generalmente, la de los estratos y macizos ígneos que, como ya indicamos, siguen las directrices generales de los plegamientos hercynianos aunque no faltan casos aislados en que tal orientación atraviesa oblicuamente las expresadas direcciones como en la masa cruzadillo de «San Telmo».

La gran formación de piritas ferro-cobrizas comienza en la provincia de Sevilla con las masas de «El Castillo de las Guardas», relacionadas con los granitos y sienitas, y más al Mediodía con los yacimientos de «Cuchichón» y «Silillos»

en relación con las porfiditas. En la provincia de Huelva, el campo metalífero es mucho más extenso y comprende tres zonas distintas: Norte, Central y Meridional.

En la primera de tales zonas, la mina más destacada es «La Concepción» que se halla en el Siluriano, en el contacto con rocas graníticas y, al Sur, se encuentran «San Eduardo», «La Fe», «La Esperanza», «Forzosa» y «San Platón» en dicho terreno, y «San Miguel» en el Carbonífero. Todas ellas aparecen próximas al contacto de las rocas sedimentarias con las ígneas del tipo de las porfiditas diabásicas.

Al Oeste de «San Miguel» se encuentran, en el Dinantiense, las minas «Cueva de la Mora», «Monte Romero» y «Angelita», enlazadas a las rocas endógenas ácidas y básicas, «Confesionario», actualmente agotada, y un poco al Sur, en el Siluriano metamorfizado, «Agua Teñidas» y «La Romana». Más a Poniente, y en el mismo terreno, se hallan «El Lomero», «Poyatos», «El Carpio» y «San Telmo» en relación con rocas ácidas y, finalmente, en el sector NO. de la zona, «Peña de Hierro» y «Chaparrita», enclavadas en el Dinantiense y en contacto por el Norte con las porfiditas diabásicas.

En la parte oriental de la zona Central, radican los colosales yacimientos de «Río Tinto», ubicados en el Carbonífero, en contacto con las porfiditas diabásicas, y al Oeste, se encuentra la «Mimbrera», donde las labores efectuadas hasta ahora no han bastado para decidir la existencia de masas ferro-cobrizas.

Las minas «La Zarza» y «Perrunal» comprenden un enorme yacimiento piritoso que arma en el Carbonífero, al contacto con las porfiditas diabásicas, y a Poniente de la zona, en la serranía de Andévalo, aparece «La Joya», dentro del Siluriano, aunque englobada en rocas porfidíticas.

La zona meridional puede dividirse en otras dos, la pri-

mera de las cuales se extiende, en su parte oriental, desde Los Membrillos (término municipal de Zalamea la Real) hasta el arroyo Tamujoso (Calañas), y abarca una longitud de 30 kilómetros, con anchura media de seis. A ella corresponden las minas «Buitrón», «Lucencia», «Tinto» y «Santa Rosa», y en la parte occidental «La Romanera» y «Los Silos de Monte Rubio», en derredor del macizo porfidico del Cabezo de Gibraltar y las concesiones del barranco Trimpancho.

En el sector oriental de la segunda subzona, se hallan las minas «Campanario» y «Descamisada», en el término de Valverde del Camino, y las «Sotiel Coronada» y «La Torerera», en el de Calañas, todas en el Gotlandiense y en relación con rocas básicas. A Poniente de las mismas, ocupan el centro de esta subzona los célebres criaderos de «Tharsis», en el Siluriano y en relación con las rocas ácidas; al Norte se halla «El Lagunazo», relacionado con las porfiditas diabásicas, y al mediodía las concesiones «Almagrera», «Lapilla» y «Vulcano», estas dos últimas en el Dinantiense y las tres ligadas a las rocas básicas. En la parte occidental, y enlazada con las propias rocas, se encuentran en el Siluriano las minas del «Cabezo de las Herrerías» y «Cabezas de los Pastos».

Finalmente, al Este de Valverde del Camino; en las lomas de La Ratera, Segundaralejo y otras, se encuentra un campo filoniano, poco reconocido hasta ahora. Los criaderos arman en el Siluriano, tienen de 0,2 a 2,00 metros de potencia y están formados por piritita, calcopiritita y, accesoriamente, galena, con ganga cuarzosa. No parecen inmediatamente relacionados con las rocas eruptivas, pues el carácter hidrotermal de las formaciones y la movilidad de las soluciones que las originaron, han sido causa de la separación y alejamiento de las rocas madres. Así, debe

imaginarse en este área una gran profundidad del substrato hipogénico y descartar en absoluto la idea de la secreción lateral.

Fuera de la zona bosquejada no faltan manifestaciones metalíferas que revisten cierto interés. En los términos de Cala y Arroyomolinos, al NE. de la provincia, como en los de Cumbres y Encinasola, en la región occidental, aparecen buen número de formaciones filonianas cupríferas. En Cala, la mina «Sultana» posee un notable filón de calcopirita con ganga de cuarzo, en ocasiones bastante aurífero, y en Encinasola las concesiones «Diamante», «Victoria» y otras, encierran filones de calcopirita y cobre gris, acompañadas de gangas cuarzosa y espática.

Consideraremos sucintamente los yacimientos de las minas más importantes de cada una de las zonas.

«EL CASTILLO DE LAS GUARDAS».—Se encuentra en la provincia de Sevilla, a unos cinco kilómetros al Oeste del pueblo de El Castillo de las Guardas, marginal a la carretera que conduce a Nerva y servida por un ferrocarril de vía estrecha, que se une en el Ronquillo con el que, procedente de «Minas de Cala», llega al cargadero de San Juan de Aznalfarache, con un recorrido total de 72 kilómetros.

Este criadero, hoy en vías de agotamiento en la parte reconocida, está representado por grandes afloramientos ferruginos desaparecidos parcialmente por las labores a cielo abierto. Su dirección media es de Oeste $7^{\circ} 40'$ Norte a Este $7^{\circ} 40'$ Sur, con buzamiento medio de 45° en dirección Norte 32° Sur. Está respaldado al Norte por rocas dioríticas y al Sur por las porfiditas de intrusión hipogénica que desde el Mioceno de los términos de Burguillos, Cantillana y Alcolea del Río llegan hasta las pizarras carboníferas de La Aulaga.

COIRES DE SEVILLA Y HUELVA



Fot. 13.—El río Gallego a su paso por el término de El Madroño.



Fot. 12.—Escombreras de la mina «Amparo», en los Barbajos (Sevilla).





Fot. 12.—Escombreras de la mina «Amparo», en los Barbajos (Sevilla).



Fot 13.—El río Gallego a su paso por el término de El Madroño.



Comprende dos masas, las que por su situación relativa han lado lugar a que se las designe con los nombres de «Norte» y «Sur». La masa Norte está cruzada, hacia su extremidad poniente, por un dique de diabasa de unos seis metros de espesor que separa del resto de la formación una pequeña parte conocida con el nombre de masa romana, denominación nacida de atribuir su explotación a los mineros de esta época.

La parte de la masa Norte, explotada más recientemente, es de unos 400 metros de largo, con anchura media de 30; en ella es donde se han hecho todas las labores de preparación y disfrute, siendo lo mismo en las zonas altas que en profundidad la masa más importante, tanto en potencia como en riqueza.

En los niveles inferiores se observaron en la parte de Levante, vetillas de estériles e intercalaciones de azufrones muy silíceos. En todas las explotaciones se comprobó en esta masa una mayor riqueza en azufre hacia la parte Este, con disminución de cobre, y siendo la parte Sur del yacimiento, en contacto con los pórfidos, más rica en cobre y menos en azufre, aumentando éste hacia Levante con disminución de cobre hacia el mismo rumbo.

Los minerales fueron homogéneos y compactos, de gran dureza, sin antimonio ni arsénico, y con muy pequeñas cantidades de zinc y de plomo, siendo por estas circunstancias muy apreciados en el mercado de piritas, y por su misma pureza, muy apropiados para obtener en la cementación una cáscara de cobre muy rica y pura, de excelentes condiciones de venta.

Como en todos los criaderos de esta clase, por la propia heterogeneidad de composición en su proceso genético y como consecuencia de enriquecimientos producidos por fenómenos de disoluciones y concentraciones secun-

darias, las leyes de estos minerales varían de unos puntos a otros, pero en tesis general, han sido más ricas en cobre las zonas de la parte Sur.

En la explotación se hicieron dos clasificaciones de sus minerales: pirita de hierro y pirita ferrocobrizada, cuyas leyes fueron de 45 a 45,5 % de azufre, con 0,70 % de cobre, la primera, y 40,50 a 46 y 1,30 %, respectivamente, la segunda.

Las especies más abundantes de minerales de cobre han sido: la calcopirita, en forma de vetillas y bolsadas pequeñas, y la covelina y filipsita, impregnando los cruceros de la pirita de hierro. También se encontró el mineral llamado negrilla, particularmente en los pisos altos. Por último, en la zona Oeste del criadero, existe la región de los azufrones, de los que concretamente se puede decir es una pirita pobre, cuya ley en cobre llega hasta el 2 % y la de azufre oscila del 30 al 40 %.

«LA CARIDAD».—Radica igualmente en Sevilla, cerca del pueblo de Aznalcóllar. El yacimiento arma en pizarras encajadas entre dos diques de pórfido, y se halla cortado por varias fallas, con saltos horizontales, que lo dividen en cuatro zonas. El mineral cobrizo, limitado a la porción más alta del criadero, ha alcanzado 8 % de cobre.

«CUCHICHÓN Y SILLOS».—Hállase también en la provincia de Sevilla, a 30 kilómetros al NO. de la capital, cerca de Aznalcóllar, y la formación es semejante a las de Huelva. Las rocas que circundan la masa de pirita, son pizarras y grauwackas azoicas. Paralelamente a la dirección de las primeras, y en las proximidades del mineral, aparecen asomos de pórfidos cuaríferos, distribuidos en dos cinturones de dirección Este-Oeste, entre los que se hallan siete masas, cuya ley oscila entre 0,4 y 4 % de cobre.

«COTO EL VICARIO».—Las minas más importantes y las labores de mayor interés, están situadas asimismo en la provincia de Sevilla, a unos tres kilómetros de la aldea de La Aulaga, muy próxima al ferrocarril de Minas del Castillo a Peña del Hierro. Algunas concesiones se hallan atravesadas por el camino vecinal de El Castillo de las Guardas a Nerva.

Los afloramientos o crestonajes del criadero se extienden y reconocen entre el barranco de La Estrella y el arroyo de La Golondrina. Se compone el yacimiento de tres filones sensiblemente paralelos, con dirección media N.-70°-O., cuyos numerosos crestonajes asoman en las laderas y cumbre del cerro de Los Tejones.

Estos tres filones, con arreglo a su situación, se denominan: «Norte», «Central» y «Sur». Los dos primeros se reconocen con una corrida en sus afloramientos de más de 1.500 metros, y en unos 700 el tercero o «Sur», cuyos crestonajes están formados por pizarras ferruginosas, duras, compactas y muy pulimentadas en algunos sitios. Los estratos, casi verticales, algo inclinados al Norte, persisten con igual buzamiento en toda la corrida de los tres filones. En el filón Norte y junto al barranco de la Estrella, se encuentra una desviación o salto en dirección Este, reconocida por las labores efectuadas.

Las rocas de la caja son pizarras silurianas, o tal vez, del tramo inferior del Carbonífero. Tienen igual dirección que los filones, color amarillento, que se torna azulado cerca del yacimiento y aparecen tan metamorfizadas en algunos sitios que llegan a adquirir un aspecto porfiroide, constituyendo una roca de gran dureza y compacidad muy silicificada.

Entre estas rocas, y como minerales de contacto, se encuentran los afloramientos ferruginosos, que caracteri-

zan a cada uno de los filones, perfectamente definidos y diferenciados por estar separados según el sentido transversal en algunos sitios, por espacios de más de 100 metros unos de otros.

Se observan, además, algunos asomos de pórfidos azules, intercalados en la estratificación de las pizarras, en grandes lentejones orientados en la misma dirección del criadero, y que en algunos puntos llegan a confundirse con las pizarras metamórficas que parecen formar el respaldo de aquél.

En el camino vecinal de Castillo a Nerva, que pasa junto a las labores de estas minas, y entre los kilómetros 12 y 13, se han cortado las mismas pizarras antes descritas, y en algunos cortes de las trincheras, pequeños lentejones de asomos porfídicos; más hacia Castillo, cerca del kilómetro 11, el terreno aparece, en el corte de las trincheras y desmontes, más descompuesto y con asomos de sienitas de color amarillento y de poca dureza.

Igualmente se observa que en el contacto de estas rocas sieníticas con la zona de transformación, se presentan vetillas y núcleos de caolín basto, de color gris.

Como la tierra vegetal alcanza muy poco espesor, se pueden seguir perfectamente los crestonajes en toda su corrida, reconociéndose que alcanzan 20 y más metros de potencia las pizarras ferruginosas que lo forman.

Se puede deducir de lo expuesto, que por la dirección, por el modo de aflorar, y por la naturaleza de las rocas, este criadero debe pertenecer a la misma época e idéntica formación geológica que la de las grandes masas de piritita, con las variantes de que aquí han adquirido los caracteres de filón, debido a las condiciones locales. Además, aquí, por los reconocimientos efectuados, se comprueba una mayor repartición de azufre, encontrándose todos los esta-

dos intermedios, desde la pirita de hierro rica hasta los azufrones más pobres; y en unos y otros, los minerales de cobre se hallan repartidos en vetas y núcleos irregulares de ninguna constancia ni persistencia, y sin ley que regule su distribución, siquiera fuera aproximadamente.

No se pueden considerar estos minerales, conforme se ha reconocido en las distintas labores efectuadas, como piritas de hierro. Su verdadera y más apropiada denominación sería la de azufrones ferrocobrizos, cuyo interés industrial ha de referirse a la mayor o menor riqueza en cobre del criadero.

Por último, es de notar en cuanto se relaciona con el aspecto geológico del yacimiento, la existencia comprobada en algunos reconocimientos de pizarras bituminosas.

Para que pueda formarse idea exacta de la importancia y forma de metalización de este criadero, efectuaremos una descripción de las labores más importantes realizadas y los resultados encontrados.

Socavón «Santa Bárbara».—Está situado en la ladera de la umbria del cerro de los Tejones, a unos 100 metros de los afloramientos del filón Norte, y tiene una longitud total de 170 metros.

Empieza el socavón en pizarras, que a los 86 metros tienen metalizaciones piritosas; y en su avance continuado se cortó, primero, una anchura de seis metros de azufrones ricos, con un filoncillo cobrizo de 13 centímetros. A continuación se cortó una zona de 8,60 metros de pizarras ferruginosas, después de las cuales seguían los azufrones, en vetas alternadas de filoncillos de cobre, pirita de hierro y pizarras bituminosas, hasta el final, donde vuelven a presentarse los azufrones.

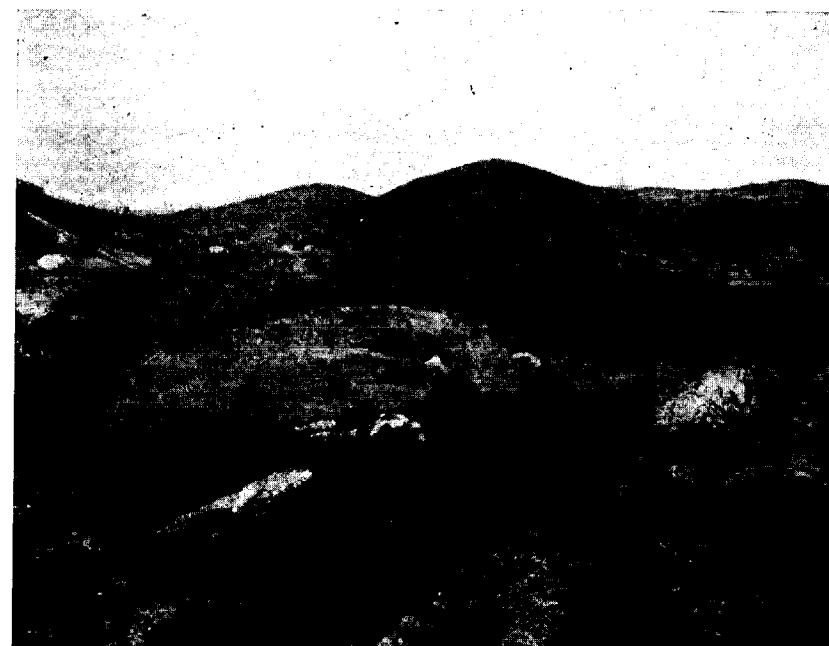
A los 91 metros de su emboquille, hay un pozo de ventilación de 38 metros de altura, que, desde la superficie

cortó primero 15 metros de crestonaje y después 23 de azufrones, hasta romper con el socavón.

En la zona más metalizada en azufrón y cobre, se profundizaron en este socavón dos metros sobre el filón de cobre, comprobándose que su potencia se reducía hasta casi desaparecer, conservando sólo la guía. La dirección de este socavón es S.-30°-O.

Socavón «Poniente».—Está emboquillado por debajo del llamado pozo antiguo de Poniente, o pozo maestro, y avanza en dirección S.-27°-E., en una longitud de 88 metros, sobre crestonajes y pizarras ferruginosas, impregnadas de azufrón, atravesando, a los 32 metros de su boca, dos vetillas de ocho centímetros de pirita ferrocobrizada. Hacia su final, a los 84 metros, donde las pizarras pasan a ser azufrones mezclados con óxido de hierro, se corta un filoncillo de pirita fina y pura. Desde este punto se varió la dirección, y a los tres metros se rompió con el pozo antiguo de Poniente, que sirvió para ventilar. Desde aquí se trazaron dos galerías: una a Levante, a cortar el criadero, y otra a Poniente, las dos en azufrones y pizarras impregnadas de pirita.

La rama de Poniente de las galerías antes dichas, avanzó seis metros, quedando su frente en pizarras azufronadas; y la de Levante avanzó 10 metros, de ellos, cuatro, en crestonaje muy bueno. En esta galería se avanzó después en dirección SE. 46 metros más, siguiendo una zona de seis metros de requemones y continuando después los azufrones corrientes, alternando con pizarras impregnadas. Sobre estos requemones, se empezó un pozo en mineral bastante rico en azufre, cortándose un filón de 70 centímetros de mineral de pirita rica, y, a los 10 metros de profundidad, se emboquilló una galería para comunicar con el pozo antiguo, perdiéndose el filón y quedando el fondo del pozo en azufrones.



Fot. 14. - Nerva (Huelva). Estratos del Dinantiense con *Posidonomyas*.





Fot. 14. - Nerva (Huelva). Estratos del Dinantiense con *Posidonomyas*.



Pozo antiguo Poniente o pozo maestro.—Este pozo, emboquillado en el crestonaje, fué iniciado en época muy lejana y continuado después por la Sociedad de Coto Vicario, hasta llegar a una profundidad total de 76 metros. Hasta los 38 metros se cortaron crestonajes y azufrones, continuándose después en pizarras en los 10,45 metros siguientes, a cuya profundidad apareció un filón de pirita de setenta centímetros sobre el costado Norte, continuándose hasta la profundidad alcanzada en mineral y azufrones.

Socavón «Don Saturnino».—Está situado a Poniente del socavón Vicario, a su mismo nivel y separado por un arroyo en la ladera del cerro de La Estrella. Su longitud total es de 189 metros en dirección de los grandes afloramientos de los filones Norte y Central.

El avance se hizo en pórfidos, pizarras metamórficas y azufrones, en terreno muy duro hasta aproximadamente los 98 metros de su boca, cortándose aquí un filoncito de mineral de cobre muy rico, mezcla de óxidos y sulfuros (negrillos), de un metro cincuenta centímetros de espesor y sobre el cual se hizo un pocillo de dos metros con resultado negativo, pues lo que se creyó filón era un bolo suelto, de riqueza concentrada en cobre. A continuación, en el socavón, aparecen las pizarras con impregnaciones piritosas, y cerca de la vertical del crestonaje exterior se ven vetas de pirita amarilla y pizarras negras bituminosas con filoncillos cobrizos, entrando seguidamente en terreno muy descompuesto, con intercalaciones de vetas de caolín entre las pizarras.

A los 163 metros se corta azufrón muy rico y un metro de pirita emborrascada, que corresponde a la situación del crestonaje, y que reconocido por un pocillo hecho en el socavón, queda el filón reducido a 0,50 metros de potencia.

El socavón termina en pizarras impregnadas de pirita y

en su frente queda al descubierto una veta de cinco centímetros de mineral de cobre rico.

En las zonas más metalizadas de esta labor, se obtuvieron muestras escogidas de 47 % de azufre y de 13 a 20 % de cobre.

Pozo Alto Antiguo.—Está situado sobre los afloramientos del filón Norte. Se profundizó sobre el cretonaje hasta los 26 metros y desde esta profundidad, por buzamiento al Norte de éste, se perdió y se cortaron pizarras hasta los 45 metros, en que se emboquilló una galería y cortó a los seis metros de su avance 50 centímetros de azufrones ricos.

Socavón Central.—Se halla situado a unos 90 metros al Oeste y aguas arriba del arroyo entre los socavones Vicario y Don Saturnino, en el cerro de La Estrella, y a unos 60 metros por encima de estos socavones.

Está emboquillado en cretonaje, y avanzó 37 metros sobre capas alternas de pizarras impregnadas de azufrones, haciéndose en el avance cada vez más dura la roca hasta llegar a constituir un pórfido muy compacto, con metalizaciones muy escasas e incompletas.

Socavón «Vicario».—Está situado en la ladera del cerro de La Estrella, frente al socavón «Don Saturnino» y a su mismo nivel. Su longitud es de 210 metros y en él se cortaron dos filoncillos de cobre rico. En toda la longitud se cortaron pizarras más o menos impregnadas y dos zonas de azufrones de seis a doce metros de anchura.

Sobre el segundo filón, y dentro de los azufrones, se emboquilló una galería a Levante, que avanzó tres metros en azufrones con filoncillos de cuarzo, desapareciendo estos filones más adelante, hasta quedar sólo las pizarras impregnadas y con vetas de pirita cobriza.

A los 23 metros de la entrada del socavón, se hizo un pozo de 10 metros de profundidad, cortándose por el cos-

tado Oeste un filón de cobre con 20 centímetros de potencia, que llegó a alcanzar una anchura de 50 centímetros, y continuando casi vertical en forma de rosario. A los diez metros de profundidad el filón desaparece.

Se llegaron a preparar siete toneladas de mineral de 11 % de cobre y 35 % de azufre.

Socavón Poniente, en mina «Vicario».—Está situado en el arroyo de La Estrella, en la ladera de este cerro. Avanzó en dirección O.-44°50'-N., unos 17 metros aproximadamente, cortando pizarras bituminosas y cretonajes impregnados en filoncillos de pirita y azufrones. Se cortó el cretonaje del filón Norte hasta el sitio en que este filón se bifurca, produciéndose un salto en sentido Este. A partir de este punto se siguió la nueva dirección hasta los setenta y dos metros de longitud, atravesando pizarras ferruginosas del cretonaje y otras pizarras negras bituminosas, con filoncillos de cuarzo diseminados en la labor, y manifestaciones piritosas.

Socavón Levante, en mina «Vicario».—Se encuentra en el arroyo de La Estrella, en la ladera de este cerro y en dirección S.-35°-E. En los primeros 18 metros se cortan pizarras con intercalaciones de azufrones de 40 % de azufre, aproximadamente; después siguen ocho metros de azufrones muy cargados de pirita, al terminar el filón emborrascado. A los 24,5 metros de su boca se hizo un anchurón y se profundizó un pozo.

Se emboquilló este pozo en azufrones, en cuyo mineral bajó ocho metros. A esta profundidad el azufrón queda en el costado Norte del pozo y éste sigue en pizarras con pequeños filoncillos de pirita, continuando así hasta los 18,50 metros. A esta profundidad se hicieron dos galerías para cortar el criadero, una al Norte y otra al Sur, que respectivamente alcanzaron cinco y nueve metros de longitud,

atravesando en ambas una zona de pizarras y cuarz emborrascado, con filones de pirita de muy pequeño espesor.

Socavón «Los Escarbaderos».—Está situado en el lugar de este nombre, en la prolongación del arroyo de La Estrella. Tiene esta labor una longitud de 28 metros y en su avance se cortaron pizarras ferruginosas con azufrones de incompleta metalización.

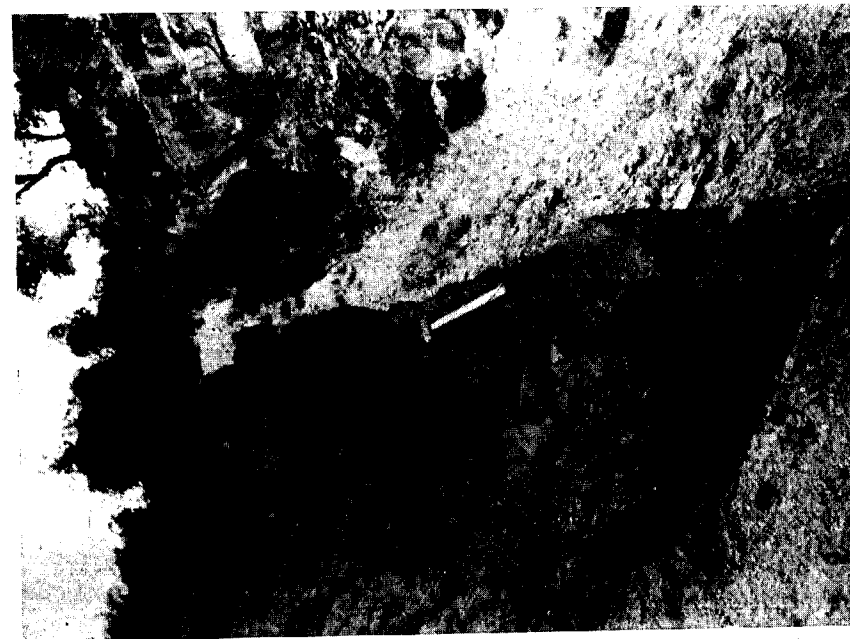
Por cuanto antecede, se viene a deducir que en estos yacimientos está comprobada la existencia de una cantidad grande de azufrones con riqueza en cobre incompletamente reconocida. Acaso pudieran ofrecer interés para una explotación a base del aprovechamiento de los azufrones, quedando la parte cobriza como reserva del aprovechamiento, si el mineral se coloca en condiciones de mejor utilidad y rendimiento.

Pero de considerar solamente de utilidad el mineral cobrizo, hay que tener en cuenta la irregularidad de los filones y vetillas en que aparecen los minerales, con potencia máxima de 10 a 50 centímetros; la cubicación incierta deducida de los datos de investigación; la continuación en profundidad que queda por saber y, por último, la ley que no debe calcularse en más de 5% de cobre; así la explotación sería ruinosa y muy aventurado emprenderla.

«MARICHU».—Corresponde también a la provincia de Sevilla y se halla próxima a El Castillo de las Guardas, en el lugar denominado Cueva del Agua, a unos dos kilómetros y medio del ferrocarril de Peña del Hierro y en paraje agreste y montañoso de difícil acceso.

En la superficie se encuentra un filón principal, caracterizado por un gran crestonaje de pizarras ferruginosas y

COBRES DE SEVILLA Y HUELVA



Fot. 16.—Mina «San Eduardo» (Aracena). Mineralización piritosa de la corta.



Fot. 15.—Pizarras glandulares fosilíferas devonianas (Nerva).



Fot. 15.—Pizarras glandulares fosilíferas devonianas (Nerva).



Fot. 16.—Mina «San Eduardo» (Aracena). Mineralización piritosa de la corta.



manganesíferas, que partiendo de la Cueva del Agua corre en dirección NO. a SE., en una longitud de más de 500 metros y una anchura de 10 y más metros. Este filón principal se bifurca en dos en sus afloramientos, inclinándose una rama al Oeste y disminuyendo en potencia. Además existen otros crestonajes de igual clase y de menor importancia en la misma clase de rocas.

Hace más de 60 años que fué trabajada esta mina, de cuya época debe ser el llamado pozo de La Madroña, del cual parte una galería al Norte, dentro del que hay dos pocillos interiores y de cuyas labores se arrancaron algunos minerales cobrizos. Más recientemente se limpiaron estas labores y se hicieron nuevos reconocimientos, consiguiendo descubrir el filón ya explotado y con pocos indicios de mineralización que ofrecieran interés, cosa que ocurrió en las demás labores efectuadas.

«NAZARETH».—Está situada en el término del Madroño (Sevilla), junto al pueblo del Alamo, y sus afloramientos corren por la cumbre y ladera del cerro del Corralete, donde están representados por pizarras fuertemente impregnadas de óxido de hierro, que llega en algunos puntos a constituir una verdadera mena. La corrida se aprecia en dos filones casi paralelos, alineados en dirección N.-37°-O. a S.-37°-E., con anchuras de 10 y más metros sobre unos 400 metros de longitud, separados por una distancia de unos 100 metros y buzando ambos al Norte ligeramente.

El criadero arma en pizarras que se reconocen en toda la extensión del grupo, y entre ellas se intercalan los asomos porfídicos orientados en la misma dirección, afectando a las pizarras, que aparecen fuertemente metamorfizadas.

Labores.—Esta mina fué investigada en 1911 por la Sociedad General de Industria y Comercio; posteriormente,

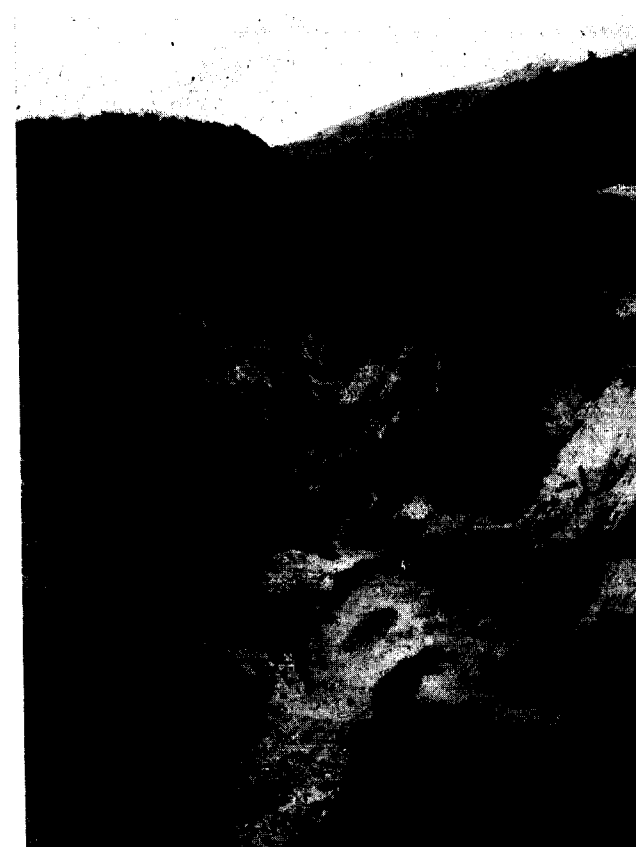
en los años 1912 a 19, por la Compañía explotadora de la mina «Cuchichón», de Aznalcollar (The Seville Sulphur and Copper Company Limited), la cual trabajó con mayor intensidad haciendo las labores más importantes, de donde extrajo y exportó unas 200 toneladas de minerales cobrizos, con ley del 6 al 10 % de cobre.

La labor más antigua es un socavón trazado para cortar el crestonaje y que en 20 metros, aproximadamente, de longitud, atravesó pizarras silurianas y pórfidos descompuestos, cortándose después unos 15 metros de terrenos ferruginosos y azufrones, reconocidos en dos galerías que arrumbadas al Sur y Oeste se continuaron en 60 y 50 metros de longitud, respectivamente. El mineral cortado tiene escasa ley en cobre y presenta vetillas de pirita con blenda.

En esta época se limpió el pozo «Número 1», hecho sobre crestonaje ferruginoso y que a los 13 metros, atravesando igual clase de mineral y azufrones, rompió con el nivel del socavón y galerías. Este pozo se llegó a profundizar hasta los 74 metros.

El mineral cortado en el pozo fué disminuyendo de potencia hasta desaparecer hacia los 30 metros, en donde el terreno es todo de pizarras negras. A los 30 metros se trazó la segunda planta (primera del socavón), que la forman una galería al Oeste, de 80 metros de largo, con una traviesa al Sur de 30 metros, ambas sobre pizarras, y otra al Norte, en sus tres primeros metros, que vuelve al Este, en cuya dirección avanza igualmente tres metros, para dirigirse desde aquí al Sur, con una longitud de 30 metros, cortándose en ella vetillas de mineral encajadas entre las pizarras.

La tercera planta está situada a 68 metros de profundidad, y en ella hay una galería hacia el Este, que a los cinco metros cambia de dirección hacia el SO., con una longitud total de 64 metros. Se cortaron primero pizarras



Fot. 17.—Mina «San Eduardo» (Aracena). Vista de la corta.





Fot. 17.—Mina «San Eduardo» (Aracena). Vista de la
corta.



en las que se encuentran varias vetas o filoncillos de mineral cobrizo, después de una zona de rocas diabásicas, y a continuación otra vez las pizarras.

El reconocimiento más inferior lo constituye la planta cuarta, a los 70 metros de profundidad, en donde hay una galería que con rumbo NO. sigue una veta de mineral encajada en la pizarra en unos seis metros, y 30 más sólo en pizarras; de esta galería, a los seis metros, donde se pierde la veta, parte otra casi normal que avanzó 63 metros sobre pizarras, hasta que cortó los pórfidos.

Existe también otro pozo de unos ocho metros sobre pizarras ferruginosas, diversas calicatas, y además dos socavones emboquillados en la ladera del cerro del Corralete; uno en las pizarras ferruginosas, siguiendo una veta de azufrones, y otro en pizarras, en las que se ve una pequeña guía de mineral.

«LA CONCEPCIÓN».—Se halla en la provincia de Huelva, a 15 kilómetros al SE. de Almonaster la Real, a la derecha del río Odiel y en el paraje denominado La Herrumbre. El criadero es una masa prolongada a modo de filón, de dirección E.-O., con ligera inclinación al Norte, que arma entre pizarras arcillosas muy alteradas y plegadas y sienitas emplazadas al Norte de las mismas. El mineral forma una masa compacta, bastante homogénea, de pirita de hierro mezclada íntimamente con la de cobre. La mina está parada desde hace varios años y últimamente se han abandonado también los terrenos de cementación. Se calculan unas reservas de alrededor de un millón de toneladas de pirita de baja ley en cobre y azufre.

«SAN EDUARDO».—Se encuentra al pie de la Sierra de Aracena, en la margen izquierda del Odiel, y presenta una

corrida E.-O. de 500 metros de longitud y 25 de anchura. El yacimiento ha sido explotado a cielo abierto, merced a cuya circunstancia se aprecian bien los caracteres, acción de la masa sobre la porfídita de la caja, caolinizaciones inmediatas al mineral, oxidaciones ferruginosas de la superficie, y tantas otras manifestaciones exteriores.

«LA FE».—Ubicada no lejos de la anterior, ofrece una corrida de 250 metros de longitud y 25 de ancho, entre porfíditas metamorfozadas que poseen aspecto estratiforme y encierran al Este núcleos de pizarras gotlandienses no digeridas. Dicha corrida, de dirección O.-10°-N., queda interrumpida por una falla arrumbada al N.-30°-O., pero reaparece a Poniente y se prolonga por la concesión «Esperanza».

«SAN PLATÓN».—Se halla en la margen derecha del Odiel, al Este de la carretera de Zalamea a Santa Ana la Real, y en la superficie posee dos afloramientos que se dirigen al O.-10°-N., el más septentrional de los cuales tiene una corrida de 500 metros, y el segundo queda dividido por el río en dos secciones, que cuentan respectivamente 170 y 250 metros. El criadero, de ocho metros de potencia media, está limitado al Norte por las pizarras pardo-amarillentas claras silurianas, y al Mediodía por las porfíditas; comprende dos zonas metalizadas, separadas por una cuña estéril. Las explotaciones se encuentran paradas desde el año 1932. Se calculan unas reservas de 500 mil toneladas de pirita, distribuída en las leyes y proporciones siguientes:

70.000 ton.	con	46 %	de	azufre	y	más	de	2 %	de	cobre.			
70.000	>	>	47 %	>	>	>	>	de	0,75	a	2 %	de	cobre.
360.000	>	>	48 %	>	>	>	>	0,5 %	de	cobre.			

«ESPERANZA», «FORZOSA» Y «ANGOSTURA».—Radican en el paraje llamado El Agil, a muy corta distancia y al Mediodía de «La Concepción». Se advierten en ellas crestones ferruginosos enclavados en las pizarras silurianas, en cuyas inmediaciones, tanto al Norte como por el Sur, aparecen masas de porfíditas que se extienden por el Este a gran distancia. De estas minas se han extraído importantes cantidades de pirita de tipo de cementación. Las explotaciones están abandonadas desde hace varios años y levantadas las instalaciones, por considerarse prácticamente agotadas. En los últimos tiempos se precipitaba el cobre de las aguas que tenían salida natural por socavones.

«SAN MIGUEL».—Corresponde al término de Almonaster la Real y el yacimiento tiene una dirección aproximada de Este a Oeste. Se encuentra en el contacto de las pizarras que le sirven de techo por el Sur y los pórfidos que hacen de yacente por el Norte y llama la atención que la masa buce hacia el Sur, con inclinación de 40°, en oposición a lo que sucede en toda la formación pizarreña y las masas de pirita de la región.

La corrida está representada por un amplio y potente crestónaje de óxido de hierro, arrancado parcialmente en las labores a cielo abierto. El criadero fué explotado en su extremo Este por una gran corta, en la cual la masa alcanzó una potencia de hasta 40 metros.

Las explotaciones se pararon el año 1919 y actualmente se extraen por un pozo las aguas para precipitar el cobre que contienen, pero es de poco interés económico su tratamiento.

Se calculan unas reservas de 200.000 toneladas de pirita ferrocobrizada de hasta 2 a 3 % de cobre y además 150 mil toneladas de baja ley en azufre. Las labores interiores están en mal estado de conservación.

«CUEVA DE LA MORA», «MONTE ROMERO» Y «ANGELITA». — Estos tres criaderos arman en el contacto de las diabasas con las pizarras del Dinantiense, muy metamorfizadas, y su dirección media es O.-8°-N., con gran inclinación al Norte. La ley media del primero fué, durante algún tiempo, de 2,5 a 3 % de cobre, pero a la profundidad de 180 metros empobreció hasta contener tan sólo 0,6 a 1 %. «Monte Romero» y «Angelita» eran más ricos, con una proporción corriente de 4 a 8 Cu, que disminuyó en profundidad a 1,5-2 %. Las explotaciones están paradas desde el año 1933. Se calculan unas reservas de 3.000.000 de toneladas de pirita, con leyes de 1 a 1,40 % de cobre y de 44 a 45 % como media de azufre.

«CONFESIONARIO».—El yacimiento, completamente explotado, encajaba en grauwackas y pizarras metamorfizadas, al Sur de las cuales asoman las rocas cristalinas estratiformes con varios apuntamientos porfídicos.

«AGUAS TEÑIDAS».—Se encuentra en el barranco de dicho nombre, afluente de la ribera Olivargas, y el criadero, de gran longitud y poca anchura, arma en pizarras arcillosas metamorfizadas que corresponden al Siluriano. En general, la pirita común se ofrecía listada, con fajas discontinuas de calcopirita y blenda, y tuvo leyes de hasta 8 % de cobre con una media de 3,4 %. La mina está abandonada y levantadas todas las instalaciones por hallarse prácticamente agotada.

«EL LOMERO».—Pertenece al término municipal de El Cerro. El yacimiento está encajado en pizarras gotlandienses, y 20 metros al Sur aparecen las porfídicas diabásicas. En el contacto septentrional, las referidas pizarras, muy



Fot. 18.—Vista general de las minas «La Esperanza» y «San Platón» (Almonaster).





Fot. 18.—Vista general de las minas «La Esperanza» y «San Platón»
(Almonaster).



arcillosas y descompuestas, forman una salbanda poco coherente, mientras que en el Sur la dureza es mayor.

«POYATOS».—Se halla en el término de Cortegana. El criadero, continuación del de «El Lomero», es una masa lenticular, encajada en el Siluriano, cuya estratificación corta oblicuamente. En la parte Norte, las pizarras, blandas y descompuestas, quedan separadas del mineral por una salbanda gredosa. Al Mediodía, la masa se halla en contacto con pizarras metamórficas más duras, a continuación de las cuales aparece un dique de diabasa verdosa, algo porfídica, con cristales de plagioclasa y piroxeno.

El yacimiento está separado en dos partes por otras tantas fallas o planos de deslizamiento, que han producido, al NE., un salto de dos metros. A Levante de las fallas, cambia de dirección, que siendo en la primera lenteja NE. a SO., resulta después al NO.-SE., con un tendido de 25° al NE.

«SAN TELMO».—Esta importantísima mina, de gran porvenir, radica al Norte de El Cerro, en término de Cortegana y posee dos criaderos que arman en pizarras y grauwackas sumamente trastornadas y próximas a los pórfidos. El más occidental, llamado de «San Telmo», toca a la roca ígnea en algunos puntos de su yacente y ofrece menas compactas, a veces pizarreñas, con ley media de 2,5 de cobre. El segundo criadero, que lleva el nombre de «San Vicente», presenta una veta de tres metros de potencia, separada de otras más profundas por cuñas de pizarra blanca muy deleznable. La riqueza cuprífera es menor que la del anterior. En la actualidad se efectúa un laboreo restringido. Las reservas se calculan en ocho millones de toneladas de pirita, de las cuales unas 800,000 poseen una

ley en cobre superior a 2%. El resto se reparte entre pirita de 0,75 a 2% de cobre y pirita de hierro de 47 a 49% de azufre.

Sería muy conveniente intensificar las explotaciones con miras a resolver las necesidades del cobre.

«EL CARPIO».—Este grupo de minas está situado a unos dos kilómetros al NO. de «San Telmo», en la solana de la Sierra del Carpio, que constituye una estribación de Sierra Morena, en la parte denominada La Pelada.

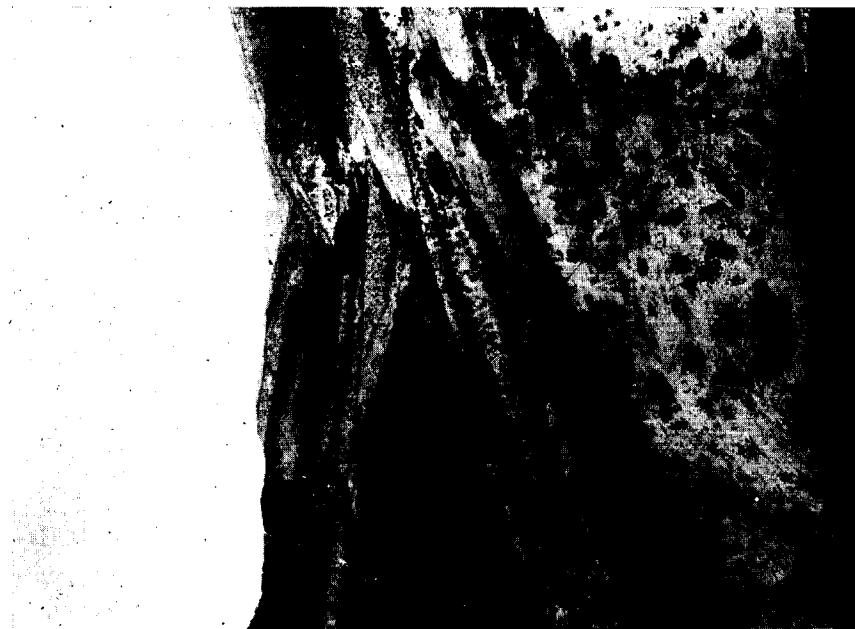
Se inician los afloramientos o corrida de estas minas, en la margen izquierda del barranco de Setenil, y avanzan por la falda de la Sierra de El Carpio, donde se presentaban los óxidos terrosos de hierro, última alteración de las piritas, que desaparecen seguidamente y sigue su corrida, en forma de pizarra muy teñida de óxido de hierro, hasta unirse con el crestón del yacimiento de San Vicente y Cruzadillo, en el grupo de San Telmo.

La dirección media de estos afloramientos es de E.-25°-S. a O.-25°-N.

El relleno de esta mina, hoy considerada prácticamente como agotada, fué muy irregular, pero en conjunto se presentaba como una masa ensanchada en sus dos extremos.

Como otras minas de la provincia, fué trabajada intensamente en su parte superior en la época romana, para lo cual existía un socavón de desagüe que comunicaba con la parte más cobriza de la mina, o sea la superior de la masa. El citado socavón fué ensanchado durante la época moderna de su explotación, y comunicaba con el denominado primer piso de la mina, en la cual presentó una longitud total de 170 metros la masa, con una potencia media de unos 20 metros.

Se han caracterizado los minerales de esta mina por su



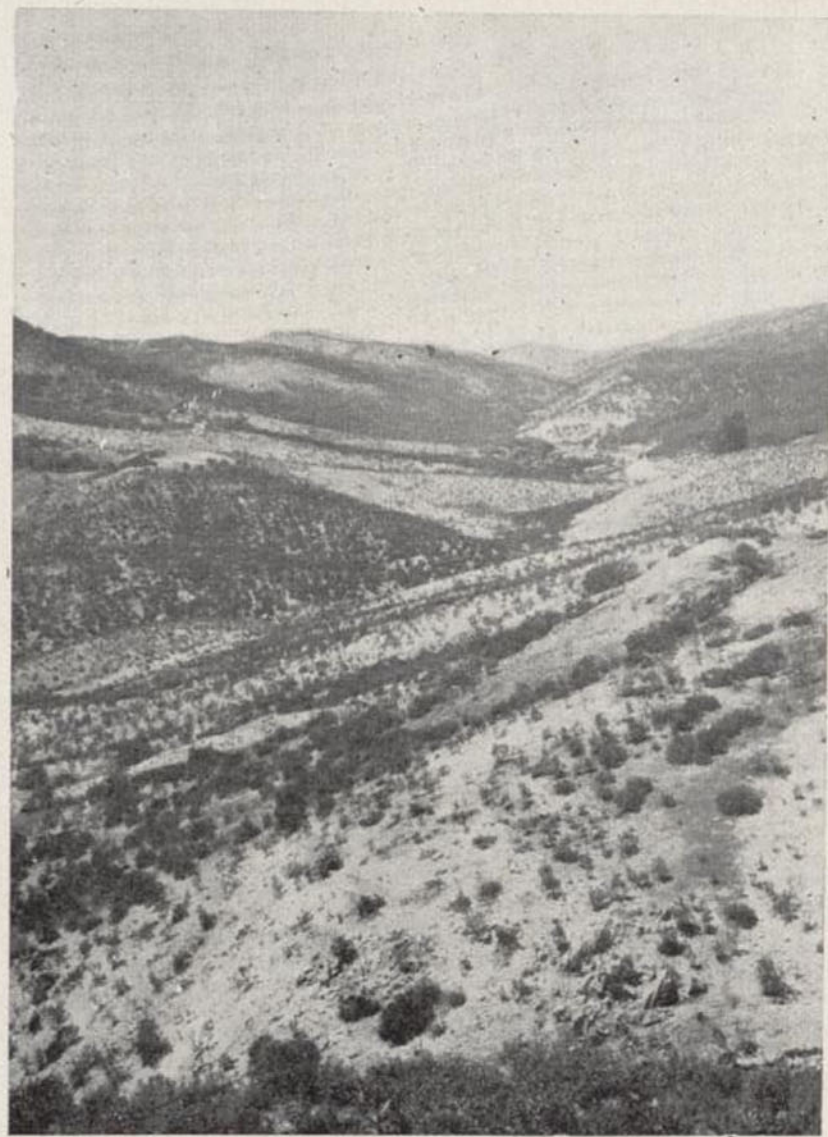
Fot. 20.—Pórfidos cuarzíferos al Norte del cerro Jabata (Nerva).



Fot. 19.—Mina «San Platón» (Almonaster). Vista de la corta.



Fot. 19.—Mina «San Platón» (Almonaster). Vista de la corta.



Fot. 20.—Pórfidos cuarcíferos al Norte del cerro Jabata (Nerva).



corta ley en cobre. La zona de enriquecimiento secundario, en la parte superior del criadero, degeneró en una pirita blanca muy rica en azufre.

Ultimamente se dejó inundar la mina, al objeto de utilizar sus aguas en canaleo, para la extracción del cobre contenido, procedente de los restos del mismo, en los rellenos y parte alta del criadero.

«PEÑA DEL HIERRO».—Se halla al Mediodía de la Sierra de San Cristóbal, a tres kilómetros de Nerva y a 4,5 al NE. de las minas de Río Tinto. El yacimiento es una masa casi vertical, de dirección NO.-SE., limitada al Norte por las porfiditas, y al Sur por las pizarras del Dinantiense. Es notable la regularidad de la metalización, que forma fajas de pirita dura alternantes con otras disgregadas. La ley de cobre es de 2 %.

«LA CHAPARRITA».—Está situada en la vertiente meridional de la Sierra de Cecimbre y tiene un yacimiento de contornos irregulares, apenas señalado por crestones ferruginosos. En el pendiente se observan mimofiros con abundantes cristales cúbicos de pirita de hierro, y en el yacente pizarras arcillosas muy descompuestas. Los minerales han sido de los más ricos en cobre de la provincia.

«RÍO TINTO».—Se extienden los yacimientos, que son los más importantes de la comarca, junto a los cerros llamados Salomón, Colorado y San Dionisio, que forman parte de una loma de dirección E.-O., comprendida entre las sierras del Ventoso y el Padre Caro. Dichos criaderos forman dos corridas metalíferas sensiblemente paralelas, de orientación media O.-15°-N. a E.-15°-S., con buzamiento meridional más o menos pronunciado. En relación directa

con los asomos porfídicos de los cerros de Salomón, las masas del Norte encajan dentro de la roca eruptiva, que sirve a su vez de techo a las masas del Sur. Estas tienen por yacente o costado meridional las pizarras carboníferas que integran la formación sedimentaria. El mineral está formado esencialmente por pirita de hierro, a la que se asocian sulfuros de cobre de desigual riqueza y a veces galeña y blenda en estrechas vetas, al parecer producidas en reaberturas posteriores a la consolidación de la masa piritosa. El contenido medio, de 4 a 5 % en las zonas superficiales, descendió al 3 % en la época de la venta por el Estado, y actualmente es sólo de 1 a 2 % de cobre.

«LA ZARZA».—Encuétrase a unos siete kilómetros al Norte de la villa de Calañas, y a unos tres al Este de la estación de El Cerro de Andévalo, de la línea férrea de Zafra a Huelva.

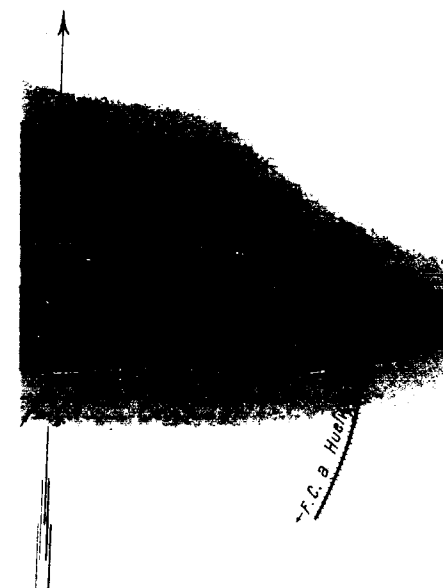
Se conoce también este grupo con los nombres de los Silos de Calañas y minas de Los Barrancos. El primero es debido al célebre cabezo de los Silos, cuya denominación parece tener origen en el gran número de pocillos gemelos (según el Sr. Garay pasaban de 800) que materialmente lo acribillaban en toda su extensión.

Este centro minero ocupa el tercer lugar en la provincia de Huelva, tanto por la magnitud de la masa de pirita que ponen de manifiesto los trabajos modernos efectuados en el citado cabezo de los Silos, como por la actividad de explotación y perfeccionamiento de sus instalaciones.

El terreno de las concesiones es ligeramente ondulado por el Oeste y montuoso por los restantes rumbos. Está limitado al Norte por la abrupta Sierra de Los Cerrejonos, que corre de Oeste a Este y termina en el cabezo Monte-

EL CERRO DE LA ZARZA

GEOLOGICO

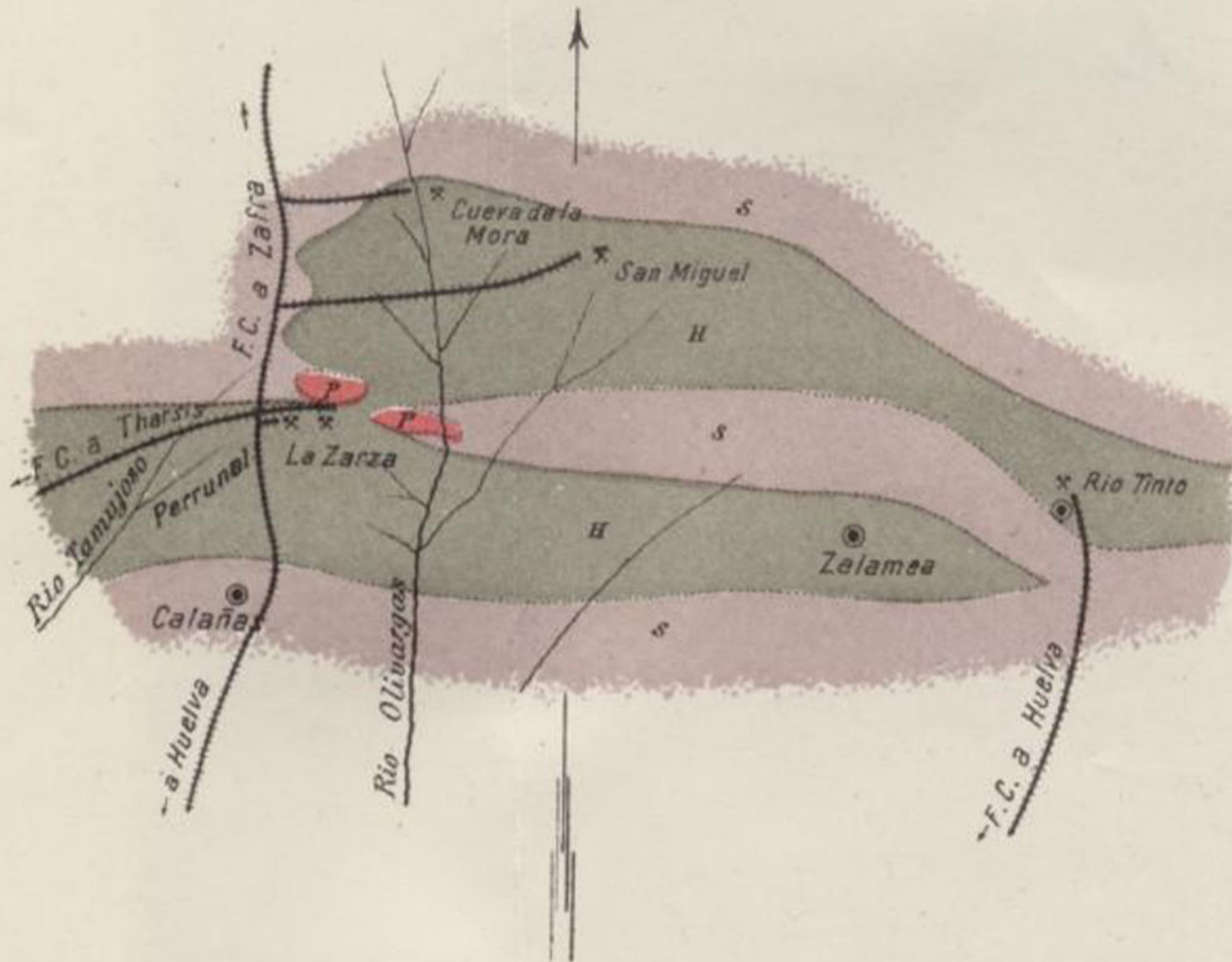


DESCRIPCION

masa
de pirita inferior
y sulfuros de cobre

GRUPO MINERO LA ZARZA

CROQUIS GEOLOGICO



EXPLICACION

- S* Siluriano
- H* Carbonífero inferior
- F* Pórfidos cuarcíferos

ro. Por el Este penetran las últimas estribaciones de Sierra Blanca, a las cuales pertenecen las eminencias más notables de estos parajes, entre ellas el cabezo de los Silos. Por el Sur se extiende una zona surcada por numerosos barranquillos que dan origen a un relieve topográfico monótono, de cabezos y lomas onduladas por la erosión externa, al ejercer su acción destructora sobre un terreno de uniforme constitución física, donde la pizarra gris arcillosa constituye el principal elemento de la formación del mismo. Se extiende este paisaje hasta Calañas, donde queda limitado por otra barrera de montañas, de la cual se destacan los conocidos cerros de Calañas, en los cuales los jaspes manganesíferos y rocas hipogénicas juegan el principal papel en su relieve.

Entre los principales accidentes que se destacan en el terreno, merecen citarse, además de los ya expuestos, los cerros de Juncalejos, Chirondón, Alcornocoso, Las Mesas y otros, siendo digno de tenerse en cuenta que, generalmente, sus cúspides están formadas por afloramientos de jaspes manganesíferos, que por su gran dureza son más resistentes a la erosión.

Está situado el paraje en el estrecho geológico formado por los macizos porfídicos de las sierras de los Cerrejonos y Sierra Blanca, estrecho que forma la entrada del terreno Carbonífero, que se extiende hacia el Norte y Este de la provincia, formando un manchón de terreno en que arman los enormes criaderos de Río Tinto.

Adjunto va incluido un croquis geológico, con la situación del centro minero citado.

Justifica la clasificación, antes anotada, el carácter paleontológico. Al Norte de «Perrunal» y entre dicha mina y los Cerrejonos descubrió J. Gonzalo y Tarín una capa fosilífera con *Goniatites*, y más al Oeste, próximo al ferrocarril

de Zafra a Huelva y en el sitio nombrado Huerto de las Marias, la fauna del Dinantiense, en un rico yacimiento de *Posydonomia barroisi*.

Posteriormente, se ha encontrado en las pizarras del desmonte de la corta de la Zarza, un ejemplar de *Sphenopteris* o *Paleopteris*. Este descubrimiento y la *Sigilaria* encontrada al NO. del pozo Guijarroso, en la mina «Cueva de La Mora», parecen probar que, aunque indudablemente carboníferas dichas formaciones, tal vez sean más jóvenes.

Las rocas que componen el terreno de estas concesiones son: pizarras arcillosas y silíceas, muy metamorfizadas en las inmediaciones de las rocas ígneas y de los criaderos; pórfidos cuarcíferos caolinizados superficialmente y jaspes manganésíferos de color rosado. También son dignos de notarse, por su importancia y extensión, los afloramientos ferruginosos de naturaleza tobácea, de los parajes La Algaida y Agua Agria *).

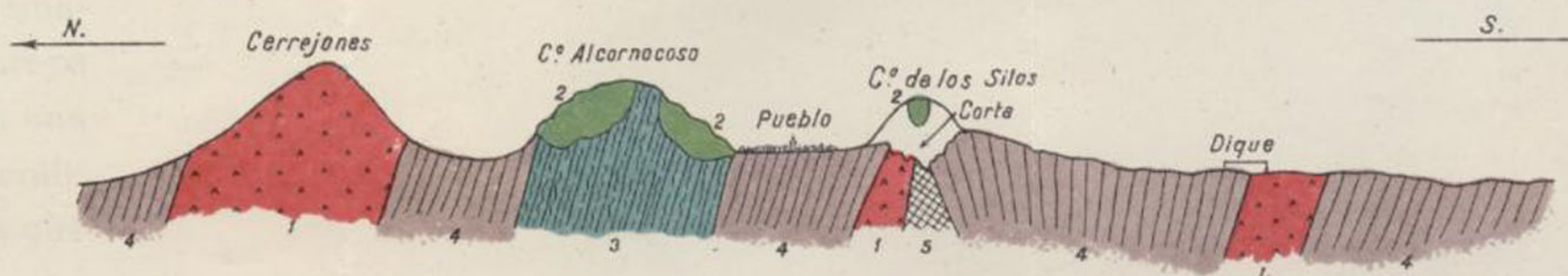
La distribución e importancia de las rocas antes apuntadas, puede apreciarse en el plano geológico-minero que se acompaña, donde la masa de pirita está representada en el nivel que corresponde al piso 10º de la mina «La Zarza». También incluimos un corte geológico dado por el cabezo de los Silos.

La simple inspección del plano geológico-minero, hace resaltar la importancia que tienen las rocas ígneas en estos parajes, las cuales han contribuido con su dureza al relieve topográfico actual. No menos interesantes, desde el punto de vista geológico, son los innumerables afloramientos de jaspes, entre los cuales, los más notables son los que

*) Estos afloramientos ferruginosos deben ser de análoga formación que los de la masa de Los Pinos en Río Tinto, los cuales, por los fósiles encontrados, se suponen de edad terciaria.

CABEZO DE LOS SILOS

CORTE GEOLOGICO DE NORTE A SUR



EXPLICACION

- 1 *Pórfidos cuarcíferos*
- 2 *Faspes*
- 3 *Pizarras metamorfizadas*
- 4 *Pizarras arcillosas*
- 5 *Masa de pirita de hierro*

cubren en gran parte el cabezo de El Alcornocoso, donde existen innumerables trabajillos, que ponen de manifiesto la poca profundidad que alcanzan los mismos. Siguen en importancia los de los cabezos de Juncalejo, El Chiron-dón, la cúspide de los Silos y otros que existen en el cabezo de Las Mesas, en la mina «Perrunal» y las Roldanas al NO. de la misma mina.

El afloramiento de la gran masa de pirita de «La Zarza», como la mayor parte de los de la provincia, ha desaparecido casi totalmente por los grandes trabajos efectuados a cielo abierto. Al Este del cabezo de los Silos, en una trinchera de paso de la vía férrea, se observan rasgos del afloramiento constituídos por trozos de «requemones» (hematites) y fragmentos de cuarzo. Hacia Levante desaparece todo indicio superficial, si bien la masa continúa en una extensión considerable, sucediendo lo que en la generalidad de las masas de pirita, que la cantidad de materia que constituyen tales asomos no está en relación con los depósitos subyacentes. Estos hechos y la terminación de la masa en el citado cabezo, en los niveles reconocidos al principio, hizo suponer la terminación definitiva de aquélla, pero posteriores trabajos de reconocimiento y explotación comprobaron la continuación hacia el Este; así, en el piso 14, el más profundo e interesante de esta mina, se cortó la masa «Levante», a 400 metros de distancia de la central, y desde la galería general se hicieron traviesas al Norte cada 50 metros, cortándose la enorme masa en 500 metros de longitud, con una potencia media de 140 a 150 metros. A partir de este punto, la masa se esconde en profundidad, esto es, buza mucho hacia el Este y por circunstancias actuales no se han podido continuar los trabajos preparatorios y de investigación.

En el croquis adjunto puede observarse el modo irre-

gular de terminar la masa hacia la superficie, en la zona más a Levante de la corta, cuyo paramento termina en el citado cabezo.

La masa es irregular, de forma alargada, a manera de un gran lentejón. Sus respaldos presentan repetidas ondulaciones y cambios de dirección, si bien próximos a la dirección dominante. Todos estos accidentes dan origen a estrechamientos y ensanchamientos de la masa. En su parte superior y hacia el promedio, la masa se dividía por la interposición de una cuña de roca de 25 metros de anchura, intensamente metamorfozada, impregnada de mineral, con una ley en cobre hasta el 4%, que desapareció en profundidad. Lateralmente también presenta estas desigualdades, observándose algunas cuñas de pizarras que penetran en la masa.

El eje central tiene una dirección aproximada E.-10°-N., la inclinación es próximamente vertical y la longitud reconocida pasa de 1.500 metros. La potencia de la masa es variable; en las zonas superiores llegó hasta 55 metros. En los pisos quinto y séptimo la potencia media es de sesenta. En el piso décimo, baja a 45, y en el 14 se eleva de 140 a 150 metros.

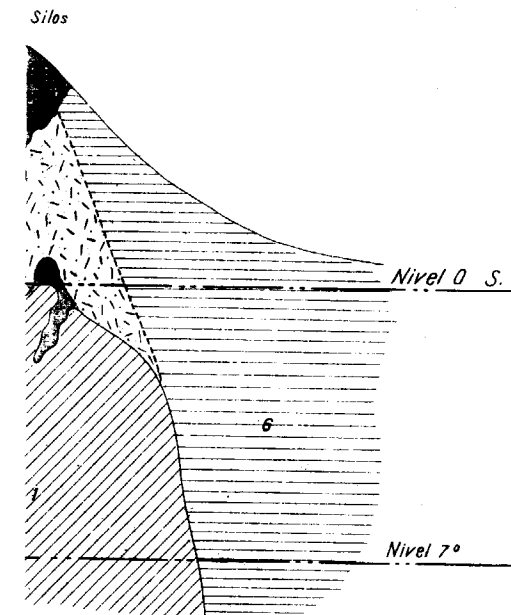
El respaldo Norte, en las zonas superiores, estaba constituido por unas pizarras oscuras, más o menos alteradas, con impregnaciones de pirita ferrocobrizada. Posteriormente, al avanzar en profundidad, desaparecieron las pizarras metamórficas y apareció un macizo de pórfido cuarzoso, de color verde oscuro, con impregnaciones de pirita.

En cuanto al respaldo Sur, estaba constituido por pizarras de color gris plomo, separadas de la masa por unas salbandas de color blanco, sin vestigios de sustancias metalíferas.

En las profundidades reconocidas posteriormente, con-

LOS SILOS

CO VERTICAL



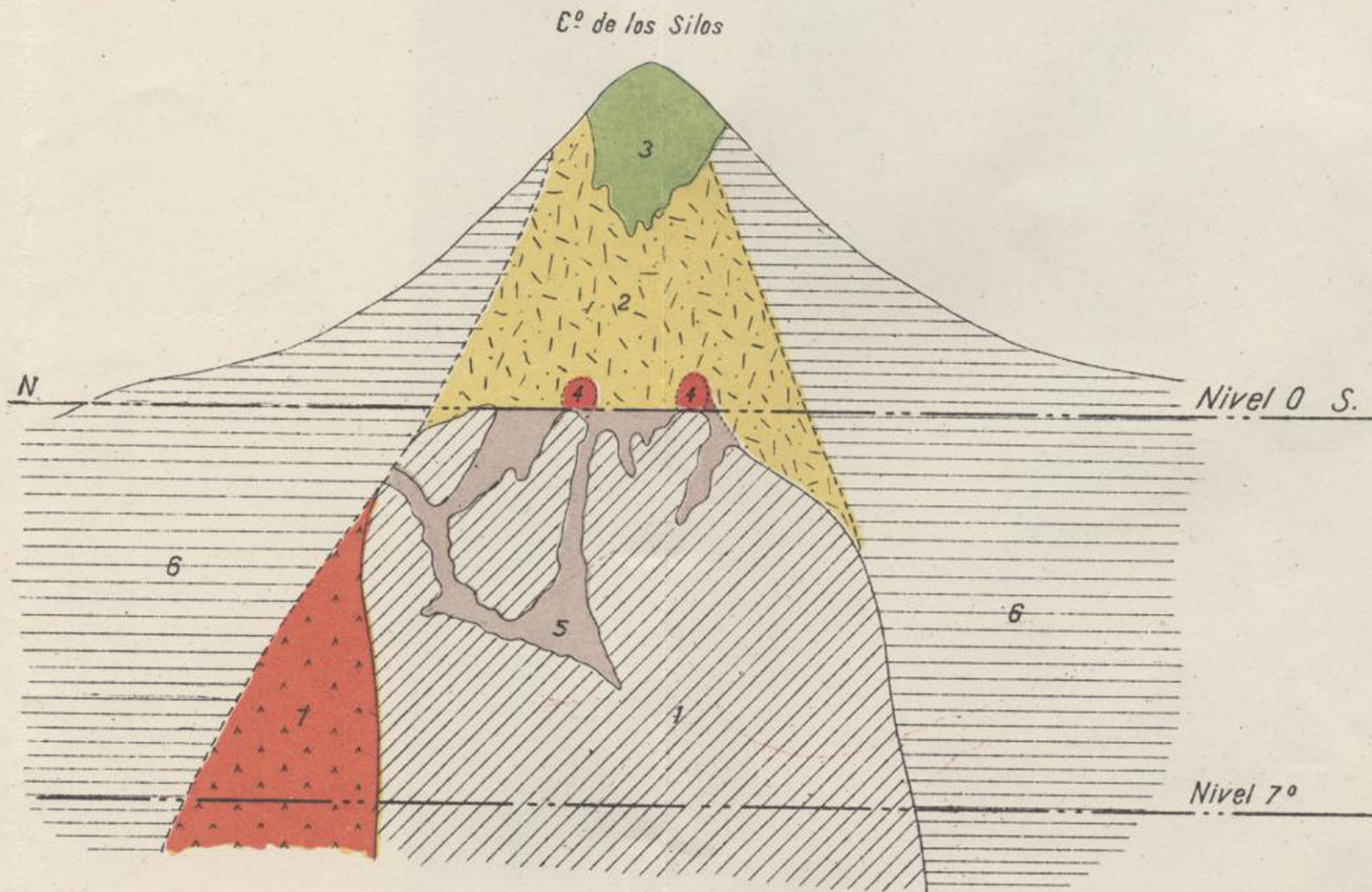
ta de colores abigarrados

disolución

eros de color verdoso

CABEZO DE LOS SILOS

CORTE GEOLOGICO VERTICAL



- 1 *Pirita*
- 2 *Zona descompuesta de colores abigarrados*
- 3 *Yesos*
- 4 *Hematites*
- 5 *Ocres, bolsas de disolución*
- 6 *Pizarras*
- 7 *Pórfidos cuarcíferos de color verdoso*

tinúa la misma pizarra en el contacto, más compacta, habiendo desaparecido la salbanda de las zonas superiores. En la citada pizarra es frecuente ver impregnaciones de pirita, sobre todo en las cuñas entrantes en la masa.

No existen en estos contactos las pizarras ampelíticas, tan abundantes y características en otras minas, como las de «Tharsis».

El mineral, por regla general, es más compacto y homogéneo que en otras minas de la provincia; en las zonas superiores, era frecuente encontrar, en los lisos de los hastiales, cobre nativo en forma de ramas y delgadas láminas. En cuanto a la riqueza en dicho metal, en las zonas superiores se obtenían minerales del 4 al 12 %, siendo más ricos los próximos al hastial Norte.

La riqueza en cobre ha disminuído a medida que aumentaba la profundidad de las labores, debiéndose considerar hoy más bien como menas de azufre, ya que lo contienen con una ley del 48 al 50 %.

Se observan en estas masas frecuentes superficies de fricción, algunas tan bien pulimentadas que forman verdaderos espejos.

El mineral se presenta, a veces, tan compacto y resistente, que permite grandes frentes de arranque sin entibación alguna; otras, por el contrario, rompe en pequeños fragmentos y hay necesidad de avanzar con ciertas precauciones, tanto en los rellenos como con las entibaciones.

«PERRUNAL».—Está situada en el término de Calañas, a tres kilómetros al Este de la estación del ferrocarril de El Cerro, en la línea de Zafra a Huelva, y encierra una masa lenticular de pirita, de 50 metros de potencia, con dirección media E.-11°-N., e inclinación de 14° al Norte. Esta masa se halla en contacto con los pórfidos, tanto al Norte

como por el Sur, siendo el espesor de la roca hipogénica mayor en el primer rumbo que en el segundo.

Los pórfidos del Norte son básicos, oscuros y muy duros, mientras que al Mediodía aparecen de color verdoso claro y alterados, con el feldespató completamente caolinizado. En el respaldo Sur y hacia Levante, se observa a veces la desaparición del pórfido, y entonces el criadero se halla en contacto con jaspes rojos que contienen pequeñas vetas de manganeso. Hacia el Sur, en contacto con dichos jaspes, aparece otra zona de pórfidos alterados y más tarde las pizarras arcillosas del Dinantiense.

Los afloramientos de la masa están constituidos por óxidos de hierro («requemones») tierras rojizas y jaspes manganesíferos. En estos últimos pueden observarse trabajos de explotación de minerales de manganeso y residuos de la concentración de los mismos.

Al Norte de los referidos afloramientos existe una roca porfídica de color verdoso, de cierta dureza en profundidad, pero en la superficie se altera adquiriendo una estructura pizarrea muy deleznable, debida, sin duda, a estar impregnada de cristallitos de pirita.

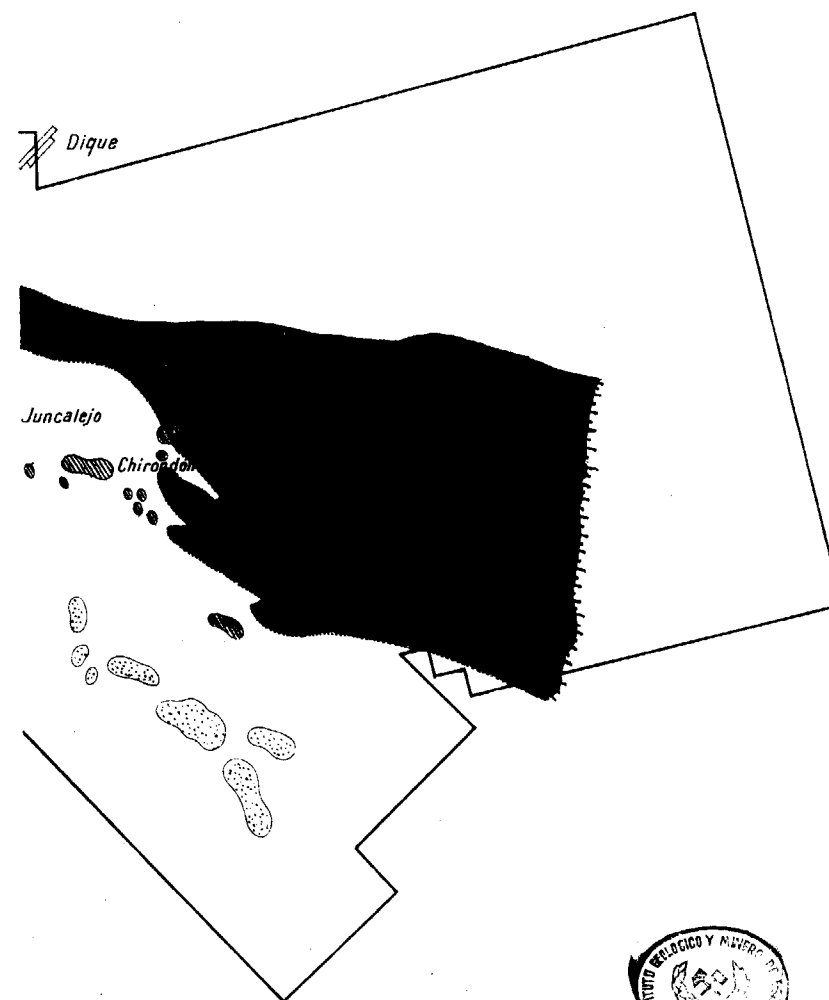
El criadero es de pirita de hierro, con vetas accidentales de cuarzo y calcopirita que atraviesan la masa perpendicularmente a la dirección. Ley media de cobre: 0,5 a 1 %.

«LA JOYA».—Se halla a la derecha de la ribera Oraque, y tiene dos masas enclavadas en el contacto del Siluriano con los pórfidos cuarcíferos. La de Levante es de figura irregular, con ensanchamientos angulosos en el extremo oriental, mientras la de Poniente, mucho menor, se alinea casi perpendicularmente a la primera. La pirita, compacta y homogénea, se halla dividida por litoclasas en prismas irregulares, cuyas caras ofrecen señales de calcosina

GRUPO "LA ZARZA" Y "PERRUNAL"

PLANO GEOLOGICO Y MINERO

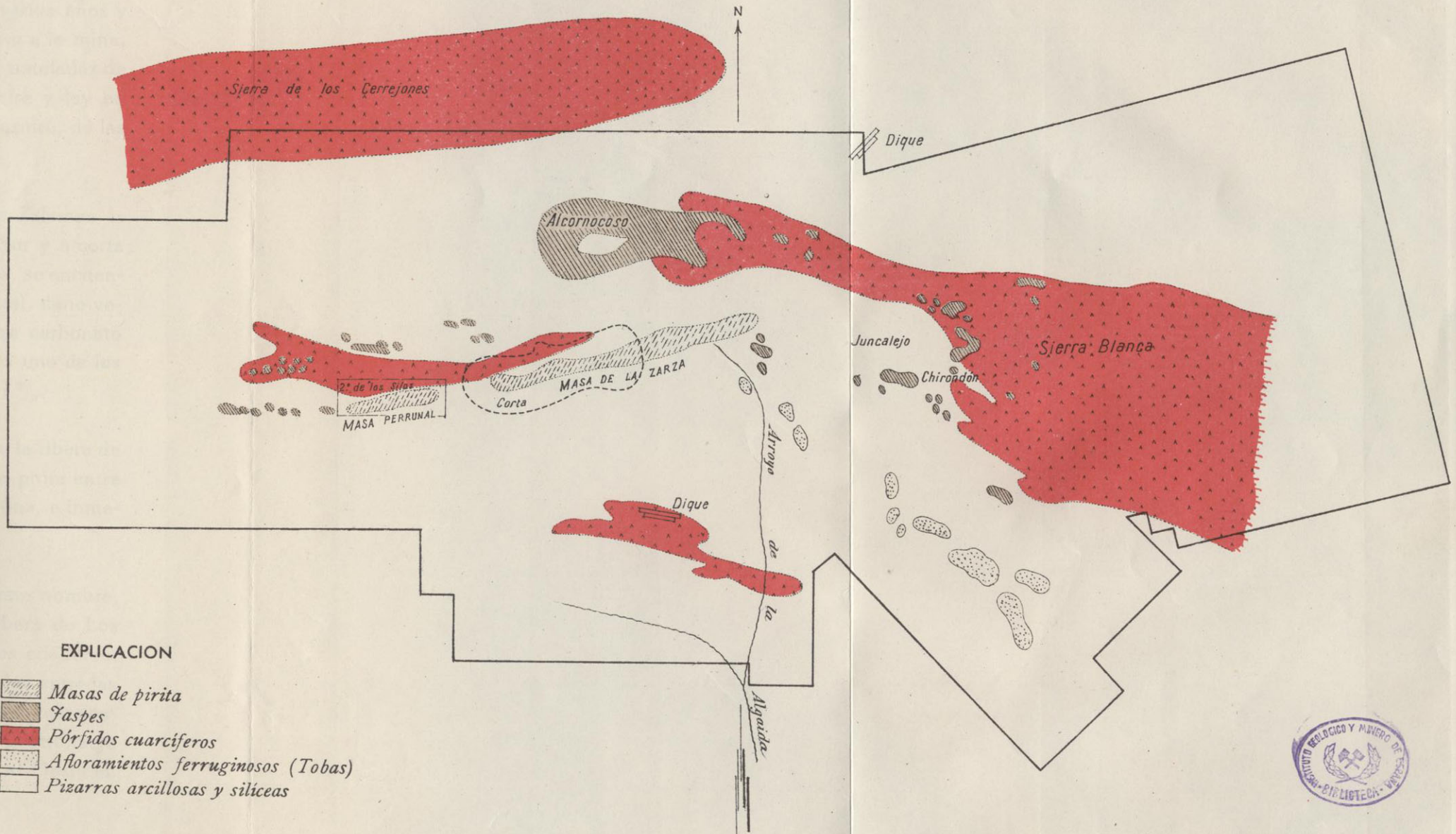
Escala de 1:25.000








GRUPO "LA ZARZA" Y "PERRUNAL"

PLANO GEOLOGICO Y MINERO

Escala de 1:25.000



EXPLICACION

-  Masas de pirita
-  Yaspes
-  Pórfidos cuarcíferos
-  Afloramientos ferruginosos (Tobas)
-  Pizarras arcillosas y silíceas



que hace subir hasta el 3% la ley de cobre del mineral.

Los trabajos están parados desde hace varios años y levantada la vía del ferrocarril que tenía acceso a la mina.

Se calculan unas reservas de un millón de toneladas de pirita, con un contenido de 48 a 52% de azufre y ley en cobre de 0,25%. Son, por su contenido en azufre, de las mejores piritas de hierro de la región.

«EL BUITRÓN».—Radica en el término de Zalamea la Real, al Norte del cerro de su nombre. Al Sur y a corta distancia de los asomos de pórfidos y diabasas, se encuentra el criadero piritoso que, en su parte oriental, tiene vetillas de calcopirita y cuarzo, y en el yacente carbonato de hierro junto a las pizarras. El yacimiento es uno de los más pobres en cobre, pues su ley no llega al 1%.

«LUCENCIA».—Encuétrase a la izquierda de la ribera de Los Aldeanos, y posee una pequeña masa de pirita entre pizarras arcillosas análogas a las de «El Buitrón», e inmediatas a los pórfidos.

«TINTO».—Está situada en el cerro del mismo nombre, a dos kilómetros de «El Buitrón», entre la ribera de Los Aldeanos y el Odiel. Encierra la concesión tres criaderos: Norte, con crestones ferruginosos que sobresalen entre las pizarras; Sur, de manifiesto en una hondonada donde aparecen rocas ferruginosas inclinadas al Norte, y Centro, algo más estrecho que los anteriores y dispersado al Oeste en una porción de vetillas.

«LA ROMANERA».—Se halla cerca de la ribera del Arbal, y el yacimiento se reduce a una pequeña masa, acu-

sada por rocas ferruginosas e inclinada al N.-NE., de composición análoga a la de «La Joya».

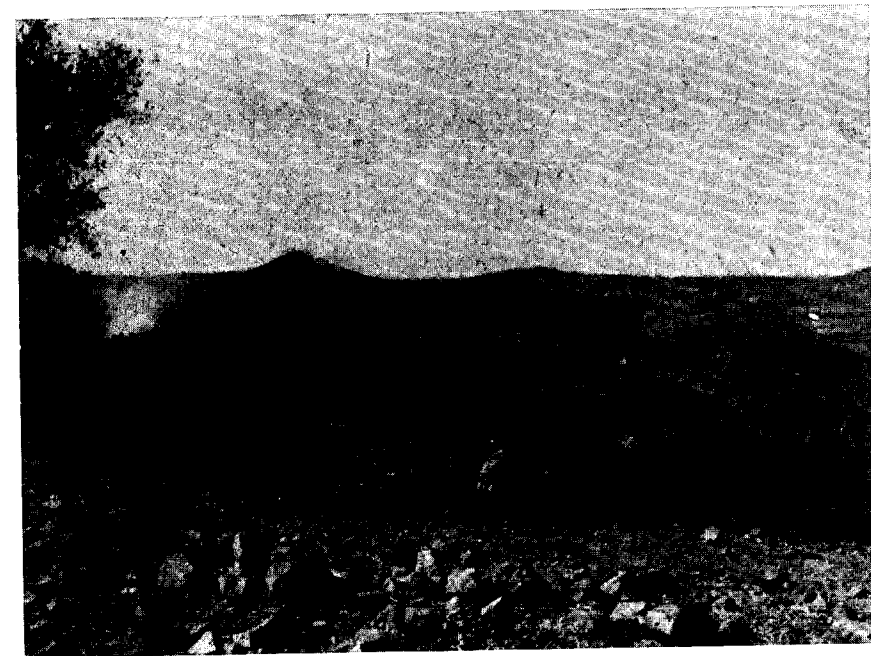
«LOS SILOS DE MONTE RUBIO».—Corresponde al término de La Puebla de Guzmán y se encuentra al Oeste de «La Romanera». El criadero sobresale en la cumbre y falda meridional del cerro de los Silos, y comprende múltiples filoncillos cupríferos, separados por pizarras arcillosas muy descompuestas, que alternan con otras cristalinas y un pórfido alterado. La ley varía de 1 a 11 % de cobre, observándose la mayor riqueza en la parte septentrional.

«TRIMPANCHO».—En los términos de Paymogo y La Puebla de Guzmán, junto a la frontera portuguesa, en la unión del barranco y la ribera Chanza, existen varias masas lenticulares de pirita, dispuestas en rosario, que se manifiestan en la superficie por algunas vetas discontinuas de cuarzo y otras rocas teñidas por el óxido de hierro. Forman el pendiente las pizarras talcosas metamorfozadas, y el arrastre el pórfido y la eurita.

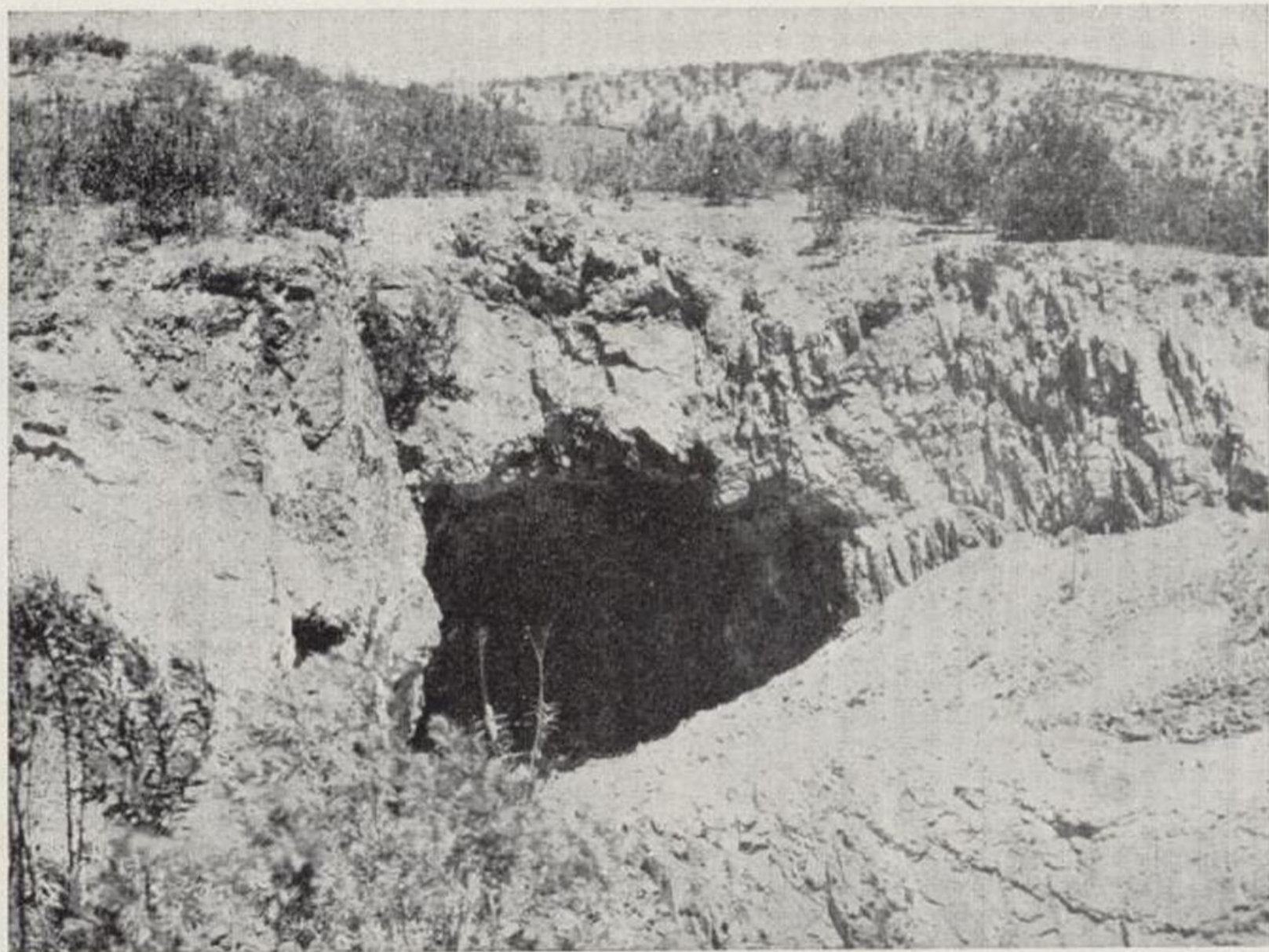
«SOTIEL CORONADA».—Se encuentra en el término de Calañas y ofrece en conjunto un sistema de criaderos que parece corresponder a dos masas filonianas principales, dirigidas de NE. a SO., encajadas en las pizarras y areniscas pizarreñas del Gotlandiense. Dichas masas, quedan interrumpidas bruscamente por dos fallas normales a la dirección, que hicieron saltar hacia el Sur las secciones rotas para constituir dos filones, en la primera dislocada, y otros dos en la segunda, que queda más a Levante. La mayor concentración metalífera se encuentra en el centro del sistema, que corresponde a la llamada «Masa grande», y el relleno aprovechado está constituido por una masa de



Fot. 21. Explotación abandonada de jaspes manganésíferos, al Norte del cerro Jabata (Nerva).



Fot. 22.—Pórfidos cuarcíferos del cerro de los Chaparros (Nerva).



Fot. 21. Explotación abandonada de jaspes manganésíferos, al Norte del cerro Jabata (Nerva).



Fot. 22.—Pórfidos cuarcíferos del cerro de los Chaparros (Nerva).

pirita con elevada proporción de cobre en las zonas altas, que muchas veces llegó al 10 y 12 % en núcleos extensos y aún al 40 en pequeñas masas aisladas.

La mina está parada desde el año 1940. Contiene algunas reservas de pirita cuprífera, pero hay dificultades económicas de explotación por la necesidad de profundizar el pozo maestro y efectuar labores preparatorias.

«LA TORERERA». —Dista 12 kilómetros del pueblo de Cañañas, y tres de la estación del ferrocarril de Los Milanos, en la línea de Zafra a Huelva. Ofrece esta mina un ejemplo digno de atención por demostrar que aún pueden encontrarse en Huelva masas de pirita explotables sin que el aspecto exterior del terreno ofrezca indicios ciertos de su existencia. No había, en efecto, más señales metalíferas que pequeños afloramientos manganesíferos de problemática seriedad y esta sola circunstancia decidió a emprender determinadas investigaciones que llegaron a encontrar una formación de interés.

Relacionando el paraje y rumbo del criadero con las minas circundantes, se ve claramente que está en la misma dirección de los de «Sotiel Coronada», más a Poniente que ellos y a una distancia aproximada de cuatro kilómetros.

El terreno de la concesión lo constituyen pizarras señaladas como silurianas en el mapa geológico, muy próximo al contacto con las carboníferas, y asomos de pórfidos en la parte Norte, en cuyo contacto ha sido depositada la masa.

Al recorrer detenidamente la superficie, llega a descubrirse un pequeño afloramiento de montera de hierro, sin que en las proximidades se encuentre impregnación alguna en la pizarra, así como tampoco tierras teñidas de rojo ni rocas caolinizadas; es decir, que todos los signos exterior-

res de la formación quedan reducidos a dicho asomo ferruginoso, de un metro cuadrado de superficie, sin que se acuse en el resto del terreno señal característica alguna.

Más al Levante, se encuentran afloramientos de cuarzo (jaspe en algunas zonas), típicos de los criaderos manganesíferos de la región, los cuales parecen estar al hilo de la pequeña montera, formando parte integrante del afloramiento. En su tiempo sirvieron de base para labores de reconocimiento en busca de manganeso, consistentes en un socavón de dirección normal al afloramiento, sin que en realidad se encontraran del referido mineral más que vetas sin importancia, no susceptibles de explotación. Tal socavón, a los ocho metros de la boca, cortó una zona de impregnaciones de pirita («azufrones») que dan ley de 38 % de azufre; a Levante y Poniente se practicó una galería de dirección sobre los mencionados azufrones, alcanzando el ramal Este 12 metros de corrida y presentándose en el frente el dique de cuarzo.

Continuó después el socavón hasta romper con un pozo denominado «Número 1», que se profundizó hasta el piso 54, y a este nivel se emboquilló un crucero que cortó la masa a los 41 metros de la entrada.

Entre este piso y el nivel del socavón, existe otro intermedio, en el que se corta el mineral a los 10 metros del pozo.

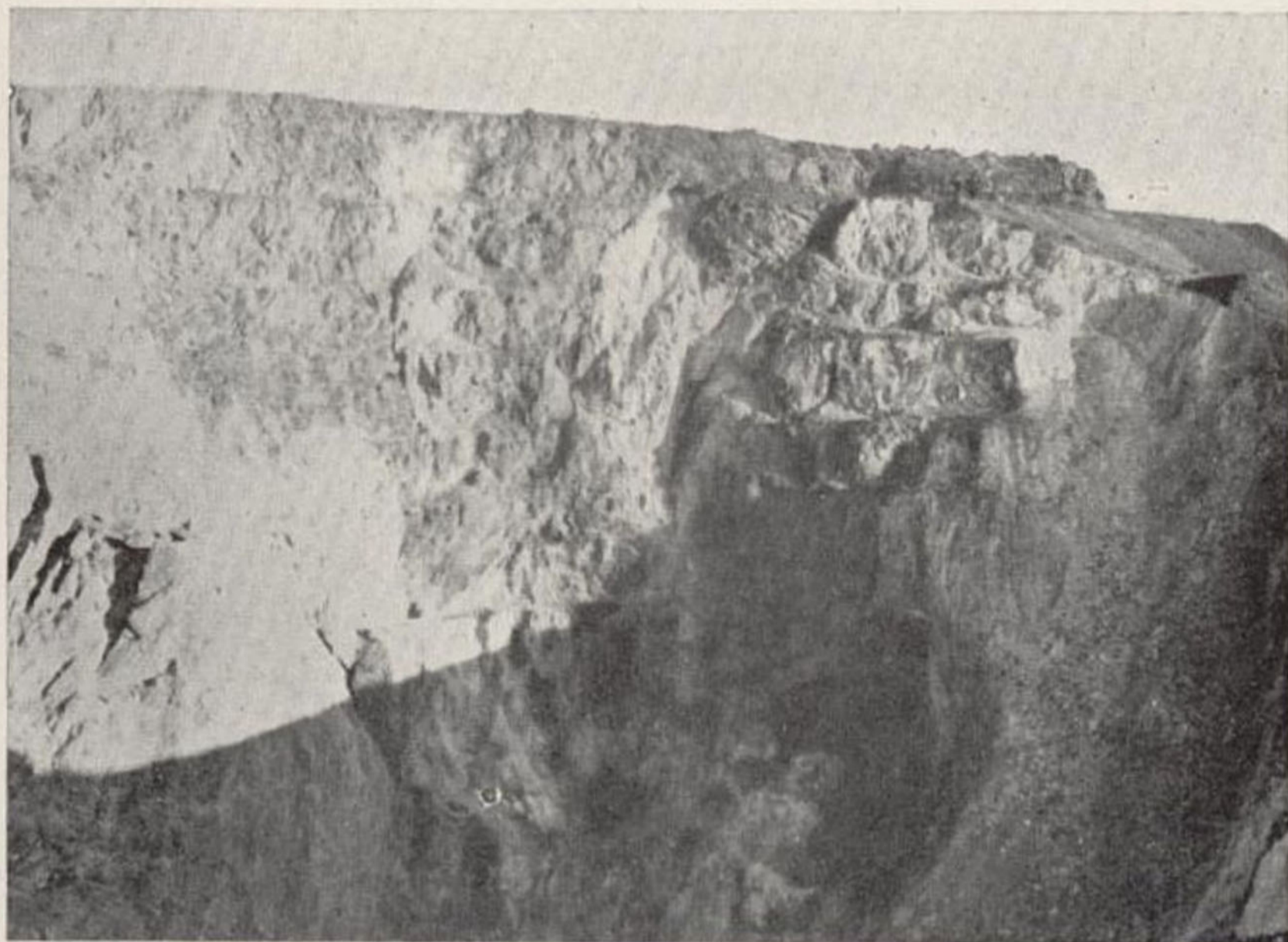
Como el buzamiento de la masa es de unos 45°, la profundización del pozo «Número 1» hubiera conducido a cruceros de gran longitud, y así se decidió la perforación del pozo «Número 2», situado a 105 metros más al Norte, en el cual se estableció el piso 86, que cortó la masa en un punto de entrantes y salientes de pórfido.

En el piso 35 el mineral ofrece abundante ley en sílice y mediana en azufre, existiendo algunas zonas en las que



Fot. 23. — Mina «Peña del Hierro» (Nerva). Vista de la corta.





Fot. 23. — Mina «Peña del Hierro» (Nerva). Vista de la corta.



mejora algo la calidad. En el piso 54 se reconoce el criadero en 185 metros de longitud, con una potencia media de nueve, y mejora también la calidad de la pirita. En el nivel 86 se reconoce la masa en la misma longitud, con potencia media de 25 metros y buena calidad de mineral, y en 115 se cortaron menas, consideradas como de los mejores de la provincia.

En proyección vertical sobre un plano paralelo a la dirección del criadero, afecta a éste la forma de un triángulo cuyo vértice es el pequeño afloramiento ferruginoso, al principio citado.

Los trabajos de reconocimiento y explotaciones efectuadas indican la existencia de 500.000 toneladas de pirita, perfectamente aprovechables.

«THARSIS».—Este centro minero, que ocupa el segundo lugar en la provincia, está situado en el término municipal de El Alosno, a unos cinco kilómetros al Norte de la villa del mismo nombre, y debe su denominación a la histórica Sierra de Tharsis, que se destaca con altitud máxima de 330 metros, y en cuyas vertientes están situados los criaderos, que son los siguientes:

Filón Norte y Sierra Bullones, en la vertiente Norte de la Sierra de Tharsis.

Filón del Centro, sobre la vertiente Oeste de la misma sierra.

Filón Sur y pizarras cupríferas de La Esperanza, al Sur de la misma sierra.

El terreno es ligeramente ondulado por el Norte y algo accidentado por el Sur, figurando, entre los principales accidentes, la citada Sierra de Tharsis y sus estribaciones. También llaman la atención por su forma y aspecto, los cerros denominados Cabezo Gua y La Hueca, y otros que

corren por el Norte, como los de Los Gatos, Las Culebras y otros. Por el Sur, a medida que se separan de la citada sierra, los accidentes van disminuyendo y terminan en una zona ligeramente ondulada y análoga a la que corre por el Norte.

Las masas de piritas arman en pizarras que se presentan alteradas en sus contactos, ya por la acción directa de las mismas, ya por los productos de alteración de ellas por los agentes externos. Así, no es extraño ver en los respaldos, puestos de manifiesto por las labores a cielo abierto, colores abigarrados, rojo, amarillo, verde, morado, blanco y negro, que denotan distintos grados de alteración de las mismas.

Entre las pizarras arcillosas se observan a veces delgadas capas interestratificadas de cuarcitas y filoncillos de cuarzo, que en formas reticulares se extienden en diversas direcciones, siendo de notar que estos fenómenos y las impregnaciones ferruginosas, muy abundantes en estos parajes, se observan de preferencia en la prolongación de las masas.

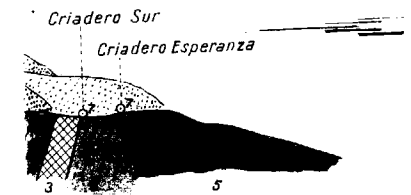
Es muy digno de notarse la presencia de la pizarra negra (ampelita), en los contactos de las masas, unas veces con numerosas vetas de cuarzo interestratificadas (corta de Sierra de Bullones), otras con impregnaciones y vetas de piritas (corta Norte).

La disposición de las rocas sedimentarias, acusa en éstas la influencia de fuertes acciones dinámicas, debiéndose tener presente que estos efectos son más intensos en las zonas próximas a las masas y en la prolongación ideal de las mismas.

Por el Norte, y próximo al contacto de la masa Sierra Bullones, corren los pórfidos cuarcíferos, que forman la Sierra del Madroñal y se extienden hacia el Este formando

ARSIS

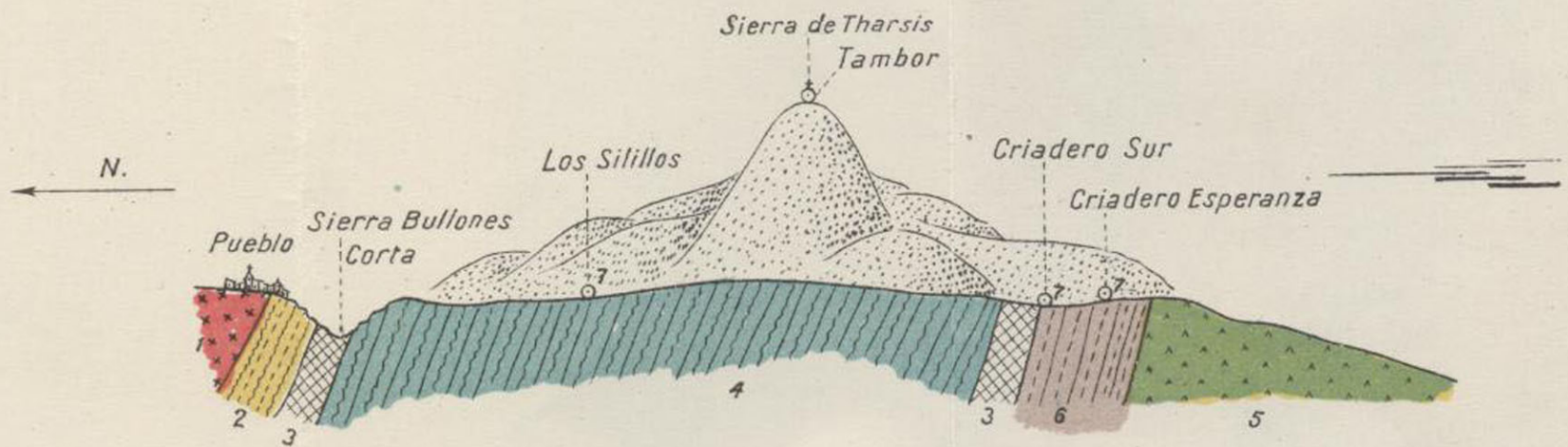
ESTE A SUR



↓
as
cas
con óxidos

GRUPO MINERO THARSIS

CORTE GEOLOGICO DE NORTE A SUR



EXPLICACION

- 1 *Pórfidos cuarcíferos*
- 2 *Pizarras caolinizadas*
- 3 *Piritas*
- 4 *Pizarras y grauwacas*
- 5 *Diabasas*
- 6 *Pizarras coloreadas con óxidos*
- 7 *Afloramientos*

las dentelladas de los Cerros de Los Gatos. Este pórfido se presenta fuertemente caolinizado, formando un terreno blanquecino, cuya pobre vegetación atestigua su esterilidad.

Por el lado Sur de la Sierra de Tharsis, no aparecen las rocas ígneas hasta el respaldo Sur del criadero de las pizarras cupríferas de «La Esperanza», cuya roca es una diabasa muy alterada.

Adjunto figura un corte geológico de Norte a Sur.

Los afloramientos de las masas han desaparecido en gran parte por los grandes trabajos a cielo abierto, y solamente en los lados Este y Oeste de los mismos quedan los últimos retazos. Se caracterizaban, en general, por una gran hondonada, en la que dominaban tierras ferruginosas, que envolvían peñones de hematites, que se destacaban en forma de crestas más o menos salientes.

La magnitud de estos afloramientos no está, en general, en relación con la masa subyacente y los huecos se presentan como si hubiera tendencia al acuñamiento hacia la superficie, resultando gran cantidad de estratos pizarreños gravitando sobre las masas. Se comprende, por consiguiente, la influencia de la erosión sobre la importancia de los afloramientos, pues de la destrucción y arrastre a través de las edades geológicas, depende el que se presenten en la superficie actual, bien estas partes superiores de la masa, en que se presenta con menos potencia, o bien zonas más bajas en que se presentan en su potencia máxima.

Filón Norte.—Está situado sobre la vertiente Norte de la Sierra de Tharsis y es el más importante de este centro minero.

Tiene una longitud de seiscientos metros en dirección E.-12°30'-N., afectando una forma lenticular, que se estrecha hacia el Este y se ensancha mucho hacia el Oeste. Su

potencia varía entre 10 y 160 metros, pudiendo considerarse una potencia media total de unos 100 metros.

Arma en las pizarras grises y pizarras ampelíticas, siendo estas últimas, al parecer, un efecto de contacto de la masa sobre las primeras.

Las superficies de contacto de la masa suelen ser sinuosas, especialmente en el respaldo Norte o pendiente, donde también se presentan más alteradas; en dicho respaldo se observan, asimismo, próximos los pórfidos cuarcíferos, en el cerro denominado de Vista-hermosa.

Las materias que forman el relleno de este criadero, consisten, sin más ganga que algunas vetillas de cuarzo blanco, en piritita de hierro compacta y homogénea, acompañada de alguna de cobre, llegando en las zonas superiores al 3,5 %.

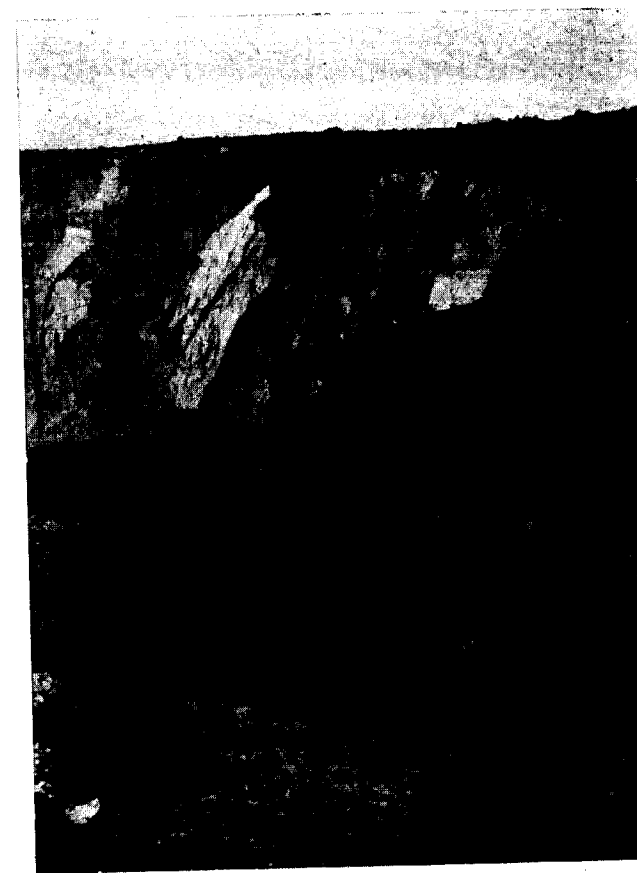
La masa de piritita presenta tres sistemas de litoclasas, siendo las direcciones respectivas las siguientes: N.-18°-O. para la primera; E.-32°-N. la segunda, y E.-7°-N. la tercera.

Al Norte de la corta corren tres afloramientos, que siguen una dirección paralela a la masa principal. El que pasa por la cumbre del cerrillo donde están las oficinas de esta corta, pertenece a un filón de piritita de 15 metros de potencia, puesto de manifiesto por sondeo.

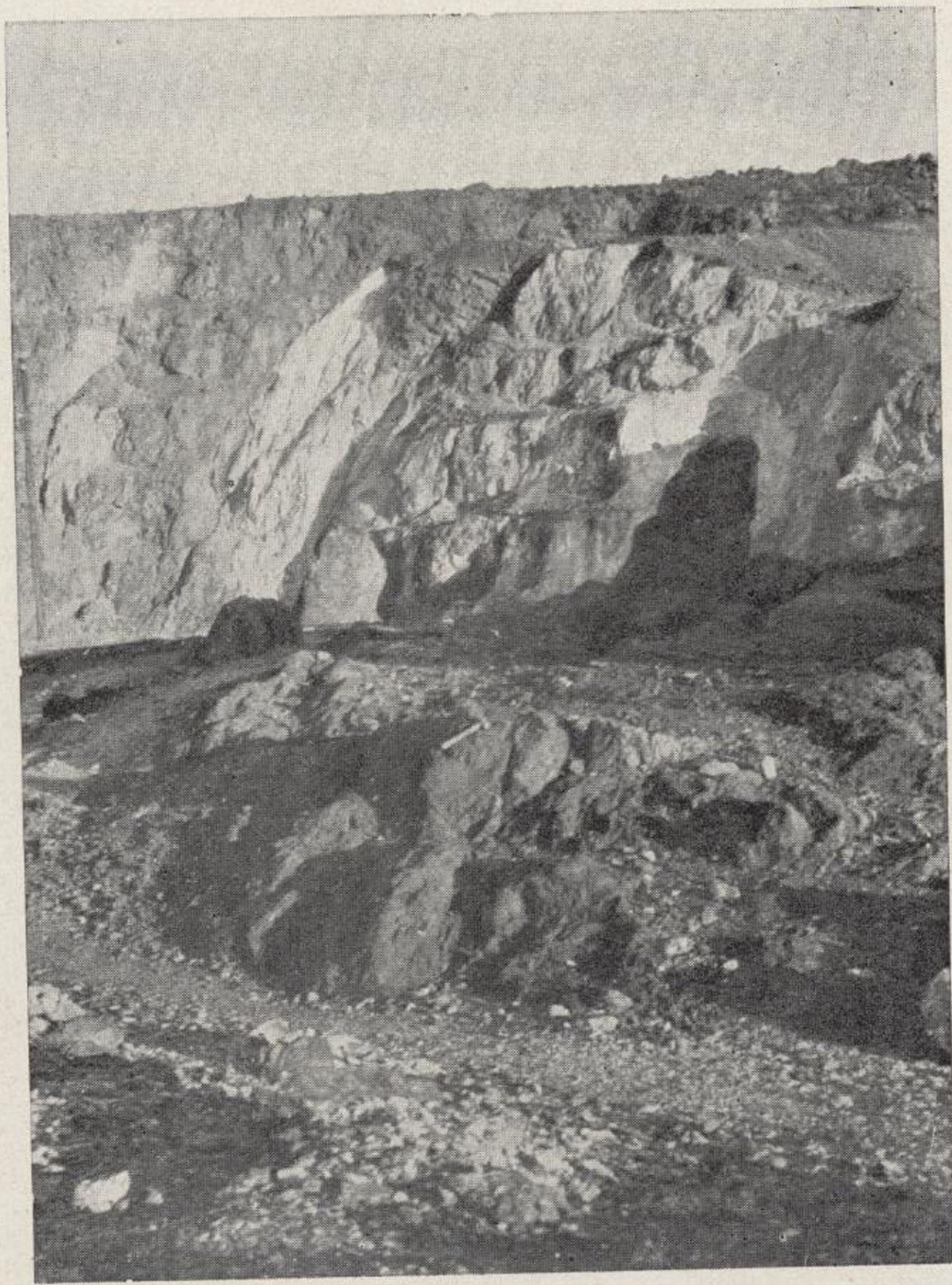
Criadero de Sierra Bullones.—Es también muy importante, aunque menos que el filón Norte, y está situado en la vertiente Noroeste de la Sierra de Tharsis.

Su longitud es de 400 metros, con una dirección media de E.-22°-N. a O.-22°-S., con una inclinación de 76° buzando al Norte.

Su forma es bastante irregular; la superficie de contacto de la masa piritosa con las pizarras negras (ampelitas) de los respaldos, presenta muchas desigualdades e inflexiones



Fot. 24.—Mina «Peña del Hierro» (Nerva). Afloramiento de la masa.



Fot. 24.—Mina «Peña del Hierro» (Nerva). Afloramiento de la masa.

a diferentes niveles. Puede estimarse una potencia media de 65 metros.

La composición de la masa piritosa es análoga a la de la corta Norte y, como en ella, el contenido en cobre no es el mismo, cualquiera que sea el sitio de donde proceden; en la zona meridional las menas tienen mayor ley en cobre y más constante; en la zona septentrional se ofrece una variedad dura, de color amarillo y grano fino de menor ley en cobre. Esta variedad suele ir acompañada de galena, unas veces diseminada en la masa y otras diseminada en las litoclasas que aquella presenta, no siendo raro en ciertos sitios la presencia de la blenda, ya mezclada, ya dispuesta en zonas que alternan con otras de piritas, dando al conjunto un aspecto listado.

Como en el criadero Norte, aparecen aquí las masas hendidas por litoclasas, las cuales se repiten tanto más cuanto menos duras son las menas y más ricas en cobre. Estas litoclasas dividen la masa en prismas romboédricos, de volumen variable y que da por resultado el mineral denominado por los mineros *casquero*, cuando oscila alrededor del decímetro cúbico.

Criadero del Centro.—Los trabajos de este criadero consisten en una corta que alcanzó una profundidad de 30 metros por debajo de su montera, cuya corta tiene una longitud de 385 metros y una anchura máxima de setenta metros, y sus trabajos están suspendidos desde hace años, estando convertida en la actualidad en depósito de agua.

Esta masa presentaba la forma de un ocho alargado; el ensanche mayor era, en la parte oriental, de unos 70 metros, y, el de la parte occidental de unos 53 metros. La zona de la masa que unía ambos ensanchamientos, tenía un espesor que variaba de 2 a 11 metros en la parte superior.

Cuando se suspendieron los trabajos en esta labor, los minerales no tenían más que 0,60 % de cobre.

Criadero del Sur.—Caracteriza a este criadero la gran cantidad de tierras rojas y de bloques de hematites, casi pura, que cubren un gran circo de hundimiento y los bordes del mismo. Hasta la fecha no se ha encontrado ninguna masa de pirita, a pesar de los numerosos reconocimientos en él efectuados, lo que induce a suponer que sea, como dice Gonzalo Tarín, resto de una gran explotación antigua. Las tierras rojizas y hematites, que forman el relleno de este circo, son auríferas y se tratan en la actualidad en una planta de cianuración.

Pizarras cupríferas de «La Esperanza».—Este yacimiento está situado a unos 300 metros al SE. de los afloramientos del criadero Sur. Lo forman pizarras impregnadas de sulfuros de hierro y cobre, en proporciones muy variables de este último metal, pero cuya ley media puede estimarse en 0,70 % y se presentan bajo una capa de pizarras estériles de unos 15 a 20 metros de espesor.

Fueron explotadas a cielo abierto con anterioridad al año 1900, y tratadas sus menas en terreros, para obtener el cobre por cementación.

Formaba este criadero un macizo de 40 a 50 metros de altura, cuya sección horizontal tenía una extensión superficial de 35.000 metros cuadrados.

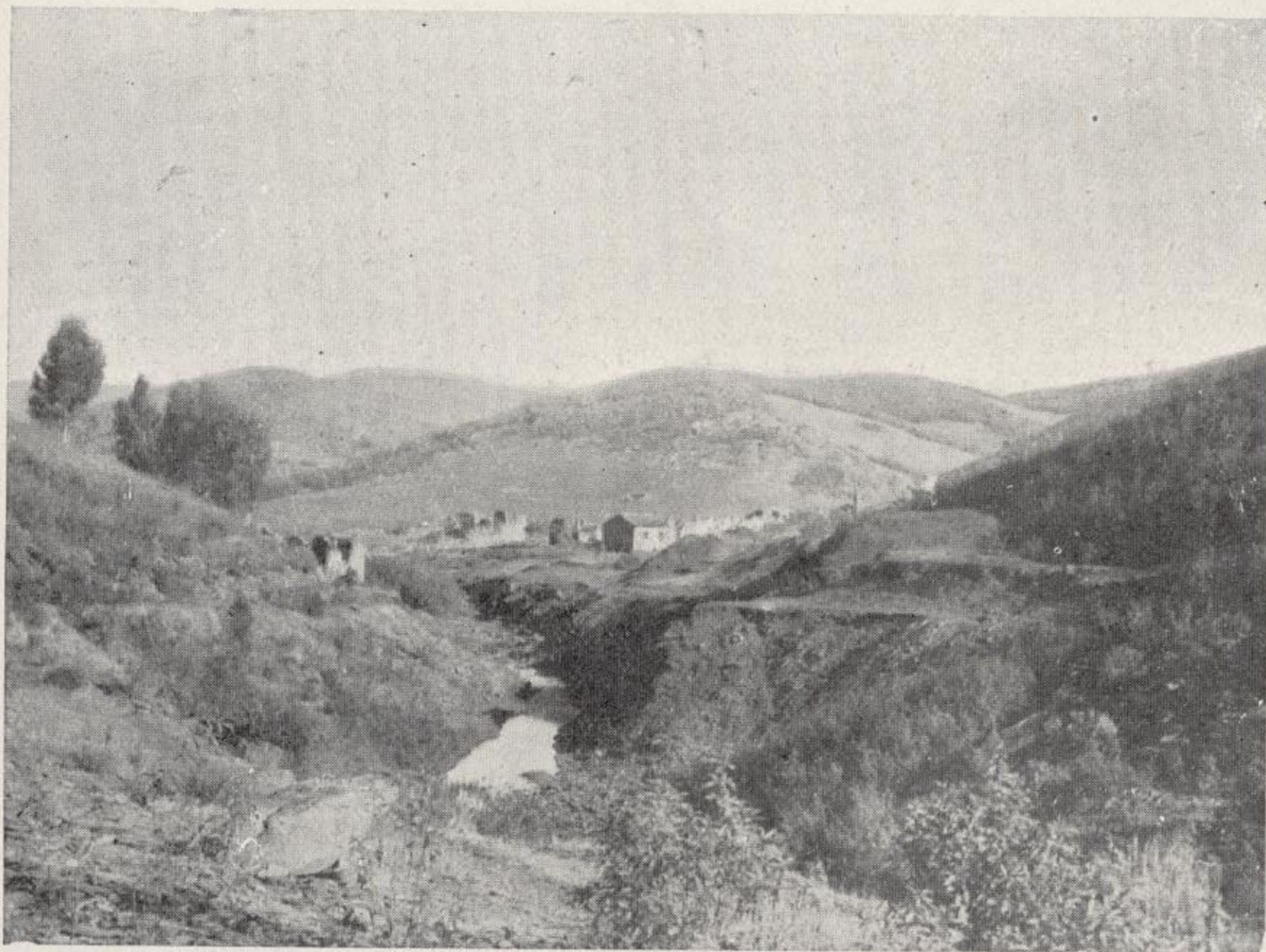
En la actualidad sólo queda una gran excavación llena de agua, sin que podamos atribuir otro valor a este yacimiento que el de un recuerdo histórico. En ella son recogidos los residuos del tratamiento de las tierras auríferas.

«EL LAGUNAZO».—Se halla al NO. de Tharsis y al NE. de La Puebla de Guzmán, junto al arroyo Amarguillo. El criadero se dirige al O.-19°-N. y por el respaldo septentrio-



Fot. 25. —Mina «La Ratera» (Valverde del Camino). Vista general de las antiguas instalaciones.





Fot. 25. --Mina «La Ratera» (Valverde del Camino). Vista general de las antiguas instalaciones.



nal, se extiende una estrecha faja de pizarras negras, impregnadas de pirita, y otras blancas con vetillas de cuarzo. Además se ven, por ambos lados, filadios semejantes a los que en San Domingos encierran *Nereites cambrensis*. Al sector occidental del yacimiento llega el pórfido, que ha transformado a las pizarras en arcillas plásticas.

«ALMAGRERA».—Esta concesión solamente ofrece crestos ferruginos entre porfídicos y mimofiros, dependientes del Siluriano.

«LA LAPILLA».—Se encuentra cerca de «Tharsis», a tres kilómetros al NE. de El Alosno y ofrece un yacimiento encajado entre mimofiros (pendiente) y pizarras metamorfozadas (arrastre) que se señala a Levante por una montera de hierro y se bifurca al Oeste en dos ramas muy próximas. La ley media, de 3% de cobre en la parte superior, se anuló en profundidad, hasta quedar reducida la mena a pirita de hierro.

«CABEZO DE LAS HERRERÍAS».—Comprende esta denominación un grupo de minas situado a cuatro kilómetros al Oeste de La Puebla de Guzmán. Las rocas que encierra el criadero y se extienden por las proximidades, son, por el Norte, pizarras y grauwackas, con algunos lechos de cuarzo, y por el Sur pórfidos y diabasas. Hay asomos ferruginos que forman dos manchas separadas, y bajo ellos, tres masas de pirita ferro-cobrizas alineadas al N.-NO. En contacto con el pendiente de la más septentrional, sigue otra zona de pizarras metamorfozadas bastante cuarzosas y con impregnaciones de cobre nativo.

En el sector oriental de la mina «Santa Bárbara» existe

la importante «masa de la Corta» o «filón Agosto», que se dirige al O.-25°-N. con buzamiento Norte.

«LAS CABEZAS DEL PASTO».—Se hallan las minas a ocho kilómetros al Oeste de La Puebla de Guzmán y comprenden dos criaderos que arman en las pizarras y grauwackas silurianas, con intercalaciones de bancos discontinuos de cuarcita, por el Sur, y de caliza, por el Oeste. El criadero de Levante se bifurca en el remate oriental, mientras que al Oeste llega a diseminarse en vetillas. El de Poniente tiene forma de filón flexuoso, que se arrumba al Oeste en la mitad oriental, y se acoda al O.-SO. en la occidental. La distribución del cobre varía tanto en ambos criaderos que existen puntos en que falta por completo, al paso que se ven otros en que la ley pasa de 30%. La mayor riqueza se acumula en el extremo oriental, junto a la pizarra negro-azulada.

«LA RATERA».—El grupo minero conocido con el antiguo nombre de «La Ratera», se encuentra a unos siete kilómetros al Este de Valverde del Camino. Allí se observan filones paralelos, interestratificados en las pizarras del Siluriano, que se dirigen al O.-20°-N. e inclinan 80° al N.-NE. Ofrecen potencias de 0,2 a 2 metros y el relleno es cuarzo ferruginoso con fragmentos de pizarras y salbandas arcillosas. El filón más septentrional fué explotado hace un cuarto de siglo y rindió piritas con 4 a 9% de cobre, alcanzándose la mayor riqueza a la profundidad de 70 metros, en la cual el mineral era muy puro. Los crestonajes, de cuarzo ferruginoso, se extienden hacia el Este unos seis kilómetros. Más al Norte aparecen otras tres corridas de cuarzo blanco, no reconocidas, que prosiguen a Levante unos cuatro kilómetros.

METALOGENIA

Después de lo expuesto, se ve que los yacimientos de cobre de toda la comarca responden exclusivamente a dos tipos:

1) Masas piritosas en las que el cobre se halla principalmente en estado de calcopirita primaria y, en la zona de cementación, bajo la forma de calcosina y covelina secundarias.

2) Filones de calcopirita primaria, acompañada de calcosina y covelina en la zona de catamorfismo.

Son grandes las analogías con otros muchos repartidos en diferentes lugares del globo, como Rammelsberg (Alemania), Kyshtim (Rusia), Besshi, Hegashiyama y Hitachi Mines (Japón), Eustis Mine (Canadá), Flin Flon y Mandy (Manitoba, Canadá), Tyee (Colombia Británica), Verde Mine (Arizona) y Shasta County (California, EE. UU.), Ellamar Mine (Alaska) y Mount Lyell (Tasmania).

La formación de los criaderos del SO. de España ha sido uno de los problemas más discutidos por los geólogos. Los primeros investigadores, basados en la disposición de los yacimientos, paralela a los estratos pizarrosos, y en la estructura zonar de algunas menas, les atribuyeron un

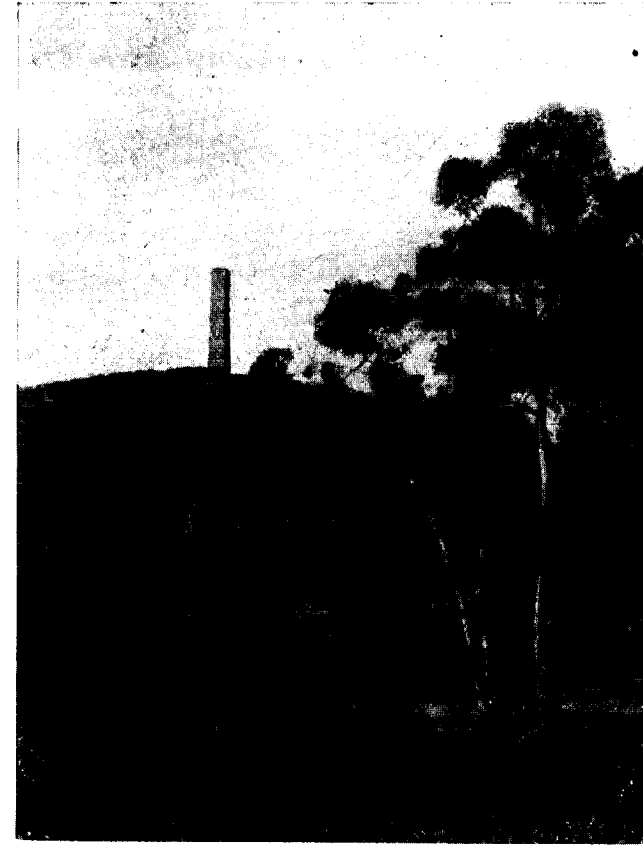
origen sedimentario. Tal fué el punto de vista de F. Romer (59, 60, 65), Stetzner, Bergest y J. H. Collins (85, 86), pero el más decidido partidario fué F. Klockmann (107, 110), si bien adoptó después una teoría intermedia (121). En su opinión las masas de sulfuros constituían concreciones formadas en el seno de un lodo arcilloso-pizarreño impregnado de los elementos químicos de las piritas.

Con arreglo a estas ideas, indicó R. Beck (126) que se trataba de masas estratificadas epigenéticas, y E. Kohler expresaba la posibilidad de intervención de algunos cuerpos que, como el carbón poroso, la sílice coloidal y el caolín, retienen parte de las materias disueltas en soluciones muy diluidas. B. Wetzig (132) fué el último defensor de la teoría sedimentaria, abandonada la cual versaron las discusiones, principalmente, sobre la génesis magmática y la de sustitución hidrotermal (metasomática).

F. Beyschlag, J. Vogt y P. Krusch (134, 141), por analogía con los yacimientos de Noruega, en vista de la forma lenticular de los onubenses y su evidente conexión con las rocas hipogénicas, supusieron que se trataba de segregaciones magmáticas inyectadas en estado fundido.

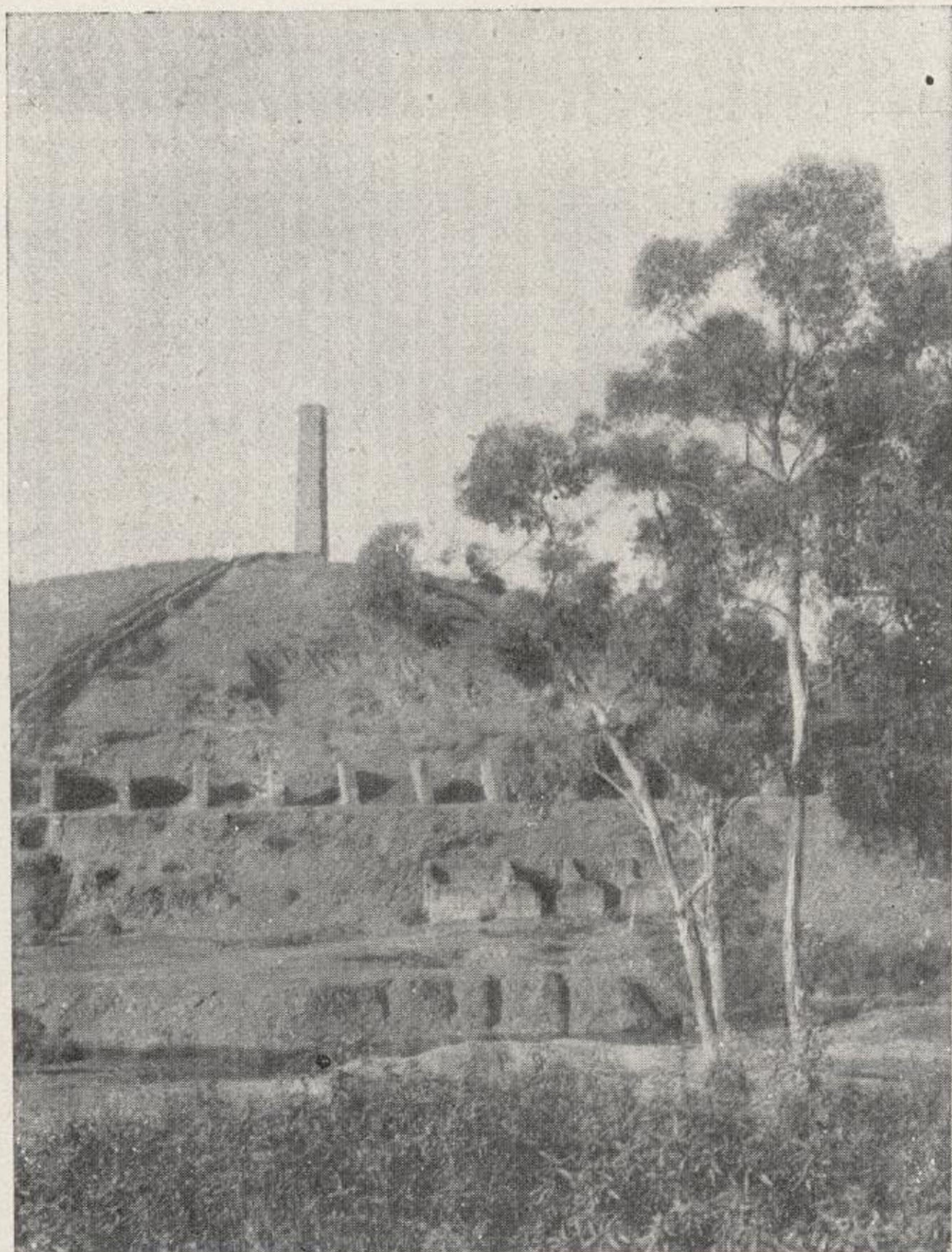
Para C. Schmidt y H. Preiswerk (128, 130) las masas minerales eran intrusiones de piritas segregadas, que se ensancharon en forma elipsoidal alargada por los fenómenos de plegamiento, y J. Morrow Campbell los ha considerado, asimismo, producidos por la segregación.

El Ingeniero J. Hereza (153, 160, 161, 166, 167), notable investigador de los yacimientos, los cree originados por una secreción de materiales eruptivos que, en estado ígneo, produjeron la digestión y sustitución de las rocas paleozoicas con intervención de hidrocarburos juveniles. Esta hipótesis se halla de acuerdo con ciertas observaciones en la superficie y en las zonas profundas.



Fot. 26.—Mina «La Ratera» (Valverde del Camino). Ruinas de la fundición.





Fot. 26.—Mina «La Ratera» (Valverde del Camino). Ruinas de la fundición.



A. B. Edge (165) ha supuesto un origen magmático con inyección de una tenue mata piritosa, en tanto que A. Demay (155, 164) los atribuye a una inyección fumaroliana durante el estado pastoso.

A. Heim (175), en el Congreso Geológico de Washington, confirmó las ideas de A. B. Edge, decidiéndose por una génesis magmática en el concepto general de Niggli y Schneiderhohn, y para él no ofrecía duda que a lo largo de los contactos de las masas de piritita ha existido una sustitución como fenómeno secundario.

J. H. L. Vogt (117) expresó la naturaleza pneumatolítica de los yacimientos que no eran sino efecto directo de las intrusiones porfídicas y, por el contrario, F. Belviend, no concibiendo, por razones físicas, la existencia de un magma piritoso, descartaba la posibilidad de sulfuros intrusivos en el sentido del referido autor.

E. Cumenge (76, 79) consideró los criaderos como verdaderos filones, y el insigne J. Gonzalo y Tarín (93), partidario también de la teoría hidrotermal, los imaginaba formados en las grietas y oquedades de las rocas, con entera independencia de la edad y estratificación de las sedimentarias.

Como la hipótesis hidrotermal no explica de un modo satisfactorio el enorme volumen de los huecos que quedaron rellenos, se hizo intervenir la destrucción y sustitución de las rocas de la caja. Así, L. de Launay (139) supuso que la masa mineral penetró en la formación pizarrosa en estado de fusión acuo-ígneas por la acción del vapor de agua y los carbonatos alcalinos; pero más generalmente se ha acudido a la acción del metasomatismo.

Tal fué el parecer de J. W. Gregory (129), fundado en las analogías de los yacimientos de Huelva con los de Mount Lyell (Tasmania), cuyo punto de vista comparte

M. Finlayson (136, 137) al suponer una sustitución debida a soluciones termales resultantes de las diferenciaciones que ocasionaron las intrusiones ígneas.

H. F. Collins (151) ha sido, asimismo, un decidido paladín de la teoría metasomática y considera que las soluciones emanadas del magma que originó las rocas hipogénicas, ocasionaron la sustitución de los pórfidos y pizarras en las zonas fracturadas.

También A. Bateman (163), basado en sus investigaciones al microscopio, como G. V. Douglas (169), admiten una formación de los criaderos por metasomatismo total, y W. Lindgren (146) los asigna el mismo origen, a mediana profundidad, con temperaturas de 300° a 600° y presiones superiores a 300 atmósferas.

En opinión de D. Williams (176) no cabe negar la posibilidad de determinadas mineralizaciones iniciales, pero las transiciones de sulfuros diseminados, la intensa cloritización y sericitización de las rocas de la caja, la falta de minerales típicos de alta temperatura, la presencia de sílice libre y sulfatos primarios, y la existencia de sulfuros en asociación característica con soluciones acuosas, ponen de relieve una amplia acción hidrotermal.

Otro geólogo inglés, G. Williams (172), ha tratado de conciliar las dos hipótesis de la inyección magmática y la sustitución hidrotermal, e imagina el relleno de los huecos por inyección, y la sustitución de las rocas por soluciones termales empobrecidas.

Según el Ingeniero español J. Doetsch (171), en épocas prehercinianas debió existir en la región un magma tronco bajo el Thetys primario que, por diferenciación, daría lugar a un sulfomagma y a silicomagmas ácidos y básicos. El primero, concentrado particularmente en la periferia de los últimos, en virtud de la compresión y dado su carácter

neumolítico, fué llenando espacios y fisuras libres, y dió lugar, por continuidad del esfuerzo en esta fase neumotéctica, a las apófisis que hoy constituyen las masas reconocidas.

El sulfomagma en fase neumotéctica, se inyectaría en líneas preexistentes de mínima resistencia, gracias, no sólo a los esfuerzos tectónicos, sino también a la intrusión de rocas ígneas anteriores a la inyección del sulfomagma, que produjeron fracturas y espacios durante el enfriamiento, propicios a una subsiguiente intrusión de los sulfuros.

El efecto producido por el descenso, más o menos brusco, de temperatura y presión, al ocupar el sulfomagma las líneas débiles, fué el tránsito a la fase hidrotermal perimagmática que dió origen al proceso, en gran escala, que ha enmascarado la génesis de los yacimientos.

Ultimamente, durante el enfriamiento (líquido, sólido) de las masas, se produjeron los conocidos fenómenos de diferenciación, entre los que representaría un papel importante el proceso de segregación inversa.

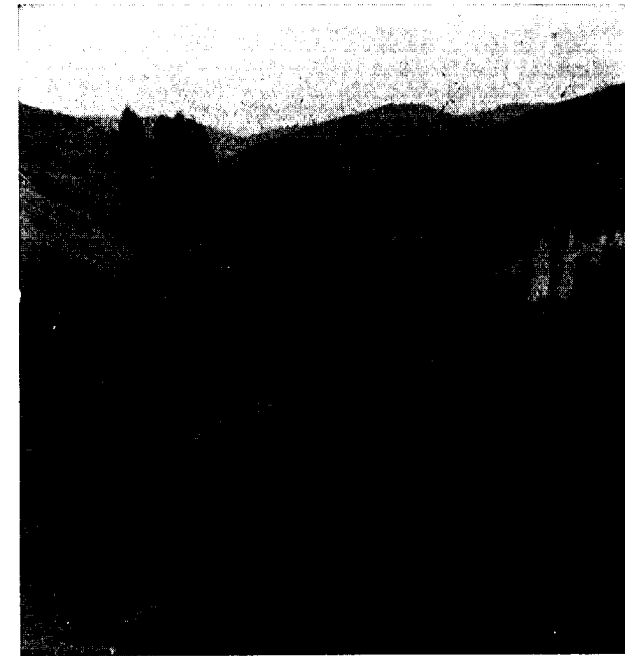
Nuestras observaciones sobre el terreno, como las investigaciones de laboratorio que hemos efectuado sobre bastantes muestras de diferentes minas, nos llevan a la afirmación de que la mineralización de los criaderos debió iniciarse en el período ortomagmático de Niggli, si bien la masa principal se formaría gracias a una acción hidrotermal con digestión y sustitución de las rocas próximas.

El cobre se depositó en primer término en forma de calcopirita y ésta, por la acción de las aguas descendentes exteriores, quedaría transformada más tarde en calcosina y covelina, que son las que han ocasionado el enriquecimiento en cobre de las masas piritosas. De aquí que se hallen preferentemente las concentraciones en los contactos y en las zonas superficiales.

Los modernos estudios físico-químicos demuestran, en efecto, la posibilidad de formación de sulfomagmas, es decir, de magmas constituídos esencialmente por sulfuros metálicos, en especial pirita (FeS_2), en los cuales pueden ir disueltas sustancias volátiles (H_2O , H_2S , CO_2 , etc.).

Está probado, por consideraciones físico-químicas y por experimentos de laboratorio realizados con mezclas silicatadas ferromagnesianas y sustancias volátiles (H_2O , principalmente) y menores cantidades de sulfuros metálicos, que, en estado fundido, a gran presión y temperatura, éstos son solubles en proporciones considerables en los silicatos básicos. Por enfriamiento y disminución de presión, antes de que los silicatos de la mezcla empiecen a solidificarse, se desdobra ésta en dos fases fundidas, en una de las cuales se encuentran los silicatos y en la otra los sulfuros metálicos. El reparto de los diversos elementos entre ambas, es función del equilibrio físico-químico, pero desde luego, la gran mayoría de los sulfuros quedan en la fase sulfurada y en ella permanecen también disueltas gran parte de las sustancias volátiles (H_2O , H_2S , CO_2 , etc.) de la mezcla homogénea primitiva.

Con arreglo a lo que antecede, en un protomagma de carácter preferentemente básico, es posible la retención de cantidades apreciables de sulfuros metálicos en *disolución fundida*. Al enfriarse dicho magma, puede, por una parte, originar por diferenciación una serie de magmas parciales pétreos, de caracteres distintos de acidez, que, por solidificación ulterior, bien en el primitivo espacio magmático o en espacios más o menos alejados de él, constituyen rocas hipogénicas de las composiciones y texturas más variadas. Además de estos magmas parciales pétreos diferenciados, según lo anteriormente indicado puede producirse también un magma sulfurado que constituye, por lo tanto, otro



Fot. 27. -- Cerros silurianos de la mina 'La Ratera' (Valverde del Camino).





Fot. 27.-- Cerros silurianos de la mina «La Ratera»
(Valverde del Camino).



magma diferenciado parcial de igual valor físico-químico-geológico que cualquiera de los restantes magmas parciales litológicos, diferenciados a su vez del mismo magma original.

Para aclarar las relaciones de posición observadas en el terreno entre las grandes masas piritosas y las rocas hipogénicas, conviene analizar con cierto detalle el proceso de formación del sulfomagma. Dos casos pueden ocurrir:

a) Que la diferenciación sulfurada se verifique en condiciones de reposo tectónico y, por tanto, el sulfomagma quede solidificado *in situ* junto a la roca madre.

b) Que los movimientos tectónicos originan la emigración de aquél y de los litomagmas parciales lejos del espacio magmático original.

En el primer caso, las causas determinantes de la posición relativa entre la masa sulfurada y la pétreo, son diferentes según que el magma original ocupe gran espacio (grandes batolitos básicos) o que éste sea más reducido (lacolitos, chimeneas volcánicas, etc.)

Si el espacio de consolidación del protomagma es grande, la causa dominante en el proceso de concentración de la fase fundida sulfurada es la gravitación, pues, debido al gran volumen de la masa, la acción selectiva de las paredes frías, a que alude el principio de Soret, no llega a alcanzar el interior de aquélla. Las gotillas de sulfuros, diferenciados de los silicatos aun fundidos, se reúnen por su peso en las zonas inferiores del espacio magmático primitivo y originan así *concentraciones sulfuradas distribuidas, en cierto modo, en capas*. El tipo de yacimiento *singénético* resultante está representado por el conocido criadero de pirita, pirrotina niquelífera y platino en la norita de Mersky Reef, en Busveld (Transvaal).

Cuando el espacio magmático original es más bien

reducido, la causa dominante de la reunión de las gotillas de sulfuros diferenciados de los silicatos es la acción selectiva de las paredes frías, que se propaga a toda la masa y llega a vencer la influencia de la gravedad. El resultado final es también un criadero *singenético*, pero la masa sulfurada se concentra en los *bordes* de la roca hipogénica. Criadero típico de esta naturaleza es, por ejemplo, el de Erteli (Noruega), en el que la masa está constituida principalmente por pirrotina níquelífera con platino y se concentra en los bordes de un asomo hipogénico de norita.

En el proceso de enfriamiento de un protomagma con sulfuros disueltos, después de su diferenciación en las dos fases fundidas, silicatada y sulfurada, se solidifica en primer lugar la fase silicatada básica y la sulfurada permanece aún fundida con los silicatos ácidos cuando la gran mayoría de aquélla está sólida. Los elementos volátiles del conjunto se concentran más y más en la parte fundida, es decir, en los sulfuros y silicatos ácidos, y, por tanto, al resquebrajarse por enfriamiento, o además por influjos tectónicos, la fase silicatada, transformada ya en roca sólida, los sulfuros ascienden por las grietas de ésta y aun por las de las rocas de las paredes del espacio magmático, y las rellenan a modo de filones. Resultan, por tanto, criaderos de forma filoniana rellenos por sulfuros *exprimidos*, cuyas condiciones físico-químicas de formación son intermedias entre las ortomagmáticas, propiamente dichas, y las hidrotermales, y pueden presentar, por tanto, en cierto modo, según las condiciones de temperatura y presión, las características de la fase pegmatítico-pneumatolítica. Si el criadero arma en las grietas de la propia roca madre, resulta de tipo *singenético*, y si lo hace en las de las paredes del espacio magmático resulta *epigenético*. Estos criaderos «Offset deposits» de los americanos son, por tanto, criaderos de

transición entre esos tipos extremos, de transición también por lo que respecta al modo de constituirse; pues bien, o se forma en condiciones de reposo absoluto del magma pétreo o durante ligeros movimientos de éste. Ejemplos de criaderos de esta naturaleza, los formados en las noritas de Sudbury, en las cuales, a más de los sulfuros corrientes, pirrotina, pentlandita y calcopirita, se encuentran también gersdorfitita, maucherita, níquelina, pirita, blenda y galena con adensina, hornablenda, biotita, clorita, cuarzo, carbonatos, etc.

Si las influencias tectónicas son grandes (caso *b*), el sulfomagma es obligado por éstas a emigrar del espacio magmático primitivo y sigue, por decirlo así, más o menos las vicisitudes geológicas de los magmas litológicos parciales, ya diferenciados del original. El sulfomagma es, por tanto, forzado a desplazarse en la corteza, junto con los magmas litógenos parciales, por las zonas en que encuentre mayor facilidad. En este desplazamiento los sulfuros marchan fundidos en forma de gotas individualizadas en suspensión en la masa fundida silicatada. Como el arrastre de las gotillas de sulfuros por los magmas litógenos parciales es puramente mecánico, puede llevarse a cabo por magmas parciales petrológicos de la más variada composición, sin más requisito que éstos permanezcan fundidos. Cuando esta verdadera «emulsión en estado fundido» alcanza una zona de reposo en condiciones apropiadas de presión y temperatura, la fase principal silicatada comienza a solidificarse y las gotas fundidas de sulfuros se reúnen y concentran a su vez en masas de forma y dimensiones variadas, en las cuales, por haber recogido cuando fundidas todas las sustancias volátiles del conjunto, pueden producirse procesos hidrotermales de metalización. El resultado final es la aparición de yacimientos *epigenéticos*

de sulfuros que se sitúan al lado o cerca de las *rocas hipogénicas más diversas*; así, por ejemplo, en Sulitjelma (Noruega) el proceso citado ha originado criaderos sulfurados «lineales», asociados a gabros sassuríticos; en Río Tinto, masas lenticulares en relación con rocas de carácter débilmente ácido o de acidez intermedia y, en Bodenmais, los yacimientos de sulfuros están relacionados con el granito ácido.

De esta manera, los yacimientos de masas de piritas ferrocobrizas de Sevilla y Huelva no parecen, en general, derivar directamente de los magmas pétreos de las rocas hipogénicas con que se presentan en el terreno, sino que tanto las mencionadas masas piritosas como las rocas ígneas, constituyen magmas parciales, unos *sulfurados* y otros *silicatados*, procedentes todos de la diferenciación de un magma original de inmensas proporciones y carácter intermediario básico, pues sólo en un protomagma silicatado de este tipo son solubles los sulfuros metálicos pesados en esas considerables proporciones.

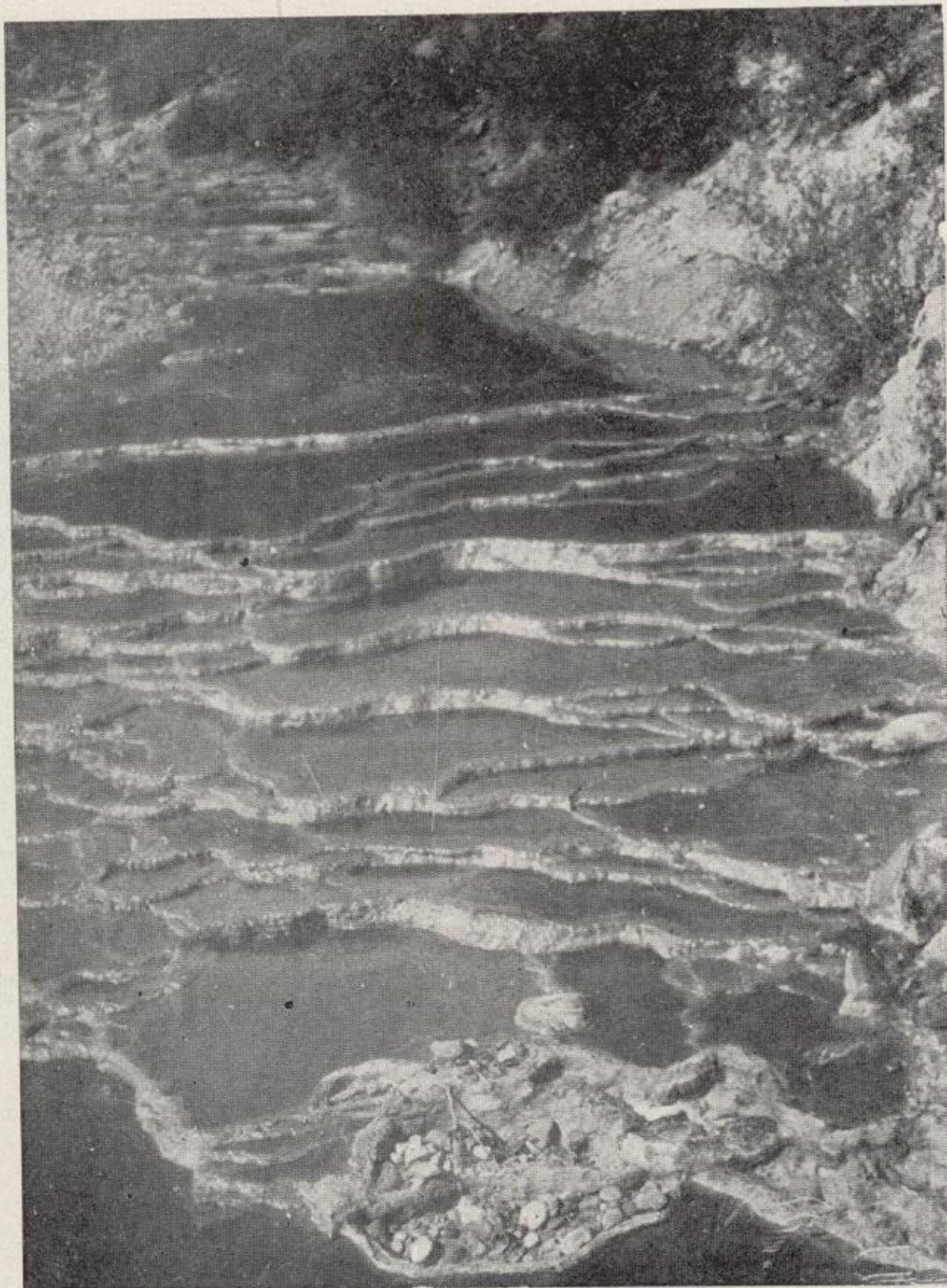
Esto sentado, pasemos a analizar con algún detalle e interpretar, según tal proceso genético, las características de los yacimientos piritosos.

De los magmas parciales diferenciados del primitivo, los que se conservan más tiempo fundidos son los ácidos y el sulfomagma. En la emigración de todos ellos, a partir del espacio inicial, pueden marchar juntos y más lejos que los restantes los dos citados, que son, al mismo tiempo, los más ricos en sustancias volátiles. Ello quiere decir, que de todos los magmas parciales litológicos hermanos, el sulfomagma seguirá de preferencia las vicisitudes de los más ácidos (pórfidos cuarcíferos). Marchará con ellos, en general, en forma de masas magmáticas diferenciadas en



Fot. 28.—Arroyo de La Esperanza (Almonaster).
Deposición actual de limonita.





Fot. 28.—Arroyo de La Esperanza (Almonaster).
Deposición actual de limonita.

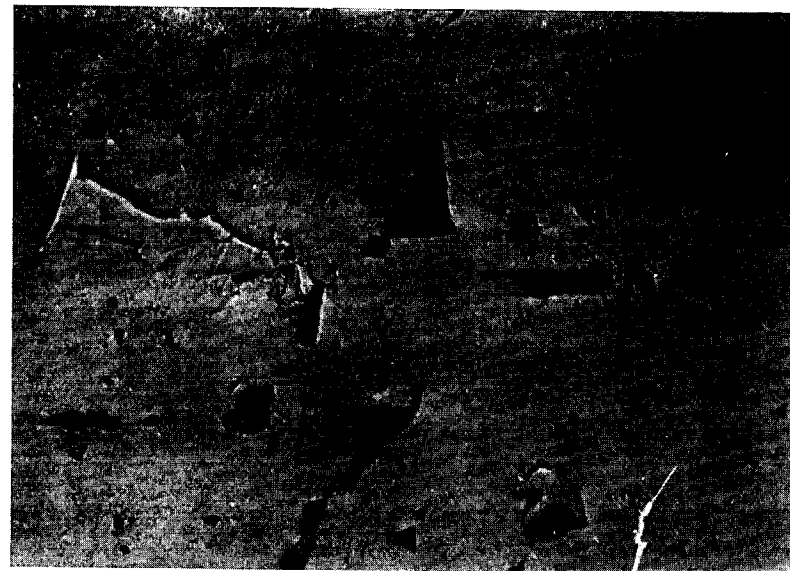


dos fases físico-químicas, una de ellas silicatada ácida (en la que no son solubles en gran proporción los sulfuros), que es la que formará después el pórfido, y otra sulfurada. *Aunque la «diferenciación» entre sulfuros y silicatos viene ya hecha desde el protomagma original, la «concentración» de los sulfuros en grandes masas sólo se producirá cuando ambos silicatos comiencen a solidificarse.* El proceso empieza con la solidificación de los silicatos del pórfido; las materias volátiles van concentrándose más y más en la fase aun fundida y las gotillas de sulfuros, que en el seno de aquél venían más o menos en suspensión, comienzan a reunirse favorecidas por la gravedad o por la acción selectiva de la pared fría, en los contactos con las pizarras. Cuando ya está la masa del pórfido casi solidificada por completo, todas las materias volátiles del conjunto se hallan concentradas en los sulfuros, por lo cual, éstos van a poseer gran cantidad de H²O para poder originar una fase hidrotermal intensa; se solidifican también la pirita y calcopirita ortomagmáticas y, por último, entra en acción una fase hidrotermal energética, que deja sus huellas en la propia masa de pirita ortomagmática, enmascarando su génesis en el pórfido, constituyendo los «stockwerk», y en la pizarra silicificándola principalmente. Parte de las gotillas de pirita inmiscuadas en el magma porfídico pueden quedar aprisionadas en él por la viscosidad creciente del magma pétreo en vías de consolidación y, de ese modo, no consiguen reunirse con las demás que han de formar la masa piritosa. El resultado final es que se solidifican, en el seno de la roca, quedando completamente aisladas de la masa de pirita, pero más o menos en sus cercanías. Otros cristales de pirita aislados, que se observan en casi todas las rocas hipogénicas de la comarca, se deben a que este mineral es también soluble cuando se ha fundido en los

silicatos ácidos, aunque en proporción incomparablemente menor que en los básicos.

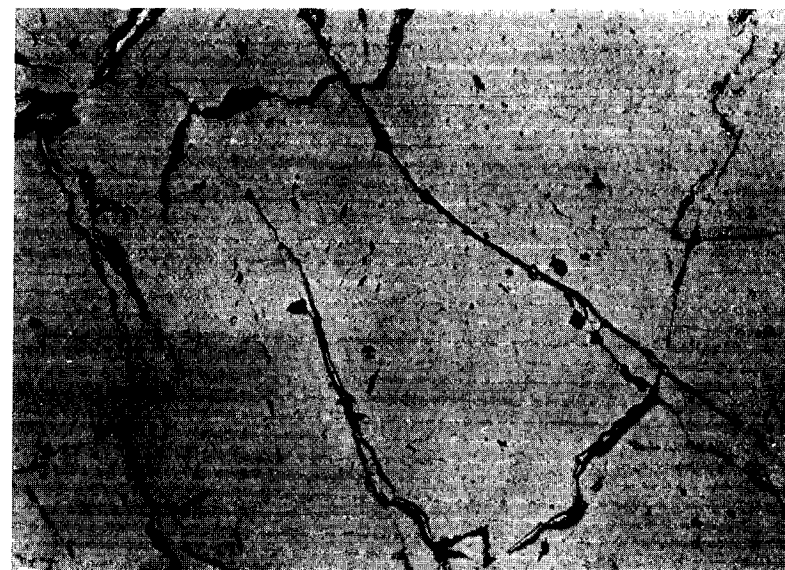
En resumen: a nuestro entender, por las consideraciones apuntadas, las grandes masas de pirita ortomagmática e hidrotermal, que aparecen en el terreno asociadas a los pórfidos, *no deben interpretarse en ningún modo como segregadas de éstos en el sentido físico-químico de segregación*, es decir, de una sustancia homogénea única que se desdobra en dos fases, una sulfurada y otra silicatada. El desdoblamiento en sulfuros y silicatos fundidos *venía ya hecho desde el proceso de diferenciación del magma original en varios magmas parciales* y lo que ha sucedido, a nuestro juicio, es que estos sulfuros, por conservarse fundidos lo mismo que los silicatos ácidos, cuando las influencias tectónicas obligaron a emigrar a los magmas parciales, *marcharon juntos* con los magmas porfídicos en forma de gotillas individualizadas en suspensión en la masa litógena, como las gotas de aceite se emulsionan en el agua, sin tiempo para reunirse unas con otras y formar masas de piritas hasta que cesó la emigración común y en el reposo pudo ya entrar en acción la gravedad y la pared fría y se solidificó el pórfido. Si en la génesis de la masa piritosa ha habido una fase ortomagmática intensa, ésta queda *in situ*, contigua al pórfido; si predomina la génesis hidrotermal, las disoluciones sulfuradas pueden quedarse casi *in situ* envolviendo la masa ortomagmática o todavía emigrar aún más, alejándose de las rocas hipogénicas, originando así *corridas* en las pizarras más o menos silicificadas, y en las porfiritas hojosas por metamorfismo.

Respecto a las leyes físico-químicas de consolidación, puede establecerse un paralelo entre las del sulfomagma y las de un magma silicatado. En aquél, la enorme preponderancia de la pirita de hierro sobre los restantes sulfuros,



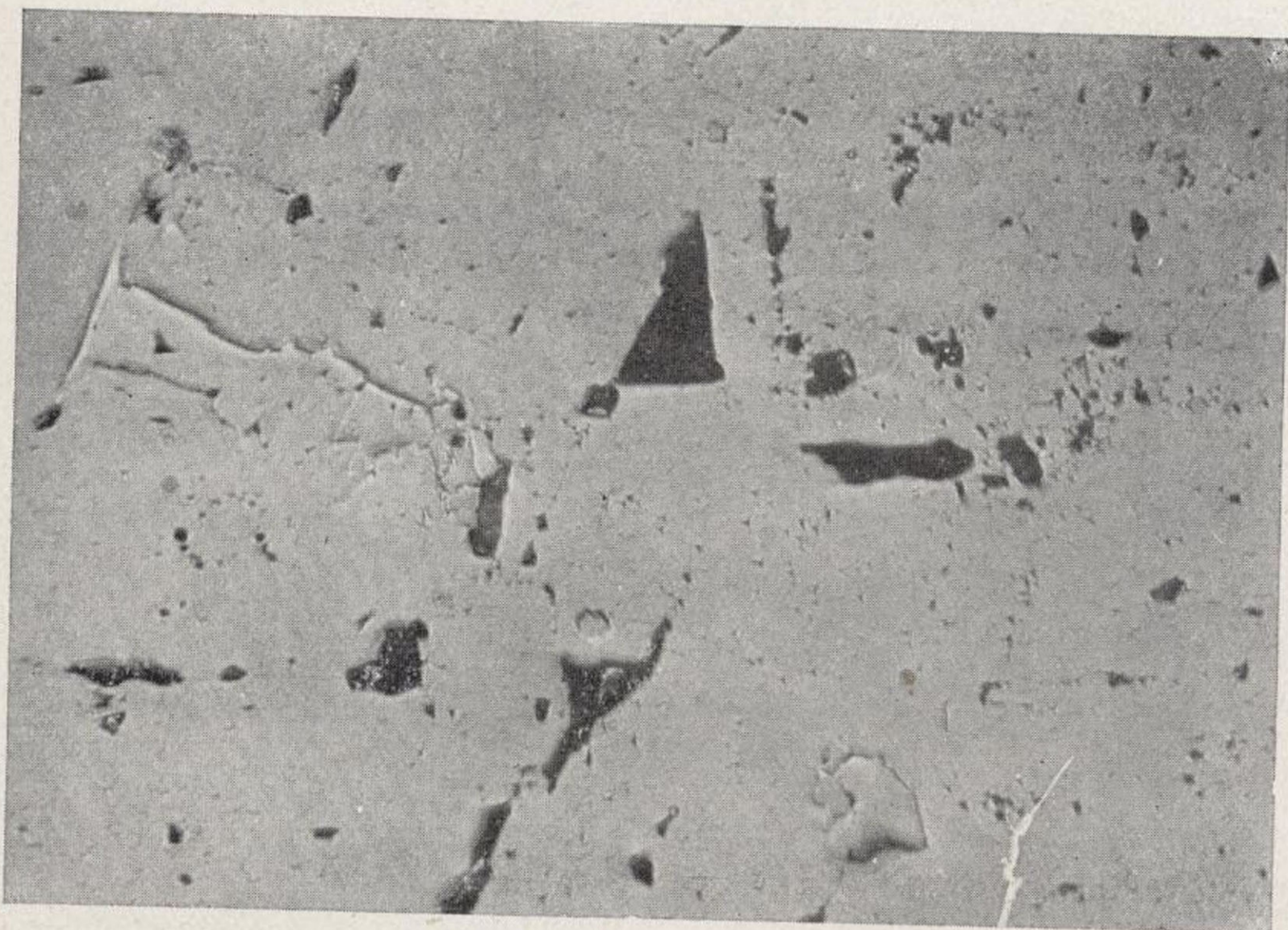
Fot. 29. (P-64). X. 120. — «Peña del Hierro».

Pirita maciza (campo general gris) con loellingita (algo más clara) ambas ortomagmáticas. Manchas negras de cuarzo y huecos.



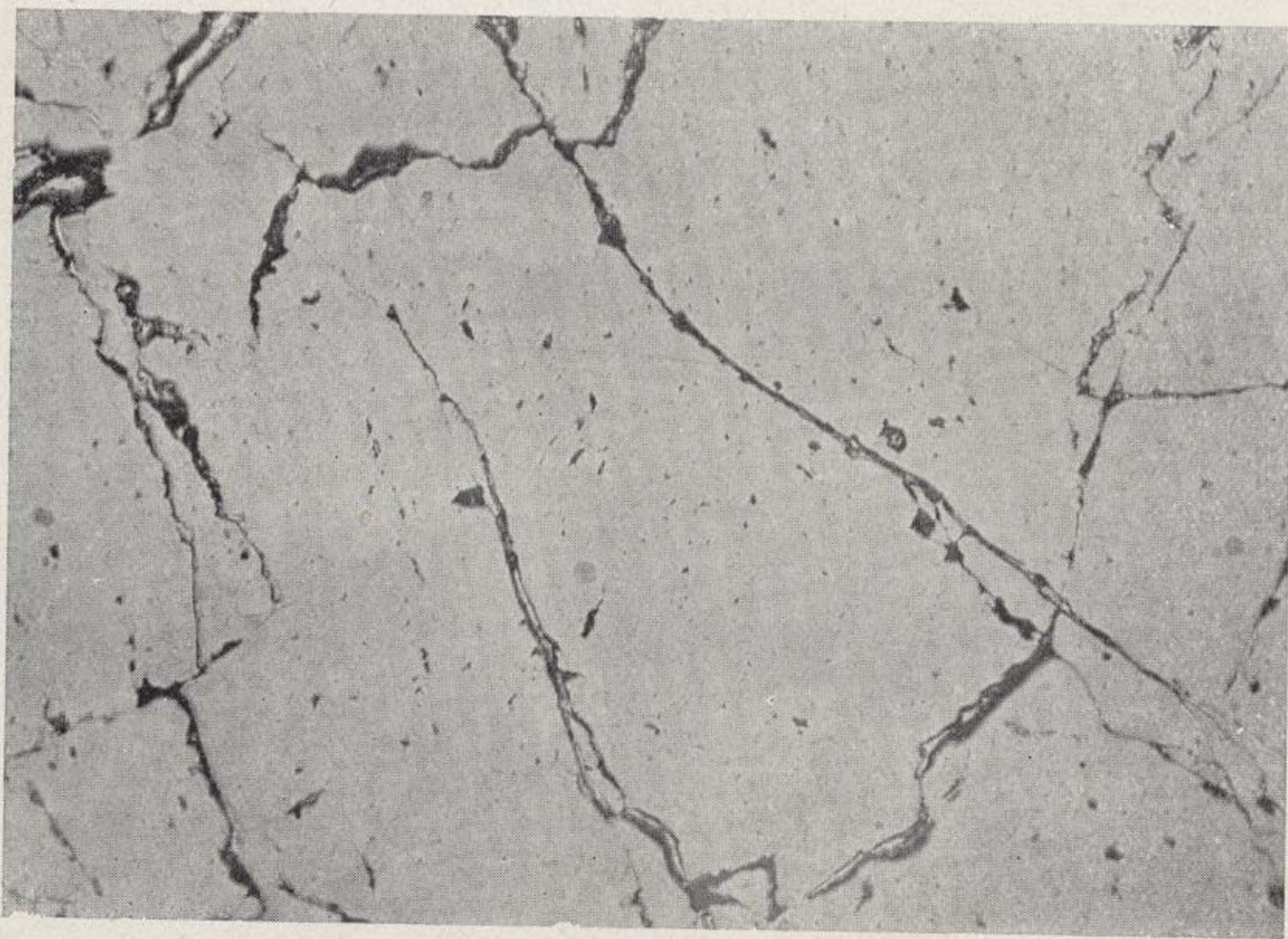
Fot. 30. (P-305-E-1). X. 120. — «Castillo de las Guardas».

Campo de pirita ortomagmática, cataclástica, con calcopirita introduciéndose por las grietas. Estado incipiente de metalización cuprífera primaria hidrotermal.



Fot. 29. - (P-64). X. 120. - «Peña del Hierro».

Pirita maciza (campo general gris) con loellingita (algo más clara) ambas ortomagmáticas. Manchas negras de cuarzo y huecos.



Fot. 30. - (P-305-E-1). X. 120. - «Castillo de las Guardas».

Campo de pirita ortomagmática, cataclástica, con calcopirita introduciéndose por las grietas. Estado incipiente de metalización cuprífera primaria hidrotermal.

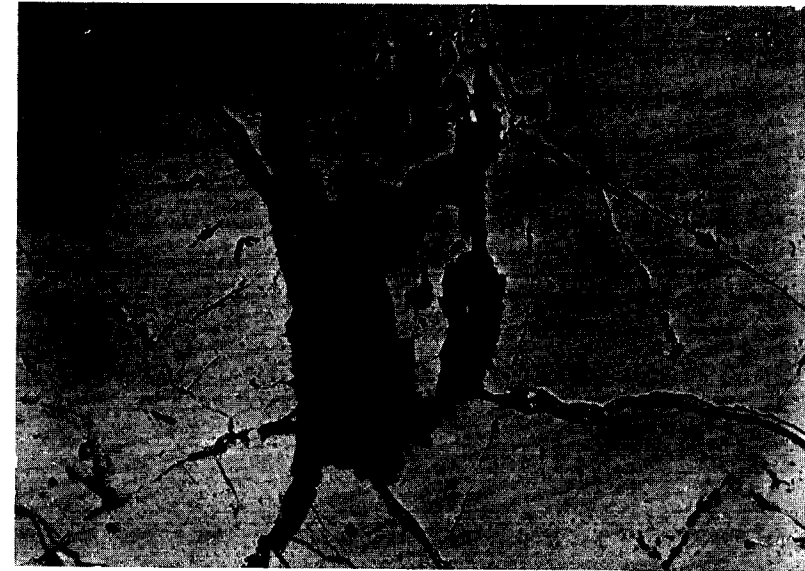
hace que ese mineral desempeñe en él papel análogo al que los silicatos de Al, K, Na, Ca, Mg y Fe desempeñan en éstos. La consolidación puede hacerse a gran profundidad (lo que implica elevada presión y temperatura) o cerca de la superficie (presión y temperatura bajas). A juzgar por la posición relativa entre las masas piritosas y los pórfidos de la comarca y las consideraciones genéticas que anteceden, cabe afirmar que la profundidad a que los sulfuros se consolidaron fué, poco más o menos, a la que dichos pórfidos lo hicieron, es decir, en condiciones de presión y temperatura bastante elevadas, aunque sin llegar a las reinantes en la solidificación de las rocas granudas holocristalinas, por ejemplo. Según esto, las dos fases principales de consolidación en los magmas sulfurados han sido la *ortomagmática* y la *hidrotermal*, pues en las citadas condiciones la *neumatolítico-pegmatítica* se reduce a un mínimo, como lo confirma la ausencia de minerales típicamente pneumatolíticos en los criaderos.

Los cuatro «minerales-guía» en la génesis de las masas piritosas de la comarca, indicados en orden de abundancia media decreciente, son: pirita (FeS_2), calcopirita (CuFeS_2), blenda (ZnS) y galena (PbS). De ellos, la pirita es mineral de los llamados en físico-química omnipresentes o ubicuos, es decir, que pueden depositarse bajo toda presión y temperatura, desde las del principio del período ortomagmático hasta las del fin del hidrotermal. Las posibilidades físico-químicas normales de la deposición de la calcopirita comienzan en los últimos estados ortomagmáticos, adquieren un primer máximo en el centro del período pegmatítico-pneumatolítico y otro entre el final de éste y la mitad del hidrotermal. En la blenda comienzan las posibilidades de deposición con el período pegmatítico-pneumatolítico y se prolongan hasta los $3/4$, aproximadamente, del hidrotermal,

alcanzando el máximo a la mitad de éste y las de deposición de la galena principian y acaban poco después que las de la blenda, ofreciendo también el máximo en el período hidrotermal.

Dada la importancia mínima del período pegmatítico-pneumatolítico en la génesis de las masas piritosas de la comarca, por la razón antes apuntada, se ve que de esos cuatro minerales-guía en estos yacimientos, las leyes físico-químicas clasifican como típicamente hidrotermal la galena y la blenda; hidrotermal, en su mayor parte, con posibilidad de un comienzo ortomagmático la calcopirita y ortomagmática en su mayor parte, con amplia posibilidad de deposición hidrotermal, a la pirita. Esta clasificación está de acuerdo no sólo con la teoría sino con las condiciones genéticas deducidas del estudio microscópico (180) de algunos centenares de muestras de Río Tinto y los que hemos efectuado más recientemente en otras de El Castillo de las Guardas, El Madroño, El Alamo, Peña de Hierro, San Platón, San Eduardo y La Ratera.

Según esto, la solidificación del sulfomagma comenzó con una amplia deposición de la pirita, en fase ortomagmática. El resultado fueron grandes masas de este sulfuro, macizas (fot. 29) o agrietadas por movimientos y contracciones posteriores (fot. 30). Cuando tocaba a su fin la deposición ortomagmática de pirita comenzó la de calcopirita, distribuyéndose este mineral en pequeños granos entre los de pirita (180) o de modo incipiente también a lo largo de sus grietas (fot. 31, etc.). Al final de este período ortomagmático, la masa de sulfuros aun fundida se hizo mucho menor y la concentración en ella de todas las sustancias volátiles antes disueltas en todo el conjunto, dotó a dicha masa de gran movilidad y poder expansivo. Poco a poco, al disminuir presión y temperatura, la calcopirita, blenda



Fot. 31.—(P-305-2-E). X. 120.— «Castillo de las Guardas». Campo de pirita agrietada, con calcopirita (algo más oscura) y cuarzo hidrotermales, introduciéndose por las grietas de la primera, ortomagmática. Estado incipiente de la metalización cuprífera hidrotermal.

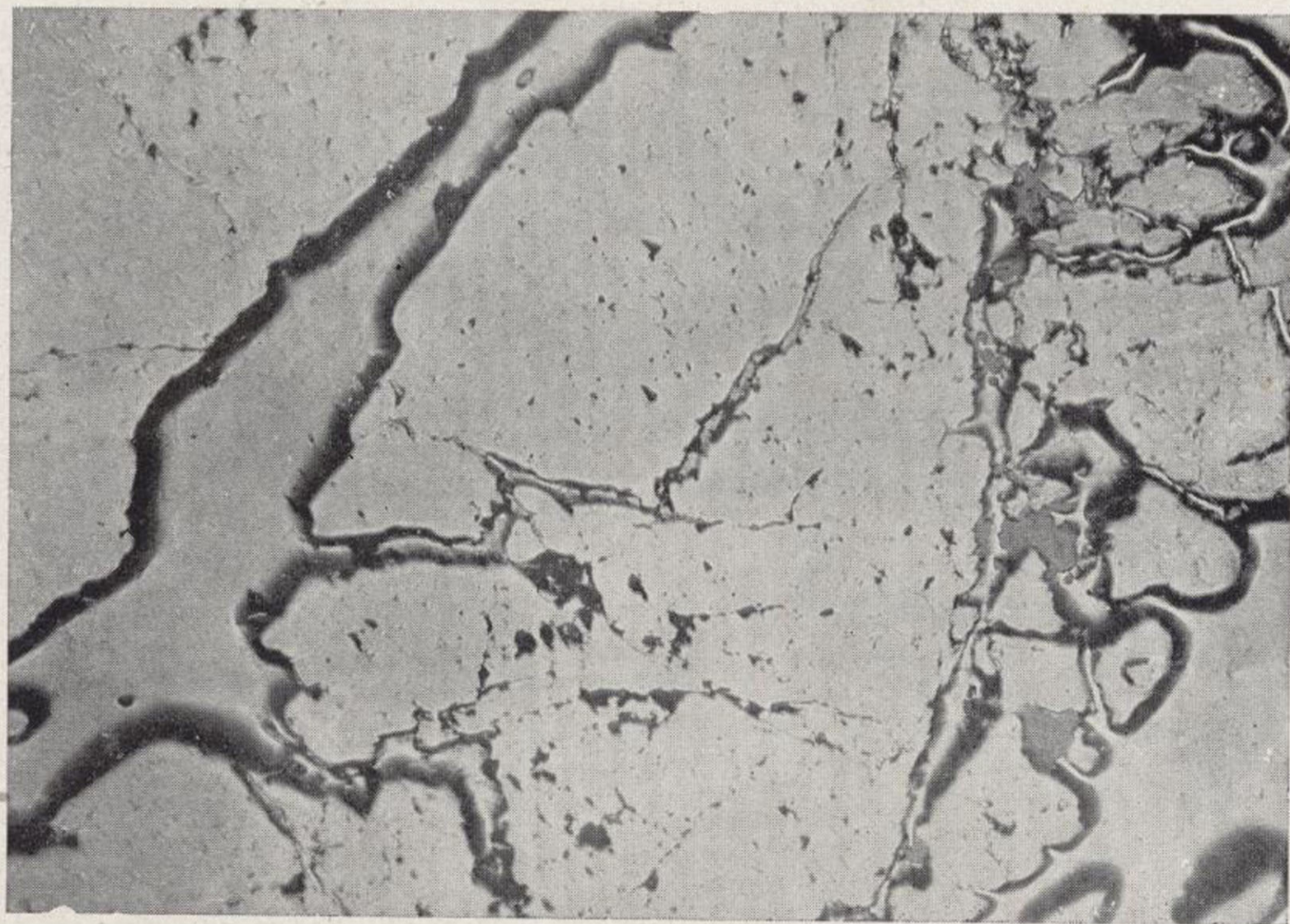


Fot. 32.—(P-305-4-E). X. 120.— «Castillo de las Guardas». Pirita ortomagmática (campo general) sustituida parcialmente por calcopirita (gris clara, con gran relieve) y blenda (pequeñas manchas grises oscuras) a lo largo de las grietas. Estado más avanzado de metalización cuprífera de calcopirita hidrotermal (Véase fots. 1, 2 y 3.)



Fot. 31.—(P-305-2-E). X. 120.— «Castillo de las Guardas».

Campo de pirita agrietada, con calcopirita (algo más oscura) y cuarzo hidrotermal, introduciéndose por las grietas de la primera, ortomagmática. Estado incipiente de la metalización cuprífera hidrotermal.



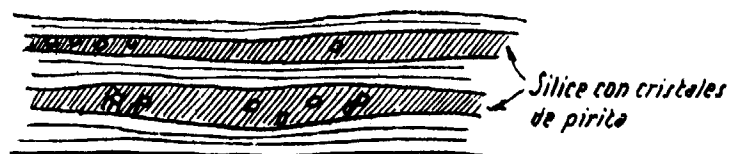
Fot. 32.—(P-305-4-E). X. 120.— «Castillo de las Guardas».

Pirita ortomagmática (campo general) sustituida parcialmente por calcopirita (gris clara, con gran relieve) y blenda (pequeñas manchas grises oscuras) a lo largo de las grietas. Estado más avanzado de metalización cuprífera de calcopirita hidrotermal (Véase fots. 1, 2 y 3.)

y galena, comenzaron sucesivamente su deposición hidrotermal. La primera fué ensanchando de modo gradual las grietas de la piritita ortomagmática y enriqueciendo en cobre las zonas superiores de la masa (fot. 32) y la blenda y la galena se depositaron a su vez y sustituyeron a ésta en las zonas propicias (fots. 38, 39). Concomitante con esta fase metálica hidrotermal es la deposición de cuarzo, barita y carbonatos, y también de piritita residual, que, al disminuir aún más la temperatura, puede llegar a originar suspensiones coloidales que se depositan casi a la temperatura ordinaria (180).

Las disoluciones hidrotermales metálicas procedentes del magma sulfurado en vías de solidificación se introdujeron por las grietecillas de las rocas hipogénicas contiguas, consolidadas poco antes, y dieron lugar a los «stockwerk» de calcopirita y piritita que hoy se observan en el pórfido de Río Tinto y en las paredes de la antigua corta San Eduardo. El estudio de estos «stockwerk» al microscopio, demuestra de modo indudable su origen hidrotermal; casi todas las vetas mineralizadas de ellos van acompañadas de cuarzo de esta naturaleza. Conviene llamar la atención acerca del significado genético esencialmente distinto que tienen los cristalillos de piritita y calcopirita de estos «stockwerk» de los que se observan de continuo en el seno de casi todas las rocas hipogénicas de la comarca, *lejos de yacimientos metalíferos*, pues estos últimos tienen el carácter ortomagmático corriente de los restantes componentes de la roca por la razón antes apuntada. El «stockwerk» es más raro en las pizarras contiguas a las masas piritosas que en las rocas hipogénicas por la mayor dificultad que encuentran las disoluciones para propagarse normalmente a los planos de esquistosidad y también porque las grietecillas son más frecuentes en la roca hipogénica por la con-

tracción originada en su enfriamiento; sin embargo, cuando por alguna fisura logra la disolución llegar a un plano de exfoliación pizarroso, se extiende por él y origina a modo de una lámina o capa mineralizada por pirita y, generalmente, sílice entre las hojas de pizarra. Este modo de distribuirse la mineralización tiene interés por lo que más adelante se indica respecto a «San Platón».



El lugar de actuación de las disoluciones hidrotermales sulfuradas puede ser muy diverso. En las grandes masas, como sucede en Río Tinto, actúan en el *seno mismo de ésta* según se desprende del estudio microscópico de la mena, pero, sobre todo, *en las zonas marginales* de la misma, debido a lo cual desfiguran o enmascaran las características primarias *ortomagmáticas* del yacimiento. A veces, si encuentran zonas dislocadas o fácil salida hacia regiones de menor presión y temperatura, *pueden apartarse considerablemente de los focos sulfomagmáticos*, como en cierto modo sucede, por ejemplo, en «San Platón».

En «San Platón», la *corrida* que cruza el Odiel de Oeste a Este, aproximadamente, tiene, según indicamos más adelante, carácter esencialmente hidrotermal. A nuestro juicio, los dos focos sulfomagmáticos reconocidos más cercanos, desde el punto de vista geológico, a dicha corrida hidrotermal estaban, probablemente, hacia las antiguas cortas de «San Platón» y de «San Eduardo». La zona de «San Platón» está bastante dislocada, por lo cual ofrece

facilidades para la actuación de disoluciones hidrotermales.

El carácter indiscutiblemente hidrotermal de las masas de «San Platón» lo demuestran la naturaleza y estructura de la metalización. En el examen microscópico de las muestras se han encontrado asociados, como minerales metálicos principales, pirita, calcopirita, blenda y galena (fots. 33 y siguientes). El aspecto fajeado que a simple vista se observa en las muestras *no debe interpretarse de ningún modo como estructura fluidal*, pues, aparte de que el microscopio no lo confirma, bastaría la presencia de calcopirita, blenda y galena, contemporáneas, sobre todo, de esta última, para desechar en absoluto la posibilidad físico-química de un tal magma. La estructura fajeada de la mena de «San Platón» y otras de la provincia es simplemente el resultado de la mineralización *hidrotermal* de la pizarra o del pórfido marginal hojoso, realizada a lo largo de los planos de exfoliación (fot. 33). Estas láminas mineralizadas son complejas; unas consisten simplemente en pirita idiomórfica diseminada en cuarzo hidrotermal; otras están integradas por mezclas complejas de pirita, calcopirita, blenda y galena en todas las proporciones imaginables, lo cual origina las diversas coloraciones amarilla (calcopirita), gris (blenda) o plateada (galena). Entre estas capas mineralizadas quedan otras de roca. Desde el punto de vista mineralógico y genético, las menas complejas hidrotermales de esta naturaleza tienen carácter completamente diferente de las grandes masas de sulfuros, como «Río Tinto», «Tharsis», etc.

De conformidad con lo expuesto, y sintetizando, los yacimientos cupríferos de la región pueden agruparse, desde el punto de vista de su génesis, del siguiente modo:

- 1) *Grandes masas de pirita, pobres en cobre* (Thar-

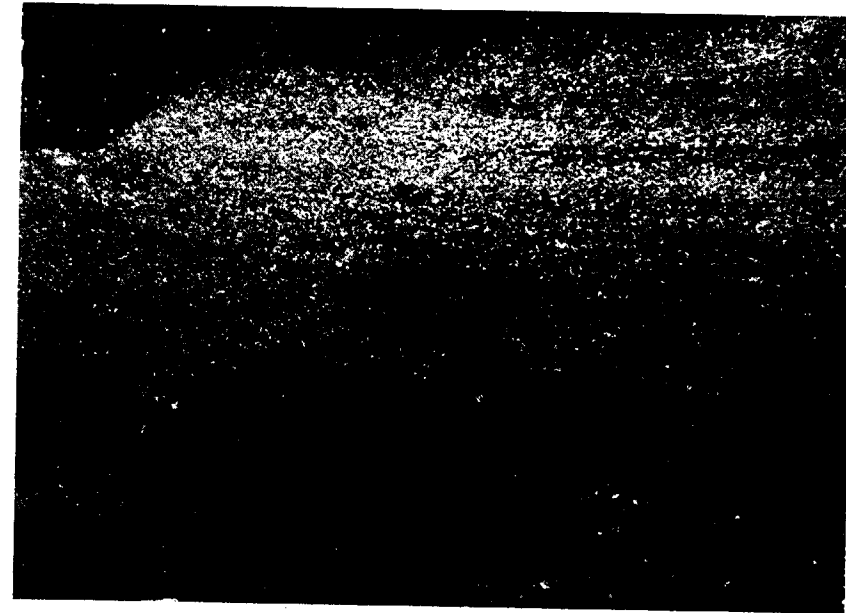
sis, etc.). Son éstas de origen esencialmente ortomagmático y sus minerales principales piritita y calcopiritita. Falta en ellas la fase hidrotermal de calcopiritita, blenda y galena *in situ* (que llevaría el enriquecimiento de la masa en calcopiritita primaria, blenda y galena), bien porque las disoluciones sulfuradas hidrotermales no se formaran por carencia de cobre, plomo y zinc suficientes y sólo hubo fase hidrotermal estéril silicatada o porque emigraran lejos de las masas a zonas de dislocación, de menor presión y temperatura.

2) *Grandes masas de piritita, ricas en cobre* (Río Tinto). Prescindiendo del enriquecimiento en cobre, originado en ellas, en la zona de oxidación, por proceso secundario, la génesis primaria es, a la vez, ortomagmática en su primer estadio e hidrotermal *in situ* en su etapa segunda.

La relación de posición de los criaderos 1) y 2) respecto a las rocas hipogénicas, les da falso aspecto de yacimientos de segregación magmática derivada de esas rocas.

3) *Alineaciones o corridas, cupríferas* en las pizarras, en las rocas hipogénicas hojosas por metamorfismo o en los contactos entre ambas («San Platón», en la parte de la margen izquierda del Odiel, etc.). Son hidrotermales. Menas complejas, formadas esencialmente por piritita, calcopiritita, blenda y galena. Pueden estar en profundidad físicamente conectadas con masas piritosas ortomagmáticas o *desligadas de aquéllas*. Son ricas en calcopiritita primaria. Se producirán con mayor facilidad en las zonas de dislocación tectónica.

4) *Filonos cupríferos, desligados genéticamente* de las grandes masas de pirititas («La Ratera», etc.). Suelen tener, además de cuarzo y calcopiritita, sulfoarseniuros y sulfoantimoniuros en gran cantidad. Son filones relacionados, en general, con rocas intermedias o básicas, más o menos ocultas.



Fot. 33. — (P-60-1). «San Platón». Metalización en bandas. — Estructura pseudofluidal.

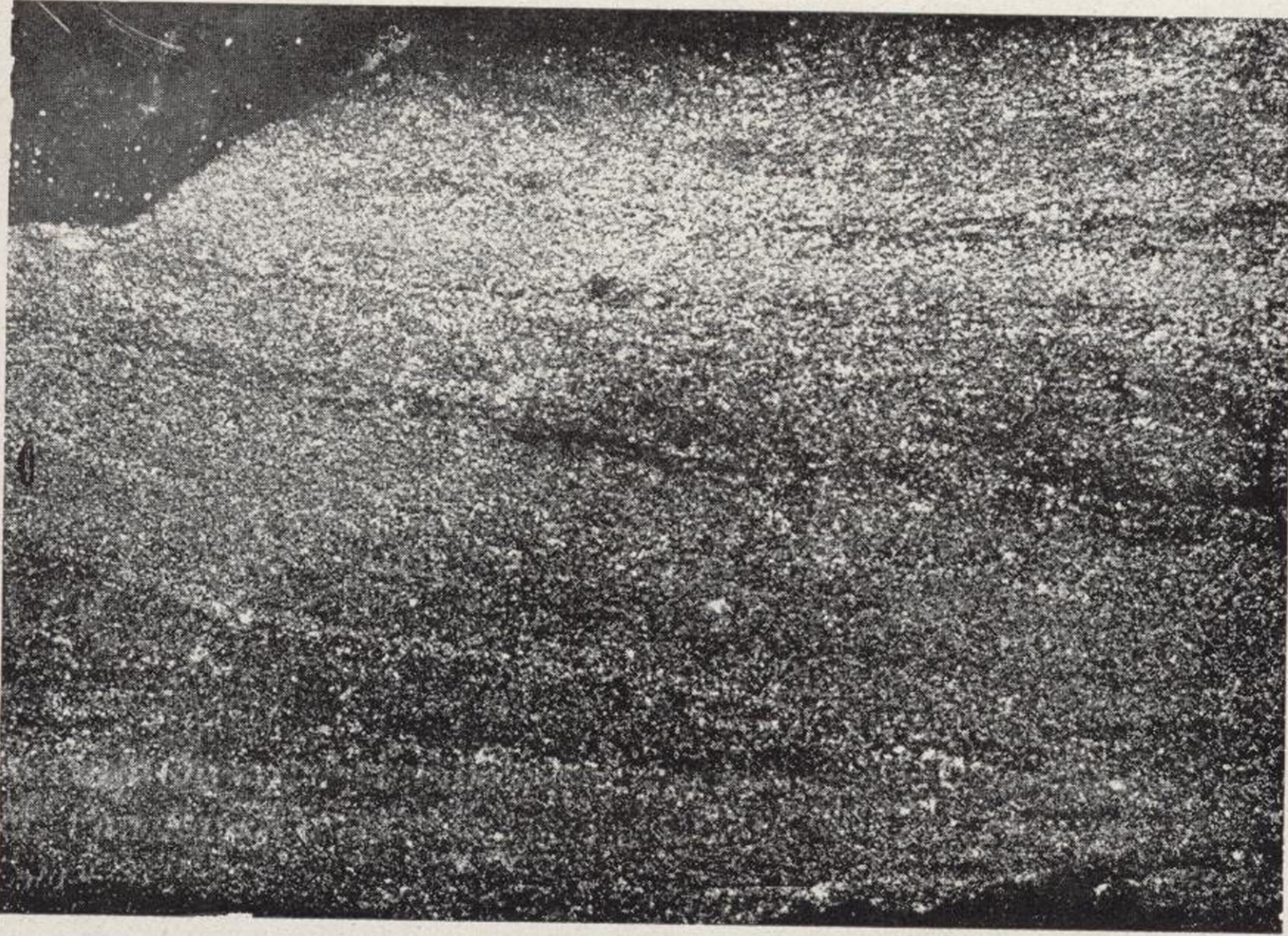
Aspecto macroscópico (tamaño natural) de la metalización en bandas, producida por sustitución hidrotermal del pórfido hojoso por piritita, calcopiritita, blenda y galena principalmente. (Véase fots. 6 y siguientes, de «S. Platón».)



Fot. 34. — (P-60-1). X. 250. — «San Platón». — Metalización hidrotermal en bandas.

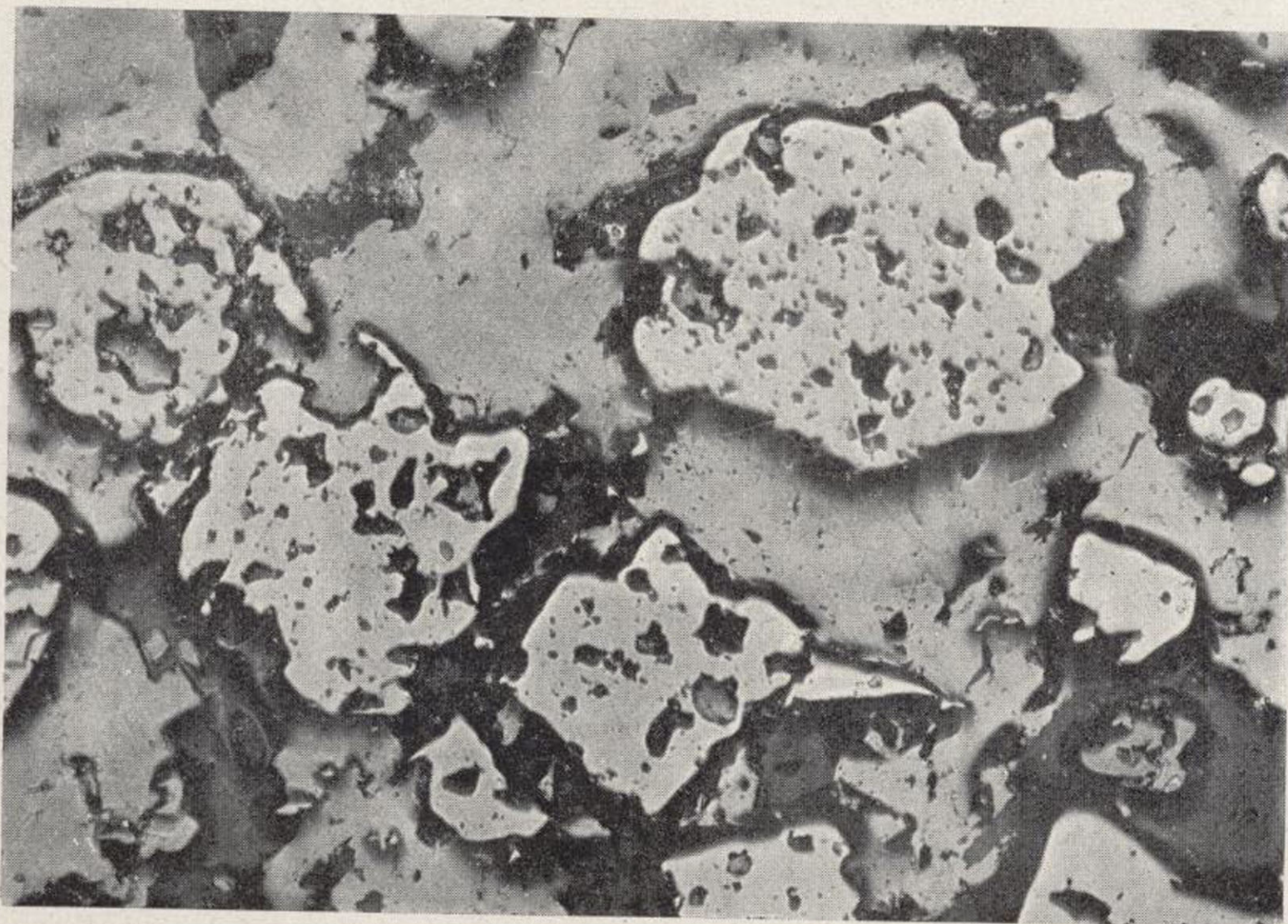
Aspecto microscópico de una de las bandas amarillas claras, constituida por cristales aislados de piritita, con restos de la roca incluidos en su seno y parcialmente sustituidos por calcopiritita (cemento algo más oscuro que los cristales corroídos de piritita) y cuarzo (manchas negras).





Fot. 33.—(P-60-1). «San Platón». Metalización en bandas. — Estructura pseudofluidal.

Aspecto macroscópico (tamaño natural) de la metalización en bandas, producida por sustitución hidrotermal del pórfido hojoso por pirita, calcopirita, blenda y galena principalmente. (Véase fots. 6 y siguientes, de «S. Platón».)



Fot. 34.—(P-60-1). X. 250.—«San Platón».—Metalización hidrotermal en bandas.

Aspecto microscópico de una de las bandas amarillas claras, constituida por cristales aislados de pirita, con restos de la roca incluidos en su seno y parcialmente sustituidos por calcopirita (cemento algo más oscuro que los cristales corroídos de pirita) y cuarzo (manchas negras).

Las corridas del grupo 3) son en la región mucho más abundantes que los filones 4), por lo cual es lógico en la prospección del cobre conceder a las primeras más importancia que a éstos. De no darse el caso afortunado del hallazgo de grandes masas ocultas piritosas hidrotermalizadas *in situ* y, por tanto, probablemente ricas en calcopirita primaria, la búsqueda de corridas hidrotermales ocultas como las de la zona de «San Platón» tiene, si cabe, el máximo interés para la obtención del cobre que necesita la industria y economía nacional.

Durante la fase hidrotermal del proceso genético de los criaderos, se desprendieron, al descender la temperatura y presión, todos los elementos inestables, afectando a las rocas laterales. Estos efectos fueron: en dirección (corridas), laterales y en altura. Los laterales han dependido en gran parte del grado de permeabilidad y fisuración de las rocas encajantes respecto a los vapores y gases desprendidos y a las presiones desarrolladas, observándose en la práctica desde contactos limpios y sin apenas superficie de separación hasta zonas de transición entre la masa de pirita y la roca normal encajante.

Los efectos en dirección y en altura han sido más importantes, y se desarrollaron por la zona de fisuración o fractura que sirvió de fundamento al proceso de formación y localización de la masa. Los efectos de silicatación fueron los más sensibles, sobre todo en las zonas altas de fractura, por donde en definitiva ocuparon o se difundieron los últimos gases y vapores. Entre ellos, el agua cargada de anhídrido carbónico, ambos elementos de procedencia magmática, podía llevar en disolución diversos minerales, y siendo la sílice el más importante y libre de las últimas reacciones magmáticas, entró en cierta proporción en la masa de sulfuros disueltos por los citados vapores y aguas

magmáticas, y se desprendió en la última fase alcanzando las partes más elevadas de la formación para depositarse, primero en forma de sílice anhidra, por las fisuras del terreno y, más tarde, al alcanzar las regiones superiores y desprenderse rápidamente el anhídrido carbónico contenido como sílice hidratada (jaspes y porcelanitas), análogamente a lo que acontece actualmente en los geiseres de Islandia.

También fueron arrastrados en este proceso, aunque en menores proporciones, la cal, barita, magnesia y sulfuros de hierro, que fueron, por decirlo así, los elementos *residuales* del proceso mineralógico, todos los cuales se precipitaron en unión de la sílice en forma de vetas irregulares, desarrolladas marginalmente en las masas de pirita, y con más intensidad en algunos puntos en que el grado de explotación demostró que el terreno encajante de las vetas cabalgaba sobre protuberancias de las mismas. Existen asimismo, fenómenos de silicatación de tipo metasomático, en los que las pizarras fueron sustituidas parcial o totalmente por la sílice hidratada (jaspes), según se ha expuesto anteriormente.

Igualmente fueron transportados en el proceso los silicatos y carbonatos de manganeso que, atravesando, por decirlo así, la fase hidrotermal, alcanzaron las partes más elevadas de la formación, concentrándose con importancia suficiente para ser explotados, en algunos casos, como menas manganésíferas. Estos minerales fueron seguidos en profundidad en sus manifestaciones piritosas hasta descubrirse verdaderas masas de pirita, como en el caso de la mina «La Torerera».

Ahora bien, las citadas manifestaciones silíceas que, en uno y otro caso, hemos considerado, son corrientes en todas las aureolas metamórficas de los macizos ígneos de la región, pero en ellos raras veces se aprecian indicios de

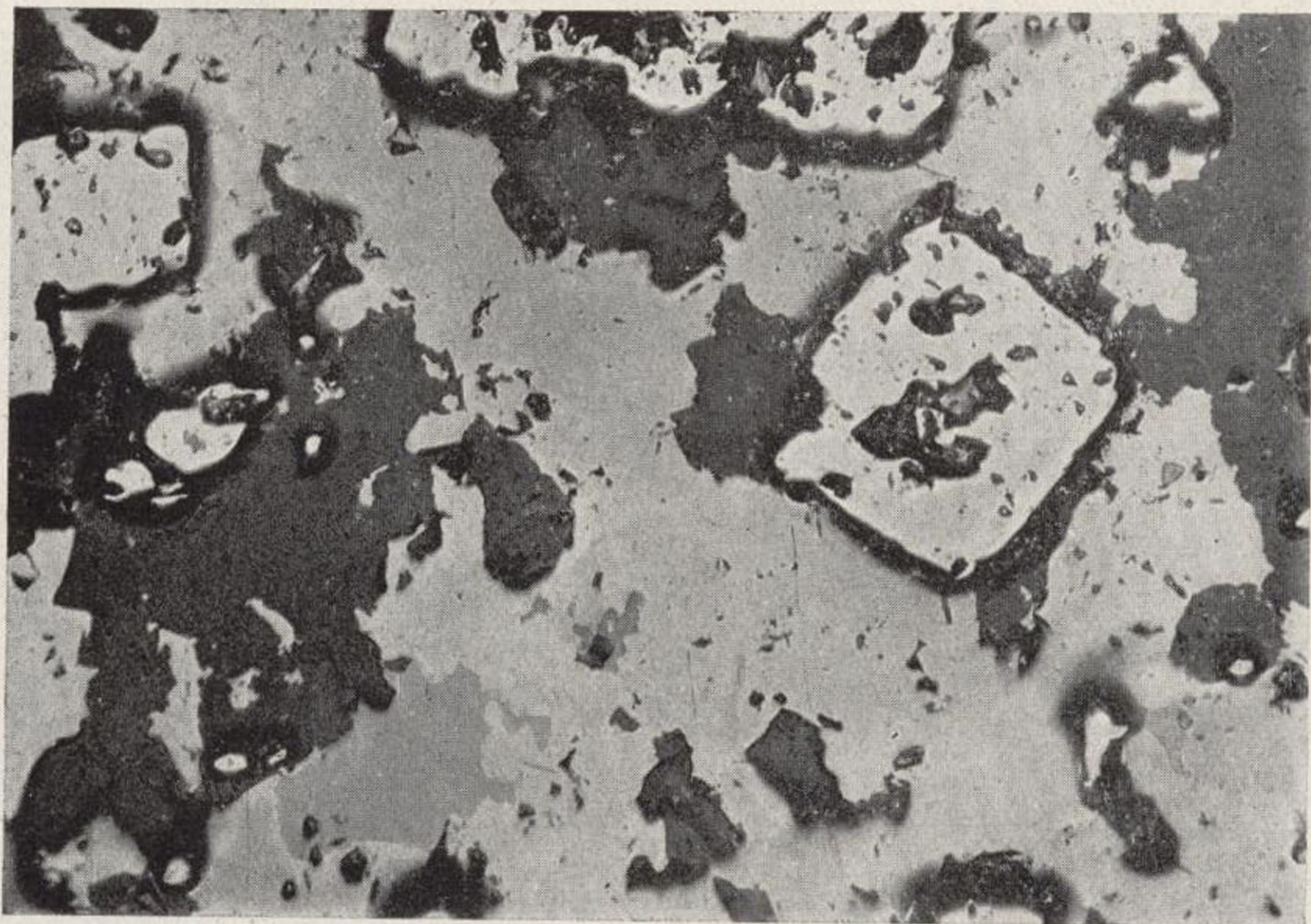


Fot. 35.—(P-60-4).—«San Platón».—Metalización hidrotermal en bandas. Aspecto microscópico de una de las bandas amarillas. Cristales hipoidiomórficos de pirita (con gran relieve) sustituidos parcialmente por calcopirita (campo general claro) y carbonato (gris oscuro). En la masa central izquierda de la calcopirita una mancha gris clara de tetraedrita.



Fot. 36.—(P-60 2). X. 250.—«San Platón».—Metalización hidrotermal en bandas.

Aspecto microscópico de una de las bandas grises. Campo general gris de blenda, sustituyendo parcialmente a los cristales idiomórficos e hipoidiomórficos de pirita (claros). Las masas oscuras, con relieve, son de cuarzo y de restos de la roca metalizada.



Fot. 35.—(P-60-4).—«San Platón».—Metalización hidrotermal en bandas.

Aspecto microscópico de una de las bandas amarillas. Cristales hipoidimórficos de pirita (con gran relieve) sustituidos parcialmente por calcopirita (campo general claro) y carbonato (gris oscuro). En la masa central izquierda de la calcopirita una mancha gris clara de tetraedrita.



Fot. 36.—(P-60 2). X. 250.—«San Platón».—Metalización hidrotermal en bandas.

Aspecto microscópico de una de las bandas grises. Campo general gris de blenda, sustituyendo parcialmente a los cristales idiomórficos e hipoidiomórficos de pirita (claros). Las masas oscuras, con relieve, son de cuarzo y de restos de la roca metalizada.

carbonatos, barita, clorita y, sobre todo, cristales de pirita de hierro. De este modo, las venas de sílice, con los citados elementos, y muy especialmente los cristales de pirita de hierro, pueden constituir, algunas veces, manifestaciones expansivas indicadoras de posibles masas ocultas.

También son corrientes, en los contactos de las masas y, sobre todo, en las cuñas o enclavados de estériles, los efectos metamórficos de cloritización que precedieron a la digestión de los enclavados. Estas zonas cloritizadas, así como las pizarras ampelíticas, constituyen otra variedad de manifestaciones expansivas.

Las manifestaciones silíceas de la fase hidrotermal, alcanzaron a veces tal importancia que han formado masas de sílice de color blanco-azulado, semejante al de la sílice coloide, con múltiples cristales de pirita (corta «San Germán», minas «San Telmo», «Peña del Hierro» y otras), como segregaciones de las masas de pirita que han llegado a la superficie actual y adquirido por oxidación un intenso matiz rojizo con aspecto de falsos afloramientos, pues en realidad constituyen una manifestación expansiva.

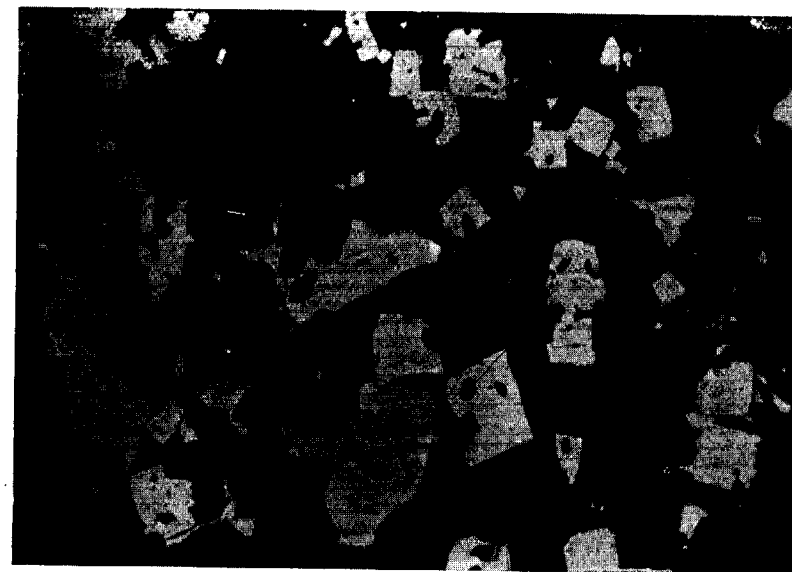
Las manifestaciones de sílice, anhidra e hidratada, se prolongan repetidas veces o aparecen aisladas siguiendo la dirección de las masas para formar lo que llamamos *corridas*, acompañadas siempre de abundantes óxidos de hierro que producen intensa coloración rojiza, unas veces en forma terrosa, con vetas de sílice, y otras compactas, formando verdaderas crestas, por la mayor abundancia de la sílice. Pueden, ser indicios, en ciertos casos, de masas de pirita en profundidad.

Acerca de los efectos de cloritización, debemos exponer algunas consideraciones relacionadas con la existencia de masas piritosas ocultas. En los contactos de los macizos ígneos con las rocas sedimentarias, es frecuente la presen-

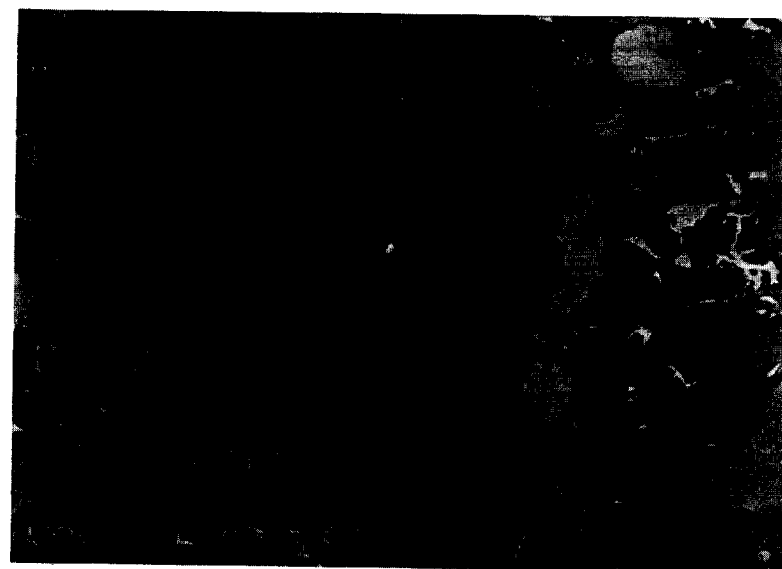
cia de rocas indefinidas por su aspecto físico, que se consideran como efectos metamórficos producidos por la masa hipogénica; pero ocurre más, puesto que se observen vetas de pequeño espesor y aun de formas irregulares y difusas, de cortas dimensiones, comprendidas en la masa de un gran macizo porfídico y consideradas como pequeños enclavados de pizarra. Estas rocas, sobre todo las de forma irregular, raras veces presentan textura pizarreña, rompen en fragmentos irregulares, poseen color verdoso y son francamente cloríticas, con aspecto de un lodo solidificado.

Repetidas veces hemos reconocido los enclavados de pizarra de forma angulosa en los macizos porfídicos próximos a los contactos con las pizarras (minas «Asperón» y otras) que en nuestro sentir constituyen productos de arrastre originados por la fricción del macizo ígneo sobre las pizarras fisuradas. En cambio, los del caso anterior son, a nuestro juicio, lodos de procedencia ígnea, formados en los últimos efectos de la fase hidrotermal del magma porfídico, es decir, las postreras *formaciones residuales* del mismo.

Fenómenos semejantes hemos observado en las proximidades de las masas de pirita. En la mayor parte de los casos, sobre todo en el de masas de contacto con la roca ígnea, se aprecia la existencia de una roca de separación de textura pizarreña, clorítica o talcosa, de espesor variable, que forma como un falso respaldo. No parece lógico suponer que haya quedado siempre entre la masa ígnea y la de pirita una delgada cuña de pizarra y tampoco pueden considerarse como efectos secundarios, pues, en caso tal, se observarían en ella las oxidaciones y como último efecto las caolinizaciones. Tampoco cabe admitir, por último, que sean un efecto metamórfico original de la masa de pirita

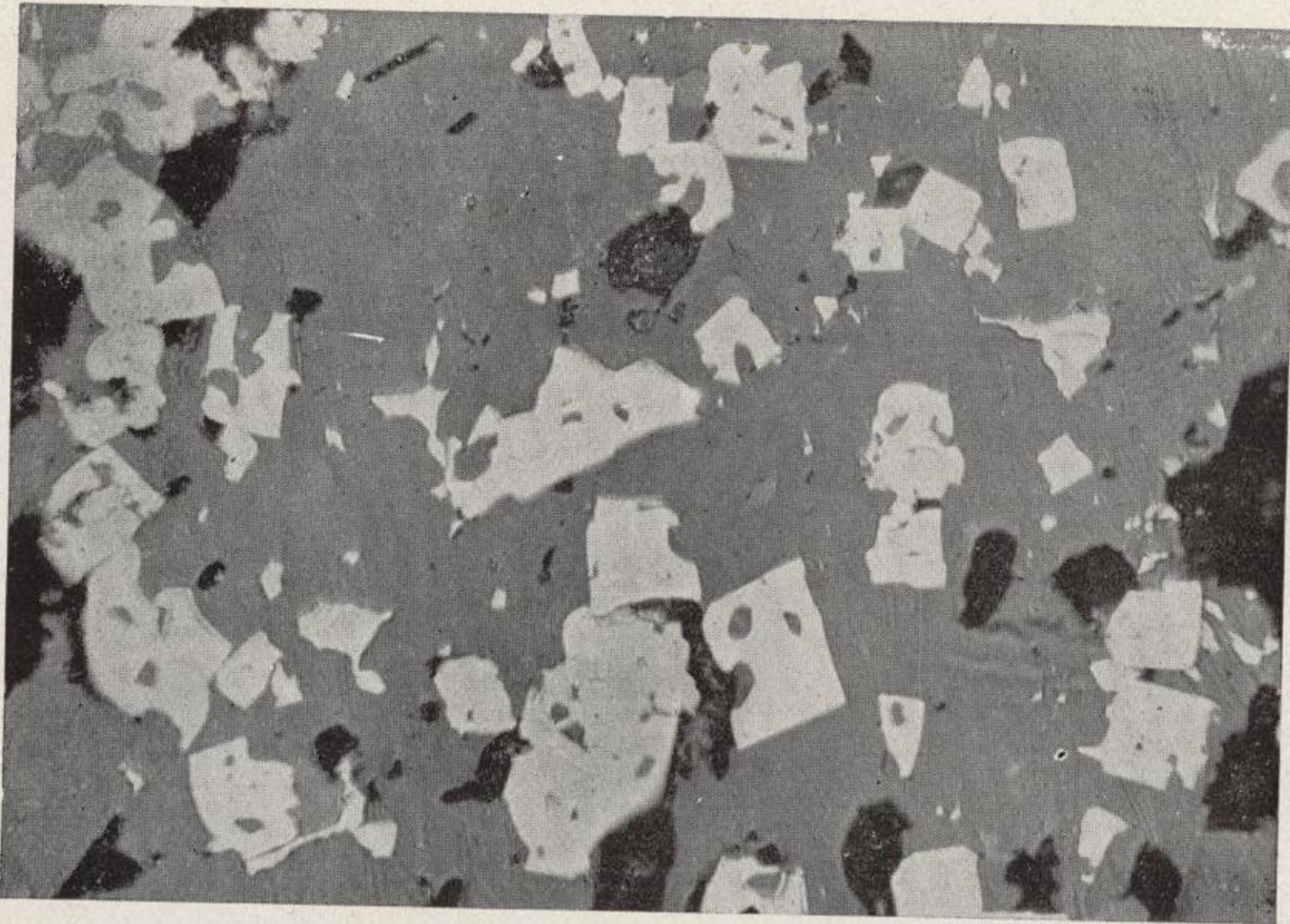


Fot. 37.—(P-61-1-2). X. 250. «San Platón».—Metalización en bandas. Aspecto microscópico de una banda gris, mostrando la edad relativa entre la pirita (cristales idiomórficos claros) y la banda (masa gris). Las manchas negras son de cuarzo y de restos de la roca. Fotografía hecha con objetivo de inmersión.

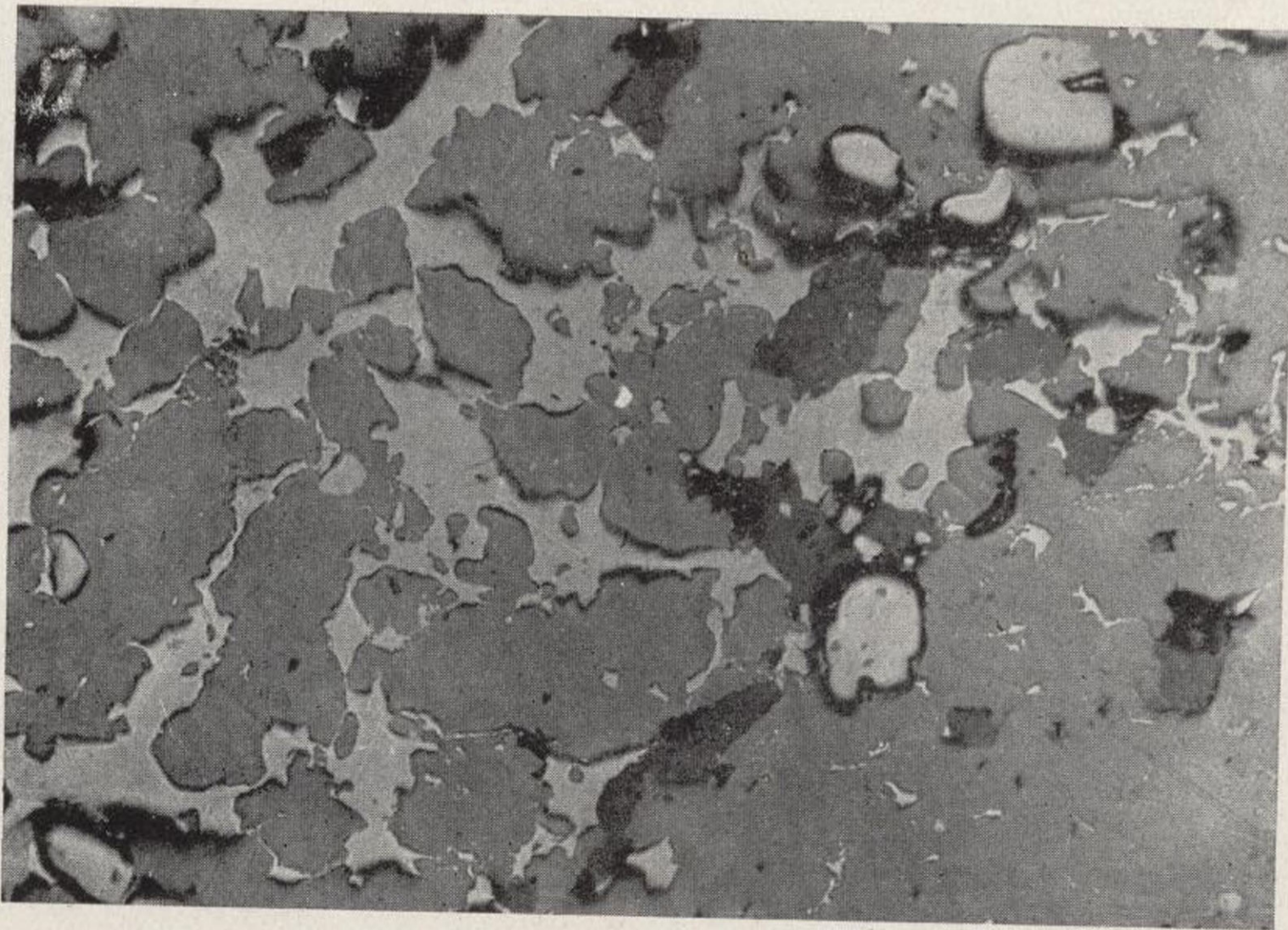


Fot. 38.—(P-61-1-1). X. 250. «San Platón».—Metalización en bandas. Aspecto microscópico de una banda clara. Metalización avanzada de galena (masas grises claras con poco relieve) sustituyendo a la blenda (campo gris). Algunos cristales de pirita (redondeados, claros y con relieve) y manchas oscuras de cuarzo y carbonato.





Fot. 37.—(P-61-1-2). X. 250. «San Platón».—Metalización en bandas.
Aspecto microscópico de una banda gris, mostrando la edad relativa entre la pirita (cristales idiomórficos claros) y la banda (masa gris). Las manchas negras son de cuarzo y de restos de la roca. Fotografía hecha con objetivo de inmersión.



Fot. 38.—(P-61-1-1). X. 250. «San Platón».—Metalización en bandas.
Aspecto microscópico de una banda clara. Metalización avanzada de galena (masas grises claras con poco relieve) sustituyendo a la blenda (campo gris). Algunos cristales de pirita (redondeados, claros y con relieve) y manchas oscuras de cuarzo y carbonato.

sobre la roca ígnea o viceversa, y así es preciso imaginar lodos cloríticos *en su última fase hidrotermal*.

Estos lodos cloríticos pudieron refluir hacia las partes altas, donde se observan en forma arcillosa o bien endurecidos por la sílice coloide, hasta formar jaspes de color verde. A nuestro juicio, entran a formar parte de las manifestaciones expansivas que se diferencian de las análogas de los pórfidos por la presencia de cristales de pirita visibles o microscópicos.

Todas las manifestaciones expansivas, silíceas, silico-carbonatadas, piritosas y las últimamente citadas, se han hecho sensibles en la roca porfídica, cuando ésta se superpone o cobija a la masa de pirita, de modo que pueden constituir indicios de masas ocultas, como en la «Norte» de la mina «El Castillo de las Guardas».

Las manifestaciones secundarias se deben a la alteración superficial, tanto de las masas de pirita como de sus efectos expansivos, con todo el cortejo de oxidaciones, disoluciones, fenómenos de caolinización, enriquecimiento, impregnación, etc., ocasionados por las acciones física y química de los agentes exteriores.

La importancia de tales manifestaciones debe hallarse en relación con la de los elementos oxidables y solubles expuestos a los efectos de superficie por la erosión, y es claro que las piritas y sus manifestaciones piritosas producirán los máximos efectos, en cuanto a aspecto exterior, siquiera dependan de la naturaleza de las manifestaciones descubiertas por la erosión o, en definitiva, de la profundidad a que se encuentre la masa de pirita.

PROSPECCIÓN

Con arreglo a cuanto ha quedado expuesto, pueden abrigarse fundadas esperanzas sobre la existencia de nuevos yacimientos cupríferos en la región, todavía no descubiertos por la erosión y que carecen de los afloramientos clásicos que tanto llamaban la atención de los mineros en épocas pretéritas.

Los fenómenos de oxidación exterior, impropriamente denominados *monteras* de los criaderos, han sido los que en el pasado servían de guía para los descubrimientos, pero no puede negarse que en ocasiones fueron causa de interpretaciones erróneas respecto a su verdadera naturaleza. Según hemos visto, unas veces representan las raíces oxidadas de los yacimientos, otras constituyen grandes derrubios procedentes de la destrucción de verdaderos afloramientos, y otras, por último, en virtud del transporte a distancia, los referidos derrubios han llegado a constituir verdaderas tobas. De aquí que, a veces, sumados unos y otros fenómenos, hayan dado tal amplitud aparente a los mal llamados afloramientos, que se presumió la existencia en profundidad de importantes masas minerales, que resultaron luego imaginarias.

Así, para una prospección eficaz es preciso acudir a los

caracteres que señala el proceso metalogénico de los criaderos, y a fin de que puedan interpretarse acertadamente las manifestaciones exteriores, tanto cuando se trata de verdaderos afloramientos o asomos de las masas oxidadas de pirita, como en el caso de manifestaciones expansivas, ambos afectados por las manifestaciones secundarias, exponemos gráficamente los diferentes tipos de localización de los depósitos y los de impregnaciones de pirita, que pueden constituir manifestaciones difusas de masas en profundidad.

Con respecto a las masas aflorantes, se observan en la práctica tres casos:

- I. Masa marginal o de contacto (fig. 1).
- II. Masa desplazada del macizo ígneo (fig. 2).
- III. Masa encajada en dicho macizo (fig. 3).

En los cuales admitimos una gran concentración de sulfuros y posible acumulación en el proceso metalogénico para constituir masas de importancia.

Puede ocurrir que, bien porque la concentración de sulfuros en el magma fuese débil, o por frustrarse el proceso en virtud de las especiales condiciones del medio, se difundiesen aquéllos en la roca porfídica o en los estratos pizarreños, y hayan formado filones, vetas delgadas o cristales aislados. Prácticamente se presentan los dos casos que siguen:

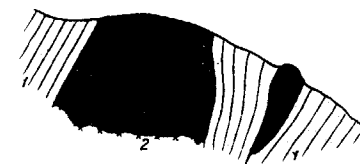
- IV. Pórfidos impregnados (fig. 4).
- V. Pizarras impregnadas (fig. 5).

En el primero de los cuales (IV) la impregnación de pirita pudo ser la base de una masa erosionada, o bien efecto difuso en altura de masa oculta a mayor profundidad. Asimismo puede presentarse en hondura marginalmente (figura 6) y aun desplazada (fig. 7), y en ambos casos entran en la categoría de masas ocultas.

E LAS MASAS DE PIRITA

3 GEOLOGICOS

2 MASA DESPLAZADA DEL MACIZO PORFÍDICO



4 PORFIDOS IMPREGNADOS



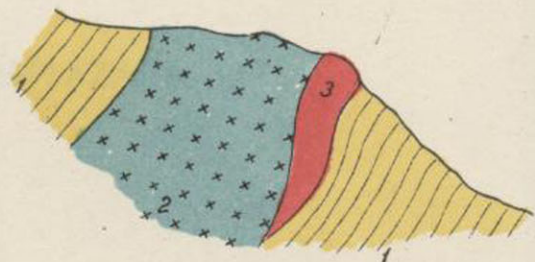
- 1 Pizarras
- 2 Roca ígnea
- 3 Pórfido impregnado
- 4 Vetas e impregnación de pirita



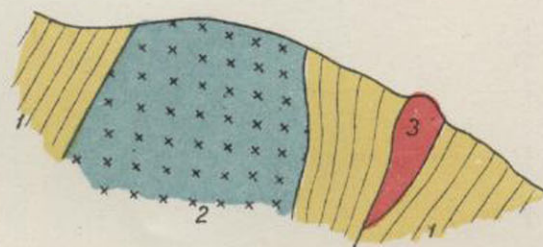
LOCALIZACION DE LAS MASAS DE PIRITA

CROQUIS GEOLOGICOS

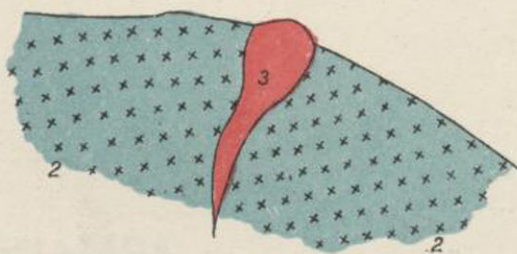
1 MASA MARGINAL O DE CONTACTO



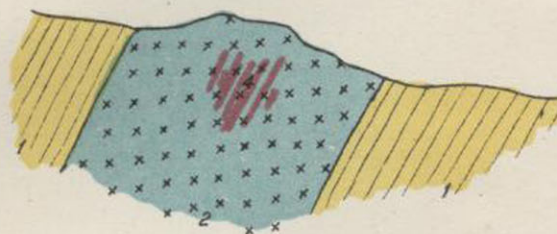
2 MASA DESPLAZADA DEL MACIZO PORFIDICO



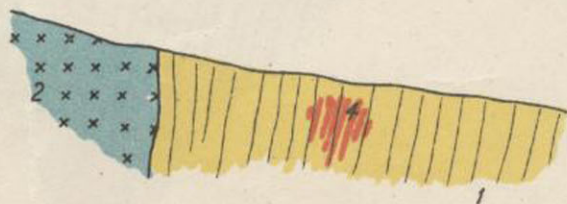
3 MASA ENCAJADA EN EL MACIZO PORFIDICO



4 PORFIDOS IMPREGNADOS



5 PIZARRAS IMPREGNADAS



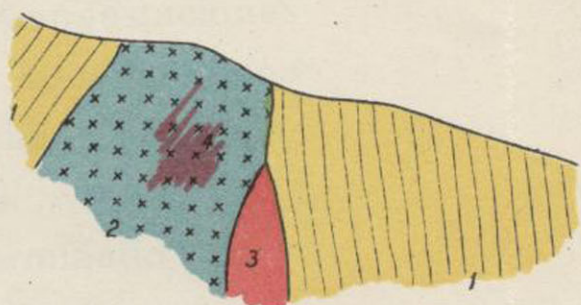
- 1 Pizarras
- 2 Roca ígnea
- 3 Pórfido impregnado
- 4 Vetas e impregnación de pirita



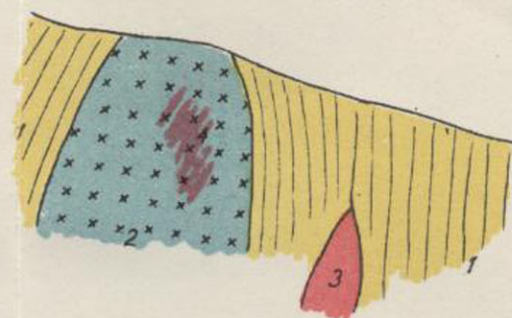
LOCALIZACION DE LAS MASAS DE PIRITA

CROQUIS GEOLOGICOS

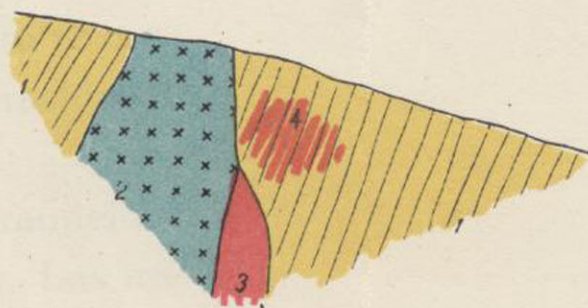
6 MASA OCULTA MARGINAL



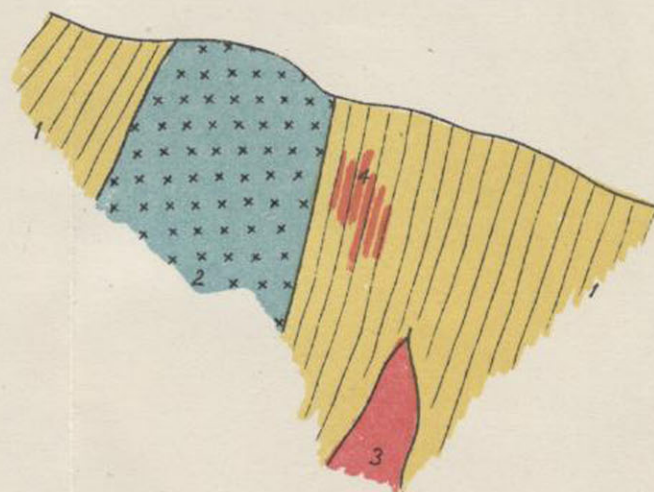
7 MASA OCULTA DESPLAZADA



8 MASA DE CONTACTO



9 MASA DESPLAZADA



- 1 Pizarras
- 2 Roca ígnea
- 3 Pórfido impregnado
- 4 Vetas e impregnación de pirita

En el otro tipo (V) puede ocurrir también que en profundidad existan acumulaciones de pirita en forma de filones, masas marginales (fig. 8) o desplazadas (fig. 9) de la roca ígnea, resultando ser las manifestaciones de vetas, filoncillos o impregnaciones piritosas, efectos producidos en el período neumotermal.

Se deduce de lo expuesto la importancia de los efectos de la denudación que, por sus acciones demoledoras y de arrastre, puede poner al descubierto desde la parte superior de las masas, con leves indicios de manifestaciones expansivas, hasta las raíces profundas de aquéllas (mina «Divino Rostro», del término de Santa Bárbara, por ejemplo), con todas las gradaciones intermedias.

El caso de masa aflorante queda determinado por la presencia de los productos debidos a la oxidación completa de las piritas. Cuando éstas son de gran pureza se han transformado en hematites, y si contienen abundante sílice se han transformado en hematites concrecionadas de aspecto escoriáceo.

Generalmente, por efecto de la disminución de masa y volumen debida a las disoluciones, se han producido hondonadas en unos puntos y aplastamientos o laminaciones en otros, y son corrientes las caolinizaciones laterales producidas por las aguas ácidas, que originan la alteración de las piritas.

Los efectos aparentes de estas formas de afloramiento, suelen ser extraordinarios por su gran volumen. Las impregnaciones secundarias, la acumulación y aglomeración de detritus, y los derrubios caídos en los laterales de los verdaderos afloramientos, hicieron concebir masas muy superiores a las que en realidad pusieron de manifiesto los trabajos de investigación. Es, pues, interesante, el estudio de las manifestaciones expansivas, ya que existen minas

(como «La Zarza») donde la masa piritosa se desarrolla extraordinariamente sin los afloramientos típicos, y sólo presenta en la superficie ligeras manifestaciones expansivas.

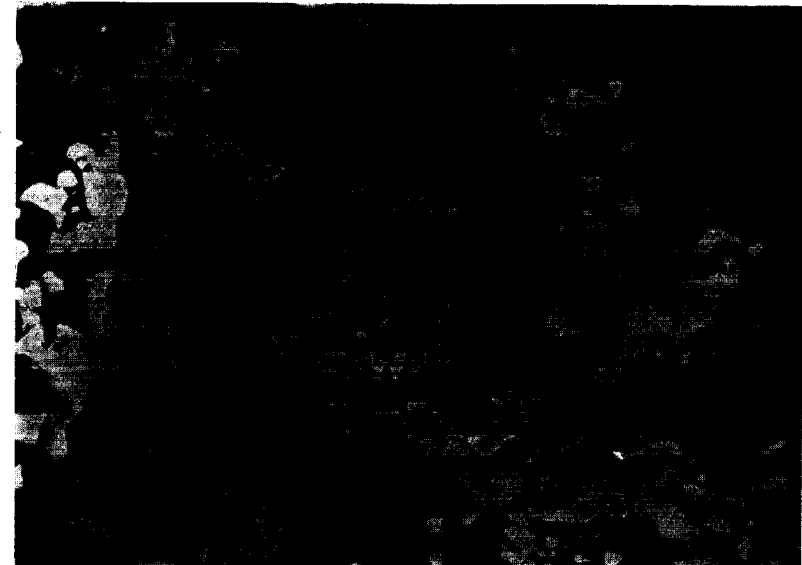
En el caso de masas aflorantes, puede completarse imaginariamente la parte que resta con la destruída y todas las manifestaciones expansivas, hasta la primitiva superficie. Inversamente, de la existencia de dichas manifestaciones expansivas, cabe deducir la probabilidad de una masa oculta a mayor o menor profundidad.

Sobre el desarrollo en altura de las referidas manifestaciones nada puede precisarse, y hasta pueden pasar inadvertidas cuando los últimos efectos han quedado difundidos en el terreno o cuando carecen de direcciones definidas.

Desde luego es innegable el valor de las manifestaciones expansivas si van acompañadas de cristales de pirita, pues éstos ponen de relieve la existencia de un proceso metalogénico.

La presencia de estas manifestaciones expansivas, la naturaleza de las corridas, la constitución geológica y tantos otros caracteres favorables del país, señalan en éste zonas apropiadas para la aplicación de los modernos métodos de exploración geofísica, con la mira de resultados prácticos relativamente al descubrimiento de nuevas riquezas. Tales son las que corresponden a las concesiones de «El Castillo de las Guardas», «Nazareth», coto de «El Vicario», grupo minero conocido de antiguo con el nombre de «La Ratera», minas «San Eduardo», «María Matilde», «San José» y «San Platón», y sector al Oeste de esta última hasta «San Miguel» y alrededores de Valdelamusa.

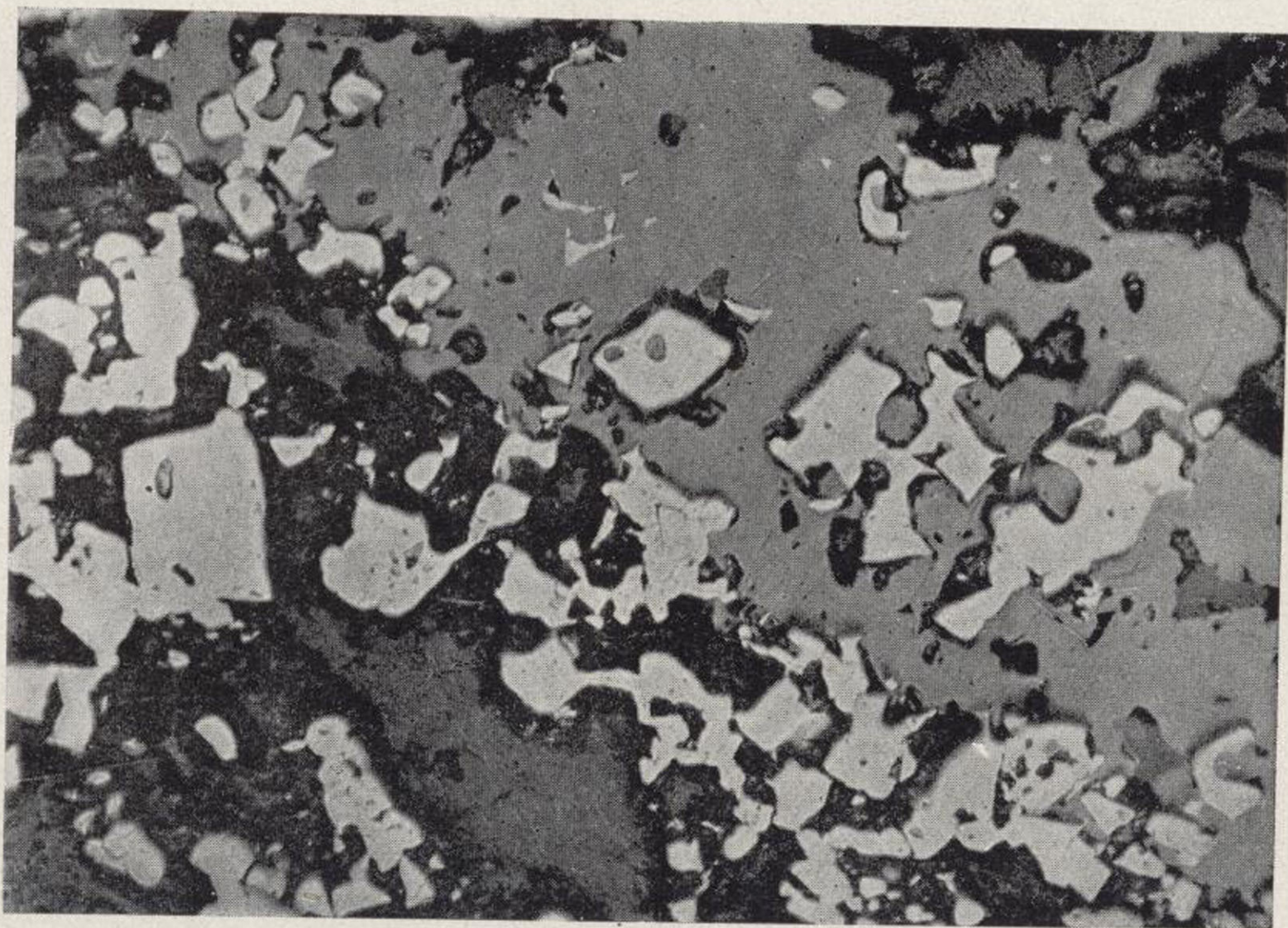
Se decidió así emprender investigaciones por el método eléctrico, comenzando en «El Castillo de las Guardas», para determinar la continuación oriental de la masa «Sur», que



Fot. 39.—(P-61-1-2). X. 250. «San Platón». Metalización hidrotermal en bandas.

Aspecto microscópico de la línea divisoria entre una banda oscura y otra clara (marcada en la fotografía por la diagonal descendente de izquierda a derecha). En la parte superior de dicha diagonal cristales de pirita claros con restos de roca (manchas oscuras) y cuarzo (manchas algo más claras que la roca). En la mitad, a la izquierda de la diagonal, masa gris de blenda sustituyendo a la pirita (clara), con pequeñas masas blancas, sin relieve de galena.





Fot. 39. — (P-61-I-2). X. 250. «San Platón». --Metalización hidrotermal en bandas.

Aspecto microscópico de la línea divisoria entre una banda oscura y otra clara (marcada en la fotografía por la diagonal descendente de izquierda a derecha). En la parte superior de dicha diagonal cristales de pirita claros con restos de roca (manchas oscuras) y cuarzo (manchas algo más claras que la roca). En la mitad, a la izquierda de la diagonal, masa gris de blenda sustituyendo a la pirita (clara), con pequeñas masas blancas, sin relieve de galena.



hacia verosímil la existencia de la montera ferruginosa que allí se encuentra y, asimismo, la prolongación, presumida hacia el propio rumbo, de la masa «Norte».

Los trabajos han sido realizados por la «Sociedad Española de Prospección Eléctrica, Limitada», que representa en España las patentes y métodos de prospección que se emplean en Suecia, y cuenta con modernos equipos de trabajo, capaces de asegurar la buena ejecución de éste.

En el mes de mayo comenzó la prospección geoelectrica, reconociéndose una superficie de tres kilómetros cuadrados de extensión, aproximadamente.

En este sector, las masas de pirita encajan en un macizo de pórfido cuarcífero aflorante, con zonas de textura felsítica, limitado al Norte por dioritas y, al Sur, por pizarras clasificadas como silurianas. Los pórfidos presentan ocasionalmente masas lenticulares en pizarras y rocas ígneas estratiformes, estas últimas difíciles de distinguir, en ocasiones, de las pizarras propiamente dichas. El macizo porfídico está atravesado por algunos diques de diabasa, cuarzo y pórfido granítico, con diferentes rumbos. La dirección general de la masa de pórfido, que ofrece una potencia aproximada de un kilómetro, es sensiblemente de Este a Oeste.

En la parte central de la superficie estudiada, aflora una masa de pirita de unos 650 metros de corrida aproximada, bastante rica en su extremo Oeste, pero de ninguna importancia económica en la actualidad, en su parte oriental. El rasgo más notable del terreno, en sus aspectos orográfico y geológico, lo constituye el cerro Colorado, formado en parte por la montera de hierro oxidado, producto de la alteración de la superficie de la masa de pirita a que hemos hecho referencia; y además, un dique de pórfido granítico, perfectamente determinado, que sigue paralelo y al Sur de los citados afloramientos y que en el extremo



occidental se inflexiona al NO., limitándolos en su extremo Oeste.

Se corresponde este afloramiento en profundidad con la rica masa de piritas, en gran parte explotada, denominada «Masa Sur», pero es muy interesante observar que, al Norte de la misma, fué descubierta en los trabajos mineros una nueva, denominada «Masa Norte», que se inicia aproximadamente en el nivel del piso 9.º, cuyo fenómeno comprueba y fundamenta la posibilidad de masas ocultas sin afloramientos aparentes, al menos bajo la forma de montañas ferruginosas.

Habida cuenta de las condiciones geológicas del terreno y de los caracteres físicos, tanto de las masas minerales como de la roca madre, se eligió para la prospección el método electromagnético, que parecía el más favorable. En efecto, las masas minerales, constituyen un buen conductor cuando ofrecen, en general, corridas de gran longitud, mientras que la roca encajante, en este caso, constituye un mal conductor o no lo es en absoluto, siempre que no esté alterada.

Por otra parte, como la descomposición de los pórfidos y las pizarras es poco profunda, los conductores superficiales no pueden falsear los resultados. Las masas minerales, por presentarse a veces a gran profundidad, no hacen recomendable la utilización de los métodos de «calicatas eléctricas» y, por otra parte, los «sondeos eléctricos» resultarían interesantes tan sólo para la investigación de detalle, en los casos en que concurran las necesarias buenas condiciones geológicas.

Una masa de pirita, por ofrecer densidad comprendida entre una y dos veces la del pórfido, permite ser localizada mediante investigación gravimétrica efectuada con aparatos muy sensibles, tales como la balanza de torsión o, to-

davía mejor, con uno de los modernos tipos de gravímetros, si la profundidad de la masa mineral, comparada con su volumen, no es excesiva.

Una masa de pirita de 40 metros de potencia y de 120 metros de dimensión vertical máxima, con corrida muy larga, alojada a 80 metros de profundidad, proporcionará una anomalía sobre el centro de la masa de, aproximadamente, 0,9 mgals.; mientras que a 100 metros de separación de la masa, la anomalía solamente será de 0,6 a 0,7 mgals. Esto exige la ejecución de correcciones topográficas muy cuidadosas, al objeto de permitir la localización exacta de las masas minerales en terrenos similares al de esta zona, constituyendo, por lo tanto, las investigaciones gravimétricas un medio menos adecuado al trabajo de reconocimiento, puesto que exige en primer lugar disponer de planos topográficos perfectos, dotados de curvas de nivel muy próximas.

La «Sociedad Española de Prospección Eléctrica, Limitada», ha utilizado los métodos: Turam, como método principal de reconocimiento general y de detalle; Racom, para la comprobación de las indicaciones logradas con el Turam y compensador Sundberg, para comprobar los resultados obtenidos con el Racom en el extremo occidental de esta zona.

Método Turam.—Es un método electromagnético que utiliza mediciones de fase, por lo que ofrece la posibilidad de diferenciar incluso dos conductores adyacentes, si presentan conductividad distinta.

El principio a que responde este método, puede resumirse, en pocas líneas, como sigue:

La operación se efectúa mediante mediciones de la relación de amplitud y de la diferencia de fase, anotadas entre puntos de observación adyacentes en el campo elec-

tromagnético producido por una corriente alterna de dos amperios y 540 períodos por segundo, que se establece en un cable rectilíneo de relativa longitud, puesto a tierra en sus dos extremidades, o bien en espiras rectangulares o circulares.

El equipo utilizado para las mediciones se compone de dos carretes de inducción, devanados cada uno con mil doscientas vueltas de hilo de cobre aislado, arrollado sobre un aro de aluminio. Estos carretes de inducción están conectados, mediante cables eléctricos de dos conductores, al Turam propiamente dicho, que es sencillamente un puente de resistencias variables.

Los conductores eléctricos ocultos en el terreno, se caracterizan por ofrecer diferencias de fase y relaciones anormales de amplitud. Como el eje de la concentración de corriente se aproxima al borde del cuerpo conductor más cercano al cable, la ejecución de dos mediciones, a base cada una de un tendido de cable opuesto, proporciona la información correspondiente a la potencia del cuerpo conductor subyacente.

Método Racom.—Con él se estudia la distribución de potencial a lo largo de una línea recta cuyo origen esté próximo a un electrodo puesto a tierra, conectado mediante un cable aislado, por el cual circula una corriente eléctrica, con otro electrodo muy distante.

El equipo consiste, esencialmente, en el propio Racom, que no es sino un conjunto de resistencias variables con una inductancia variable también, y de tres electrodos. Las relaciones de caídas de potencial entre estos electrodos, se miden previa compensación de las resistencias de contacto entre el terreno y los electrodos. La inductancia variable se utiliza para provocar una tensión defasada que compense las diferencias de fase. La distancia existente



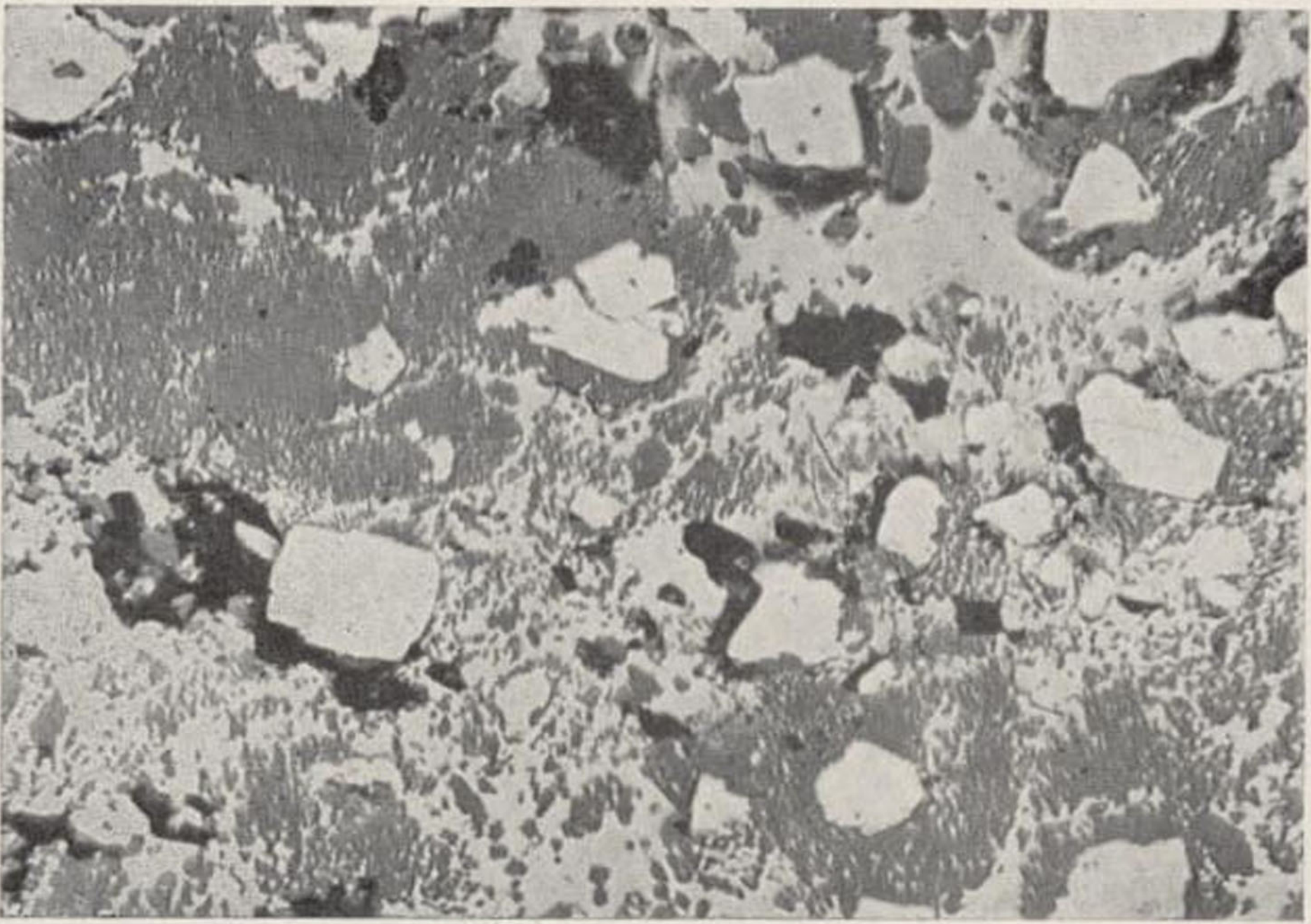
Fot. 40.—(P-61-2-1). X. 250. «San Platón».—Metalización hidrotermal en bandas.

Aspecto microscópico de una banda. Campo general blanco de galena finisimamente interpenetrando y sustituyendo a la blenda (masa gris claro). Los cristales claros idiomórficos e hipoidimórficos son de pirita y las manchas oscuras diseminadas, restos de la roca metalizada



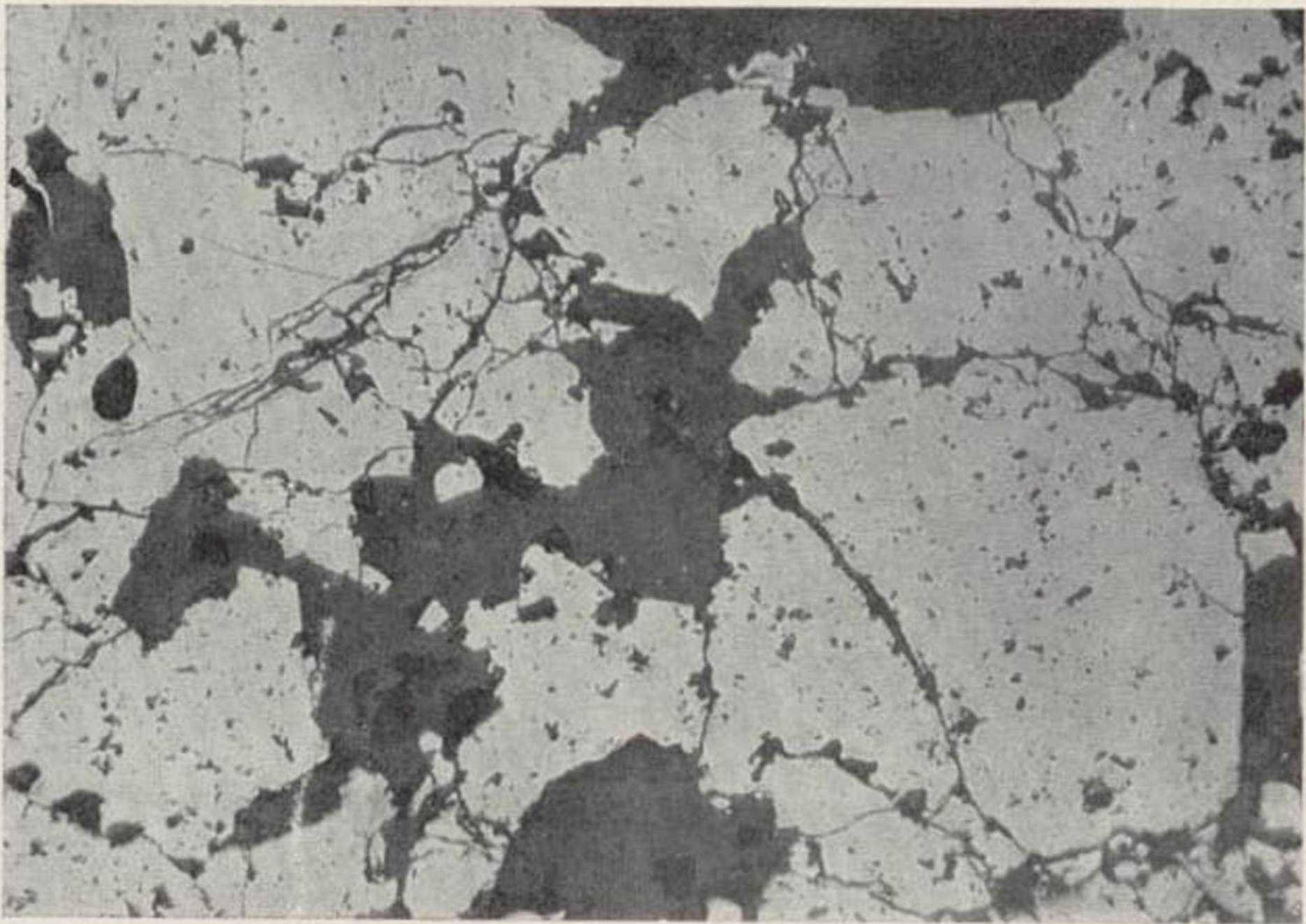
Fot. 41.—(p-65). X. 120. «Castillo de las Guardas».

Mispíquel (blanco) y cuarzo (gris) de los filones arsenicales de cuarzo, situados al Norte y cercanos a la masa piritosa de las Minas del Castillo.



Fot. 40.—(P-61-2-1). X. 250. «San Platón».—Metalización hidrotermal en bandas.

Aspecto microscópico de una banda. Campo general blanco de galena finisí-
mamente interpenetrando y sustituyendo a la blenda (masa gris claro). Los
cristales claros idiomórficos e hipoidimórficos son de pirita y las manchas
oscuras diseminadas, restos de la roca metalizada



Fot. 41.—(p-65). X. 120. «Castillo de las Guardas».

Mispíquel (blanco) y cuarzo (gris) de los filones arsenicales de cuarzo, situa-
dos al Norte y cercanos a la masa piritosa de las Minas del Castillo.

entre los electrodos de medida se va aumentando paulatinamente con la distancia a que se trabaje del electrodo de corriente.

El equipo puede ser utilizado tanto para «calicatas eléctricas», como para «sondeos eléctricos». Con estos últimos puede llegarse a determinar la profundidad existente desde la superficie hasta diferentes niveles de conductibilidad distinta de las que concurren en la formación superficial.

Compensador Sundberg.—Puede ser utilizado para exploraciones, tanto en sentido vertical como en horizontal. En el primero de estos casos, su diferencia con el método Turan es muy reducida, según puede deducirse de lo que sigue:

En la exploración en sentido vertical (principalmente en los casos de trabajos tectónicos) las determinaciones de profundidad se efectúan a lo largo de una línea de perfil, sobre la cual se tiende el cable. El equipo se compone de un carrete alimentador fijo al cable (no conectado eléctricamente) y unido al compensador propiamente dicho, mediante un largo cable eléctrico de dos conductores; del compensador referido, compuesto de una resistencia variable y de una inductancia variable también, y finalmente, de un cuadro-antena de trabajo, conectado también al compensador. El campo magnético producido por la corriente que circula en el cable (campo primario) induce corrientes en los conductores alojados en el terreno y estas corrientes producen, a su vez, un campo secundario que induce corrientes en el cuadro-antena de trabajo.

La corriente que se establece en el cuadro-antena de trabajo, es comparada en el compensador con el campo primario inducido en el carrete alimentador. El conjunto está calibrado de tal modo que permite apreciar los resul-

tados directamente, y los valores de las componentes real e imaginaria del campo magnético, en microgauss por amperio de corriente primaria. Puesto que el campo electromagnético es función, en parte, de la profundidad del nivel conductor y, en parte también, de su conductividad, estas dos magnitudes podrán ser calculadas utilizando los resultados logrados en las mediciones.

Las indicaciones obtenidas con los trabajos, se han clasificado en tres categorías: fuerte, débil y muy débil, con las cuales se han querido indicar y tomar en consideración no solamente la intensidad de la concentración de corriente correspondiente a cada indicación, sino igualmente la conductividad obtenida, deducida de los diagramas vectoriales trazados para cada indicación a base de los valores deducidos por el cálculo para las componentes real e imaginaria. Un mal conductor puede indicar una débil mineralización que, sin embargo, ofrezca gran extensión, si la concentración de corriente es fuerte; y un buen conductor puede corresponder a una delgada pero densa veta, si la concentración de corriente es débil.

Los malos conductores correspondientes a débiles concentraciones de corriente no han sido tomados en consideración porque representan simplemente contacto o fisuras en la roca, llenas de agua. Se han determinado las resistividades del agua del terreno y de los manantiales, cuyos resultados no corresponden a buenos conductores. Por otra parte, debe indicarse que una débil mineralización, en un contacto que ofrezca agua, puede proporcionar una indicación buena por contener aquélla electrolitos en disolución procedentes de los minerales componentes de las rocas en contacto.

Las indicaciones muy débiles difícilmente pueden corresponder a reservas de importancia económica.

Cálculos más detenidos, efectuados en la prospección de detalle con el método Turam, así como las comprobaciones efectuadas con el Racom y con el compensador Sundberg, han hecho rectificar la situación de ciertos puntos de las indicaciones, así como prescindir de algunas de ellas, corrigiendo determinados datos consignados para las profundidades y las intensidades de las concentraciones de corriente.

Los resultados logrados con los distintos métodos, demuestran alguna indicación de cierto interés, que justifica la conveniencia de la ejecución de un sondeo.

ZONA DE LA AULAGA.—Se halla situada a un kilómetro aproximadamente al Oeste de la aldea de dicho nombre, sobre la carretera de El Castillo de las Guardas a Nerva y a unos cinco kilómetros de las minas del referido Castillo. La superficie reconocida afecta la forma de un rectángulo de cinco kilómetros de longitud por dos de anchura, es decir, de 10 kilómetros cuadrados.

La constitución geológica de la zona es análoga a la de El Castillo de las Guardas. En muchos lugares se encuentran concentraciones de minerales de manganeso, que presentan afloramientos de jaspes rojos y morados con bolsadas de óxidos procedentes de la alteración del silicato (rondonitas) y carbonato (dialogita) que en profundidad constituyen los minerales primarios.

Las corridas de estos criaderos siguen la orientación general de los de piritas de la región, y según referencias fidedignas, en algunas minas el relleno cambió en profundidad la mineralización, hasta llegar a formar verdaderas masas de pirita.

El terreno de esta zona es más accidentado que en la anterior, y presenta algunos estrechos valles y profundos

barrancos, a veces con escarpadas laderas; todo producto de la erosión externa. Por el centro de los mismos discurren algunos arroyos de corriente intermitente, como el de Peñas Altas y el del Porzuno, afluente éste del primero y ambos tributarios de la ribera del Jarrama, que corre hacia el río Tinto por el Oeste y próximo a la zona estudiada.

Como resultado de la disposición de estos valles y barrancos, el terreno, en su parte Sur y Norte, se eleva bruscamente, en el primer rumbo, hacia las cumbres que forman El Vicario, y por el Norte se presentan aún más escarpadas las laderas por donde pasa la línea del ferrocarril de El Ronquillo a Peña del Hierro, con estaciones en Minas de El Castillo de las Guardas y Peñas Altas.

En esta zona de La Aulaga, los trabajos de prospección no han sido efectuados con absoluto detalle, de modo que los resultados deben ser considerados como producto de un reconocimiento general.

Del aspecto de las indicaciones obtenidas, se deduce que han sido debidas a conductores de gran longitud que pueden representar venas o filones de minerales conductores de irregular potencia o de irregular concentración; indicaciones que se caracterizan por buena conductividad y gran intensidad de concentración de corriente.

Va a efectuarse la ejecución de algunos pozos, con objeto de comprobar dichas indicaciones.

ZONA DE «SAN PLATÓN».—Está situada a Levante de la mina «San Platón», la cual se encuentra al Este del kilómetro 69 de la carretera de San Juan del Puerto a Cáceres. Esta zona queda limitada, al Oeste, por el río Odiel y, al Sur, por un barranco que confluye en aquél y recibe a su vez las aguas ácidas de la mina «San Eduardo». Al Este y Norte los límites no coinciden con accidentes naturales,

de modo que se han constituido con líneas imaginarias definidas por las del perfil.

La parte oriental del terreno es bastante llana, pero, en cambio, presenta ciertos relieves hacia el Sur y Oeste. El accidente más característico es el cerro llamado del Cuchillo, que se inicia en las proximidades de la mina «San Eduardo» y se extiende hacia el NE., aumentando bastante su escabrosidad, para terminar a la vista del Odiel, al que se descende con fuerte pendiente.

El terreno se halla constituido en gran parte por rocas ígneas del tipo de las porfídicas diabásicas con algunas intrusiones de diabasa, pórfido y capas de pizarras metamórficas que se dirigen al O.-20 a 25°-N., coincidiendo con el rumbo de los plegamientos hercinianos. En el conjunto se intercalan y destacan, en forma de riscales, algunas corridas silíceas de jaspes manganésíferos.

Todas las rocas ofrecen un fuerte buzamiento al Norte y la superficie se presenta bastante erosionada, cubierta, a veces, por delgada capa de tierra vegetal o por los derrumbios de las rocas de niveles superiores; sin embargo, generalmente, queda al descubierto en la mayor parte y permite apreciar con cierta facilidad las rocas integrantes y, sobre todo, las corridas que, por su composición, rumbo y coloración rojiza, destacan con mayor intensidad.

Uno de los crestos rocosos presenta una falla, que se corresponde con la denominada de «San Platón», la cual atravesó el pozo maestro de esta mina y siguió al SE. hasta la denominada «La Fe», que se encuentra también en el área que consideramos. Parece que los trastornos producidos por esta falla, fueron causa de los infructuosos resultados de las investigaciones llevadas a cabo en la última concesión, ya que el socavón de «La Fe» penetra, precisamente, por toda la zona de la falla.

En el sector que nos ocupa abundan los trabajos mineros. En el extremo NO. aparecen los socavones de «San Platón», abiertos a distintos niveles en la ladera de la Sierra del Cuchillo para la investigación de la corrida de la mina y en cuyas escombreras se aprecian minerales ferrocobrizos.

En la zona meridional aparecen también explotaciones abandonadas de manganeso, de relativa importancia, y en la mina «San Eduardo» existe una corta, asimismo abandonada en la actualidad, que deja al descubierto una masa de pirita ferrocobrizo. La rodean algunos pozos romanos bien conservados y además se ven extensos escoriales, que dan idea de antigua actividad metalúrgica, probablemente de la misma época.

Otros pozos y socavones se hallan, igualmente, distribuidos por todo el terreno.

Todo el sector corresponde a la prolongación geológica de las concesiones «San Platón» y «Esperanza», cuyos indicios metalíferos superficiales se alinean, aproximadamente, al E.-20°-S., unos con soluciones de continuidad y otros ininterrumpidos.

La zona investigada, de unos tres kilómetros cuadrados de extensión, se determinó previamente, fijando sobre el terreno cuatro puntos, que habían de señalar la línea de base (formada por tres segmentos rectos) de la prospección y estableciendo las longitudes de las líneas de perfil perpendiculares a la primera.

La referida línea de base se amoldó a una alineación principal, situada en la ladera Sur del cerro del Cuchillo, en prolongación de la corrida de «San Platón», pasando por el collado existente y continuando hasta las inmediaciones de la llamada Casa de los Pajeros. Las líneas de perfil transversal tendían a cortar las restantes manifestaciones naturales, visibles o presumibles en el terreno.

Las condiciones del último recomendaban el uso del método Turam, no sólo para la investigación preliminar sino también para la de detalle, pues en primer lugar había de obtenerse la mayor brevedad en el reconocimiento y, además, era de presumir que las posibles mineralizaciones presentarían una gran diferencia con la roca encajante, no siendo, por otra parte, muy gruesa ni excesivamente conductora la capa de descomposición superficial que hubiera podido, en otro caso, falsear los resultados. La profundidad de penetración del Turam aseguraba, además, que no habría de escapar a la investigación ninguna formación mineral situada a profundidad prácticamente interesante.

Un rápido ensayo de determinación de resistividades con Meeger, realizado en las labores a cielo abierto de «San Platón», condujo a la conclusión de que, en números redondos, las resistividades del mineral de pirita, de la roca descompuesta impregnada de óxido de hierro que generalmente la rodea, y de la roca normal, podían considerarse en la relación 1.500 : 4.000, lo cual aseguraba la posibilidad de obtener indicaciones claras con el Turam. Aparte de ello, está plenamente demostrado que la concentración de corriente, producida por una mediana masa de pirita, es tal que la roca descompuesta y algo conductora que suele rodearla no ejerce influencia sensible sobre las características de la indicación resultante.

Para la comprobación de los grupos de indicaciones, cuyas características aconsejaban un estudio más detallado, se hizo uso del método Racom.

Antes del comienzo de los trabajos, se procedió al trazado y levantamiento taquimétrico de las líneas de perfil a investigar y se levantó, asimismo, el plano topográfico de la zona. Conseguido esto se estacaron 13 líneas de perfil,

de 1.000 metros de longitud total, y otras 11, de 1.520 metros, con estacas cada 20 metros.

Todas las líneas medidas con el cable situado a lo largo de la de base, fueron repasadas con posición lateral de aquél, para la debida comprobación de los resultados, y las indicaciones en que pareció conveniente insistir se repararon mediante sondeos eléctricos por Racom, de modo que, en resumen, se investigó la zona en un estudio general y se redujeron los trabajos de detalle a lo más indispensable.

Las indicaciones obtenidas se han clasificado, como siempre, en muy débiles, débiles y fuertes, alcanzando esta última categoría cuando la concentración de corriente resultaba superior al 6 %.

El número de indicaciones es extraordinariamente grande, lo que parece señalar la abundante mineralización de la zona explorada. Es característica la buena conductividad revelada por los diagramas de componente, real e imaginaria, del campo magnético, construídos para cada una de las expresadas indicaciones. En la mayoría de los casos la resistividad resulta análoga a la obtenida sobre una masa filoniana conocida en la mina «San Platón».

Algunas de las indicaciones ofrecen hasta un 20 % de concentración de corriente, lo que parece acusar buena cantidad de mineralizaciones importantes, si se considera que la referida concentración señala la magnitud del conductor y la conductividad y aumenta con las mismas.

Esta zona de «San Platón» es la última investigada para comprobar si los métodos que emplea la «Sociedad Española de Prospección Eléctrica, Limitada» resultan adecuados a las condiciones del distrito. Pero debe tenerse en cuenta que las formaciones, con caracteres favorables para nuevas exploraciones, se prolongan al O.-NO. por las

minas «Cueva de la Mora», «Herreritos», «Aguas Teñidas», «Confesionario», etc..... y llegan hasta más allá de Valdelamusa. De esta manera, si se comprobase por medio de sondeos la eficacia de las exploraciones geofísicas, sería muy conveniente la prosecución de las mismas, determinando con estudios previos los puntos más adecuados para ulteriores trabajos, que pudieran conducir a resultados favorables desde el punto de vista industrial.

BIBLIOGRAFÍA

1. 1556.—D. DELGADO.—«Relación de las minas de Zalamea la Vieja, o sea de Río Tinto».—(Citado en la Notic. Hist. Min. Guad., de T. González).
2. 1768.—R. y P.^a RODRÍGUEZ MOHEDANO.—«Historia literaria de España».—(10 tomos. Madrid).
3. 1820.—J. MIAJA Y PINGARRÓN.—«Memoria sobre Río Tinto (Río Tinto)».
4. 1826.—S. DE MIÑANO.—«Diccionario geográfico-estadístico de España y Portugal».—(10 tomos. Madrid).
5. 1831.—E. COOK.—«Memoire sur l'Espagne méridionale».—(Res. Progr. Sci. Geol., t. II. París).
6. — T. GONZÁLEZ.—«Noticia histórica documentada de las célebres minas de Guadalcanal». (Madrid).
7. 1833.—B. DE LARREA.—«Memoria que manifiesta clara y sucintamente el estado en que se halla el Real Establecimiento de Minas de Cobre de Río Tinto, bajo todos aspectos y consideraciones».

8. 1834.—F. LEPLAY.—«Observations sur l'Extremadure et le nord de l'Andalousie et Essai d'une carte géologique de cette contrée».—(Ann. Min., 3.^a ser., t. VI. París).
9. 1838.—J. EZQUERRA DEL BAYO.—«Apuntes geognósticos y mineros sobre una parte del Mediodía de España».—(An. Min., t. I. Madrid).
10. 1841.—J. EZQUERRA DEL BAYO.—«Estadística de Río Tinto».—(An. Min., t. II. Madrid).
11. 1845.—R. CAVANILLAS.—«Informe sobre el estado de la minería en fin del año 1845».—(An. Min., t. IV. Madrid).
12. 1846.—R. KITH.—«Memoria relativa al distrito minero».—(An. Min., t. IV. Madrid).
13. 1849.—P. MADOZ.—«Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar».—(Madrid).
14. 1850.—J. G. CASTAÑEDA.—«A la Empresa propietaria de los establecimientos de minas la Esperanza y Concepción».—(Sevilla).
15. — J. M. LEITAO.—«Noticia sobre una formación metalífera de la provincia de Huelva».—(Rev. Min., t. I. Madrid).
16. — J. RUBIO Y RODRÍGUEZ.—«Noticia de algunas minas ferrocobrizas en la provincia de Huelva».—(Rev. Min., t. I. Madrid).
17. 1851.—ANÓNIMO.—«Noticia sobre las minas de Río Tinto».—(Rev. Min., t. II. Madrid).
18. — J. EZQUERRA DEL BAYO.—«Observaciones sobre el estado y mejoras que admiten las labores de beneficio de Río Tinto».—(Rev. Min., t. II. Madrid).
19. — C. DE PRADO.—«Minas de Río Tinto. De sus

- circunstancias e importancia. De su enagenación».—(Rev. Min., t. II. Madrid).
20. 1851.—R. RUA FIGUEROA.—«Observaciones sobre la explotación de los minerales de cobre de las Minas de Río Tinto».—(Rev. Min., tomo II. Madrid).
 21. 1852.—J. EZQUERRA DEL BAYO.—«Memoria sobre las minas nacionales de Río Tinto».—(Madrid).
 22. — A. MARTÍNEZ ALFÉBAR.—«Observaciones sobre la importancia de los criaderos de cobre de la provincia de Huelva y en especial de Río Tinto».—(Rev. Min., t. III. Madrid).
 23. — R. RUA FIGUEROA.—«Estado de la minería en la provincia de Huelva».—(Rev. Min., t. III. Madrid).
 24. 1854.—F. DE ELHUYAR.—«Relación de las minas de cobre de Río Tinto en la provincia de Huelva».—(Rev. Min., t. V. Madrid).
 25. 1856.—A. L. ANGIOLA y E. DE COSSIO.—«Memoria sobre las minas de Río Tinto, presentada al Gobierno de S. M. con un atlas de 10 láminas».—(Madrid).
 26. — C. DE PRADO.—«Memoria sobre las minas de Río Tinto».—(Madrid).
 27. 1857.—M. LAN.—«Notes de voyage sur la Sierra Morena et sur le nord d'Andalousie».—(Ann. Min., 5.^a serie, t. XII. París).
 28. — J. RIEKEN.—«Observaciones acerca de la importancia industrial de las antiguas minas de cobre en el Mediodía de España y Portugal».—(Madrid).
 29. 1858.—ANÓNIMO.—«Trabajos de investigación. Río Tinto».—(Rev. Min., t. IX. Madrid).

30. 1858.—J. MASON.—«On the copper-mining districts of the provinces of Seville and Huelva».—(Londres).
31. 1859.—E. ANSART.—«Memoria sobre el estado de los negocios de la Compañía general de minas de España, en 31 de diciembre de 1858».—(Madrid).
32. — J. EZQUERRA DEL BAYO.—«Recopilación de todas las noticias que se tienen del establecimiento nacional de las minas de Río Tinto, su marcha progresiva en los tiempos modernos y medidas que deben adoptarse para su mejor aprovechamiento».—(Rev. Min., t. X. Madrid).
33. — HAUSMANN.—«Erzlagerstätte zu Río Tinto in der provinz Huelva in Spanien».—(Jahr. f. Min. Stuttgart).
34. — R. RUA FIGUEROA.—«Ensayo sobre la historia de las Minas de Río Tinto».—(Madrid).
35. 1860.—ANÓNIMO.—«Mines de soufre et de cuivre de Huelva (Espagne)».—(Ann. Com. Ext. París).
36. 1861.—M. H. DEROUX.—«Mines de cuivre de Huelva».—(Jour. Min. París).
37. — V. SEVOZ y J. BREUILLES.—«Memoire sur les mines de manganese province de Huelva (Andalousie) Espagne».—(Bull. Soc. Ind. Min., t. VI. París).
38. 1862.—E. FERNÁNDEZ.—«Rápida ojeada sobre las minas de Río Tinto y recopilación que se ha publicado respecto de ellas».—(Rev. Min., tomo XIII. Madrid).
39. 1863.—E. DELIGNY.—«Apuntes históricos sobre las minas cobrizas de la Sierra de Tharsis (Thar-

- tesis Baetica)».—(Revista Minera, t. XIV. Madrid).
40. 1863.—F. SCHÖNICHEN.—«Die schwefelkieslagerstätten der provinz Huelva».—(Berg. u. Hüttenm. Zeit., t. XXII. Berlín).
41. 1864.—L. DE ALDANA.—«La mina cobriza de Santo Domingo en Portugal».—(Rev. Min., t. XV. Madrid).
42. — J. M.^a UGARIE.—«Observaciones sobre los cobres de la provincia de Huelva».—(Revista Min., t. XV. Madrid).
43. — A. WILKE.—«Minas de cobre de la empresa San Telmo».—(Rev. Min., t. XV. Madrid).
44. 1865.—E. BEZARD.—«Coup d'oeil sur la mine de Calañas, et motifs de ma demision de directeur de cet etablissement».—(Sevilla).
45. — G. GARCÍA DE MENESES.—«Minas del Carpio». Huelva.
46. — J. LEE THOMAS.—«Notas on the Mines of Río Tinto».—(Londres).
47. 1866.—D. DE LHUIS.—«Mines de cuivre de San Domingos en Portugal».—(Ann. Min., 6.^a serie, tomo IX. París).
48. — W. MOORE.—«Report on the Tharsis, Calañas and San Telmo Sulphur and Copper Mines, province of Huelva».—(Spain, Glasgow).
49. — V. SEVOZ.—«Memoire sur les gisements pyritocúivreux du sud-ouest de l'Andalousie (Huelva) et l'Alemtejo (Portugal)».—(Bull. Soc. Ind. Min., t. IX. París).
50. 1868.—A. H. GREEN.—«On the pyrites mines of Andalucía».—(Quart. Jour. Sci., t. V. Londres).
51. — R. RUA FIGUEROA.—«Minas de Río Tinto. Es-

- tudios sobre la explotación y beneficio de sus minerales».—(La Coruña).
52. 1869.—BELLINGER. —«Ueber das Braunsteinvorkommen in den provinz Huelva und Almería in Spanien».—(Berg u. Huttenm. im. Nassau., t. I. Wiesbaden).
53. 1870.—«Plano del terreno y criaderos de Río Tinto».—(Rev. Min., t. XXI. Madrid).
54. — I. C. DE SALAZAR.—«Río Tinto. Reseña de su historia, yacimiento, industria, riqueza y porvenir».—(Rev. Min., t. XXI. Madrid).
55. — J. GONZALO Y TARÍN.—«Carta geográfico-minera de la provincia de Huelva».
56. 1872.—I. C. DE SALAZAR.—«Almadén y Río Tinto. Observaciones sobre una Memoria publicada por don Tomás Rodríguez Pinilla».—(Revista Minera, t. XXIII. Madrid).
57. — S. R. PATTISON.—«Notes on the pyrites deposits on the province of Huelva».—(Geol. Mag., t. IX. Londres).
58. — T. RODRÍGUEZ PINILLA.—«Informe que, por resultado de la visita oficial a los establecimientos mineros de Almadén y Río Tinto, presenta al Excmo. Sr. Ministro de Hacienda».
59. — F. RÖMER.—«Ueber das vorkommen von Culmschichten mit Posidonomya becheri auf dem Sudabhauge der Sierra Morena in der provinz Huelva».—(Zeit. d. Deut. geol. Ges., t. XXIV. Berlín).
60. 1873.—F. RÖMER.—«Geologische reisenotizen aus der Sierra Morena».—(Neus Jahrb. f. Min. Stuttgart).
61. 1875.—L. DE ALDANA.—«Las minas de Río Tinto

- en el transcurso de siglo y medio».—(Madrid).
62. 1875.—F. DE ANTÓN.—«Las minas de la provincia de Huelva».—(Rev. Min., t. XXVI. Madrid).
63. — L. MALLADA.—«Sinopsis de las especies fósiles que se han encontrado en España. Sistemas paleozoicos».—(Bol. Com. Mapa Geol. de España, t. II. Madrid).
64. 1876.—M. FERNÁNDEZ DE CASTRO.—«Noticia del estado en que se hallan los trabajos del Mapa geológico de España en 1.º de julio de 1874».—(Bol. Com. Mapa Geol. Esp., t. III. Madrid).
65. — F. RÖMER.—«Ueber ein vorkommen von Culm. Schichten mit Posidonomya becheri in Portugal».—(Zeit d. deut. geol. Ges., tomo XXVIII. Berlín).
66. 1877.—J. B.—«Una excursión a las minas de Río Tinto».—(Rev. Min., t. XXVIII. Madrid).
67. 1878.—J. GONZALO Y TARÍN.—«Nota acerca de la existencia de la tercera fauna siluriana en la provincia de Huelva».—(Bol. Com. Mapa Geol. Esp., t. V. Madrid).
68. — J. GONZALO Y TARÍN.—«Reseña geológica de la provincia de Huelva».—(Bol. Com. Mapa Geol. Esp., t. V. Madrid).
69. — J. F. NERY DELGADO.—«Sobre a existencia do terreno siluriano no Baixo Alemtejo».—(Jour. Sci. Math. Phys. Nat., 2.ª ser., t. V. Lisboa).
70. 1879.—A. VON GRODDECK.—«Die lehre von den lagerstätten der erze».—(Leipzig).
71. — J. MACPHERSON.—«Estudio geológico y petrográfico del Norte de la provincia de Sevilla».—(Bol. Com. Mapa Geol. Esp., t. VI. Madrid).

72. 1880.—CARON.—«Bericht über eine Instructionsreise ins Spanien».—(Zeits. f. das Berg. Hütt. u. Sal-wessen., t. XXVIII. Berlín).
73. — J. MACPHERSON.—«De las relaciones entre las rocas graníticas y porfíricas».—(An. Soc. Española Hist. Nat., t. IX. Madrid).
74. 1881.—J. A. PHILLIPS.—«Occurrence of Remains of Recent Plants in Brown Iron ore (Río Tinto)».—(Quart. Jour. Geol. Soc., t. XXVII. Londres).
75. 1882.—J. H. COLLINS.—«Minerals of the Río Tinto Mines».—(Min. Mag., t. V. Londres).
76. 1883.—E. CUMENGE.—«Notes sur Río Tinto».—(París).
77. — A. Pernolet.—«Rapport sur les mines d'Agua Teñidas».
78. — R. WIMMER.—«Die Kieslagerstätten des Südlichen Spaniens und Portugals».—(Berg. u. Hüttenm. Zeit., t. XLII. Berlín).
79. 1884.—E. CUMENGE.—«Apuntes sobre Río Tinto».—(Rev. Min. Met., t. XXXV. Madrid).
80. — A. VON GRODDECK.—«Traité des Gites Métallifères».—(París).
81. — A. F. NOGUÉS.—«Gisement d'or à Peñaflo».—(Comp. Rend. Acad. Sci., t. XCVIII. París).
82. — J. A. PHILLIPS.—«A treatise on ore deposits».—(Londres).
83. 1885.—J. BOSSCHA.—«Über die geologie von Huelva (Sud-Spanien)».—(Neues Jahr. f. Miner., t. II. Berlín).
84. — S. CALDERÓN.—«Las diabasitas de la provincia de Huelva».—(Bol. Com. Mapa Geol. España, t. XII. Madrid).
85. — J. H. COLLINS.—«On the Geology of the Río

- Tinto Mine with some General Remarks on the pyritic Region of the Sierra Morena».—(Quart. Jour. Geol. Soc., t. XLI. Londres).
86. 1865.—J. H. COLLINS.—«The Great Spanish Pyrites Deposits».—(Eng. Min. Jour., t. XL. Londres).
87. — J. GONZALO Y TARÍN.—«Dos palabras acerca de la geología de Huelva».—(Bol. Com. Mapa Geol. Esp., t. XII. Madrid).
88. — A. F. NOGUÉS.—«Gisements aurifères de l'Andalousie».—(Bull. Soc. Ind. Min., t. XIV. París).
89. — A. F. NOGUÉS.—«El oro de la Sierra de Peñaflo».—(Bol. Com. Mapa Geol. Esp., t. XII. Madrid).
90. 1886.—S. CALDERÓN.—«La Sierra de Peñaflo y sus yacimientos auríferos».—(An. Soc. Esp. Hist. Nat., t. XV. Madrid).
91. — S. CALDERÓN.—«Corte geológico de la provincia de Huelva».—(An. Soc. Esp. Hist. Nat., tomo XV. Madrid).
92. — R. INGUNZA.—«Minas de cobre de Cala».—(Rev. Min. Met., t. XXXVII. Madrid).
93. — J. GONZALO Y TARÍN.—«Descripción física, geológica y minera de la provincia de Huelva».—(Mem. Com. Mapa Geol. Esp. Madrid).
94. 1887.—DEUMIÉ.—«Note sur les gisements et l'exploitation des pyrites de fer cuivreuses de la province d'Huelva».—(Bull. Soc. Ind. Min., tercera serie, t. I. París).
95. — E. HUSSAK.—«Mikroskopische untersuchung spanischer porphyre, gesammelt von Dr. E. Schulz».—(Verh. natur. ver. d. preus. Rhein Westf. u. des Reg. Osnabruck, t. XLIV. Bonn).

96. 1887.—R. H. DOLLY.—«On anglesite von Portugal». (Min. Mag., t. VII. Londres).
97. 1888.—D. DE CORTÁZAR.—«La mina de Río Tinto y sus calcinaciones».—(Madrid).
98. 1889.—A. GONZÁLEZ y G. DE MENESES.—«Nota sobre las minas de masas de pirita de hierro cobrizas de la provincia de Huelva».—(An. Soc. Esp. Hist. Nat., t. XVIII. Madrid).
99. — L. DE LAUNAY.—«Mémoire sur l'Industrie du cuivre dans la region d'Huelva».—(Ann. Min. París).
100. 1890.—R. BECERRO DE BENGOA.—«La provincia de Huelva y sus minas».—(Conferencia. Madrid).
101. — S. CALDERÓN.—«Excursión por la provincia de Huelva».—(Act. Soc. Esp. Hist. Nat., t. XIX. Madrid).
102. 1891.—L. MALLADA.—«Catálogo general de las especies fósiles encontradas en España».—(Bol. Com. Mapa Geol. Esp., t. XVIII. Madrid).
103. 1892.—A. FRITSCHI FITZ.—«Noticia sobre la mina Nuestra Señora del Pilar, Aznalcollar, Sevilla».—(Rev. Min. Met., t. XLIII. Madrid).
104. — A. FRITSCHI FITZ.—«Noticias sobre las minas de piritas ferrocobrizas de Castillo de Las Guardas, Sevilla».—(Rev. Min. Met., t. XLIII. Madrid).
105. 1893.—E. FUCHS y L. DE LAUNAY.—«Traité des gites minéraux et métallifères».—(París).
106. 1894.—A. GONZÁLEZ y G. DE MENESES.—«Observaciones acerca de la estructura de algunas minas de pirita en la provincia de Huelva».—(An. Soc. Esp. Hist. Nat., t. XXIII. Madrid).
107. — F. KLOCKMANN.—«Ueber die lagerartige Natur

- des Kiesvorkommen des südlichen Spaniens und Portugals».—(Sitzber, d. k. preuss. Ak. d. W. Berlín).
108. 1895.—ANÓNIMO.—«Las minas de piritas cobrizas de Huelva y el Algarve».—(Rev. Min. Met., tomo XLVI. Madrid).
109. — F. JOHNSON.—«The manganese deposits of Huelva».—(Trans. Ins. Min. Met., t. III. Londres).
110. — F. KLOCKMANN.—«Spanisch-Portugiesische Kiesvorkommen».—(Zeit. f. prakt. geol., t. III. Berlín).
111. — L. MALLADA.—«Explicación del Mapa Geológico de España. Tomo I. Rocas hipogénicas y sistema estrato-cristalino».—(Mem. Com. Mapa Geol. Esp. Madrid).
112. 1896.—F. CHAVES.—«Tenantita de Río Tinto».—(An. Soc. Esp. Hist. Nat., t. XXV. Madrid).
113. — L. MALLADA.—«Explicación del Mapa Geológico de España. Tomo II. Sistemas cambriano y siluriano».—(Mem. Com. Mapa Geol. Esp. Madrid).
114. 1897.—S. CZYSZKOWSKI.—«Les Venues métallifères de l'Espagne».—(París).
115. 1898.—R. ALONSO.—«Minerales de manganeso de la provincia de Huelva».—(Rev. Min. Met., t. XLIX).
116. — L. MALLADA.—«Explicación del Mapa Geológico de España. Tomo III. Sistemas devoniano y carbonífero».—(Mem. Com. Mapa Geol. Esp. Madrid).
117. 1899.—J. H. L. VOGT.—«Das Huelva-Kiesfeld in Sudspaniens und dem angrenzenden Theile

- von Portugal».—(Zeits. f. prakt. Geol., t. VII. Berlín).
118. 1901.—C. DOETSCH.—«The manganese ore-deposits of the province of Huelva».—(Min.-Jour., t. LXXI. Londres).
119. — S. CALDERÓN.—«Observaciones sobre los yacimientos españoles de calcosina».—(Boletín Soc. Esp. Hist. Nat., t. I, Madrid).
120. — A. GONZÁLEZ y G. DE MENESES.—Estructura de ciertas minas de pirita en Huelva».—(An. Soc. Esp. Hist. Nat., t. XXIX. Madrid).
121. — F. KLOCKMANN.—«Ueber das Anfreten und die Entstehung der südspan, Kieslagerstätten». (Zeits. f. prakt. Geol., t. X. Berlín).
122. 1902.—C. DOETSCH.—«Die manganerz-lager der provinz Huelva».—(Ost. Zeits. f. Berg. Hüttenm. Viena).
123. — J. HERESA.—«Sobre el origen y edad geológica de los criaderos manganesíferos de Huelva».—(Rev. Min. Met., t. LIII. Madrid).
124. 1902.—C. RUBIO.—«Laboreo subterráneo por rellenos en Río Tinto».—(Rev. Min. Met., t. LIII. Madrid).
125. 1903.—F. MOLDENHAUER.—«Melanit von Cortegana, provinz Huelva».—(Zeits. f. Kryst. u. Min., t. XXXVII. Leipzig).
126. 1904.—R. BECK.—«Traité des gisements métallifères».—(París).
127. — R. DOMÍNGUEZ MORENO.—«La industria minera en la provincia de Huelva».—(Rev. Min. Met., t. LV. Madrid).
128. — C. SCHMIDT y H. PREISWERK.—«Die erz-lagerstätten von Cala, Castillo de las Guardas und

- Aznalcollar in der Sierra Morena».—(Zeits. f. prakt. Geol., t. XII. Berlín).
129. 1905.—J. W. GREGORY.—«Río Tinto».—(Eng. Min. Jour. t. LXXIX. Londres).
130. 1906.—H. PREISWERK.—«Die Kieslagerstätten von Aznalcollar».—(Zeits. f. prakt. Geol., t. XIV. Berlín).
131. — E. WALKER.—«The Esperanza Mine, Spain».—(Eng. Min. Jour, t. LXXXVII. Londres).
132. — B. WETZIG.—«Beiträge zur Kenntnis der Huelvaner Kieslagerstätten».—(Zeits. f. prakt. Geol., t. IV. Berlín).
133. 1907.—P. TRUCHOT.—«Les pyrites».—(París).
134. 1909.—F. BEYSLAG, P. KRUSCH y J. VOGT.—«Die Lagerstätten der Nutzbaren Mineralien und Gesteine». (Stuttgart).
135. — A. L. SIMÓN.—«An Instance of Secondary Impoverishment Trans».—(Inst. Min. Met., tomo XVIII. Londres).
136. 1910.—A. M. FINLAYSON.—«The Pyritic Deposits of Huelva, Spain».—(Econ. Geol., tomo V. Londres).
137. — A. M. FINLAYSON.—«Secondary Enrichment in the Copper Deposits of Huelva, Spain».—(Trans. Inst. Min. Met., tomo XVIII. Londres).
138. 1913.—F. BARRAS.—«Excursión a la mina Caridad, término de Aznalcollar».—(Bol. Soc. Española Hist. Nat., t. XIII. Madrid).
139. — L. DE LAUNAY.—«Traité de Métallogénie. Gites minéraux et métallifères».—París.
140. — H. SCOTTI.—«Vorläufiger Beitrag zur Frage der Entstehung der Pyritlagerstätten in der

- Provinz Huelva, Süds Spanien». — (Zeits. f. prakt. Geol., t. XXI. Berlín).
141. 1914.—F. BEYSCHLAG, J. H. L. VOGT y P. KRUSCH. — «The deposits of the useful minerals & roks». (Londres).
142. — H. SCOTTI.—«Beitrag zur Frage der Entstehung der Schwefelkieslagerstätten im Süden der iberischen Halbinsel». — (Glückauf, t. L. Berlín).
143. 1916.—F. B. VILLASANTE, C. GUITIÁN y J. ABBAD.— «Memoria sobre el aprovechamiento industrial de los yacimientos de pirita ferro-cobrizada de la provincia de Huelva». — (Madrid).
144. 1918.—A. CARBONELL.—«Anotaciones sobre un plano geológico-minero de la provincia de Huelva». (Bol. Of. Min. Met., núm. 15. Madrid).
145. 1919.—A. CARBONELL y E. JUBES.—«Estudio sobre los yacimientos de pirita ferrocobrizada de la zona de la mina La Rica». — (Bol. Of. Min. Met., números 20 y 21. Madrid).
146. — W. LINDGREN.—«Mineral Deposits». — (Nueva York).
147. — J. ROUX-BRAHIC.—«Les gites miniers et leur prospection». — (París).
148. 1920.—E. JUBES y A. CARBONELL.—«Estudio geológico-industrial de los yacimientos minerales del término de Encinasola y La Contienda de Mourá». — (Bol. Of. Min. Met., núms. 34 a 39. Madrid).
149. — C. DE MADARIAGA.—«La repatriación del beneficio de nuestras piritas». — (Junt. Pens. Ing. y Obr. Madrid).
150. 1921.—R. PALACIOS y R. PRIETO.—«Memoria sobre

- los criaderos de minerales ricos en cobre y otros del término de Cala». — (Bol. Of. Min. Met., núm. 47. Madrid).
151. 1922.—H. F. COLLINS.—«The Igneous Rocks of the Province of Huelva and the Genesis of the pyritic Orebodies - Trans». — (Inst. Min. Met., t. XXXI. Londres).
152. — E. DUPUY DE LÔME y P. DE NOVO.—«Los límites de las manchas arcaicas y primarias en los confines de la provincia de Huelva con el Alemtejo en Portugal». — (Boletín Inst. Geol. Esp., t. XLIII. Madrid).
153. 1924.—J. HÉREZA.—«Teorías sobre metalogenia y estereogénesis de yacimientos». — (Rev. Min. Met., ser. C., t. XLII. Madrid).
154. 1925.—A. OLIVAN, M. SIMO, I. PRIETO, E. VARGAS y R. PRIETO.—«Estudio geológico-minero de la zona de contacto de los terrenos de la provincia de Huelva relacionado con los estudios de Sevilla y Cádiz». — (Bol. Of. Min. Met., número 101. Madrid).
155. — A. DEMAY.—«Les Caractères microscopiques de quelques porphyres pyriteux de la région de Huelva et la genése des gisements de pyrite». — (Bull. Soc. Geol. Franc., 4.^a ser., t. XXV. París).
156. — E. VARGAS.—«Estudio geológico-minero de la zona de contacto de los terrenos antiguos con los secundarios terciarios y cuaternarios de la provincia de Huelva». — (Bol. Of. Min. Met., núm. 100. Madrid).
157. 1926.—ANÓNIMO.—«Les Réserves mondiales en Pyrites». — (XIV Congr. Geol. Int. Madrid.)

158. 1926.—A. BROUGHTON.—«The pyritic orebodies of Southern Spain and Portugal».—(Comp. Rend. Congr. Geol. Inst., t. XIV. Madrid).
159. — P. FÁBREGA.—«Criaderos Minerales». (Madrid).
160. — J. HEREZA.—«Breve reseña geológica de los yacimientos manganesíferos de Huelva».—(Bol. Inst. Geol. Esp., t. XLVI. Madrid).
161. — J. HEREZA y A. DE ALVARADO.—«Yacimientos metalíferos de Linares y Huelva».—(Guía para el XIV Congreso Geol. Int. Madrid).
162. — L. PLICHON.—«Nota sobre la explotación de masas de pirita en Huelva».—(Rev. Min. Met., t. LXXVII. Madrid).
163. 1927.—A. M. BATEMAN.—«Oro Deposits of the Río Tinto (Huelva) District, Spain».—(Econ. Geol., t. XXII. Londres).
164. 1928.—A. DEMAY.—«Sur la genese des gisements de pyrite de la región de Huelva».—(Comp. Rend. Congr. Geol. Int., t. XIV. Madrid).
165. — A. B. EDGE.—«Observations on the Pyritic Orebodies of Southern Spain and Portugal».—(Comp. Rend. Congr. Geol. Int., tomo XIV. Madrid).
166. — J. HEREZA.—«Teoría general para explicar la génesis y formación de los yacimientos metalíferos de tipo primitivo».—(Com. Rend. Congreso Geol. Int., t. XIV. Madrid).
167. — J. HEREZA.—«Nuestra teoría general metalogénica y la génesis de las grandes masas de sulfuros».—(Rev. Min. Met., Ser. C., t. XLVI. Madrid).
168. — B. TENORIO, M. SIMO y R. PRIETO.—«Estudio de los criaderos de manganeso de los térmi-

- nos municipales de Valverde del Camino y Calañas (provincia de Huelva)».—(Bol. Oficial Min. Met., núm. 1. Madrid).
169. 1929.—G. V. DOUGLAS.—«On the Structural Relationships and Genesis of the Pyritic Orebodies of Huelva».—(Geol. Mag., tomo XLVI. Londres).
170. 1932.—ANÓNIMO.—«Reservas de cobre en España».—(Not. y Com. Inst. Geol. Minero de España, núm. 4. Madrid).
171. — J. DOETSCH.—«Génesis de los criaderos de piritas ferrocobrizas sudibéricas».—(Invest. y Progr., año VI. núm. 4. Madrid).
172. — G. WILLIAMS.—«The genesis of the Perrunalla Zarza Pyritic Orebody, Spain».—(Trans. Inst. Min. Met., t. XLII. Londres).
173. 1933.—ANÓNIMO.—«Resources mundiales en cuivre».—(XVI Congr. Geol. Int. Washington).
174. — F. BEHREND.—«Relations between ores and their source magma».—(Abstracts, XVI Congreso Geol. Inst. Washington).
175. — A. HEIM.—«The cupriferous pyrite ores of Huelva, Spain».—(Abstracts, XVI Congreso Geol. Int. Washington).
176. 1934.—D. WILLIAMS.—«The Geology of the Río Tinto mines, Spain».—(Trans. Inst. Min. Met., núm. 34. Londres).
177. 1935.—L. JORDANA.—«Yacimientos minerales y de Combustibles sólidos y líquidos». (Barcelona).
178. — J. DE MAGNEE.—«Observations sur l'origine des gisements de pyrite du Sud de l'Espagne et du Portugal».—(Congr. Inter. Min. Met. et Geol. Appl., t. I. París).

179. 1940.—E. RAGUIN. —«Géologie des gites minéraux. (París).
180. 1941.—I. ROSO DE LUNA. —«Algunas características mineralógicas de la pirita, calcopirita y blenda de Río Tinto».—(Madrid).
181. — H. SCHNEIDERHOHN.—«Lehrbuch der Erzlagertstättenkunde».—(Jena).
182. 1942.—P. H. SAMPelayo. — «Explicación del nuevo Mapa Geológico de España. Tomo II. El Sistema Siluriano».—(Mem. Inst. Geol. Min. España. Madrid).
183. — A. MARÍN y BERTRÁN DE LIS.—«Recursos minerales de España».—(Conf. en la R. Soc. Congr. Madrid).
184. — F. FRIEDENSBURG. — «Die Bergwirtschaft der Erde».—(Stuttgart).
185. 1943.—I. PRIETO CARRASCO.—«Nota sobre la génesis de las masas de piritas de las provincias de Huelva y Sevilla y orientación para la investigación de las mismas».—(Miner. y Met., segunda época, núm. 22. Madrid).

**INVESTIGACIÓN DE YACIMIENTOS
DE ORO EN
LA NAVA DE RICOMALILLO**
(PROVINCIA DE TOLEDO)

POR

JOSÉ MESEGUER PARDO

I. ANTECEDENTES

Los filones auríferos de La Nava de Rícomalillo tienen antigua nombradía, y la propia denominación del lugar donde radican, que no es sino una corrupción de «Nava del Ricó Amarillo», como, según tradición local, se designaba en época pretérita, alude claramente a la presencia en esta comarca del metal precioso.

Tales yacimientos han sido considerados, aunque muy brevemente, en diferentes publicaciones, como las debidas al Ingeniero M. Martín: «Memorias de la Junta Directiva de la Sociedad La Fraternidad» (Madrid, 1860); J. G. Klemm: «Das Vorkom, des Goldes im mittler Spanien» (Bergund Huttenmännische Zeitung, Leipzig, 1867); S. Calderón: «Los Minerales de España» (Madrid, 1910); L. Mallada y E. Dupuy de Lôme: «Reseña geológica de la provincia de Toledo» (Boletín del Instituto Geológico de España, Madrid, 1912); J. Gómez de Llarena: «Bosquejo geográfico-geológico de los Montes de Toledo» (Trabajo Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid, 1916); J. Meseguer Pardo: «El oro y sus yacimientos en España» (Conferencia en el Congreso Geológico Internacional, Madrid, 1926); J. Rubio de la Torre: «Metalurgia del oro» (Boletín Oficial de Minería y Metalurgia, Madrid, 1935); etcétera.....

También se han redactado informes de carácter particular sobre estos criaderos por diferentes Ingenieros e investigadores, principalmente: S. Sáenz de Santamaría (1897); C. Deneubourg (1898); A. Barbosa (1911); R. Herborn (1913); L. Bremond (1914); H. Hendricks (1927); J. Balzola (1928); J. Menéndez Ormaza (1933); J. Bragulat (1934); E. Salarnier y A. Firminger (1935).

La formación aurífera es conocida desde tiempos muy alejados, advirtiéndose en algunos de los filones viejas labores subterráneas que alcanzaron amplio desarrollo y corresponden a épocas diferentes: la de la minería romana y otras posteriores en que se emplearon la pólvora y otros adelantos.

Los romanos, ávidos de riqueza y con elementos bastantes para adquirirla, pusieron en actividad los yacimientos de La Nava de Ricomalillo como tantos otros de nuestro suelo y, a juzgar por los vestigios que todavía se observan, realizaron en la actual mina «Pilar», de la Sierra Jaeña, la explotación de la parte superior de las vetas llamadas «La Rica», «Ingeniera» y «Eugenia» (las más potentes y de constitución menos dura) acudiendo a pozos de arrastre emplazados en lo alto de la montaña y recorriendo los filones en el sentido del buzamiento hasta una profundidad de 70 a 80 metros.

El laboreo se llevó a cabo con las características de los antiguos métodos mineros, arrancando el oro visible a martillo y punterola, y arrojando, más tarde, a la escombrera, el resto de los minerales. Es particularmente notable la angostura de los huecos practicados que, por tener el ancho de un codo, han recibido el nombre de «codines», y que hace presumir el empleo de esclavos en la ejecución de tales labores de disfrute.

No es muy seguro que estos criaderos fueran explo-

tados durante la Edad Media, pues los árabes que ocupaban esta parte de la Península, a excepción del mercurio, dedicaron muy poca atención a los problemas de la minería.

La desaparición de la dominación árabe coincidió con la magna empresa del descubrimiento de América, y aunque las riquezas minerales del Nuevo Mundo captaron las actividades españolas hasta el punto de quedar abandonadas muchas de nuestras minas, es harto verosímil que en el siglo XVI se trabajaran las de La Nava de Ricomalillo, ya que aparecen algunas monedas de esa época fabricadas con oro procedente de dichos yacimientos.

En la segunda mitad del siglo XVII debió de efectuarse también un laboreo más o menos regular, pues en el «Registro y Relación General de Minas de la Corona de Castilla», se encuentra una Cédula de S. M., con fecha 7 de marzo de 1689, en la que se dispone que «el Gobernador del Consejo de Hacienda ejerciese el destino de juez conservador y privativo de la mina de oro que beneficiaba don Juan de Pedrajas en la sierra llamada La Jaeña, término de Talavera de la Reina».

No aparecen antecedentes acerca de los trabajos realizados durante la centuria siguiente, pero es seguro que antes de promediar el siglo XIX los yacimientos estaban inactivos, porque P. Madoz, en el «Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar» (Madrid, 1849), expresa que el término de La Nava de Ricomalillo «comprende una mina de oro en la Sierra de Jaeña, a media legua, en la que se conservan muchos restos de sus trabajos; está parada, no obstante las muchas noticias que han pedido, lo mismo el Gobierno que varias sociedades particulares».

El distrito tomó carácter oficial en 1853, en que se de-

marcaron cinco concesiones mineras, de 13 hectáreas cada una, que llevaban los nombres de «Abundancia», «Dos de Mayo», «Oriental», «Potosí» y «San Francisco». Constituida en dicha época una sociedad española, denominada «La Fraternidad», se emprendieron trabajos importantes de investigación que además de permitir el reconocimiento de los antiguos filones, pusieron al descubierto nuevas vetas de cuarzo aurífero.

En 1860 se emboquillaron los dos socavones llamados «Dos de Mayo» (fot. núm. 1), y «San Felipe» (fot. número 2) aún existentes, que cuentan 300 y 400 metros de longitud, respectivamente, y fueron cortando, sucesivamente, diversos filones-capas, de dirección general O.-35°-N. Los más importantes recibieron los nombres de «San Vicente», «La Rica», «Ingeniera» o «Anchurón», «Justa», «San Ildelfonso», «Moralidad», «Secretaria», «Santa Catalina» y «Eugenia», cuyos espesores oscilan entre 0,10 y 0,80 metros. Más tarde se perforaron cinco pozos de arrastre y diversas galerías de dirección sobre los filones, que permitieron cierta exploración de los mismos.

Ante los resultados obtenidos, procedió la propia Sociedad, en 1864, al montaje de una máquina de vapor de ocho CV. para accionar un taller de tratamiento con horno de calcinación de los cuarzos, molino de piedras, cribas y tonel amalgamador, conservándose todavía algunos restos de las edificaciones levantadas al efecto (fot. núm. 3).

Así pudieron comenzar los ensayos de los minerales en amplia escala, tratándose, en el citado año, 2.582 quintales castellanos de tierras, que produjeron 287 adarmes y ocho granos de oro, según las notas dejadas por «La Fraternidad».

Un año después se sometieron a la amalgamación 466 quintales de mineral, obteniéndose un promedio de



Fot. 1.—Mina «Pilar». Entrada al socavón «Dos de Mayo».



Fot. 2. Mina «Pilar». Entrada al socavón «San Felipe».





Fot. 1.— Mina «Pilar». Entrada al socavón «Dos de Mayo».



Fot. 2. Mina «Pilar». Entrada al socavón «San Felipe».

11 granos de metal amarillo por quintal castellano, y otros 724 quintales procedentes de «Moralidad» y otros filones de «Dos de Mayo», rindieron 24 onzas de oro, según las mismas notas.

Cuando las minas estaban en plena actividad, fueron visitadas por el destacado Ingeniero alemán J. G. Klemm, el cual tomó muestras de 1,5 a 2 quintales de cada uno de los filones, que fueron enviadas a Londres para su análisis. Las certificaciones de los ensayadores del Banco de Inglaterra y de la Real Casa de la Moneda, acusaron las siguientes leyes:

PROCEDENCIA	Riqueza en oro	
	Grn/q.	Gr/l. ^o
«San Felipe»	660	717
«Manolito»	300	326
«San Patricio»	60	65
«San Carlos»	60	65
«Moralidad»	48	52

En 1866 continuaron los trabajos, arrancándose 460 quintales de cuarzo aurífero, que fueron almacenados, y al año siguiente volvieron a efectuarse nuevas series de ensayos, en parte con importantes cantidades de mineral, obteniéndose leyes comprendidas entre 14 y 54 granos por quintal castellano de cuarzo o, lo que es lo mismo, de 15 a 58 gramos por tonelada.

Del pozo inclinado «Manolito», ejecutado sobre el filón «Ingeniera» en la planta de «Dos de Mayo», se extrajeron minerales con 10 a 960 gramos de oro por tonelada, según análisis realizados por el Ingeniero Sr. Calvert.

Después de 1867 disminuyó bastante la intensidad de los trabajos; muchas de las labores resultaban improductivas porque los destajistas, por afán de lucro, atacaban los

filones más blandos, sin tener en cuenta su menor riqueza; en los frentes de «San Felipe» se arrancaba poco mineral, alegando falta de ventilación; las dificultades de los transportes resultaban muy grandes; el mal emplazamiento de la instalación de beneficio hacía harto oneroso el aprovisionamiento de agua y combustible; y lo imperfecto del tratamiento por amalgamación sólo permitía recuperar cantidades de oro bastante exiguas.

Todas estas razones impulsaron a la Sociedad a suspender la explotación en espera de algún arrendatario competente que realizase los trabajos en debida forma, y aunque no faltaron, ninguno, al parecer, cumplió sus compromisos, dedicándose, tan sólo, a ofrecer el negocio a diferentes capitalistas, con la esperanza de la oportuna prima.

Por todo ello, «La Fraternidad» resolvió, por acuerdo unánime, la venta de las minas, y no habiendo podido lograrlo, abandonó definitivamente los trabajos, quedando aquéllas en absoluta inactividad.

Después de transcurrir 30 años se volvió a las investigaciones; el Ingeniero Sr. Sáenz de Santamaría, visitó las concesiones, redactando, en abril de 1897, un informe en el que expresaba que los filones presentaban oro nativo en cantidad de bastante consideración e importancia para ser explotado y beneficiado, y que cuantos ensayos había efectuado por sí mismo o encargado a distintos Laboratorios sobre muestras por él tomadas, habían rendido resultados muy halagüeños, dando una ley de oro nada común. Resumía su trabajo expresando que se trataba de un grupo minero de gran importancia por la riqueza e índole de los criaderos, y que sería altamente beneficiosa la formación de una Sociedad seria, que se encargase de poner en actividad las concesiones.



Fot. 3.—Mina «Pilar». Ruinas de las edificaciones de la Sociedad «La Fraternidad».



Fot. 4.—Mina «Pilar». Terrera de «Dos de Mayo».





Fot. 3.—Mina «Pilar». Ruinas de las edificaciones de la Sociedad «La Fraternidad».



Fot. 4. — Mina «Pilar». Terrera de «Dos de Mayo».

Una muestra de 276,4 kilogramos de cuarzo, procedente del filón «Anchurón», que el referido Ingeniero remitió en seis sacos al Laboratorio Gómez Pardo, afecto a la Escuela de Ingenieros de Minas, para su ensayo en grande por el procedimiento de amalgamación, rindió el siguiente resultado:

	<u>Gramos</u>
Oro amalgamable	5,523
— sin amalgamar	2,400

correspondiendo en total a la tonelada unos 30 gramos, como término medio.

En septiembre de 1898, estuvo en las minas el Ingeniero belga C. Deneubourg, quien después de arrancar el mineral en los puntos que estimó más convenientes, y de tritarlo, tamizarlo y lavarlo, realizó por sí mismo los siguientes análisis:

<u>PROCEDENCIA</u>	<u>RIQUEZA EN ORO</u>	
«Anchurón»	18 gr. por tonelada.	
«Santa Catalina»	25 —	—
«Anchurón»	40 —	—
«Santa Catalina»	26 —	—
Idem	18 —	—
«Galerías romanas»	16 —	—
«Santa Catalina»	10 —	—
«San Patricio»	14 —	—
«La Rica»	20 —	—
«San Vicente»	8 —	—
«Moralidad»	90 —	—
«Secretaria»	14 —	—

El promedio de estos resultados es de 24,5 gramos de oro por tonelada, pero el ensayo de otra muestra, formada

por la mezcla de todas las anteriores, sólo rindió a Mr. Deneubourg 18 gramos por tonelada, lo que todavía constituía una ley digna de consideración.

No obstante las risueñas perspectivas que brindó el mencionado Ingeniero belga, las minas no llegaron a trabajarse y al final del año 1912 se decretó la caducidad por falta de pago del canon de superficie.

Al siguiente año se registró de nuevo el terreno, otorgándose la concesión «Alejandrina», de 64 hectáreas, que englobaba las cinco minas anteriores, y los propietarios, basándose en los resultados de los análisis expuestos, autorizaron al Ingeniero francés de Artes y Oficios, L. Bremond, para constituir una Sociedad explotadora. Con el indicado objeto se creó previamente en París un Sindicato de Estudios, el cual, en agosto de 1913, envió a España al Ingeniero R. Herborn, con la misión de examinar la validez de los títulos de propiedad, el estado de la mina, su situación topográfica, los trabajos efectuados y, muy especialmente, la cubicación de los escombros abandonados *in situ* por los antiguos explotadores.

Para el expresado Sindicato de Estudios, todo el interés de la mina «Alejandrina» residía en el valor de las escombreras (cuya ley, según un análisis de Mr. Deneubourg, ascendía a 16 gramos por tonelada) toda vez que a más de representar un tonelaje importante de mena aurífera que no había más que someter al oportuno tratamiento, ponía de manifiesto, por su magnitud, la riqueza de los filones de que procedía.

Mr. R. Herborn señaló la existencia en la mina de 297.000 toneladas de escombros, y envió a París 1.200 kilogramos separados de un desmuestra de ocho toneladas, que se mezclaron perfectamente; estos 1.200 kilogramos fueron lavados en aparatos especiales de la Casa Dalle-

magne, y del producto se tomaron cuatro muestras que fueron enviadas a diferentes laboratorios. Los resultados de los análisis llevados a cabo aparecen a continuación:

LABORATORIOS	RIQUEZA EN ORO
Ch. Callois, de París	10 gr. por tonelada.
Dallemagne, de Clichy	10 — —
— —	8 — —
Facultad de Ciencias de Nancy ...	7 — —

Asimismo, indicó Mr. R. Herborn que el socavón principal de la mina cortaba ocho filones susceptibles de explotarse en una altura de 300 metros, y que la instalación para el tratamiento de los cuarzos auríferos podría ser amortizada con la suma que rindiese el beneficio de las escombreras.

No llegó a realizarse, sin embargo, laboreo de ninguna especie y se produjo la caducidad de la concesión, aunque en 1925 volvió a demarcarse otra con el nombre de «El Desquite». El Ingeniero H. Hendricks, después de efectuar una visita en junio de 1927, emitió un informe expresando que tanto el subsuelo como la superficie estaban en las mismas condiciones de 1914, cuando fué publicado el trabajo de L. Bremond, y que, aunque la explotación subterránea no parecía interesante, la cantidad de escombros susceptibles de beneficio ascendía a 600.000 toneladas, con un contenido total de 6.000 kilogramos de oro, según los análisis efectuados en distintos laboratorios.

Por fallecimiento del propietario y renuncia de los herederos caducó también «El Desquite» sin que se realizase explotación alguna. Declarado franco el terreno e interesada por los yacimientos la Casa H. Echevarrieta, de Bilbao, se envió en 1928 a La Nava de Ricomalillo al Ingeniero

J. Balzola, el cual obtuvo diversas muestras que, sometidas al análisis, dieron un promedio de 14 gramos de oro por tonelada.

Dicho Ingeniero supuso aventurada la explotación de los filones ante lo crecido de los gastos que exigiría un reconocimiento eficaz y el capital que habría de invertirse en la instalación para el tratamiento del mineral, que ascendería a varios millones de pesetas.

En el mismo año se concedió, en lugar de «El Desquite», la actual mina «Pilar» y con posterioridad las denominadas «Capitán», «Alianza», «Pilar Segunda» y otras varias, algunas de las cuales, como «Fortuna», «Loreto» y «Maruca» fueron después abandonadas.

A primeros del año 1940, existían las siguientes concesiones:

NOMBRE	Número	Hectáreas	Mineral	Término municipal
«Pilar»	2.902	88	Hierro	La Nava de Rícomalillo
«Capitán»	2.913	20	Antimonio	Sevilleja de la Jara
«Alianza»	2.917	25	Hierro	Sevilleja y La Nava
«Pilar Segunda»	2.918	60	—	La Nava de Rícomalillo
«Constancia»	2.922	66	—	—
«Adela»	2.923	22	—	Sevilleja de la Jara
«Ernestina»	2.926	22	—	La Nava de Rícomalillo
«Sofía»	2.927	66	—	Sevilleja de la Jara
«Eduardo»	2.930	85	—	La Nava de Rícomalillo
«Maruja»	2.934	184	—	Aldeanueva de Barbarroya
«Ramona»	2.936	92	—	Sevilleja de la Jara

con la particularidad de que ninguna corresponde, como puede verse, a mineral de oro.

La situación de todas estas concesiones puede ser apreciada en el plano núm. I.

Los propietarios de «Pilar» y «Pilar Segunda», por esti-

mar que el fracaso de la «Sociedad La Fraternidad» fué debido a no conocerse en la época de aquellas actividades ningún procedimiento económico para el debido tratamiento de los cuarzos, e imaginando que los yacimientos eran de porvenir, en atención a sus antecedentes, emprendieron nuevos trabajos de investigación, dirigidos por el Ayudante Facultativo de Minas E. Salarnier y el Industrial inglés A. Firminger.

Después de rehabilitar las antiguas labores, se tomaron diversas muestras, aunque no de una manera sistemática, y con arreglo a los análisis verificados en el Laboratorio Gómez Pardo, el mineral de los filones «Santa Catalina», «Moralidad» y «Eugenia», en el socavón «Dos de Mayo», poseía una ley de cuatro gramos por tonelada y el del filón «Anchurón», de «San Felipe», en un pocillo de tres metros por debajo del piso de la galería, 7,5 gramos por tonelada. Otras muestras del muro de cuarcita de «Santa Catalina», que se creían estériles, acusaron cuatro gramos de oro por tonelada, y una de cuarzo del filón «Ingeniera» seis gramos por tonelada. Otros análisis posteriores dieron los siguientes resultados:

PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
Filón núm. 4 de «San Felipe» ..	6 gr. por tonelada
— núm. 5 de ..	8 — —
— «Ingeniera», de «Dos de Mayo»	2 — —
— «Santa Catalina», de «Dos de Mayo», menos de	2 — —
— de los últimos 100 metros de «Dos de Mayo», menos de	2 — —

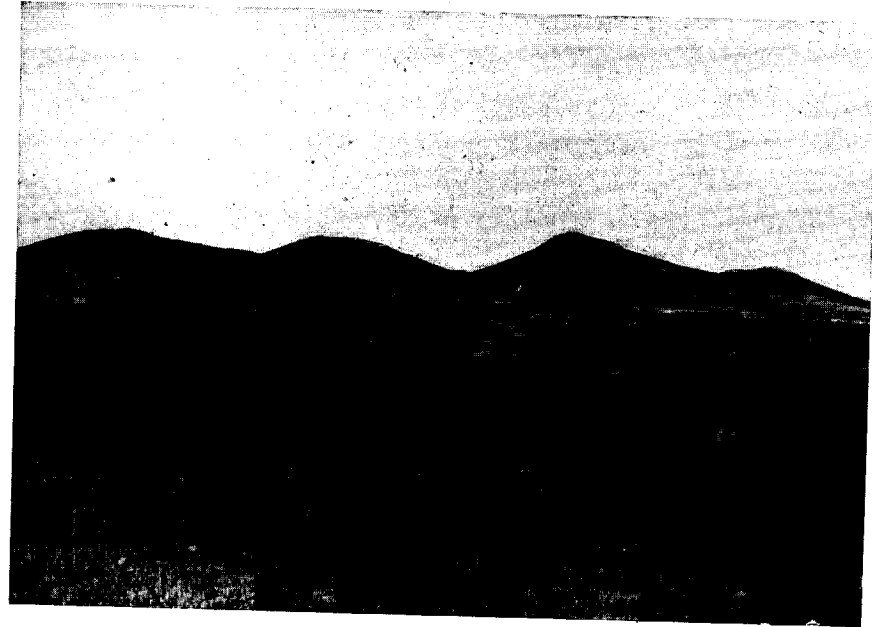
En el informe redactado en marzo de 1935, los citados investigadores consignaron la imposibilidad de dar una

opinión concreta sobre las zonas de enriquecimiento y el contenido de los filones, aunque encerraban oro todos ellos, y además que no podían efectuar cubicación alguna; se contentaron, pues, con señalar 1.000.000 de toneladas de «mineral probable», en números redondos, teniendo en cuenta únicamente la zona superior al nivel hidrostático. En cuanto a las escombreras, la situación era, a su juicio, desfavorable para la conservación de los residuos del tratamiento de los minerales, pues las tempestades debieron de dispersar las tierras aprovechables en las condiciones actuales de la metalurgia del oro. Consideraban los yacimientos interesantes y de porvenir, mas el debido reconocimiento de los filones hacía necesarios trabajos que requerían dispendios de consideración.

Las manifestaciones auríferas, perceptibles a simple vista, de una pequeña veta cuarzosa de menos de 0,05 metros de espesor que, con dirección aproximada E.-O. e inclinación de 20° al Norte, cruza los bancos de cuarcita de la concesión «Capitán», determinaron en ella un primer reconocimiento que quedó reducido a una calicata ampliada en la intersección de la veta con la estratificación del terreno.

Diferentes muestras, tomadas el año 1933 por el Ingeniero J. Menéndez Ormaza, de los escombros producidos, fueron analizadas por distintos procedimientos, llegando a acusar las siguientes leyes:

MUESTRAS	RIQUEZA EN ORO
Mineral escogido cuarcitoso ...	229 gr. por tonelada
— pobre cuarcitoso ...	6,4 — —
Rocas exclusivamente cuarcitosas del yacimiento	0,8 — —



Fot. 5.—Cerros silurianos del Aljibe y Tejonera, al Norte de Sierra Jaeña.



Fot. 6.—Vista general de Sierra Jaeña (Siluriano).





Fot. 5.—Cerros silurianos del Aljibe y Tejonera, al Norte de Sierra Jaeña.



Fot. 6.—Vista general de Sierra Jaeña (Siluriano).

Cuyos resultados justificaban los gastos de un reconocimiento más amplio. Así, en 1934 se procedió a perforar una galería de dirección con pendiente obligada menor de 20°, para no perder el cruce de la veta con las cuarcitas del desmonte, instalándose un transporte con vagonetas y vía de hierro y construyéndose un pequeño edificio. Los resultados de algunas de las muestras que se tomaron, aparecen a continuación:

MUESTRAS	RIQUEZA EN ORO
Cuarzo del filón	14 gr. por tonelada
— — — — —	24 — —
Cuarcita	4 — —
Arcilla entre los bancos de cuarcita	2 — —

Finalmente, nuevas muestras ensayadas en 1935, dieron en el Laboratorio Gómez Pardo las leyes que seguidamente se insertan:

MUESTRAS	RIQUEZA EN ORO
Cuarzo con oro metálico a la vista	636,6 gr. por tonelada
Cuarzo con cuarcita sin oro a la vista	5,61 — —
Cuarzo limpio de filón sin oro a la vista	40,3 — —

En la ladera del cerro Juncal donde radica la mina, y más al Norte que la veta reconocida, se han observado otras semejantes; a juicio del citado Ingeniero, la mejor manera de reconocerlas era avanzar 100 metros la galería construída y llegar desde su fondo hasta la superficie del terreno por un pozo vertical que las cortase a todas. Este proyecto permitiría las oportunas exploraciones, pero no llegó a realización al iniciarse el Glorioso Movimiento Nacional, que llevó consigo la suspensión de los trabajos.

2. FISIOGRAFÍA DE LA ZONA

El territorio donde aparecen los yacimientos se encuentra al SO. de la provincia de Toledo, cerca de los confines con las de Ciudad Real y Cáceres, en la región llamada «La Jara», partido judicial de El Puente del Arzobispo, y comprende parte de los términos municipales de Aldeanueva de Barbarroya, Belvís de la Jara, La Nava de Ricomalillo y Sevilleja de la Jara. Ocupa el extremo occidental de una alineación importante de los Montes de Toledo, que se eleva al Norte del macizo de Rocigalgo (1.448 metros), núcleo orográfico y punto culminante del sistema, y se dirige de Este a Oeste desde Mora hasta las proximidades de La Nava de Ricomalillo, para terminar junto a la depresión de El Campillo (644 metros), notable por la altitud de los montes que la circundan (Sierra de La Nava, mil ochenta y un metros; Cumbre Alta, 1.274 metros; Conveniencia, 1.036 metros; Loma de Posada Vieja, 1.091 metros; Risco de Las Moras, 1.100 metros) y que constituye un amplio puerto entre las cuencas del Tajo y del Guadiana.

En tal alineación destacan, dentro del área que consideramos, las lomas de Los Sacristanes (640 metros) y de Jaeña (700 metros); los cerros del Aljibe (1.061 metros) y Tejonera (754 metros) (fot. núm. 5); el del Tejar (713 me-

metros), el Frontoncillo (900 metros), la Sierra Jaeña (987 metros) (fots. núms. 6 y 7), y el cerro Juncal (890 metros), donde se encuentran los filones auríferos y, más al Sur, el Alcornuquillo (700 metros), la Sierra de La Nava (1.081 metros) (fot. número. 9), y el Frontón de Buenasbodas (1.085 metros) (fot. núm. 10).

Estos accidentes orográficos imprimen particular carácter al relieve, pues aunque no ofrezcan cotas exageradas, adoptan la forma de montes aislados por acentuadas depresiones que producen un terreno bastante quebrado.

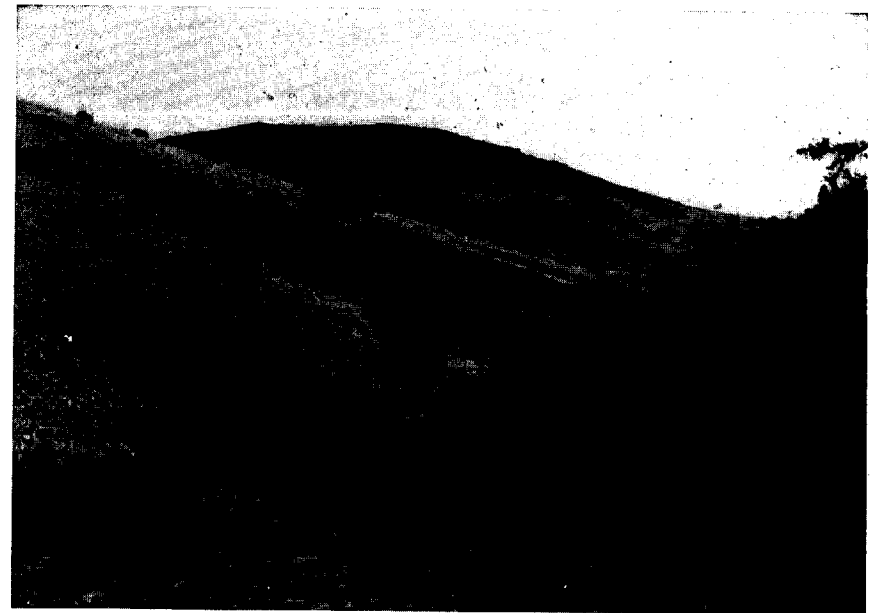
La constitución litológica hace aparecer crestones de cuarcita, perceptibles desde lejos en lo alto de los cerros, mientras las laderas se ven cubiertas en determinadas extensiones por buen espesor de grandes derrubios de la citada roca, que al desprenderse de las cumbres determinan las llamadas «pedrizas», «risqueras» o «casqueras», por los naturales del país. Estas pedrizas hacen el tránsito bastante penoso y se revelan a distancia por el matiz violáceo que imprimen al terreno; su formación corresponderá probablemente a distintos períodos de gliptogénesis, que han dado lugar al modelado actual de las montañas.

La disposición del relieve origina en la zona un aparato fluvial poco importante: el río Gébalo que, procedente de las sierras de Piedraescrita, cruza el territorio de Sur a Norte por la parte oriental y se encamina después al Oeste, pasando por los términos de Belvís y Alcaudete de la Jara, para desaguar en el Tajo por la orilla izquierda del mismo.

La energía de este curso acuífero se utiliza en una central hidroeléctrica (fot. núm. 12), propiedad de D. Félix Forero, de Talavera de la Reina, emplazada en la margen izquierda del río, cerca del puente de la carretera de Navahermosa a Logrosán.



Fot. 7.—La Sierra Jaeña vista desde el Mediodía.



Fot. 8.—Sierra Butrera (Siluriano).





Fot. 7.—La Sierra Jaeña vista desde el Mediodía.



Fot. 8.—Sierra Butrera (Siluriano).

Esta central aprovecha un salto de agua de 30 metros de altura y 300 litros por minuto, mediante una turbina de eje horizontal «M M A», de Utebo (Zaragoza), provista de regulador de aceite y acoplada coaxialmente a un alternador trifásico «Siemens Industria Eléctrica», de 220 voltios, 210 amperios, 50 períodos, 1.000 revoluciones por minuto y 80 kilovatios con $\cos \varphi = 0,80$. La energía producida se lleva a 6.000 voltios, por medio de un transformador elevador «Siemens» de 90 kva., y se distribuye para alumbrado y fuerza motriz a diferentes pueblos con una línea aérea, trifilar, de postes de madera y conductores de cuatro milímetros de diámetro. Como reserva se ha instalado un motor de gas pobre «Otto Deutz», de dos cilindros y 150 CV., con gasógeno «Gasmotoren», que funciona con carbón vegetal, cuyo motor acciona por correa un alternador «Siemens-Schuckert», de 220 voltios, 329 amperios, 50 períodos, 750 revoluciones por minuto y 125 kilovatios con $\cos \varphi = 0,80$.

El territorio ofrece, asimismo, algunos arroyos, entre los que descuellan el de las Maillas, afluente del Géballo, que se une a éste por la orilla izquierda; el del Mazuelo (foto núm. 13), que desagua en el propio río junto a la central eléctrica citada; y los de Jaeña, Olligoso, Calderón y la Canaleja, que discurren hacia NO. para confluir en el río Huso que va, finalmente, a verter las aguas al Tajo.

Desde el punto de vista climatológico, esta comarca realiza el tipo continental con bruscos contrastes; la oscilación media anual de la temperatura excede de 30° y la diaria es tan amplia que pasa de 20° en algunos días del estío.

Relativamente a las precipitaciones atmosféricas, la región forma parte de la extensa zona central de España, que abarca el Sur de toda Castilla la Nueva, donde la llu-

via media anual es solamente de 470 mm. y así es fácil comprender el escaso desarrollo de las corrientes superficiales, que produce tan exigua cantidad de agua llovida.

Los componentes petrológicos del terreno, cuarcitas y pizarras, son harto diferentes en cuanto a permeabilidad para el agua, y su disposición estratigráfica es causa de que, salvo pequeños lechos de cuarcita, intercalados en las pizarras, estas ocupen siempre el nivel inferior; de este modo resultan mantos acuíferos en el contacto entre las cuarcitas fisuradas y las pizarras, las cuales, por sus posiciones tectónicas dan lugar a cierta irregularidad en la disposición de los manantiales; las fuentes que originan sólo producen agua durante la época lluviosa, mientras que en las cuarcitas se conservan bastante tiempo los manantiales.

Actualmente, una gran parte del terreno superficial se utiliza para la agricultura, observándose plantaciones de olivos y encinas que ascienden por las laderas de los cerros hasta cubrir buena parte de los mismos; también se utiliza el suelo para la siembra de cereales, y se mantienen bastantes cabezas de ganado lanar y cabrío.

En las extensiones incultas se produce una vegetación característica de hierbas montaraces (tomillo, romero, brezo, aliaga, lentisco, espliego, salvia, etc.....), madroños, chaparros y, sobre todo, cistáceas, entre las que domina la jara *Cistus ladaniferus*, L., que por su abundancia ha dado nombre a toda la región. Es en extremo encantador el espectáculo que ofrece la florescencia al recorrer el territorio en primavera y todavía aumentan el agrado algunos árboles esbeltos que crecen junto a los arroyos y los vastos rodales de plantas, principalmente artemisias, centauros y cardos, que suelen aprovecharse como combustible.

Esta región no es muy habitada, pues escasean los cortijos y casas de labranza, y sólo se advierten dos reducidos



Fot. 9. - Sierra de La Nava (Siluriano), vista desde Poniente.



Fot. 10. Sierra de La Nava y Frontón de Buenasbodas (Siluriano).



Fot. 9. — Sierra de La Nava (Siluriano), vista desde Poniente.

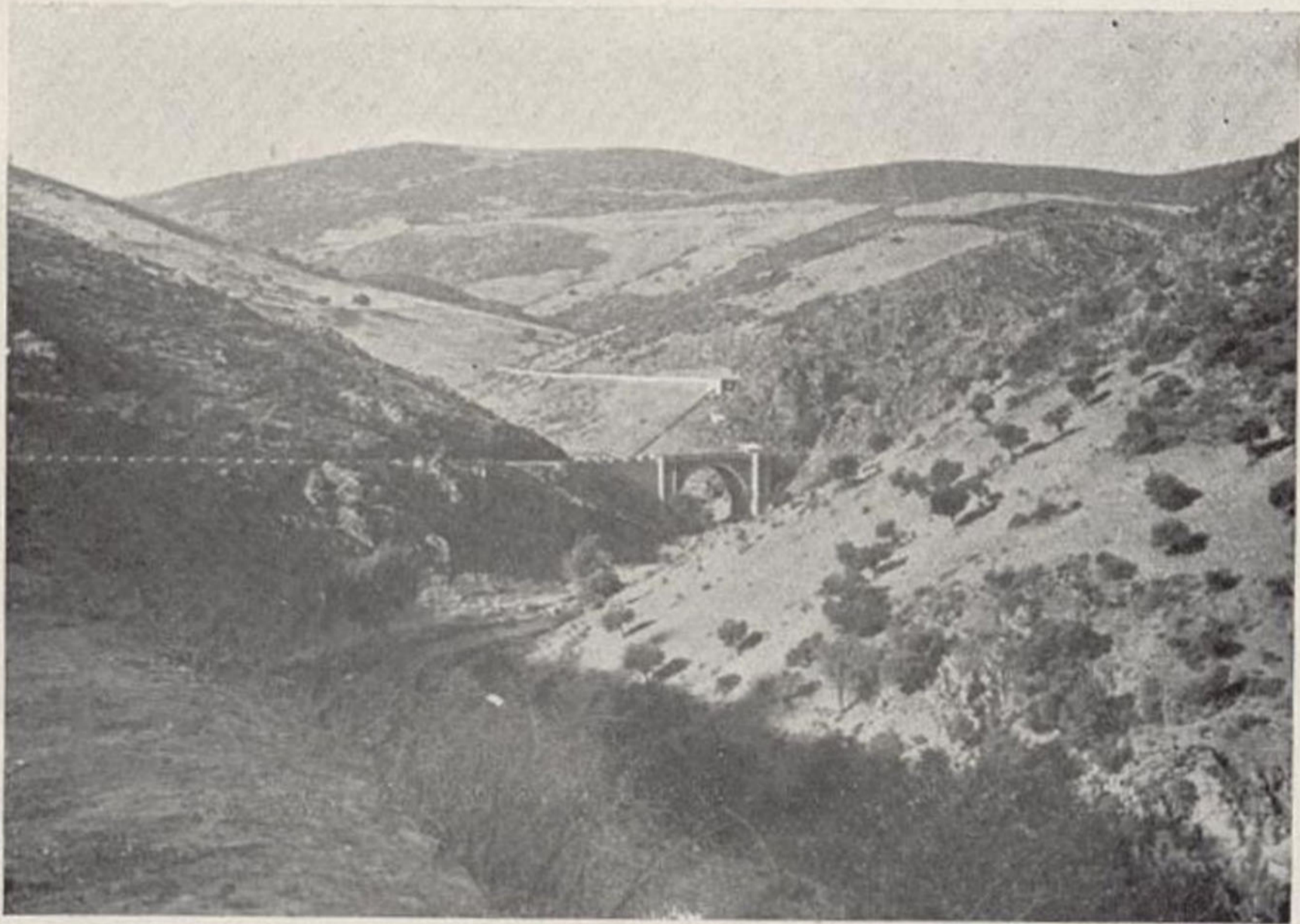


Fot. 10. Sierra de La Nava y Frontón de Buenasbodas (Siluriano).

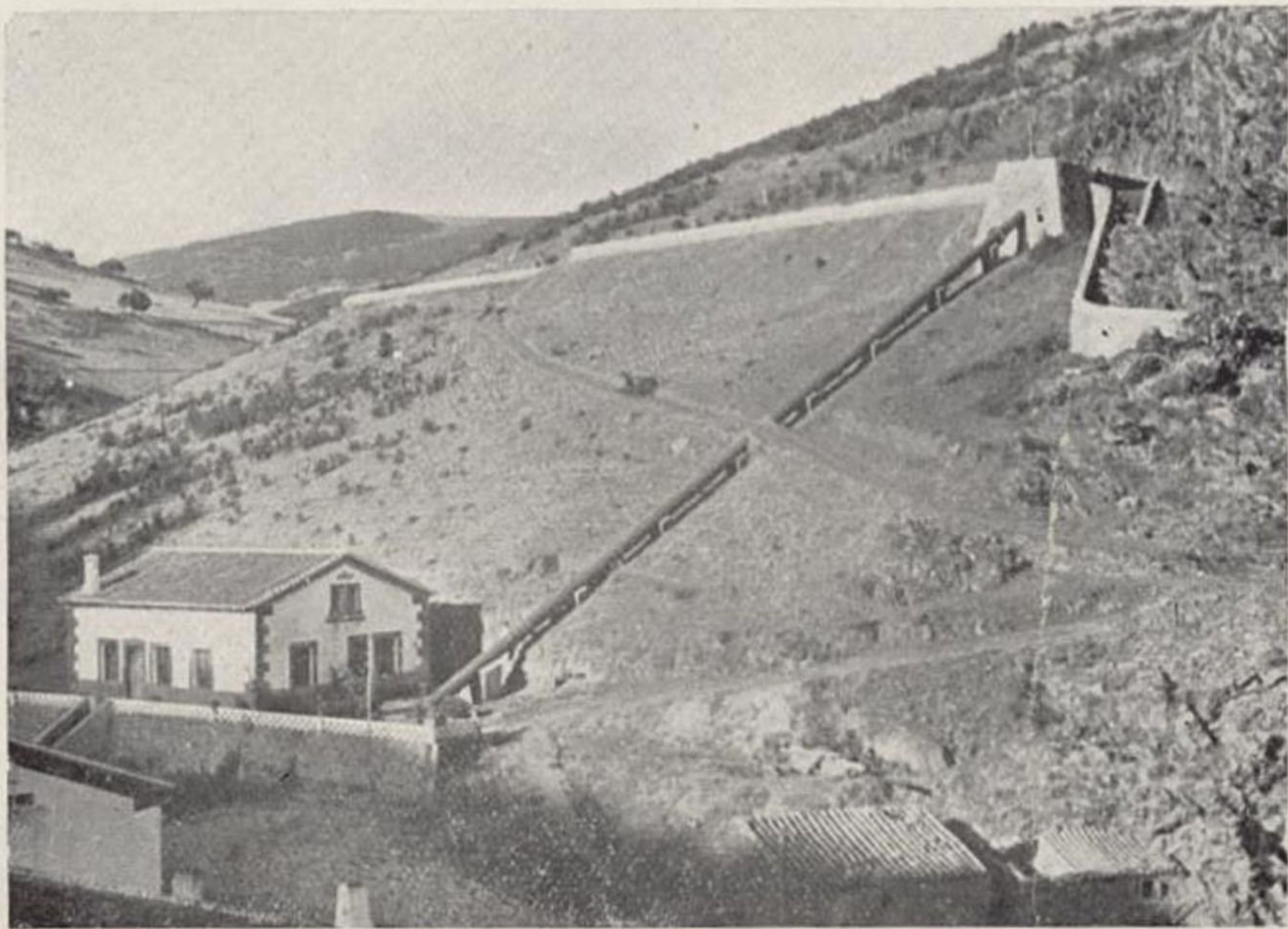
núcleos de población; La Nava de Ricomalillo (fot. n.º 15), lugar de 1.518 habitantes y Buenasbodas (fot. número 16), pequeña aldea de 691 almas, adscrita al municipio de Sevilleja de la Jara.

La estación de ferrocarril más próxima es Talavera de la Reina, en el kilómetro 135 de la línea de Madrid a Cáceres y Portugal. Después de cruzado el hermoso puente de hierro que en aquella ciudad existe sobre el Tajo, y siguiendo la carretera de Herrera del Duque, que se encamina al Sur, se encuentran sucesivamente: en el kilómetro 20, Alcaudete de la Jara; en el 30, Belvís de la Jara y, más tarde, en el 46, La Nava de Ricomalillo; kilómetro y medio antes de esta última, cerca del pontón existente sobre el arroyo Olligoso, y a la izquierda de la carretera, comienza un camino de herradura de dos kilómetros de longitud que, con pendiente no muy pronunciada y rumbo NE., se dirige a lo alto de la Sierra Jaeña, donde se encuentra la mina «Pilar».

También puede llegarse a ésta por la carretera de Navahermosa a Logrosán, que pasa por Buenasbodas, y en cuyo kilómetro 60 se encuentra el punto de partida de la concesión «Adela»; cerca del último pueblo, un sendero que asciende por el cerro Juncal conduce, por una parte, a la mina «Capitán» y, por otra, a las ruinas de los edificios levantados por la «Sociedad La Fraternidad».



Fot. 11. — Valle Siluriano del Gébaló.



Fot. 12. — Central eléctrica sobre el Gébaló.

3. RESEÑA GEOLÓGICA

Sobrepuestos al granito, se distinguen en el territorio sedimentos paleozoicos (cambrianos y ordovicienses) y una formación cuaternaria que se atribuye al Pleistoceno. De la distribución de estos términos y de su disposición tectónica, puede formarse idea por el plano (núm. 1) y corte geológico (núm. 2).

Granito

Encuétrase a unos siete kilómetros al Oeste de Sierra Jaeña, formando la mancha hipogénica donde se asientan Aldeanueva de Barbarroya y Navalmorelejo, que se prolonga al Mediodía hasta las proximidades de Mohedas de la Jara.

La roca ofrece diversos tipos, con algunas diferencias de textura y composición, según los lugares de procedencia. En el kilómetro 57 de la carretera de Aldeanueva de San Bartolomé a Mohedas de la Jara, la plutonita, áspera, rugosa, con tono algo pardusco y fractura subplana, presenta textura granulosa con elementos de tamaño variable, unas veces de grano medio y otras porfídica. Es bastante

feldespática y posee cristales, bien perceptibles a simple vista, de cuarzo, feldespatos, muscovita y turmalina alterada.

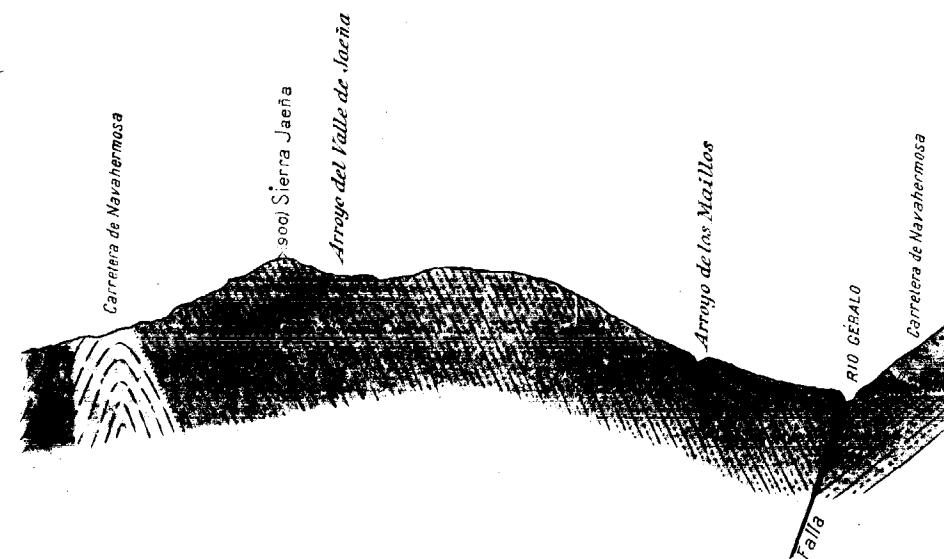
Al microscopio, según el análisis realizado en el Laboratorio petrográfico del Instituto por el Ingeniero J. Romero Ortiz de Villacián, se comporta como una roca holocristalina integrada por cuarzo, ortosa, albita, micas blanca y negra y turmalina.

El cuarzo forma placas irregulares, quebrantadas, que se resuelven en otras menores de diversa orientación óptica, y las fracturas suelen presentarse rellenas de hidróxidos de hierro y laminillas de muscovita; contiene gran número de inclusiones sólidas y líquidas que forman, a veces, una red cuadrangular de mallas amplias por su orientación en planos próximamente paralelos, cuyas secciones, con pequeño aumento, aparentan líneas de crucero. Esta especie, cuya proporción en el volumen total de la roca llega al 40%, se encuentra también en inclusiones de gran tamaño en los feldespatos y, por tal motivo, no puede fijarse fácilmente el orden de consolidación.

La ortosa se presenta en placas irregulares de menor tamaño que las de cuarzo; suele formar la macla de Carlsbad y está casi totalmente transformada en un caolín coloide, blanco por reflexión, que conserva los cruceros p (001) y g^1 (010); a veces se individualiza en cristales idiomorfos de pequeño tamaño, también caolinizados, y otras encierra inclusiones de los demás minerales de la roca, entre las que destacan algunos cristales idiomorfos de plagioclasa y varias agujas de apatito. La proporción del feldespato potásico en la roca puede apreciarse en 30%.

El plagioclasa aparece en cristales idiomorfos de tamaño variable con signo positivo, birrefringencia 0,004 y extinción de -15° en las secciones perpendiculares a pg^1 (001) (010) lo que ha permitido clasificarle como albita

JARA Y EL AHERMOSA

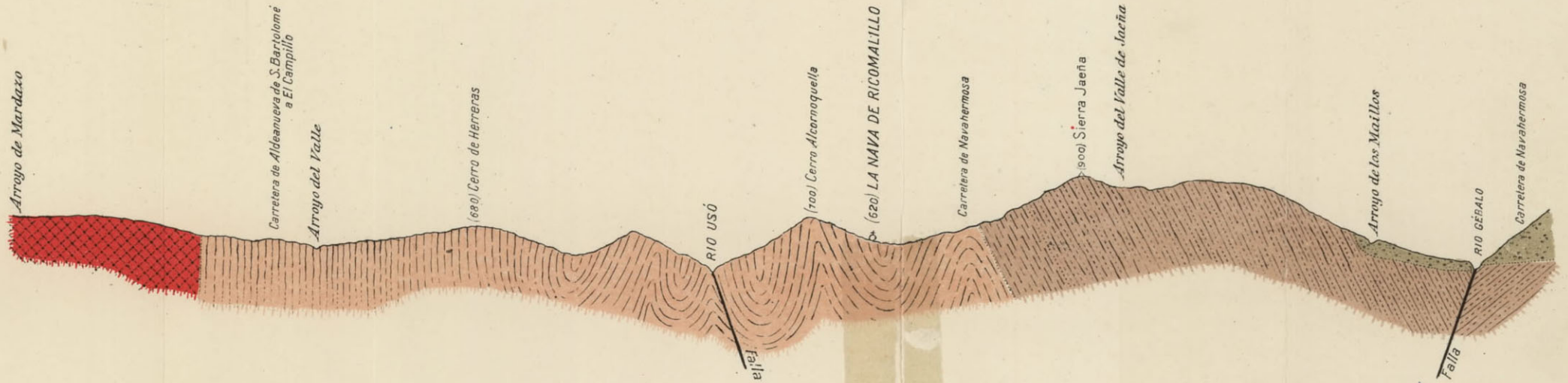


CORTE GEOLOGICO

ENTRE LAS CERCANIAS DE MOHEDAS DE LA JARA Y EL KILOMETRO 49 DE LA CARRETERA DE NAVAHERMOSA A LOGROSAN



ESCALAS { Horizontales: 1 : 100.000
 { Verticales: 1 : 25.000



EXPLICACION

Cuaternario	█	Diluvial
Siluriano	█	Cuarzitas
	█	Pizarras
Cambriano	█	Pizarras
Hipogénico	█	Granito

muy pura. Forma esta especie la macla de su nombre con bandas polisintéticas finas entre otras más anchas, y en algunos casos se combina con la de Carlsbad. Los cristales de albita poseen una textura idiomorfa muy acusada; se hallan mejor conservados que los de ortosa y contienen las mismas inclusiones de ésta, resaltando las de mica, orientadas generalmente a lo largo del cristal en el pina-coide lateral g^1 (010).

Con relativa abundancia se encuentra la muscovita en las más variadas formas: unas veces en láminas rectas, otras curvas, torcidas y hasta deshilachadas, las cuales penetran, en ocasiones, en los demás minerales de la roca. Esta especie carece de verdadero policroísmo; posee un ángulo de los ejes muy pequeño y encierra algunos gránulos y cristales de zircón, con vestigios de aureolas policroicas.

De mica negra sólo se ha observado un exiguo testigo al estado de inclusión en un cuarzo, donde quedó mejor conservada; más bien que de biotita debe tratarse de una lepidomelana rica en óxido férrico, que ha sido, naturalmente, eliminado.

La turmalina ofrece individuos alotriomorfos y, por excepción, cristales que tienden a desarrollarse en forma prismática alargada según la dirección del eje principal; es una especie ferruginosa, policroica y con cruceros imperfectos, cuya proporción volumétrica en la roca no excede de 2 a 3 %.

Finalmente, como elementos accesorios, además de algunos hermosos cristales de zircón, que encierra la muscovita, pueden señalarse el apatito incluido en los fel-despatos y algo de magnetita, más o menos alteradas en limonita.

Con arreglo a las expresadas composición y textura, y

de conformidad con la nomenclatura de A. Michel-Lévy que, aunque se aparta de las adoptadas en Alemania e Inglaterra, es aceptada por A. Harker y algunos norteamericanos, puede calificarse esta roca de *granulita turmalinífera*. Tal denominación no está desprovista de cierta ambigüedad por los distintos significados que al vocablo *granulita* atribuyen las diversas escuelas petrográficas, mas lo esencial es que se trata de una plutonita tipo de los granitos alcalinos, con mayor acidez que los que sólo contienen mica negra y en la que aparece tan clara la intervención de mineralizadores enérgicos (*pneumatolisis*) que H. Rosenbusch la considera como «facies de fumarolas de los granitos».

La presencia de la turmalina, a más de evidenciar la acción de los ácidos bórico y fluorhídrico procedentes del magma, viene a caracterizar esta modificación especial que se localiza principalmente en los bordes de los batolitos, es decir, precisamente donde los vapores cargados de principios volátiles han podido desprenderse con más facilidad.

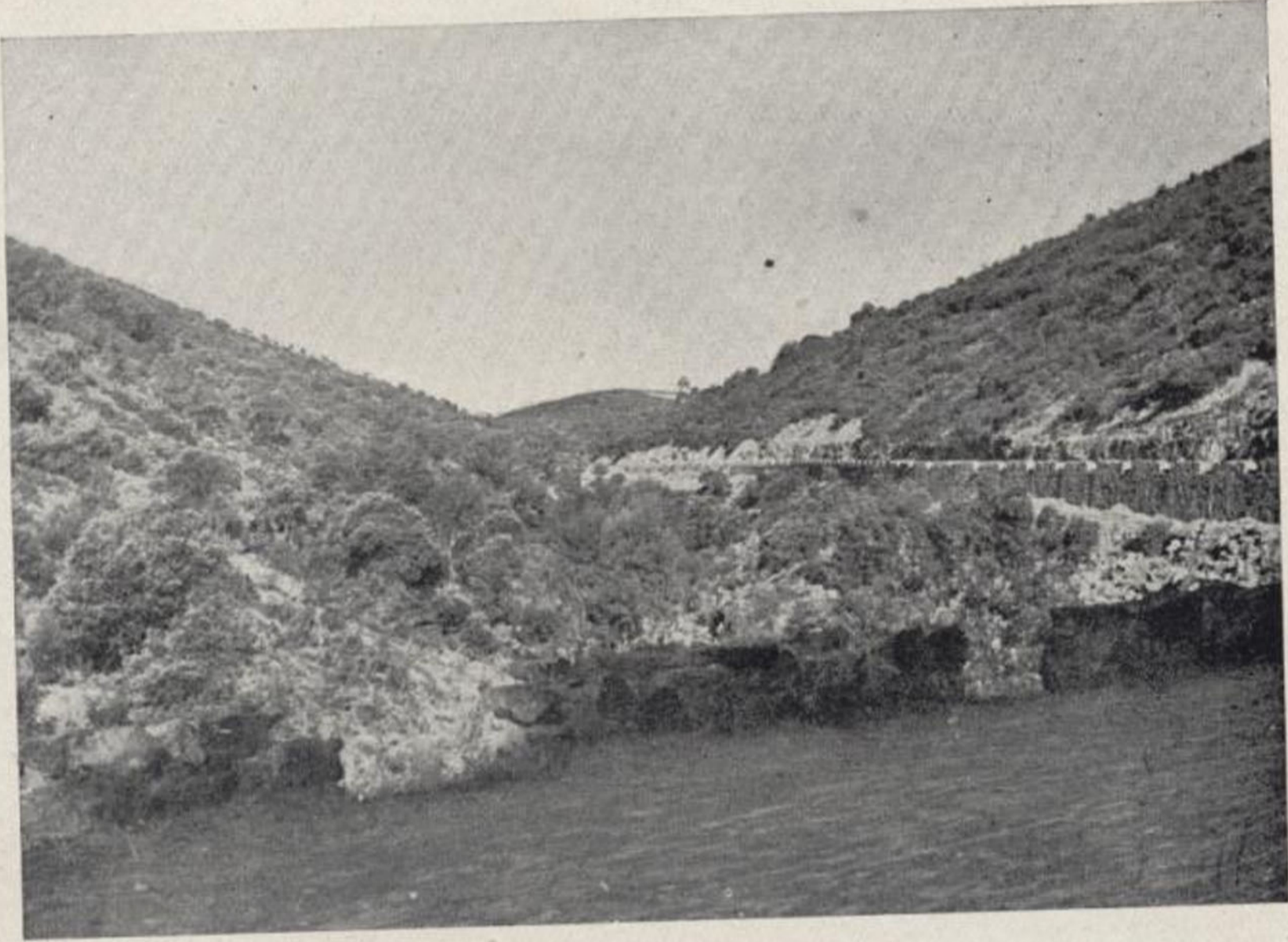
Medio kilómetro más al Norte, en un pequeño otero situado a la izquierda de la misma carretera, la granulita, de color casi blanco, con algunas impregnaciones ocráceas, aparece atravesada por filones de cuarzo; posee textura finamente granulosa y a simple vista se distinguen pequeños cristales de cuarzo, feldespatos, mica blanca y puntitos negros de turmalina.

En la platina es una roca holocristalina de textura granulosa algo cataclástica, un poco porfídica a veces, por variar bastante los tamaños de los cristales de cuarzo y feldespatos, algunos de los cuales destacan por su mayor volumen. Las demás características son análogas a las que acabamos de reseñar.

Después de avanzar otro medio kilómetro hacia Aldea-



Fot. 13.—Valle siluriano del Mazuelo.



Fot. 13.—Valle siluriano del Mazuelo.

nueva de San Bartolomé por la propia vía de comunicación, se encuentra el contacto con el Cambriano, en el cual, la plutonita, dura, tenaz, sumamente rugosa, áspera al tacto y con fractura concoidea, ofrece matiz pardo claro y posee textura granulosa de grano medio, en algunas zonas también algo porfídica por el mayor desarrollo de los cristales de feldespato, que es el mineral más abundante. A simple vista se distinguen, además, el cuarzo, la mica blanca y algunos cristales negros, pequeños e irregulares, de turmalina.

En cuanto a su carácter alcalino, esta roca es análoga a las anteriores, pero al microscopio presenta algunas diferencias mineralógicas y texturales que señalaremos brevemente. Resulta menos porfídica aun cuando todavía conserva el cuarzo grandes placas, pero se advierte una tendencia general a individualizarse en gránulos, con numerosas inclusiones sólidas y líquidas, semejantes a las ya descritas.

No ofrecen ninguna novedad la ortosa ni la albita, pero se advierte otro feldespato: la microlina, unas veces al estado intersticial entre los demás elementos y, otras, en cristales idiomorfos de gran tamaño, en los que se observan inclusiones de los demás minerales, como si hubiese sido el último en el orden de consolidación. La proporción volumétrica de este elemento, equivalente a la de la albita, puede considerarse como escasa.

Otro rasgo distintivo de esta roca es la proporción de biotita, mucho mayor que la de las anteriores, cuya especie se encuentra en cristales muy policroicos, aislados o mezclados con los de muscovita, que continúa siendo la mica dominante. Dichos cristales contienen buen número de inclusiones de magnetita y ofrecen algunas formas en las que se observa la acción pneumatolítica por la decolora-

ción parcial en bandas, más o menos paralelas al crucero, y por la caída total del valor de la birrefringencia.

El batolito granítico que consideramos de edad herciana, es una consecuencia de los grandes movimientos tectónicos de aquella época que, al individualizar el núcleo de la Meseta, impulsaron al magma en fusión contra los estratos paleozoicos, haciéndole cristalizar en profundidad.

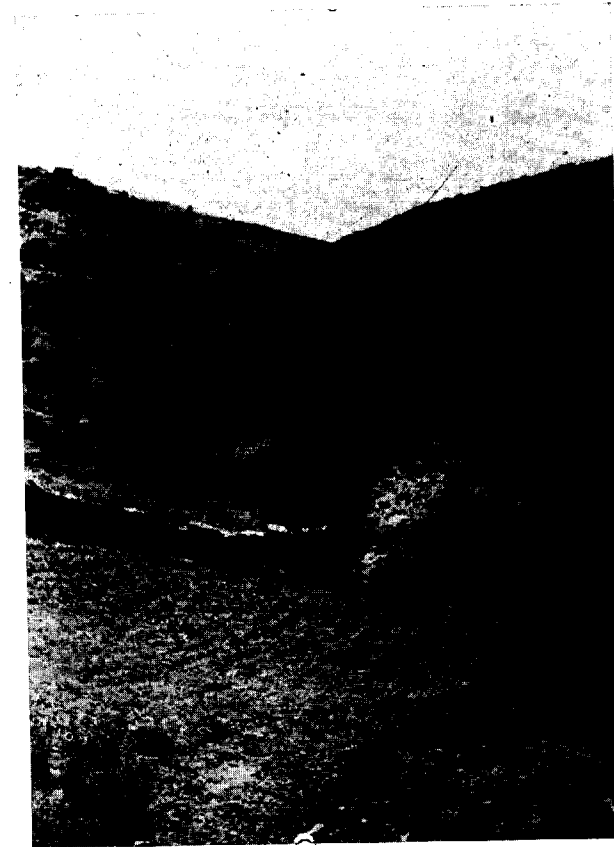
Otra formación eruptiva de esta comarca, son los pórfidos cuarcíferos que aparecen en la parte inferior de la Sierra de la Nava, donde forman diques con fenocristales de cuarzo, ortosa y plagioclasa, cementados por una pasta en la que abunda la biotita.

Cambriano

Comienzan a observarse los afloramientos de este sistema en el kilómetro 39 de la carretera de Talavera de la Reina a La Nava de Ricomalillo, donde ha quedado al descubierto en las partes bajas del terreno, merced a la denudación.

Extiéndese el Cambriano a la derecha de dicha carretera y avanza al Oeste de La Nava y por la depresión de El Campillo, donde forma lomas más o menos achatadas, estériles a trechos o cubiertas por una capa de tierra vegetal y aprovechadas entonces para la agricultura.

Las rocas son pizarras que en las proximidades del granito han sufrido el metamorfismo exomorfo, y sobre ellas descansan otras descompuestas y cristalinas. Estas últimas no se diferencian litológicamente de las silurianas, y a no ser por algunas calizas metamorfizadas, que aparecen a un nivel inferior en determinados puntos, no se distinguirían fácilmente de las ordovicienses. Debido a esta semejanza



Fot. 14.—El arroyo Olligoso, al pie de Sierra Jaeña.





Fot. 14.—El arroyo Olligoso, al pie de Sierra Jaena.



es probable que algunas zonas consideradas como silurias sean, efectivamente, cambrianas.

Cerca de Aldeanueva de San Bartolomé, en el contacto con el granito, las rocas, de color canela claro, ofrecen textura pizarreña con grano muy fino y a simple vista muestran numerosas laminillas de mica dorada. La fractura es astillosa, con caras oblicuas al plano de foliación, con el que forman un ángulo de 110° , y como la estratificación también se inclina sobre aquél con un ángulo semejante, la disyunción se verifica en paralelepípedos que tienden al romboedro.

Al microscopio, en las secciones transversales a la foliación, se perciben lechos sumamente delgados de feldespato, mica y cuarzo, con elementos accesorios como la turmalina y secundarios como los hidróxidos de hierro, y bastante caolín terroso, procedente de la descomposición de la ortosa.

La estructura es francamente cristalina y la textura, en los planos de foliación, finamente granoblástica, con tamaño medio de los granos de 0,08 milímetros y quizá algo porfidoblástica a causa de los cristales de mica, que alcanzan 0,6 milímetros, y de los de turmalina, de 0,2 milímetros.

El feldespato es una ortosa en gránulos pequeños algo caolinizados, que presentan hendiduras rellenas de biotita, algunas inclusiones sólidas y agujas micáceas en diversa orientación.

A la muscovita debe atribuirse una mica blanca, biáxica, negativa, que parece proceder de la alteración de la biotita por un proceso pneumatolítico. Esta última especie, mucho más escasa que la muscovita, contribuye con ella a la orientación pizarreña de los cruceros principales de la roca.

El cuarzo es un constituyente de escasa importancia, que aparece relleno los poros preexistentes en la roca

y bajo la forma de granos muy finos, con inclusiones de los demás elementos y fracturas debidas a acciones dinámicas.

El análisis petrográfico pone bien de manifiesto la feldespatización de las pizarras cambrianas, con producción de turmalina por exomorfismo en la zona de contacto con la granulita.

A cinco kilómetros al SO. de La Nava de Ricomalillo, se observan calizas afectadas también por el metamorfismo, cuyas rocas son dolomíticas, compactas, de color gris azulado y se hallan cruzadas por vetas blancas de cuarzo; en el cerro Agudo, al NO. del mismo pueblo, las propias calizas, con matiz gris amarillento, presentan nódulos blancos de calcita.

A poco más de un kilómetro al Norte de La Nava, hacen aparición los filadios cambrianos que se extienden a la derecha de la carretera de Talavera, entre la Sierra Jaëña y la de La Nava, llegando hasta cerca de Buenasbodas, y en algunos puntos aparecen crestones de pizarras otrelíticas de tono gris verdoso claro.

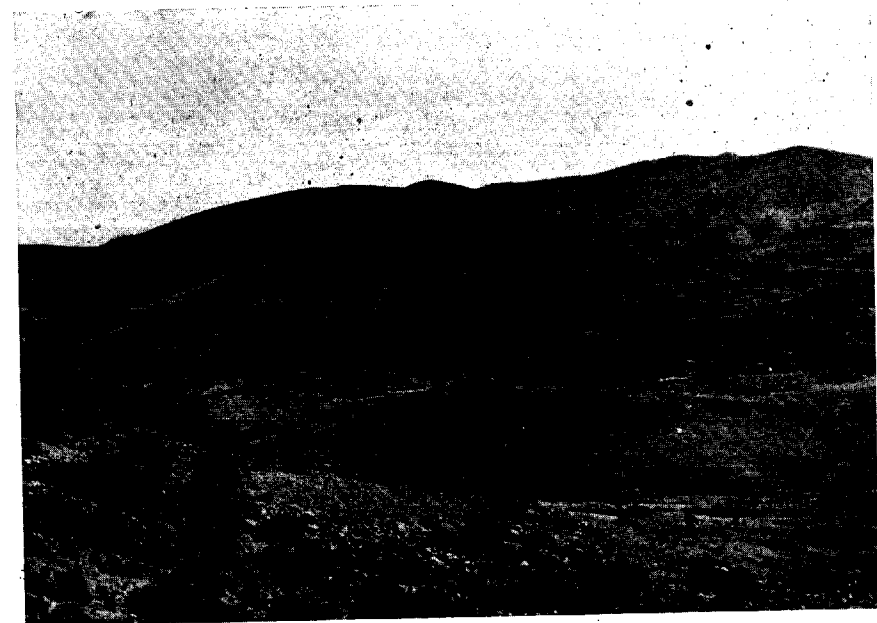
Entre La Nava de Ricomalillo y Aldeanueva de San Bartolomé, en la zona del río Huso, existen grauwackas de color gris amarillento, y cerca de Aldeanueva de Barbarroya, la proximidad del granito ha determinado filadios otrelíticos de tono gris amarillento, con nódulos verdosos.

Todos los sedimentos cambrianos presentan trastornos estratigráficos que evidencian en conjunto una disyunción longitudinal de las capas por cortes paralelos.

A unos dos kilómetros y medio al SO. de La Nava, en unos altozanos próximos al arroyo de la Cañadilla, las pizarras verdes, en posición vertical, se dirigen de Sur a Norte, y a un kilómetro de la misma aldea, por la carretera de El Campillo, las expresadas rocas, con matiz pardusco, siguen el indicado rumbo, pero inclinando 65° a Levante.



Fot. 15. - Pueblo de La Nava, al pie de la sierra siluriana de su nombre.



Fot. 16. - Vista general de Buenasbodas, al pie del Frontón del mismo nombre.





Fot. 15. - Pueblo de La Nava, al pie de la sierra siluriana de su nombre.



Fot. 16. - Vista general de Buenasbodas, al pie del Frontón del mismo nombre.

En cambio, al Norte de La Nava, cerca del arroyo Olligoso, que bordea la Sierra Jaeña, los estratos tienen una dirección N.-22°-O. con buzamiento de 70° al NE. El referido curso acuífero pasa al pie del Frontón de Buenasbodas y ocupa el eje de un anticlinal bien caracterizado.

Siluriano

Forma este sistema los relieves más destacados del territorio, es decir, los cerros del Aljibe, Tejonera (fot. número 5) y la Picaza, el Frontoncillo, la Sierra Jaeña (fotos números 6 y 7), la Butrera (fot. núm. 8), el Frontón de Buenasbodas y la Sierra de La Nava (fot. núm. 10). Se extiende a la izquierda de la carretera de Talavera a La Nava, que sigue con bastante aproximación el contacto con el Cambriano.

La formación ofrece tres clases de rocas, que corresponden a otros tantos niveles estratigráficamente distintos: pizarras azules, pizarras rojizas y cuarcitas. En los dos primeros la composición no es uniforme, pues las pizarras alternan a veces con cuarcitas o cambian de color por pasar las azules a rojizas, pero, generalmente, basta el carácter apuntado para efectuar la distinción.

Las pizarras del tramo inferior son de color azul oscuro, lustrosas, micáceas en ciertas ocasiones y fácilmente exfoliables. Suelen alternar con lechos delgados de cuarcita, que llegan a desaparecer en forma de cuña. En Sevilleja de la Jara se han encontrado, en este horizonte, los siguientes fósiles:

Calymene tristani, Brong.

Asaphus cianus, Barr. et Vern.

Sanguinolites pellicoi, Vern.

Redonia duvaliana, Rou.

Orthis vespertilio, Sow.

que bastan para caracterizar el Ordoviciense.

El nivel medio está integrado por pizarras rojizas muy arcillosas, que presentan, a veces, manchas claras como indicio de un mineral descompuesto; ofrecen restos orgánicos distintos de los anteriores, pero el mal estado de conservación no ha permitido determinaciones exactas; acaso correspondan estas rocas a una zona de mar menos profundo que el anterior.

Las cuarcitas forman el último tramo del Siluriano y coronan las cumbres de los montes, donde se presentan en bancos de dos a cuatro metros de potencia. Son compactas, de color gris o pardo-rojizo sucio, con granos finos fundidos unos en otros y, frecuentemente, aparecen fisuradas en distintos sentidos. La derrubiación origina los bloques que dan lugar a las pedrizas o risqueras, de que ya hemos hablado.

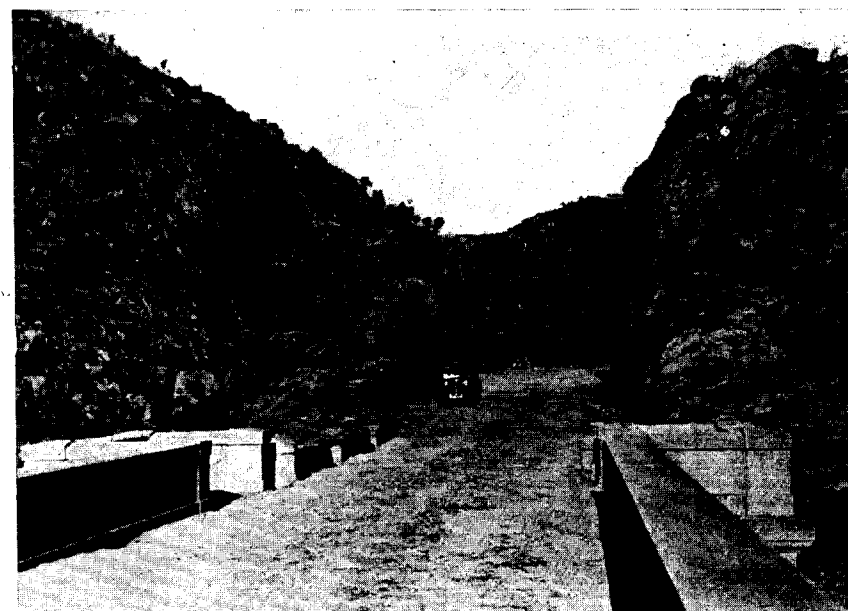
En algunos lugares, como en la ladera Norte de la Sierra de La Nava, pasan las cuarcitas a una arenisca de grano fino, y otras veces toman la forma de un conglomerado de cantos rodados de cuarzo, cementados por una pasta silíceo-ferruginosa de color pardo-rojizo oscuro. En Sierra Jaeña se advierte esta pudinga, que llega a poseer en ocasiones caracteres auríferos.

Las cuarcitas encierran *Cruzianas* de buen tamaño, habiéndose recogido en Sevilleja de la Jara:

Cruziana furcifera, d'Orb.

— *bagnolensis*, Mor.

Scolithus linearis, Hall.



Fot. 17.—Cuarcitas silurianas, junto al puente sobre el Gébalo.





Fot. 17.—Cuarcitas silurianas, junto al puente sobre el Gébalo.



Scolithus dufrenoyi, Rou.

Foralites, sp.

la última de cuyas especies se ha encontrado también en Sierra Jaeña y fija, con las demás, la edad de la formación.

Los sedimentos ordovicienses, concordantes con el Cambriano, presentan como él perceptibles alteraciones estratigráficas. En la Sierra Jaeña las capas, con dirección general NO.-SE., buzán hacia el NE. con inclinaciones de 50 a 60°, y al Norte de la misma, en dirección a Belvís de la Jara, presentan ondulaciones en todos sentidos y pueden apreciarse buzamientos al NE., N. y NO.

Entre Buenasbodas y el Gébaló, desde la carretera de Navahermosa a Logrosán, que bordea constantemente el arroyo del Mazuelo, se advierte el intenso plegamiento del Siluriano, cuyos estratos aparecen retorcidos y cortados por diversas fallas.

En la orilla izquierda del citado río, junto al puente de la carretera, las cuarcitas tienen un rumbo O.-40°-N., inclinando 50° al SO., y en la margen derecha se dirigen al N.-30°-O., con inclinación más suave de 35°, también al SO. Aguas abajo del referido puente, y a la izquierda del curso fluvial, los estratos están interrumpidos por una falla que presenta la propia dirección de aquéllos.

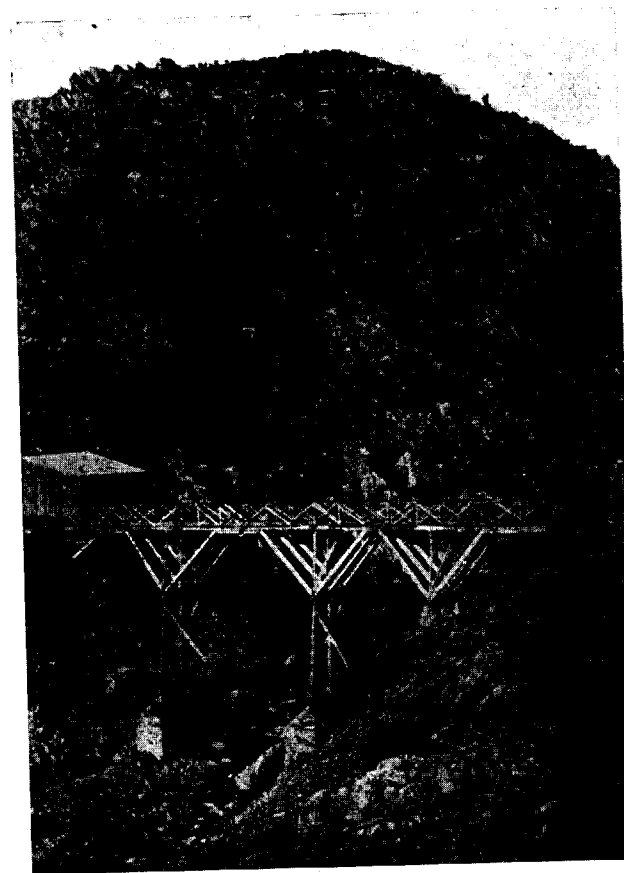
Pleistoceno

Aparece al Norte de los cerros silurianos del Aljibe, La Picaza y Sierra Butrera, y forma una gran llanura de pendiente muy suave, que llega hasta las inmediaciones de Belvís de la Jara.

El sistema se halla constituido por una potente forma-

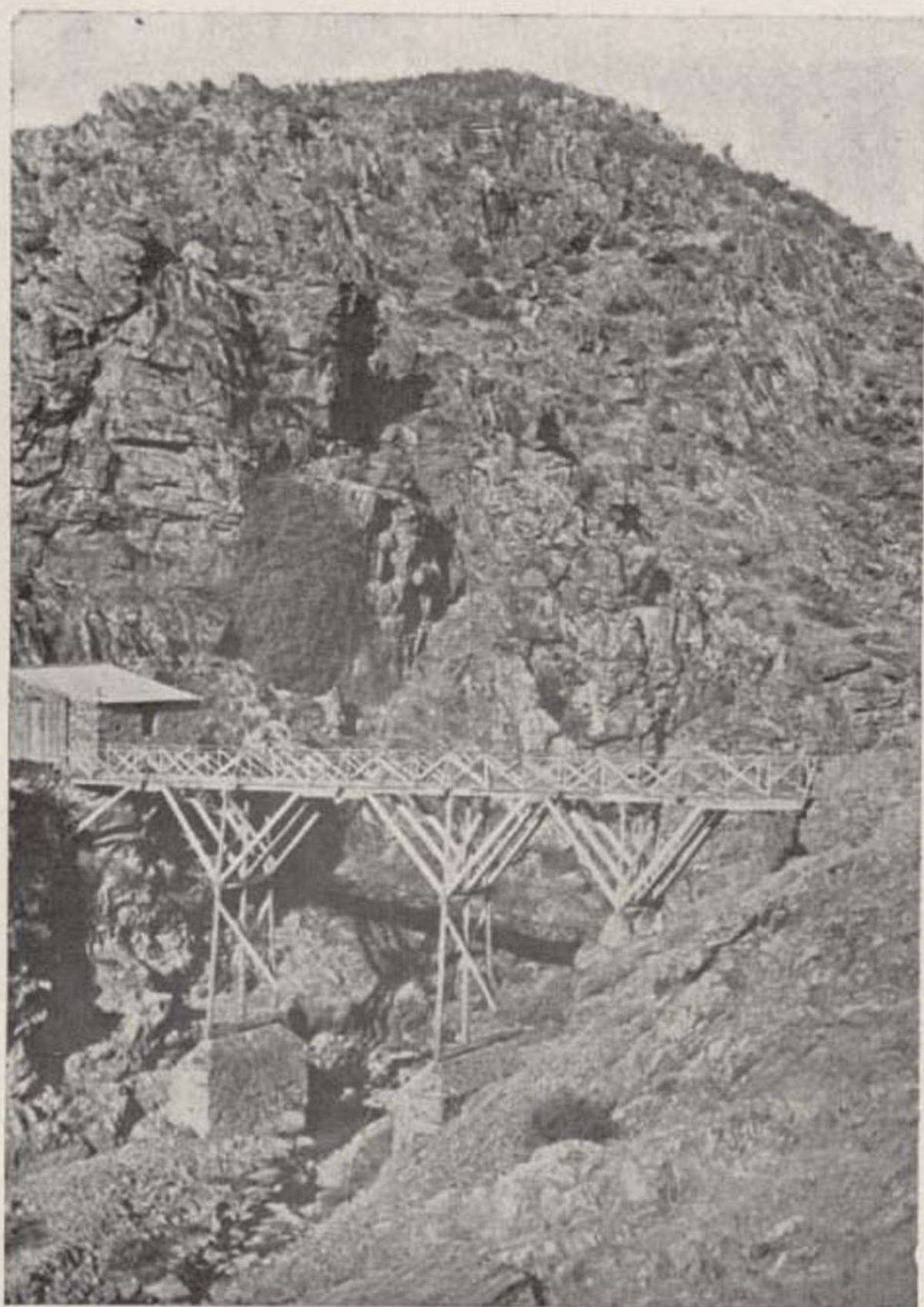
ción de cantos rodados de cuarcita y algunos de pizarra, cementados fuertemente por una tierra arcillosa. Esta capa de cantos y demás elementos detríticos tiene el espesor extraordinario de 90 metros y deja ver en algunos puntos las pizarras silurianas *in situ* con caracteres semejantes a las de los cerros próximos, cuyos afloramientos ponen de manifiesto lo accidentado del terreno donde se depositaron los aluviones, que han ido nivelando poco a poco los valles hasta transformarlos en llanura.

Esta formación pleistocena constituye el último resultado de la disgregación de las cuarcitas, cuyos fragmentos han sido arrastrados al fondo de los antiguos valles y transformados en cantos rodados en un período de gran actividad de transporte, a consecuencia de un régimen de lluvias mucho más intenso que el actual. La extraordinaria acumulación de los materiales impediría que los afluentes del Tajo pudieran transportarlos a un nivel inferior, y así se produjo el relleno de los valles, formándose planicies de cierta extensión, conocidas en la comarca con el nombre de «rañas».



Fot. 18.—Cuarcitas silurianas, junto al puente sobre el Mazuelo.





Fot. 18.—Cuarcitas silurianas, junto al puente sobre el Mazuelo.

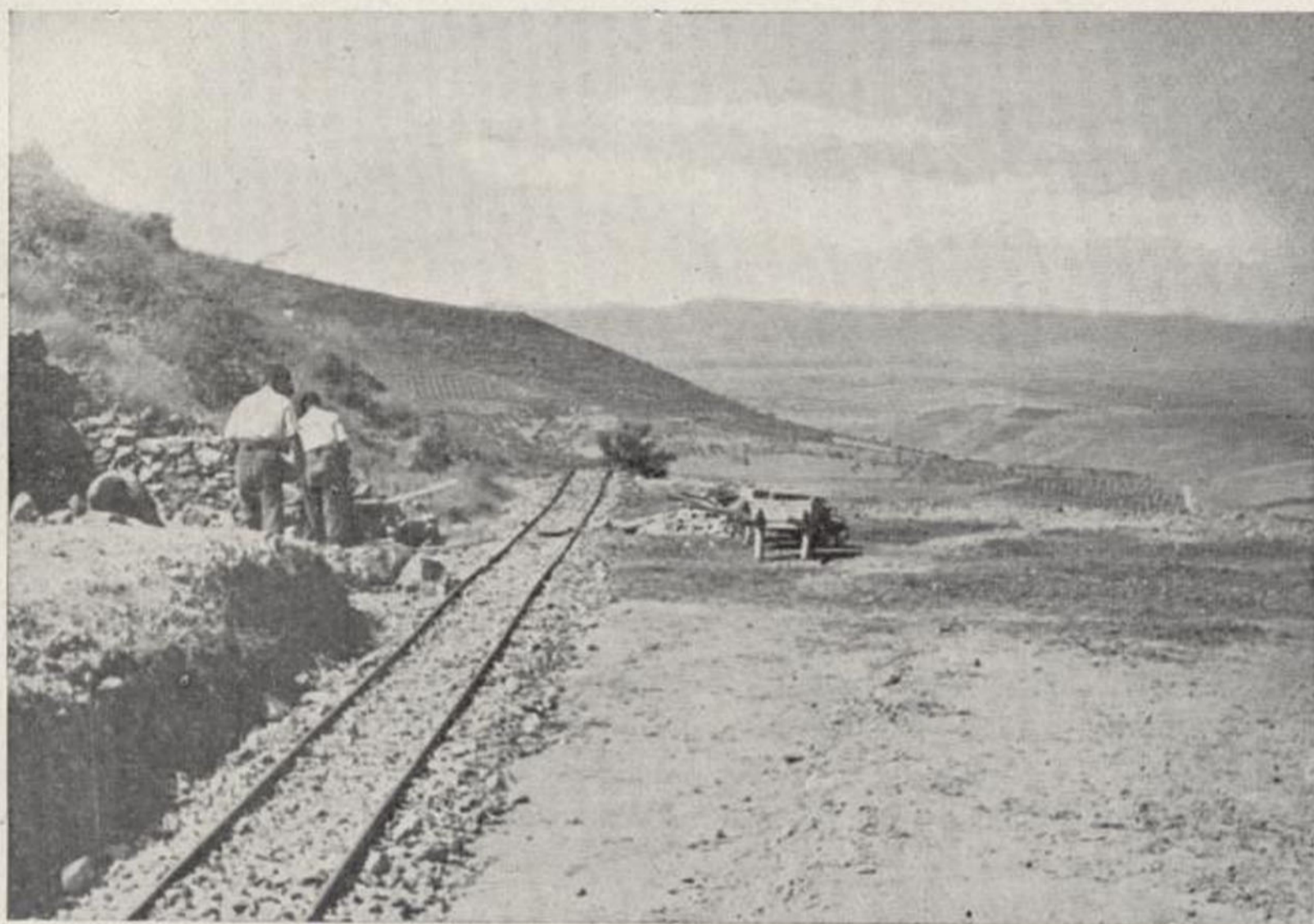


4. TECTÓNICA GENERAL

La estructura del territorio no evidencia fenómenos de gran intensidad como los productores de corrimientos y cobijaduras, y así puede decirse que las características de la tectónica son los plegamientos disimétricos de dirección NO.-SE., los pliegues-fallas y algunas fallas propiamente dichas, producidas por exageración de los últimos. Obsérvese lo apuntado en el arroyo del Mazuelo, en la zona del Gébalo y en el río Huso, donde son perceptibles los trastornos de los estratos, como ya hemos manifestado.

En general, la dirección de las elevaciones y los valles longitudinales corresponden al rumbo de las capas, las cuales presentan, con reiterada frecuencia, un buzamiento al NE., que indica que todo el edificio geológico quedó sometido a esfuerzos tangenciales procedentes del Sur, que comprimieron el Paleozoico contra el «horst» de la meseta toledana.

La época más antigua de paroxismos que produjo el plegamiento debe ser herciniana, pero más tarde, a consecuencia de fenómenos de distensión, debieron desarrollarse otros movimientos póstumos, con plegamientos secundarios que fracturaron el bloque primitivo en segmentos parciales, originándose la disposición orográfica que actualmente se advierte.



Fot. 19.—Mina «Pilar». Vaciadero de «San Felipe».



5. METALOGENIA

Concordantes en dirección e inclinación con los estratos ordovicienses de cuarcita y pizarra, esto es, con rumbo general NO.-SE. e inclinación al NE. de 50 a 60°, aparecen en la Sierra Jaéna, el cerro Juncal y otros lugares próximos, una serie de filones-capas de la formación aurífera cuarzosa. Además suelen observarse en dichos puntos otras fisuras normales a los filones y bancos silurianos, con dirección NE.-SE., buzamiento NO. e inclinación variable, aunque inferior a 70°, que a veces ofrecen también caracteres auríferos.

Todos los filones son de textura generalmente maciza y el relleno está formado por cuarzo, fragmentos de pizarra y cuarcita y gredas magnesianas, blandas, de color gris, más o menos amarillento.

El cuarzo, ganga esencial, es blanco, rosado o acaramelado, y adopta con frecuencia la forma de pequeñas venas que siguen la dirección del filón, en cuyo caso aparece bastante blando, fisurado y cavernoso, con señales evidentes de corrosión y vacuolas geódicas tapizadas de limonita.

Examinada al microscopio una sección delgada, se percibe un complejo de cuarzo sumamente cargado de inclu-

siones sólidas, entre las que sobresalen algunas de oligisto, de mayor tamaño y otras de limonita. Dicho cuarzo, en granos más o menos aislados, de contornos irregulares, sin delimitaciones propias de caras cristalinas, ofrece vestigios de presiones secundarias y, con cierta frecuencia, pequeñas hendiduras que han debido formarse por la contracción producida al pasar la sílice del estado gelatinoso al de ópalo y, más tarde, al de una masa cristalina de cuarzo.

Es digno de señalarse que cuando el óxido de hierro penetra en las mencionadas fisuras, aparece bajo la forma de oligisto, mientras que al estado intersticial la alteración ha sido más considerable y por hidratación se ha convertido en limonita.

Se observa perfectamente la existencia de un proceso de emigración de la última especie, entre la cual quedan unas vacuolas filiformes, diminutas, rellenas de sílice calcédonica secundaria, proceso que en el criadero ha conducido a la liberación de las partículas de oro.

Este último, depositado simultáneamente con el mineral de hierro, hace aparición en gránulos irregulares muy pequeños, engastados en la limonita, y a veces forma laminillas de contornos más o menos redondeados, apreciables a simple vista por su tamaño. Hemos recogido bellos ejemplares dignos de figurar en las colecciones de mineralogía, y se guarda memoria del hallazgo de algunas pepitas importantes, como la encontrada por la «Sociedad La Fraternidad» el año 1858, en el socavón «Dos de Mayo», que alcanzó un peso de 29 adarmes y medio (53 gramos). Pero estos son casos excepcionales, ya que, en general, la distribución del metal precioso es tan tenue que no puede apreciarse ni aun con el auxilio de la lente.

Aparece también el oro, en proporción muy pequeña, en algunas de las pudingas de la caja de los filones-capas,

y en las gredas magnesianas que acompañan al cuarzo en el relleno.

El reparto del oro en la masa de los criaderos es sumamente irregular, de manera que se encuentran grandes diferencias de metalización aun en puntos separados tan sólo por una distancia de un metro, y hasta las muestras tomadas en un mismo lugar acusan en los análisis resultados harto distintos.

El metal amarillo se encuentra, pues, bajo la forma de «oro de montaña», es decir, en formaciones que han conservado su primitiva constitución sin experimentar grandes alteraciones químicas o mecánicas, aunque sujetas, como es lógico, a las reacciones de oxidación y de cementación en la parte superior y a determinadas presiones más o menos acentuadas.

Los criaderos de esta naturaleza están localizados, generalmente, en las zonas de pizarras antiguas, atravesadas por rocas graníticas, y la dependencia genética de estas últimas se halla hoy fuera de duda, merced a las investigaciones de J.-E. Spurr, G.-F. Becker, W. Lindgren, W. O. Crosby, M. L. Fuller, W. C. Bröges, etc..... La presencia del oro está también íntimamente relacionada con la de la pirita de hierro u otras especies similares (mispíquel, calcopirita, etc.....), que forman asociaciones, por decirlo así, características, ahora que en la zona superior al nivel hidrostático, las aguas superficiales, cargadas de oxígeno y anhídrido carbónico, reaccionan sobre los sulfuros produciendo sulfato de hierro; este último elemento se precipita después en estado de óxido y el oro permanece inalterado en virtud de su resistencia a los agentes químicos. El examen de las menas auríferas permite comprobar la presencia de cristales de limonita (pirita transformada) con un pequeño grano de oro en el centro, y otras veces

son varias las partículas que aparecen en dos o tres puntos de concentración, lo cual hace pensar que proceden de enlaces de cristales de pirita. Así se explica la mayor abundancia de oro en aquellos puntos en que el cuarzo está teñido por el óxido de hierro.

Se ve, pues, que si en la Sierra Jaeña aparece el metal amarillo exclusivamente en estado libre, es por encontrarse en la zona epigénica, única explotada y reconocida hasta el presente, pero no debe haber duda de que al ahondar en los filones en la medida necesaria, se irá llegando gradualmente a un yacimiento profundo de origen sulfurado.

Aunque las clasificaciones realizadas hasta ahora de los criaderos auríferos resultan imperfectas, pues ninguno de los tipos formados por los distintos autores comprende yacimientos absolutamente diferenciados de los demás, en nuestro sentir, los de La Nava de Ricomalillo entran ampliamente en el grupo, establecido por L. de Launay, de impregnaciones difusas de profundidad en relación con el metamorfismo granitizante, fenómeno debido, en el caso que examinamos, a un tipo de granulita rica en álcalis y que se ha traducido a determinada distancia por la difusión de vapores que, en profundidad y bajo presión, ocasionaron la cristalización de la pirita aurífera. ✕

En conexión directa con la irrupción granulítica, debió de verificarse un intenso proceso de carácter, en cierto modo, pneumatolítico, pues cuando los batolitos se enfrían, quedan liberadas cantidades considerables de agua y gases a elevada temperatura, que vienen a formar una especie de vaho ardiente, en derredor de la plutonita intrusiva. Este vaho térmico, a la vez que pone en digestión a los sedimentos próximos, provocando un metamorfismo periférico, origina a cierta distancia la deposición de elementos metalíferos procedentes del magma cuando el enfriamiento es

suficiente y cuando las rocas invadidas, por sus particulares condiciones, favorecen la precipitación. No se trata de una incrustación progresiva de abajo a arriba, como en el caso de los verdaderos filones, sino de una vena metalífera de naturaleza intermedia entre los fenómenos ígneos y los acuosos, propiamente dichos.

El metal amarillo, arrastrado en una fase de fumarolas sílico-cloro-fluoradas, se asociaría a la pirita de hierro bajo la forma de sulfuro isomorfo, pero es verosímil también que una parte haya cristalizado directamente con la sílice merced a una determinada abundancia de carbonatos alcalinos. Como señala E. Cumenge, al reaccionar las fumarolas con el vapor de agua, no sólo puede producirse oro sino ciertos «aurosilicatos»; el aurosilicato sódico es bastante estable en presencia de un exceso de álcali, mas el ácido clorhídrico le descompone en sílice gelatinosa y oro; y el mismo efecto se origina también con el agua cargada de anhídrido carbónico a presión.

Los yacimientos que consideramos se asemejan a otros de distintos lugares del globo, como Siberia (cuencas del Yenisei superior y del Lena), India (Parhardiah), Africa (Barberton, Lydenburg, Murchison Range), Nueva Escocia (Halifax), Brasil (Minas Geraes), Australia oriental, etc....., que ofrecen el carácter común de aparecer en rocas metamórficas correspondientes a plataformas primitivas, donde las condiciones de metamorfismo se han verificado con notable generalidad. Así se ven reproducirse en todas partes las mismas series de vetas cuarzosas, más o menos cargadas de pirita, que en principio se interstratifican en las pizarras y cuarcitas, pero que nunca dejan de presentar ramificaciones transversales, más o menos frecuentes, que ponen de relieve el carácter epigenético.

6. FORMACION DE LOS YACIMIENTOS

Establecida la condición de estos criaderos, y conocida la composición del relleno como la naturaleza de las rocas en que arman, es fácil explicar la génesis de los filones-capas y el proceso geológico que ha dado lugar a la disposición actual. La primera comprende dos fenómenos: *a)* Formación de las fisuras; *b)* Relleno posterior por circulación de soluciones mineralizadas; fenómenos que presentan una probable correlación, según la cual las fracturas y el relleno no habrán sido absolutamente independientes, sino el último consecuencia del primero en el sentido de que no debieron permitir solamente el depósito, sino que producirían la circulación mineralizada, haciendo descender bruscamente la presión en las zonas profundas.

La formación de las fisuras es una consecuencia de los plegamientos hercinianos que, al individualizar el núcleo de la Meseta y originar el primitivo relieve de esta comarca, actuaron en rocas como las cuarcitas ordovicienses, produciendo la separación entre los estratos, de la misma manera que cuando se comprime lateralmente una pila de hojas de papel, se levantan algunas sobre las demás, dejando huecos intermedios. Así se abrieron las fracturas a lo largo de los planos de contacto de los bancos, por ser en plano tal donde con seguridad ofrecían menor resisten-

cia las capas sujetas al empuje tectónico que hubo de provocar la disyunción.

Correlativa del plegamiento herciniano, fué la aparición de la granulita turmalinífera, pues como es sabido, las manifestaciones endógenas de esta naturaleza surgen como resultado de movimientos tectónicos, a consecuencia de los cuales las masas internas en fusión quedan impelidas en las cavidades corticales, para cristalizar en profundidad formando batolitos.

El magma debió de comportarse como un líquido sometido a la presión hidrostática en una vasija que se deforma, el cual sufre desplazamientos en razón de la presión ejercida, a medida que van produciéndose las deformaciones del vaso. En tal sentido es como cabe interpretar las intrusiones hipogénicas en las cúpulas del terreno plegado, en cuyo fenómeno, no es que la masa endógena fuera a llenar una vasta concavidad superior, cuya existencia, aunque imaginada por E. Suess, no encuentra explicación fácil, sino que en virtud de una acción conjugada del desplazamiento de los estratos que se levantaban, siguió este movimiento y rellenó los huecos que tendían a formarse, asimilándose los terrenos próximos.

La principal época de paroxismos que produjo la Meseta toledana corresponde a la segunda mitad del Carbonífero. El geosinclinal que durante el transcurso de las dos primeras épocas del Paleozoico sirvió de cuenca receptora a los sedimentos de esas edades, vino a plegarse según empujes que produjeron las características bandas de terrenos y los retazos de pliegues, dirigidos de NO. a SE., que hoy se advierten. A consecuencia de la compresión orogénica, se elevaría el magma granulítico fundido en la base de la zona plegada, y al inyectarse aquél, en forma de gran intumescencia, bajo la cubierta sedimentaria paleozoica y cristali-

zar en profundidad, se engendraría el gran batolito que hoy existe.

Al penetrar por las diaclasas que produjo el diastrofismo herciniano, las aguas del mar paleozoico llegarían hasta el magma en fusión, y la actividad endógena, con el obligado cortejo de fumarolas, motivaría el arrastre de los distintos elementos que forman el relleno de los filones-capas. El oro, disuelto por la acción del cloro y del fluor, es probable que se precipitase parcialmente con la sílice, pero la fracción mayor acompañaría a la piritita de hierro en una fase sulfurada del fenómeno. Una parte de la ganga cuarzoza de los filones, acaso se haya producido a expensas de las cuarcitas en que aquéllos arman, más como la sílice es soluble en aguas termales alcalinas, puede haber sido llevada por éstas, precipitándose después en las fisuras.

Durante el interregno comprendido entre el final del Paleozoico y los primeros tiempos secundarios, se desarrollaron otros movimientos orogénicos, póstumos a los hercinianos, por acciones predominantes de distensión, y así se engendró una nueva zona de diastrofismo con plegamientos secundarios que fracturaron el bloque en segmentos, con direcciones transversales a las primitivas; de esta manera quedó iniciada la disposición orográfica actual, con alineaciones generales arrumbadas de Este a Oeste.

Los empujes orogénicos de edad alpina, han actuado después, rejuveneciendo las formas orográficas, y finalmente, lentos y continuados fenómenos de gliptogénesis, van tendiendo a reducirlas al estado de penillanura, aunque dejando, a modo de testigos, las elevaciones actuales, integradas por los estratos de mayor dureza.

Tal es el proceso merced al que ha venido a quedar accesible una formación metalífera, cuya característica genética es de gran profundidad.

7. DESCRIPCION DE LOS FILONES

La disposición de los criaderos auríferos en las diferentes concesiones mineras de esta zona, es la siguiente:

Mina «Pilar»

El socavón transversal «Dos de Mayo» (fot. núm. 1), situado a 170 metros al Este de las antiguas edificaciones de la «Sociedad La Fraternidad», y a la altitud de 912 metros, es decir, a 65 metros por debajo de la cumbre de Sierra Jaeña, corta toda la serie de filones-capas de la mina.

Dicha labor tiene una dirección E.-30°-N. y cuenta, aproximadamente, 300 metros de longitud; a los 50 metros de la boca se encuentra el primer filón, llamado «San Vicente», que se dirige al N.-35°-O. e inclina 70° al E.-NE., con una potencia media de 0,40 metros; está integrado por cuarzo, fragmentos de cuarcita, pizarra y salbandas arcillosas.

Diez metros más adelante se halla un segundo filón, de dirección NO.-SE. y buzamiento al NE., formado también por cuarzo, pizarra y cuarcita. Continuando por la labor aparece, 23 metros después, la veta conocida con el nombre

de «La Rica», paralela y semejante a los anteriores, aunque con una potencia media de 0,18 metros; a esta veta la siguen dos galerías a derecha e izquierda del socavón, con labores en testero y banco muy desarrolladas; en dichas galerías se advierte un cruce con otras varias vetas, que difieren de la principal en dirección e inclinación.

A los 91 metros de la boca del socavón se corta el filón «Ingeniera», considerado como el principal de la formación, el cual tiene un espesor variable entre 0,40 y 0,70 metros, y se ha seguido, asimismo, con galerías a derecha e izquierda, en las que existen dos pozos, llamados «La Ingeniera» y «Manolito», que sirvieron para la exploración llevada a cabo por la «Sociedad La Fraternidad».

Catorce metros después aparece el filón «Justa», paralelo a los anteriores y con un espesor medio de 0,20 metros, habiéndose practicado sobre él una galería de dirección, a la derecha.

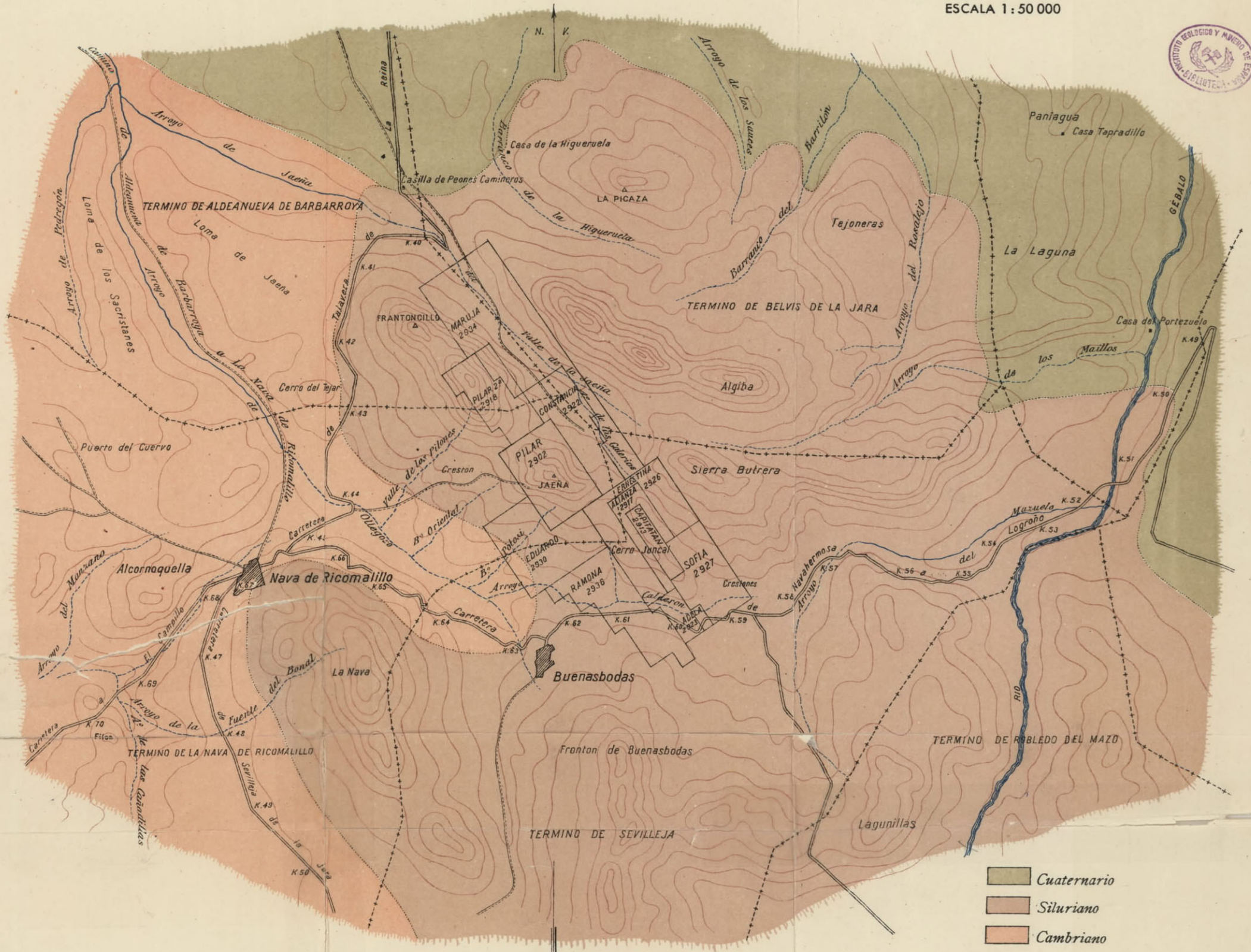
Hállase más tarde, a los 111 metros de la entrada, el filón «San Ildefonso», de 0,20 metros de potencia media, al cual también se le ha seguido con galerías a derecha e izquierda de la principal.

Sigue seis metros después el filón «Moralidad», con rumbo N.-15°-O., inclinación de 53° al E.-NE. y espesor medio de 0,35 metros, habiéndosele seguido con galerías a derecha e izquierda, en las que existen dos pozos inclinados, llamados «La Espartera» y «Moralidad», que practicó igualmente la «Sociedad La Fraternidad». Entre las galerías sobre este filón y «La Ingeniera» hay otras varias transversales, que se unen entre sí, siguiendo algunas vetas.

Catorce metros más adelante se encuentra el filón «Secretaria», de 0,25 metros de espesor medio, y sobre él existe una corta galería de dirección a la derecha.

Avanzando otros 10 metros se encuentra otra veta pa-

PLANO
DE LA ZONA AURIFERA
DE LA NAVA DE RICOMALILLO (TOLEDO)
ESCALA 1:50 000

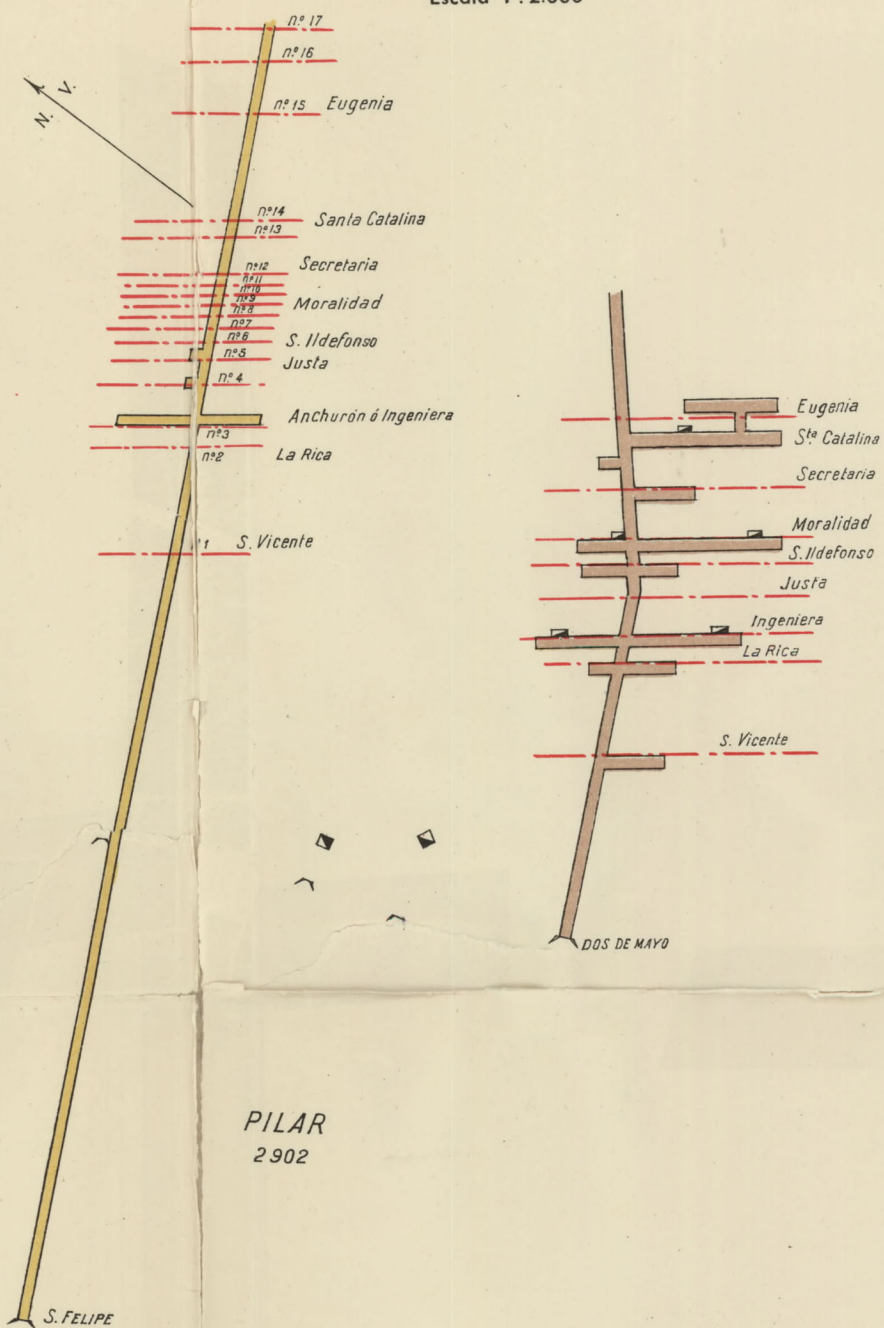


FILONES AURIFEROS DE LA MINA PILAR



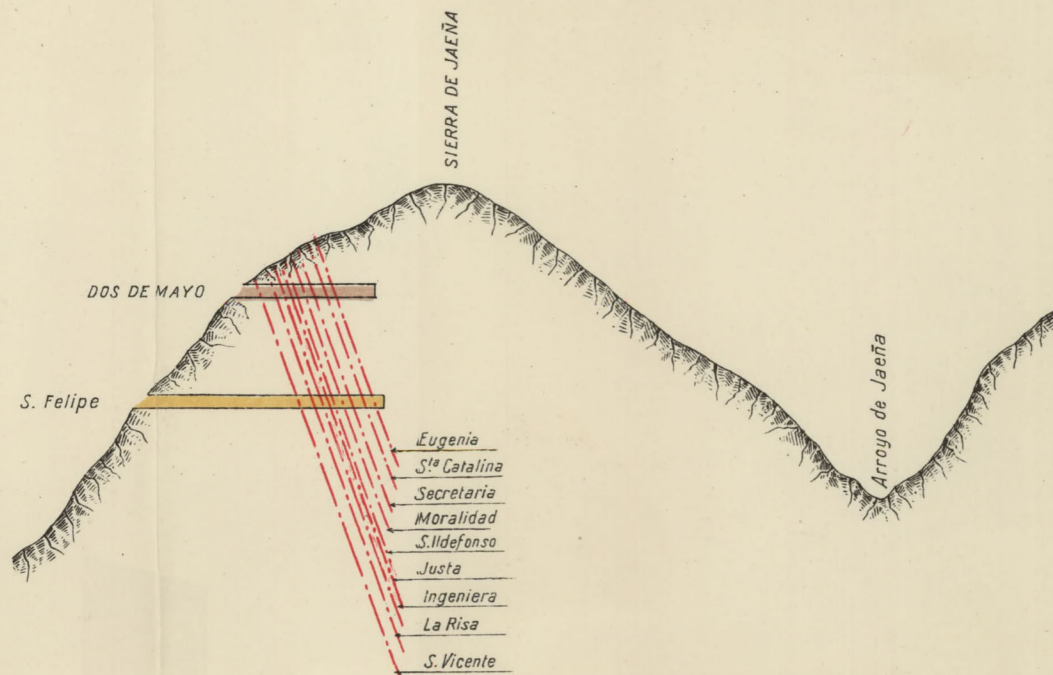
PROYECCION HORIZONTAL

Escala 1 : 2.000

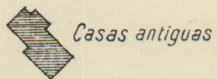


SECCION TRANSVERSAL EN DIRECCION E. NE. O.-SO.

Escalas } Horizontales: 1 : 10.000
Verticales: 1 : 5.000



PILAR
2902



EDUARDO
2930

ralela a las precedentes, que ofrece una potencia media de 0,20 metros, y se ha reconocido por una galería a la izquierda.

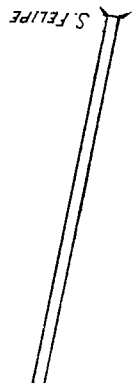
A los 145 metros de la boca se halla el filón «Santa Catalina», de dirección O.-40°-N., inclinación de 40° al NE. y potencia variable entre 0,30 y 0,60 metros; se le ha seguido con una galería a la derecha, en la que se encuentra un pozo de arrastre llamado «Santa Catalina». Esta galería de dirección, comunica, por una corta travesía paralela al socavón principal, con otra labor de dirección, ejecutada sobre una pequeña veta.

Finalmente, a los 151 metros de la entrada de la mina se encuentra el filón «Eugenia», que ofrece rumbo N.-40°-O., inclinación 60° al NE. y potencia media de 0,60 metros. Este filón presenta amplias labores de realce, que llegan hasta la superficie.

A los 200 metros de la boca se desvía algo el socavón «Dos de Mayo», para seguir una veta cuarzosa que aparece en el techo con dirección Oeste-Este, potencia media de 0,10 metros e inclinación muy variable; en algunas partes casi vertical, en otras con fuerte buzamiento Norte y finalmente, en determinados puntos, con tendido al Sur. A este filón transversal se le ha seguido con el socavón, en un recorrido de más de 100 metros, hasta el fondo del mismo.

La separación entre los filones en esta planta es menor de la que poseen cerca de los afloramientos y esta circunstancia hace imaginar la posibilidad de uniones a mayor profundidad.

Como ya hemos indicado, los filones «La Rica», «Ingeniera» y «Eugenia» han sido trabajados por los romanos, observándose en la superficie diferentes pozos de acceso a las labores antiguas, que en la actualidad se hallan atorados. Estos trabajos se han concentrado especialmente al



Norte de «Dos de Mayo»; en la zona meridional sólo existen los realizados por la «Sociedad La Fraternidad», cuya extensión es reducida, probablemente por la menor riqueza aurífera que aquí han presentado los filones.

Estos últimos se han cortado también por otro socavón, llamado «San Felipe» (fot. núm. 2), próximamente paralelo al «Dos de Mayo» y situado en la cuesta de los Matones, a unos 100 metros al Norte de las casas de «La Fraternidad» y a la altitud de 820 metros, es decir, 92 metros por debajo de la última de dichas galerías.

El socavón «San Felipe», que tiene 397,70 metros de longitud, atraviesa, en los primeros 150 metros, una zona de terreno suelto, y así se ha entibado con portadas de madera y cabezales apoyados en muretes de mampostería, además de la fortificación ya existente de arcos de ladrillo, dispuestos de trecho en trecho. Preséntanse después las cuarcitas, que alternan con las pizarras en estratificación variable, y vienen más tarde los filones-capas, cuya situación y caracteres han permitido la identificación.

El filón «San Vicente» se corta a los 240 metros de la entrada, y aparece con espesor medio de 0,30 metros; sigue «La Rica» a los 270 metros, con 0,25 metros de potencia, y a continuación (277 metros) «La Ingeniera», que lleva en esta planta el nombre de «Anchurón» y posee un espesor variable entre 0,30 y 0,60 metros. Sobre este filón se han practicado un pocillo de tres metros de profundidad, actualmente relleno de escombros, y dos galerías de dirección, una a la derecha y otra a la izquierda, sobre la que existe un realce de ocho metros de altura.

La veta «Justa» se encuentra a los 289 metros de la boca y aparece con una potencia de 0,25 metros, habiéndose ejecutado sobre ella una pequeña galería a la izquierda. El filón «San Ildefonso» aparece a los 297 metros de la

entrada con 0,40 metros de espesor y se ha seguido con otra galería, también a la izquierda de la principal.

Sigue una pequeña veta (núm. 6) de 0,05 metros de potencia, y después, a los 303 metros, el filón «Moralidad», formado por tres vetillas, que suman en total 0,30. A los 306 metros se encuentra otra veta (núm. 8), de 0,15 metros de espesor; a los 309 otra (núm. 9), de 0,25 metros; a los 312 metros otra (núm. 10), de 0,20 metros, y a los 315 un nuevo filón, también de 0,20 metros de espesor, que debe ser «Secretaria». Tres metros más adelante se advierte otra veta (núm. 12), de 0,15 metros de potencia; después, a los 331 metros de la entrada, un nuevo filón de 0,20 metros, probablemente «Santa Catalina», y, a los 335 metros, otra veta (núm. 14) de 0,15 de espesor.

Finalmente, el filón «Eugenia» se corta a los 367 metros con un espesor medio de 0,50 metros, y tras él aparecen dos vetas más, una de 0,12 metros (núm. 16) a los 385 metros, y otra (núm. 17), de 0,25 metros, a los 396, es decir, muy próxima al fondo del socavón.

Aparte de los filones-capas reseñados, se observan diversas vetas de cuarzo que cruzan los estratos en distintas direcciones, con inclinación variable desde casi la horizontal hasta 20° y buzamiento al NE.

A este nivel apenas si se han efectuado trabajos de exploración en tiempos anteriores, pues como acaba de indicarse, las únicas labores practicadas son el pocillo y las galerías de dirección sobre el «Anchurón», y las muy cortas que se encuentran sobre «Justa» y «San Ildefonso».

A unos 500 metros al NO. de «San Felipe» y aproximadamente al nivel de «Dos de Mayo», aparece un antiguo pozo vertical de cinco metros de profundidad, que corta un filón de 0,35 metros, cuyos caracteres le asimilan a «La Ingeniera», y a 700 metros al N.-NO. del punto de partida

de la mina, se ha perforado un pequeño pozo de arrastre de cuatro metros, sobre un filón de 0,60 metros, muy arcilloso. Ambas labores ponen de manifiesto la continuidad de la formación hacia el extremo NO. de la Sierra Jaeña.

Por último, a 200 metros de la solana, en dirección al Mediodía, se advierte otro filón de cuarzo con oxidaciones de hierro y greda, sobre el que se han ejecutado antiguos trabajos, cuyas huellas son perceptibles.

Mina «Capitán»

Hacia el centro de esta concesión, aparece en las cuarcitas un desmonte de seis a ocho metros de anchura, que ha alcanzado cuatro a cinco de desnivel al avanzar dentro de la ladera del cerro Juncal.

Los estratos, arrumbados N.-15°-O., forman bancos bien delimitados de 0,50 a un metro de espesor, atravesados por una pequeña veta que, con dirección aproximada E.-O. e inclinación al Norte de 20°. se extiende bastante en determinados puntos.

Esta veta ha sido reconocida por una galería de dirección con la pendiente necesaria para no perder el cruce con las cuarcitas, pero la labor, de escaso desarrollo, no ha llegado a poner de manifiesto indicaciones auríferas apreciables.

Al Norte de la citada veta y en el mismo cerro, hay afloramientos de otras que no han llegado a investigarse.

Mina «Sofía»

A partir del segundo pontón de la carretera de Buenasbudas a Espinoso del Rey, entre los kilómetros 59 y 60, en la escarpa izquierda de un vallejo que se dirige a la Sierra

Butrera, se encuentra, a unos 80 metros de la citada vía de comunicación, un crestón de cuarzo que corresponde al afloramiento de un filón de dirección O.-35°-N. y 0,30 metro de espesor; más adelante, separados entre sí por intervalos de 6, 25, 40, 5 y 50 metros, aparecen otros afloramientos semejantes, cuyos espesores varían entre 0,15 y 0,50 metros.

Estos filones, que ofrecen caracteres auríferos, aunque con leyes muy reducidas, constituyen, sin duda, la prolongación hacia el SE. de los reconocidos en la mina «Pilar».

Otros filones

Fuera de los terrenos ocupados por las actuales concesiones mineras, esto es, en terreno franco, se advierten algunos afloramientos de filones cuarzosos. En la propia Sierra Jaeña, hacia la mitad del camino de herradura que desde la carretera de La Nava se dirige a «Pilar», existe un gran crestón paralelo a los filones-capas de aquélla.

También a unos dos kilómetros al SO. de La Nava, en una colina próxima al arroyo de la Cañadilla, se encuentra otro filón de cuarzo, completamente vertical, con un espesor medio de 0,80 metros, que posee un rumbo E.-O., normal al de las pizarras cambrianas. Sobre él se ha perforado un pozo rectangular de tres metros de profundidad, testigo de una antigua exploración.

8. RECONOCIMIENTOS

Cuanto dejamos expuesto indica claramente que los criaderos auríferos más interesantes de esta zona son los enclavados en la mina «Pilar» y, por tal circunstancia, a ella habían de circunscribirse los principales trabajos de exploración para evidenciar la riqueza eventualmente existente.

Lógicamente estos trabajos debían orientarse de tal manera que, además de su posible utilización en el caso de una explotación futura, permitiesen determinar un volumen de mena suficiente para autorizar la instalación de un adecuado taller de beneficio.

Las primeras observaciones efectuadas, evidenciaron que, por efecto de las reacciones de oxidación y de cementación, el oro se ha concentrado en la zona comprendida entre la superficie y la galería «Dos de Mayo», la cual aparece explotada por los romanos, que agotaron totalmente los yacimientos hasta el nivel del citado socavón. Así, queda patente la inutilidad de cualquier labor de reconocimiento en esta parte superior de los criaderos.

En la planta de «Dos de Mayo» existían también, como ya hemos señalado, otras labores antiguas, ejecutadas por la «Sociedad La Fraternidad», en forma de galerías de dirección y pozos inclinados sobre los principales filones, lo

cual obligaba a su rehabilitación para el debido reconocimiento de aquéllos.

Después de los trabajos de desescómbro, limpieza y entibación, se procedió a la oportuna toma de muestras en los frentes al descubierto, y los resultados de los correspondientes análisis, efectuados por el Ingeniero L. Menéndez Puget, en el Laboratorio químico del Instituto Geológico y Minero, fueron los siguientes:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
26	Filón «San Vicente»; frente a la derecha del socavón	No contiene
27	Idem; frente a la izquierda del socavón	Indicios.
24	Filón «La Rica»; seis metros a la derecha del socavón	1,9 gr. por tonelada.
25	Idem; a la izquierda y próximo al socavón	0,8 — —
17	Filón «Ingeniera»; frente a la derecha del socavón	Indicios.
23	Idem; cinco metros a la izquierda del socavón	6,0 gr. por tonelada.
22	Filón «Justa»; a derecha e izquierda del socavón	Indicios.
20	Filón «San Ildefonso»; 10 metros a la derecha del socavón	1,0 gr. por tonelada
21	Idem; 10 m. a la izquierda del socavón	0,9 — —
16	Filón «Moralidad»; frente a la derecha del socavón	No contiene.
18	Idem; 15 metros a la derecha del socavón	2,0 gr. por tonelada
19	Idem; ocho metros a la izquierda del socavón	1,6 — —
15	Filón «Secretaria»; frente a la derecha del socavón	2,0 — —
14	Idem; junto al socavón	1,0 — —
76	Idem; pudinga de la caja	0,1 — —
13	Filón «Santa Catalina»; galería a la izquierda	1,1 — —
12	Idem; realce a la derecha del socavón	1,2 — —
11	Idem; rebaje a la derecha del socavón	Indicios.
38	Idem; a la izquierda del socavón	—
10	Filón «Eugenia»; techo	—

Cuyos resultados, a la vez que hacen ver el escaso contenido de oro de los frentes, explican el abandono del laboreo por la «Sociedad La Fraternidad».

Por corroborar los propios análisis la antigua idea de que el filón «Ingeniera» era el principal de la mina, se comenzaron en él las investigaciones, avanzando las galerías de dirección situadas a ambos lados del socavón «Dos de Mayo». En la galería, a la izquierda, empezaron los hallazgos de oro visible, recogándose ejemplares que por su bello aspecto han sido destinados al Museo de Mineralogía del Instituto.

Algunas de las muestras obtenidas inclinaban al optimismo, por acusar en los análisis las siguientes leyes:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
23	Filón «Ingeniera»; cinco metros a la izquierda del socavón	6,0 gr. por tonelada.
32	Idem; arcilla de la salbanda	Indicios.
36	Idem; junto al pozo «Manolito»	3,0 gr. por tonelada.
37	Idem; ídem	0,6 — —
63	Idem; nuevo frente cerca del pozo «Manolito»	23,8 — —
68	Idem; nuevo avance cerca del pozo «Manolito»	61,6 — —
71	Idem; nuevo avance a 11 metros del pozo «Manolito»	55,4 — —
73	Idem; nuevo avance a 12 metros del pozo «Manolito», parte superior	0,3 — —
74	Idem; ídem, parte media	20,0 — —
75	Idem; ídem, parte inferior	0,1 — —

A pesar de las leyes expresadas, el conjunto de tierras extraídas de esta labor sólo ha revelado el siguiente contenido:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
33	Filón «Ingeniera»; junto al pozo «Manolito»; tierras extraídas	0,7 gr. por tonelada.
34	Idem; cuarzos del montón	0,8 — —
35	Idem; nuevas tierras extraídas	1,0 — —
78	Idem; conjunto de las tierras	4,0 — —

Después de un avance de 12 metros, a partir del pozo «Manolito», vino a romperse con antiguos trabajos romanos que, al evidenciar el agotamiento del criadero en dicha época, hacían inútil la continuación de la labor.

La galería de dirección, a la derecha del socavón principal, se avanzó en terreno virgen con rumbo SE., y las diversas muestras recogidas acusaron las leyes que siguen:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
17	Filón «Ingeniera»; galería a la derecha; próximo al frente	Indicios.
64	Idem; ídem; nuevo frente	0,3 gr. por tonelada.
69	Idem; ídem; nuevo avance	0,35 — —
72	Idem; ídem; nuevo avance de dos metros	Indicios.
77	Idem; ídem; nuevo avance de cinco metros	0,2 gr. por tonelada.
95	Idem; ídem; nuevo avance de un metro	0,3 — —

Aun cuando estos análisis aminoraban considerablemente el interés de los reconocimientos en esta zona, se procedió a continuar la galería de dirección existente sobre «San Vicente», a la derecha de «Dos de Mayo», ya que dicho filón aparecía bien caracterizado. El análisis de la muestra obtenida del nuevo frente en terreno virgen, se inserta a continuación:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
96	Filón «San Vicente»; avance de dos metros	Indicios.

demostrándose el escaso contenido de oro, exactamente lo mismo que en los demás filones.

Para averiguar la riqueza aurífera de los criaderos a mayor profundidad, nada mejor que utilizar el antiguo socavón «San Felipe», situado 92 metros más bajo, y a este fin se procedió a rehabilitarlo mediante un trabajo que resultó lento y dispendioso por la magnitud del desescombro y por la importancia de la entibación a que obligó lo deleznable del terreno.

El primer desmuestre de los filones, a este nivel de «San Felipe», rindió los siguientes resultados:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
65	Filón «San Vicente»	2,0 gr. por tonelada.
62	Idem «La Rica»	Indicios.
57	Idem «Anchurón»; pocillo a la derecha	0,1 gr. por tonelada.
58	Idem; frente a la derecha del socavón	0,4 — —
59	Idem; frente a la izquierda del socavón	No contiene.
60	Idem; 4,5 metros antes del frente	4,0 gr. por tonelada.
61	Idem; 9,5 metros antes del frente	1,2 — —
56	Idem «Justa»; frente a la izquierda del socavón	1,6 — —
55	Idem; junto al socavón	1,4 — —
51	Idem «San Ildefonso»; a la derecha del socavón	0,3 — —
52	Idem; a la izquierda del socavón	Indicios.
53	Idem; a mitad de la galería a la izquierda del socavón	2,0 gr. por tonelada.
54	Idem; frente a la izquierda del socavón	Indicios.
50	Idem «Número 6»	0,6 gr. por tonelada.
49	Idem «Moralidad»	Indicios.
48	Idem «Número 8»	0,4 gr. por tonelada.
47	Idem «Número 9»	0,2 — —
46	Idem «Número 10»	0,2 — —
45	Idem «Secretaria»	Indicios.
44	Idem «Número 12»	0,1 gr. por tonelada.
43	Idem «Santa Catalina»	Indicios.
42	Idem «Número 14»	0,1 gr. por tonelada.
41	Idem «Eugenia»	0,2 — —
40	Idem «Número 16»	Indicios.
39	Idem «Número 17»	0,2 gr. por tonelada.

Los filones «San Vicente», «La Rica», «Anchurón», «Justa» y «San Ildefonso», además de ser los más próximos a la entrada de la galería, presentaban mayor contenido de oro que los restantes, y a causa de ambas circunstancias se efectuaron en ellos exploraciones, con los resultados que seguidamente aparecen:

Filón «San Vicente»

En la galería de dirección practicada sobre el mismo, las diferentes muestras recogidas acusaron las leyes siguientes:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
79	Frente a la derecha y a cuatro metros del socavón	Indicios.
85	Idem a dos metros del anterior	—
94	Idem a un metro del anterior	—

Filón «La Rica»

La galería ejecutada sobre él, también a la derecha de la principal, rindió los resultados que se expresan:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
86	Frente a la derecha y a 0,75 metros del socavón	0,15 gr. por tonelada
93	Idem a un metro del anterior	16,80 — —

análisis el último que pone de manifiesto la presencia en la muestra de alguna partícula de oro visible, que ha elevado en apariencia el contenido del criadero.

Filón «Anchurón» o «Ingeniera»

Se prolongaron las galerías de dirección que ya existían a ambos lados del socavón, y los análisis de las correspondientes muestras fueron los siguientes:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
92	Galería a la izquierda; avance de dos metros	Indicios.
58	Idem a la derecha; nuevo frente	0,4 gr. por tonelada.
66	Idem; nuevo avance	0,3 — —
70	Idem; nuevo avance de tres metros	0,1 — —
80	Idem; nuevo avance a 26 metros del socavón	5,5 — —
87	Idem; nuevo frente a dos metros del anterior	0,6 — —
91	Idem; nuevo frente a dos metros del anterior	0,3 — —

Filón «Justa»

Se practicaron sobre este criadero galerías de dirección a los dos lados de «San Felipe», y los análisis dieron las siguientes leyes:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
100	Galería a la izquierda; avance de un metro	0,4 gr. por tonelada.
67	Idem a la derecha; nuevo frente	1,6 — —
81	Idem; nuevo avance de cuatro metros	1,4 — —
88	Idem; avance de tres metros	0,2 — —
90	Idem; nuevo avance de 0,50 metros	Indicios.

Filón «San Ildefonso»

Se reconoció, asimismo, perforando galerías de dirección a derecha e izquierda del socavón «San Felipe», y los re-

sultados de los ensayos de las muestras recogidas, aparecen seguidamente:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
99	Galería a la izquierda; avance de un metro	No contiene.
82	Idem a la derecha; avance a dos metros del socavón	0,2 gr. por tonelada.
89	Idem; nuevo avance de 0,50 metros ..	0,2

Considerando las bajas leyes obtenidas en los desmuestres de los demás filones y la considerable distancia a que se hallan de la boca de «San Felipe», se prescindió de su exploración con galerías, que hubiera resultado de gran coste por la falta de ventilación.

Pareció preferible investigar la prolongación de los criaderos al NO. de Sierra Jaeña, a un nivel en que, por la relativa proximidad a la superficie, pudieran ofrecer la máxima riqueza. Así, se emboquilló una travesía denominada «San José», en un punto situado a unos 500 m. al NO. de «San Felipe» y a una cota próxima a la de «Dos de Mayo»

Esta galería era de máximo interés, porque había de cortar en terreno virgen todos los filones-capas reconocidos en los demás socavones. La labor alcanzó 100 metros de longitud y se encuentra toda ella en las cuarcitas silurianas. Junto a la boca se encontró un filón-capa, de dirección N.-45°-O., buzamiento de 65° al NE., potencia de 0,30 metros y relleno arcilloso con fragmentos de cuarzo; separado de él por un intervalo de tres metros, apareció un pequeño filón paralelo, formado por dos pequeñas vetas, que suman en total 0,10 metros, y están rellenas de arcilla y cuarcita, con un poco de cuarzo.

A los 71 metros de la entrada, volvió a cortarse un filón-capa de 0,10 metros de potencia, paralelo a los anteriores

y relleno de arcilla y cuarzo. Este filón debe de ser la prolongación del llamado «Moralidad», a juzgar por su situación; los anteriores a él, o sean: «La Rica», «Ingeniera», «Justa» y «San Ildefonso», sólo se manifiestan aquí por vetillas muy poco importantes, desprovistas de cuarzo. Tres metros más adelante de «Moralidad», se cruzó el filón «Número 12», con 0,15 metros de espesor, caracteres semejantes a los precedentes e indicios de humedad.

El avance del socavón, puso de manifiesto nuevas vetas paralelas, rellenas de arcilla y cuarzo, que se cortaron, respectivamente, a los 77,50; 90,00; 93,00; 95,00 y 97,00 metros de la boca. Estas vetas deben de constituir la continuación de «Secretaria», «Santa Catalina», filones 15 y 16 y «Eugenia», y serían en consecuencia las postreras del campo filoniano reconocido en las galerías «San Felipe» y «Dos de Mayo».

Los análisis de las correspondientes muestras son los siguientes:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
97	Socavón «San José»; filón núm. 1, junto a la boca	Indicios.
98	Idem; filón núm. 2, a los tres metros del anterior	—
101	Idem; filón núm. 12, a 74 metros de la boca	No contiene.
102	Idem; filón núm. 11, a 71 metros de la boca	Indicios.
103	Idem; filón «Secretaria», a 77,50 metros de la boca	0,20 gr. por tonelada.
104	Idem; filón «Santa Catalina», a 90 metros de la boca	Indicios.
105	Idem; filón núm. 15, a 93 metros de la boca	—
106	Idem; filón núm. 16, a 95 metros de la boca	—
107	Idem; filón «Eugenia», a 97 metros de la boca	—

En atención a estos resultados se suspendió la continuación de la labor, que ha señalado la escasísima ley de los criaderos en la zona más interesante de la sierra.

Respecto a las antiguas escombreras de la mina, cuya magnitud sólo asciende a 15.000 toneladas de tierras en «Dos de Mayo» y 9.000 en «San Felipe», según las mediciones realizadas, los análisis de algunas de las muestras han sido los siguientes:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
29	Terrera de «Dos de Mayo»; mineral blanco frente al socavón	Indicios.
30	Idem; mineral oscuro al Norte del anterior	No contiene.
31	Idem; mineral a 20 metros al Norte del socavón	Indicios.

no habiéndose logrado resultados apreciables en otros ensayos por lavado de las mismas tierras y otras de «San Felipe».

Debe señalarse, finalmente, que al comenzar los trabajos de exploración se tomaron diferentes muestras de los afloramientos cuarzosos que se encuentran fuera de la mina «Pilar». Los oportunos análisis químicos dieron los siguientes resultados:

N.º de la muestra	PROCEDENCIA	RIQUEZA EN ORO
1	Cuarzo del cerro de la Cañadilla, al SO. de La Nava de Ricomalillo	Indicios.
2	Filón del pozo en el mismo cerro	—
3	Cuarzo entre los kilómetros 59 y 60 de la carretera de Buenasbodas	1,4 gr. por tonelada.
4	Crestón a 80 metros del anterior, en dirección a Sierra Butrera	Indicios.
5	Crestón a seis metros del anterior, en igual dirección	—
6	Crestón a 25 metros del anterior, en igual dirección	No contiene.
7	Crestón a 40 metros del anterior, en igual dirección	1,5 gr. por tonelada.
8	Crestón a cinco metros del anterior, en igual dirección	No contiene.
9	Crestón a 50 metros del anterior, en igual dirección	—
28	Crestón de Sierra Jaeña a mitad del camino de la mina «Pilar»	—

9. CONCEPTO DE LA FORMACION AURIFERA

Después de estudiar la situación, manera de presentarse, caracteres y génesis de los criaderos, y de puntualizar los trabajos de reconocimiento que se han podido efectuar en la Sierra Jaeña, cúmplenos esbozar, como corolario de los mismos, una idea de conjunto de la formación aurífera, relativamente a su aspecto económico.

Los análisis de las muestras obtenidas ponen bien a la vista el pequeño contenido de oro de los filones-capas de la mina «Pilar», por debajo del límite mínimo de explotabilidad que, en las condiciones del obligado tratamiento por cianuración y con el precio «efectivo» del metal amarillo, ciframos actualmente en *ocho gramos de oro por tonelada de mena*. En consecuencia, parece poco probable que puedan prepararse macizos de explotación con suficiente riqueza para no cargar excesivamente la unidad de oro beneficiada.

El filón «Ingeniera», considerado en cualquier tiempo como el principal de la formación, con ocasión de nuestros trabajos tan sólo ha producido zafras, con un contenido medio, en conjunto, de cuatro gramos de oro por tonelada; esto en la zona de «Dos de Mayo» próxima al pozo «Manolito», que ha sido la más rica, y no obstante las leyes

mucho mayores que han indicado los desmuestres en diversos puntos del criadero. Tal proporción, en las condiciones del laboreo y tratamiento metalúrgico que habrían de efectuarse, no es suficiente para que pueda resultar ventajosa la obtención del metal amarillo.

Los demás filones todavía revelan un contenido aurífero más reducido y, en el área sometida a la investigación, tienen poco espesor y manifiesta irregularidad.

No es posible señalar la distribución del oro en sentido horizontal, como tampoco en profundidad, bastando considerar que para la obtención de datos comprobados hubieran sido necesarias labores subterráneas que habrían exigido, además de un tiempo de que no hemos podido disponer, una suma muy superior a la consignada en el presupuesto para esta exploración.

Aun comprendiendo la dificultad de establecer *a priori* las variaciones de metalización según la vertical, no nos parece verosímil el mejoramiento de la ley aurífera a mayor profundidad que la alcanzada. La génesis de los criaderos obedece, en efecto, a leyes conocidas que permiten atisbar los fenómenos con cierto grado de aproximación, y los mismos principios no abonan, ciertamente, un aumento de la cantidad de oro.

En primer lugar, las impregnaciones difusas relacionadas con el metamorfismo del granito, tipo al que corresponden estos yacimientos, constituyen, en casi todos los países donde se presentan, una categoría de formaciones que, salvo contadas mineralizaciones con alguna riqueza, carecen individualmente de la necesaria para la explotación directa y, por causa tal, la mayoría han dado resultados industriales mediocres, de exceptuar las momentáneas concentraciones de la zona epigénica.

En segundo término se advierte un hecho absoluta-

mente comprobado en todos los criaderos de esta índole: el de que a medida que se ahonda, desaparecen las combinaciones oxigenadas para dejar su puesto a los sulfuros, que son especies depositadas en un medio reductor. Así cabe afirmar que, después de una profundidad determinada, la ganga de cuarzo podrá no variar, pero el relleno de las fisuras, en lugar de estar constituido por óxidos de hierro con oro libre, aparecerá formado por pirita con oro combinado y menor cantidad de oro libre, cuya circunstancia confirma la existencia del medio reductor en que la precipitación vino a efectuarse; y como en la región profunda o «anamórfica» no se verifican reacciones de ninguna especie, no existe allí posibilidad de enriquecimiento en oro, por permanecer los minerales del relleno en el mismo estado en que llegaron a depositarse.

Esto es lo que se empieza a observar en los filones de «Pilar», donde al nivel de «San Felipe», o sea, a 160 metros por debajo de la cumbre de Sierra Jaeña, comienza la aparición de la pirita de hierro, con el augurio de una disminución del oro libre a medida que se vaya ahondando.

Lo apuntado no niega en absoluto la posibilidad de cualquier enriquecimiento ocasional, pero sí que las bonanzas hayan de ser suficientemente continuas y homogéneas en su ley.

Los trabajos realizados en 1934 en la concesión «Capitán», por los propietarios de la misma, no permiten tampoco formar juicio concreto sobre la importancia industrial de los filones del cerro Juncal; mas si se tiene en cuenta la relación de tales yacimientos con los de Sierra Jaeña, de los que son una continuación, claro es que pueden aplicárseles las mismas presunciones.

Lo propio puede decirse de los filones de «Sofía», conocidos exclusivamente por los afloramientos, pero no deben



de diferir esencialmente de los anteriores, debido a que se trata de su prolongación al SE.

Si se añade cuanto acaba de exponerse a la reducida potencia, falta de regularidad de los filones-capas investigados y escasa ley de oro, según los análisis efectuados, no es posible reflejar una impresión de conjunto propicia a grandes esperanzas, aun teniendo presente la limitación de los reconocimientos que se han llevado a cabo en la ocasión presente.

10. CONCLUSIÓN

La exploración en La Nava de Ricomalillo no se ha realizado sin vencer el influjo de diferentes factores desfavorables, como la carencia en la localidad de personal apto para los trabajos subterráneos, cuya recluta ha habido que realizar fuera de la región; la dificultad de adquisición de materiales, herramientas y explosivos, impuesta por la anormalidad de los tiempos; la falta de medios de transporte, que ha retardado considerablemente los suministros; la escasez de medios de subsistencia con obligada reducción del número de obreros a emplear, y tantas otras circunstancias adversas.....

Aun prescindiendo de tales contratiempos, los trabajos no podían alcanzar el desarrollo necesario para una determinación cabal de la riqueza de los yacimientos, problema este que se resolvería mediante un reconocimiento sistemático, con desembolsos de bastante cuantía. Y hay que considerar si es conveniente lanzarse a grandes gastos con resultado absolutamente problemático.

No es ocioso indicar a este respecto que, en ocasiones como la actual, el espíritu humano suele inclinarse al lado bueno, basándose tan sólo en contados factores favorables. La virgiliana *auri sacra fames* se adueña de las gentes, que

únicamente consideran un aspecto del problema y, como ignoran las dificultades, imaginan riquezas fabulosas—generalmente inexistentes—y pugnan por su posesión con el mismo afán que alentaba en la edad antigua la obra de la escuela Hermética, como la de la Alquimia en los tiempos medievales.

Téngase bien presente el juicioso criterio de Moreau, para quien vale más renunciar a un buen negocio que emprender otro malo, y así se evitarán exagerados optimismos, que en muchas ocasiones, por cierto, han dañado a nuestra minería.

COMPOSICION ELEMENTAL DE ARCILLAS ESPAÑOLAS

POR

JUAN MANUEL LOPEZ DE AZCONA,
MIGUEL DEAN GUELBENZU y ANGEL SANTOS RUIZ

GENERALIDADES

El estudio completo del suelo exige orientar la investigación desde puntos de vista tan diversos, que sólo puede realizarla la coordinación de las ciencias que en el suelo concurren.

Tiene un interés extraordinario para la agricultura y para la Química Biológica el estudio analítico de la composición elemental de los suelos y, de un modo especial, de las tierras de cultivo, puesto que de ellas asimilan los vegetales elementos que van a formar parte integrante de los alimentos de los animales y del hombre.

No todos los elementos químicos se encuentran en los suelos; se ha evidenciado la existencia en ellos de los siguientes: O, Al, C, Ca, Cl, Fe, H, K, Mg, Mn, N, Na, P, S, Si, Ti, Tl, y también, a veces, Ag, As, B, Ba, Co, Cr, Cu, I, Li, Mo, Ni, Se, V, Zn, y alguna vez, por métodos espectroquímicos, Cs, Pb, Rb, Sr, Zr; muchos de estos elementos sólo se encuentran en las tierras excepcionalmente. Los más frecuentes son: Al, C, Cl, Ca, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, N, Na, P, Ti, S, Zn y, quizá, B, Ni y V.

ELEMENTOS Y BIOQUIMICA DEL SUELO

Desde el punto de vista cuantitativo no cabe duda sobre la separación de los elementos en dos grandes grupos: elementos plásticos y oligoelementos o elementos catalíticos.

Los elementos plásticos son el C, O, H, N, S, P, Ca, K, Na, Cl y Mg. Los cuales entran en la composición del esqueleto interno o externo, de las membranas celulares, de las sustancias sólidas y líquidas acumuladas como reservas y contribuyen, en disolución en el jugo celular, a la turgencia de los tejidos; de todas suertes son el material de construcción de la materia viva, a la que debe su forma el edificio orgánico.

Apriorísticamente los oligoelementos tienen otra misión. En lugar de ser sujetos pasivos desempeñan funciones esencialmente activas y deben intervenir de una manera necesaria y continua en las transformaciones de la materia viva. Bertrand, con frase feliz, los ha calificado como los elementos químicos infinitamente pequeños.

No está excluida, sin embargo, la posibilidad de un papel mixto. La división no puede ser absoluta. Así, por ejemplo, el calcio, francamente plástico en los huesos, caparazones, etc., es netamente catalítico en la transformación de la potripsina en tripsina y protrombasa en trom-

basa. El magnesio, plástico en los huesos, cataliza fases del metabolismo glucídico, etc., etc.

Por el contrario, el yodo, conocido por su acción eminentemente catalítica, como componente de la hormona tiroidea, se inmoviliza en el esqueleto de ciertas esponjas (gorgonia). El fluor catalítico forma parte de los huesos y dientes. El silicio, cuya función es preferentemente de presencia en mínimas proporciones, forma la epidermis de ciertas equisetáceas, etc., etc.

Existen diferencias fundamentales entre la composición del cosmo y la de los organismos. Así, el C, H y N, elementos primarios del organismo, son constituyentes secundarios de aquél, y lo contrario ocurre con el silicio y el aluminio.

El organismo muestra capacidad extraordinaria para seleccionar los elementos biogénicos independientemente de sus concentraciones relativas. La disponibilidad de estos elementos fija los límites de la vida (ley del mínimo de Liebig). Henderson formula el concepto de idoneidad cósmica y demuestra que para las manifestaciones vitales es necesaria la idoneidad con que el carbono, hidrógeno y oxígeno dotan a sus compuestos.

Las concentraciones del organismo vegetal y animal parecen diferentes en un examen superficial, pero no lo son, si tenemos en cuenta que en los vegetales una gran parte son productos de actividad celular y no constituyen verdadero y propio citoplasma.

A los organismos se les puede aplicar las dos leyes fundamentales de la distribución cósmica de los elementos, según las cuales los elementos más abundantes son de número de orden (n. d. O.) inferior a 29 (ley de Harkeins) y los de número de orden par son más abundantes que los otros (ley de Oddo).

La frecuencia de los elementos en los suelos está influida por muchos factores, además de los correspondientes a su formación y origen, y es, a su vez, importante tenerla en cuenta, por los efectos que ejercen en las ulteriores modificaciones que puedan tener lugar en el suelo y su acción sobre las plantas.

Lee Van Derlinden, en un discurso, señalaba la importancia de los oligoelementos en el metabolismo de las plantas y animales, e indicaba la conveniencia de incluirlos racionalmente en la preparación de mezclas fertilizantes. En un trabajo de revisión estudiaba los metales en los suelos, fertilizantes y pastos.

El carbono y el nitrógeno de los suelos son datos importantísimos para el estudio de la materia orgánica.

La vecindad de depósitos de minerales de cinc o cobre en los suelos es tóxico para las plantas; en los suelos normales el contenido de estos elementos es muy pequeño; el cinc se acumula en la superficie, y después pasa muy difícilmente a capas más profundas.

El boro forma parte de las turmalinas y, al parecer, se transporta fácilmente a través del suelo, cuando se añade a éste artificialmente. Las deficiencias de este elemento se presentan frecuentemente en suelos arenosos.

El molibdeno es más fácilmente soluble en los suelos alcalinos que en los ácidos, y es más utilizable para las plantas en las primeras condiciones. Se acumula en la hierba.

El manganeso y hierro se hallan corrientemente en los suelos en forma de óxidos, y están íntimamente relacionados con las reacciones de óxido-reducción que en aquéllos tienen lugar. Compuestos de ambos, en formas de concreciones, aparecen en los suelos imperfectamente drenados. Las combinaciones más oxidadas del manganeso (MnO_2)

son poco útiles para las plantas. Tanto en el manganeso como en el hierro, la solubilidad en el suelo aumenta con la acidez y no son útiles para las plantas por encima de un pH de 6,5. En estas condiciones es inútil añadir sales de manganeso o de hierro para corregir la deficiencia. Algunas veces el pH baja lo suficiente para permitir a la planta el suplir sus necesidades de hierro, por tratamiento con azufre. Influyen en las deficiencias de estos elementos, además de lo indicado, los fosfatos, la materia orgánica y los compuestos de calcio.

El fósforo existe en los suelos en muchas formas (orgánicas e inorgánicas), además del artificial aporte de los abonos. Las formas solubles son más utilizables para las plantas, aunque se vuelven insolubles inmediatamente después de su aplicación. Sufren los fosfatos grandes cambios en los suelos por la acción de micro-organismos y por reacciones químicas. La proporción de fosfatos hidrosolubles suele ser muy pequeña. Se ha dicho que los suelos tienen alto poder fijador para el fósforo, sobre todo los pesados. El hierro, en los terrenos ácidos, y el calcio en los alcalinos o neutros, son los responsables de la fijación de los fosfatos. Los abonos fosfatados deben ser colocados, tan cerca como sea posible, de las raíces de las plantas.

INVESTIGACIONES ANALITICAS

Es inmenso el número de investigaciones analíticas por métodos químicos y espectroquímicos llevadas a cabo, con distintas miras, en toda clase de tierras, para que pretendamos dar cuenta de ellas, aunque sólo sea someramente. Indicamos, sin embargo, los análisis espectroquímicos que pudimos consultar.

En 1933, T. Tsuga describe técnicas para determinar K, Sr, Li, por medio de espectros de emisión con excitación por llama, y de Ba, Rb, y Cs, con excitación por arco, en cenizas de plantas y en suelos.

Andrew Digeall y H. Beans, en 1934, encuentran Cr en todas las muestras de suelos y plantas analizadas de la provincia de Quebec.

En 1936, R. L. Mitchell analiza en suelos metales alcalinos, alcalinotérreos, manganeso y hierro por sus espectros de emisión a la llama. H. Lundegardh y Rgl. Landtbruks, reseñan técnicas cuantitativas (método Swedish) de análisis espectral, aplicadas a suelos y productos de plantas, y evalúan los constituyentes inorgánicos por espectrograma y microfotometría.

En 1937, L. L. Rusoff, L. H. Rogers y L. W. Gaddrins

utilizan metódicas espectrográficas para determinación de Cu, e investigación de pequeñas cantidades de otros elementos en hierbas y terrenos muy salinos y en saneados. Encuentran diferencias de Cu y otros elementos en una y otra clase de tierras: los siguientes elementos fueron detectados en todas las muestras de terrenos salinos, B, Ba, Cu, Mn, Sr, Ti, Zn; no se encontraron en ninguna muestra el As, Be, Bi, Cd, Co, La, Sb, Sn, Tl, V y Zr, y encontraron en algunas Ag, Cr, Mo y Ni.

Posteriormente, Ralph A. Goodwin publica un trabajo sobre el análisis cualitativo espectrográfico de suelos, y cuantitativo por la intensidad de las líneas. Iwanow valora el Cu, por comparación con escalas cuantitativas hechas con diluciones conocidas de una sal de cobre. L. H. Rogers, O. E. Gall, L. W. Gaddun y R. M. Barnette, analizan en 89 suelos cultivados y 43 vírgenes de la península de la Florida, por métodos químicos y espectrográficos, siete macroelementos y 27 microelementos, así como otras determinaciones (pH, pérdida por incineración, materias insolubles, etc.). Por espectrografía no encuentran en ninguna muestra los siguientes elementos: Sb, As, Bi, Cd, Tl, Co, Sn, Mo, Li, Cs, Yb, W, La y Be; encuentran en pocas Ag, Ni, Pb y V; en casi todas B, Cu, Ti y Zn; también con mucha frecuencia Sr, Ba, Cr, Mn y Zr; los microelementos son detectados con más frecuencia en los suelos con deficiente drenaje que en los bien drenados.

Mitchell, en el año 1940, determina oligoelementos en el suelo, por métodos espectroquímicos. El mismo autor y sus colaboradores, describen una técnica para la determinación del Cr, y emplean métodos colorimétricos para la comprobación del Co, así como del Cr. S. S. Ballard usa también métodos espectroquímicos cualitativos para análisis de suelos.

En años posteriores, G. W. Fox y R. A. Goodwin investigan, mediante análisis espectroquímico cuantitativo con excitación por arco, el Si, Fe, Mg, K y Ca, logrando valores con una exactitud del 10 al 15 %.

Con métodos espectrográficos, determina J. Delisck el contenido total de los suelos en Cr, Zn, Ni y Co, así como el reparto de los mismos en los diversos horizontes.

PARTE EXPERIMENTAL

Es necesario aclarar la acepción que damos a la palabra arcilla, por apartarse en la actualidad de la concepción de los antiguos mineralogistas, que la incluían como una especie entre los silicatos. Hoy se define la arcilla como el producto final de la erosión de las rocas, cuyo tamaño máximo de los granos es $2 \cdot 10^{-3}$ milímetros; es una fracción en estado coloidal compatible con la estructura cristalina y está integrada por diversas especies minerales dependientes de la naturaleza de la roca madre, así como de los agentes de desintegración físico-químicos y biogénicos a que estuvo sometida.

El estudio espectroquímico de la composición química elemental de las arcillas tiene gran interés por las consecuencias estadísticas que pretendemos establecer, las que, además, nos dan una orientación general para los análisis que queramos hacer de cualquier silicato, como, en efecto, hemos comprobado una gran concordancia con los efectuados anteriormente con las turmalinas.

La técnica empleada en el Instituto de Edafología para la preparación de las 77 muestras de arcilla que hemos estudiado, consiste en separar ésta por sedimentación de las

partes gruesas. A la muestra que se toma del suelo se le separan por tamizado las fracciones mayores de dos milímetros, y a 200 gramos de lo que ha atravesado el tamiz se le añaden 30 cm.³ de amoníaco concentrado y dos litros de agua destilada; la mezcla se agita bien y se deja en reposo. El amoníaco dispersa el coloide arcilla en sus partículas elementales, las que se encontrarán, a las ocho horas de reposo, en la capa líquida superficial, de 10 centímetros de profundidad, la cual se extrae con una pipeta o sifón. El volumen del líquido extraído se repone, y se vuelve a agitar la mezcla como la vez anterior y así, sucesivamente, hasta que no aparezca la capa de arcilla antes mencionada, lo que se reconoce por mantenerse totalmente limpio el líquido después de las ocho horas de reposo en el nivel antes indicado de 10 centímetros.

Todos los líquidos extraídos se reúnen y evaporan a sequedad, al baño maría; el residuo seco que queda en la cápsula es la arcilla.

La técnica espectroquímica que seguimos es la siguiente:

Empleamos un espectrógrafo «Hilger E. 1» en la zona de 2.400 a 3.700 Å.; operamos con excitación con arco, con electrodos soporte de carbón y corriente continua a 220 voltios de tensión. En el electrodo inferior o positivo, de seis milímetros de diámetro, se prepara de antemano un cráter, en el que se colocan 0,05 gramos de la muestra que se va a analizar. Los espectrogramas son obtenidos hasta volatilización completa de la muestra, para evitar errores debidos a los fenómenos de destilación fraccionada. En una misma placa se incluyeron los espectrogramas de varias muestras, con la precaución de obtener adosado a cada problema un espectrograma del hierro, el cual utilizamos como patrón de longitud de onda.

Deducciones semicuantitativas se hicieron por aprecia-

ción visual de las líneas más persistentes para cada concentración, correspondientes a cada uno de los elementos encontrados, con respecto a unas escalas-tipo preparadas previamente.

De las muestras analizadas (cuyas características no detallamos por haber sido publicadas en trabajos del Instituto de Edafología), damos en la tabla I, además del número de orden, los datos de cada una, relativos a provincia, localidad o situación, perfil y horizonte. En la tabla II se recoge la frecuencia de cada elemento en las muestras analizadas, expresada en tantos por ciento, y se indican los números de las muestras en las que el elemento no se ha encontrado. Los datos de esta tabla se aclaran y amplían con una exposición más detallada de los resultados obtenidos para cada elemento.

TABLA I

Núm. de orden	PROVINCIA	LOCALIDAD	SITUACION	N.º del perfil	HORIZONTE
1201	Sevilla	Marchena	Vereda de la Carne	1	Superficial
1202	"	"	"	1	1
1203	"	"	"	1	2
1204	"	"	Dra. del camino de Paradas	2	Superficial
1205	"	"	"	2	A
1206	"	"	"	2	B
1207	"	"	"	2	A y B
1208	"	"	Pela Sr. Ceballos	4	Superficial
1209	"	"	"	4	1
1210	"	"	"	4	2
1211	"	"	"	4	3
1212	"	"	Base del cerro Montenegro	3	A (30 cm.)
1213	Madrid	El Escorial	"	1	A ₁
1214	"	"	"	1	A ₂
1215	"	"	"	2	A ₁
1216	"	"	"	2	A ₂
1217	"	Villalba	"	1	A ₉
1218	"	"	"	1	A ₁
1219	Sevilla	Arahal	Prado de San Roque	7	Superficial
1220	"	"	"	7	A
1221	"	"	"	7	B
1222	"	"	"	8	Superficial
1223	"	"	"	8	A
1224	"	"	"	8	B
1225	"	Osuna	Rancho López	6	Superficial I
1226	"	"	"	6	II
1227	"	"	El Chaparral de Santa Cruz	5	Superficial
1228	"	"	"	5	"
1229	"	"	"	5	A ₂
1230	"	"	Rancho López	6	A ₁
1231	"	"	"	6	A ₂
1232	Huesca	Lanuzá	"	35	"
1233	"	Panticosa	"	34	A
1234	"	"	"	34	B
1235	"	San Juan de la Peña	"	33	A
1236	"	"	"	33	B
1237	"	"	"	32	A
1238	"	"	"	32	B
1239	Cáceres	San Rafael-Don Gil	"	28	1
1240	"	Berzalejo (ter. mpal. de Torrejón de Rubio)	"	27	1
1241	"	"	"	27	2
1242	"	"	"	26	1

TABLA I (continuación)

Núm. de orden	PROVINCIA	LOCALIDAD	SITUACION	N.º del perfil	HORIZONTE
1243	Cáceres	Berzalejo (ter. mpal. de Torrejón de Rubio)	"	26	2
1244	Málaga	(Capital)	Cerro de San Antón	121	B
1245	"	"	Pinar de S. José	122	A ₀
1246	"	"	"	122	B ₁
1247	"	"	Finca La Concepción	124	A
1248	"	"	"	124	B
1249	"	Torremolinos	"	131	A
1250	"	"	"	132	"
1251	Huesca	Sieso de Huesca	"	135	"
1252	Guadalajara	Guisema	"	60	A
1253	"	"	"	60	B
1254	"	"	"	61	"
1255	"	"	"	62	"
1256	"	"	"	63	"
1257	Alicante	(Capital)	Albufereta	21	1
1258	"	"	"	21	2
1259	"	"	"	21	3
1260	"	"	Monte Santa Bárbara	24	1
1261	"	"	"	24	2
1262	"	"	"	25	1
1263	"	"	"	25	2
1264	"	Elche	"	23	"
1265	"	"	"	22	"
1266	"	(Capital)	Cerro Norte Albufereta	20	1 (b)
1267	"	"	"	20	2
1268	La Coruña	Puentedeume	"	1	2
1269	"	"	"	1	3
1270	"	"	"	3	3
1271	"	"	"	5	"
1272	"	"	"	6	2 (a)
1273	Huesca	Valle de Tena	"	10	2
1274	La Coruña	Puentedeume	"	9	1
1275	"	"	"	9	2
1276	"	"	"	9	3 (a)
1277	"	"	"	4	2

NOTAS

- Las muestras, hasta el número 1231 inclusive, llevan en la Tabla el número del perfil provisional, por no haberles asignado el definitivo en el Archivo del Instituto de Edafología, en el momento de redactar este trabajo.
- De las muestras 1205 y 1214 se hicieron tres espectrogramas de cada una y en uno de ellos se operó con tierra calcinada; en el espectrograma de esta muestra se observó un ligero aumento de la intensidad de las líneas en relación con las no calcinadas.

TABLA II

Elementos	Frecuencia por 100	Muestras que no lo contienen	OBSERVACIONES
Ag	0	Todas	
Al	100		De 10^{-1} a 10^{-3}
As	0	,	
Au	0	,	
B			Véase texto
Ba	100		
Be	100		10^{-7}
Bi	0	,	
Ca	100		Mayor 10^{-1} a menos 10^{-3}
Cd	0	,	
Ce	0	,	
Co	100		10^{-4} (véase texto)
Cr	0	,	
Cu	100		De 10^{-3} a 10^{-4}
Dy	0	,	
Er	0	,	
Eu	0	,	
Fe	100		De 10^{-1} a 10^{-3}
Ga	0	,	
Gd	0	,	
Ge	0	,	
Hf	0	,	
Hg	0	,	
Ho	0	,	
In	0	,	
Ir	0	,	
K	100		De 10^{-2} a 10^{-3} (véase texto)
La	0	,	
Li	89,60	1213, 1252, 1256, 1258, 1260, 1262, 1266, 1267	10^{-4} (véase texto)
Lu	0	Todas	
Mg	100		Mayor de 10^{-2} a menor 10^{-3}
Mn	100		De 10^{-2} a 10^{-3}
Mo	0	,	
Na	100		Mayor de 10^{-2} a menor de 10^{-3}
Nb	0	,	
Nd	0	,	
Ni	100		De $5 \cdot 10^{-4}$ a 10^{-5}
Os	0	,	
P			Véase texto
Pb	85,6	1208, 1209, 1210, 1211, 1212, 1226, 1229, 1230, 1237, 1256, 1273	De 10^{-5} a 10^{-3}
Pd	0	Todas	
Pr	0	,	
Pt	0	,	
Rd	0	,	
Rh	0	,	
Ru	0	,	

TABLA II (continuación)

Elementos	Frecuencia por 100	Muestras que no lo contienen	OBSERVACIONES
Sb	0	Todas	
Sc	0	,	
Si	100		Más del 10 % (véase texto)
Sm	0	,	
Sn	0	,	
Sr	100		10^{-3}
Ta	0	,	
Tb	0	,	
Te	0	,	
Th	0	,	
Ti	100		De 10^{-2} a 10^{-3}
Tl	0	,	
Tu	0	,	
U	0	,	
V	81,8	1252, 1254, 1256 a 1264, 1266 a 1267	De 10^{-4} a 10^{-6}
W	0	Todas	Véase texto
Y	0	,	
Yb	0	,	
Zn	0		Véase texto
Zr	0	,	

CONSIDERACIONES SOBRE LOS RESULTADOS ANALITICOS

Por elementos químicos

De los elementos cuya frecuencia señalamos en la tabla II con la cifra 0, no encontramos ninguna de sus líneas en los espectrogramas obtenidos.

Al. *Aluminio*.—Todas las muestras analizadas contienen aluminio en proporción de 10^{-1} a 10^{-2} , menos las número 1252, 1256 y 1267, en las que su contenido se acerca a 10^{-3} .

B. *Boro*.—Respecto al boro no se pueden dar conclusiones por ser una impureza dominante del carbón con que están fabricados los electrodos soportes.

Ba. *Bario*.—Como la zona empleada del espectro cubre de 2400 a 3700 Å., resulta poco indicada para el bario, ya que su línea más persistente con excitación por arco, es la 5535 Å. En la zona de los espectrogramas obtenidos, las líneas más persistentes son 2335 y 3071'5 Å., las cuales lo son para cantidades hasta de 10^{-4} . Todas las tierras dan una ligera sobra en esta longitud de onda, es

decir, que el bario se encuentra en ellas en proporciones iguales o menores que dicha cantidad.

Be. *Berilio*.—El berilio se encuentra en todas las muestras en la proporción de 10^{-7} .

Ca. *Calcio*.—En proporción igual o mayor que 10^{-1} contienen el calcio las muestras números 1257 al 1267, ambos inclusive; igual o menor del 10^{-3} la 1238 y 1274 al 1277 y las demás lo contienen en proporciones intermedias.

Co. *Cobalto*.—Las líneas más persistentes del cobalto, según la técnica empleada, son la 3405 y 3453 Å., y de ambas se observa en todos los espectrogramas su existencia con una intensidad muy pequeña, lo que significa que el contenido en este elemento es igual o ligeramente mayor a 10^{-5} .

Cu. *Cobre*.—Se encuentra el cobre en la proporción de 10^{-3} en los números 1225 al 1231, 1252, 1253 y 1268 y en la de 10^{-4} en todos los demás.

Fe. *Hierro*.—Hemos dicho que la proporción de hierro varía de 10^{-1} a 10^{-3} ; del primer orden son las muestras del 1201 al 1210, 1212, 1214 al 1218, 1223 al 1227, 1232, 1235 al 1239, 1247, 1250, 1251, 1264, 1265, 1268 al 1272 y 1275 al 1277; y del segundo, la 1213, 1233, 1234, 1240, 1241, 1249, 1252 al 1254, 1256 y 1259 al 1263; las demás lo contienen en proporciones intermedias.

K. *Potasio*.—Todas las muestras tienen potasio de 10^{-2} a 10^{-3} ; las que menos tienen son las 1256, 1263 y 1267.

Li. *Litio*.—No se han encontrado rayas de litio en las muestras 1213, 1252, 1256, 1258, 1260, 1262, 1266 y 1267, pero se debe tener en cuenta que la sensibilidad en esta zona es de 10^{-4} , ya que su línea más persistente, 6707 Å., cae fuera de la zona de trabajo con una sensibilidad mucho mayor que la 3232,6 Å.; la cantidad de litio en el resto de las muestras es igual o algo mayor a 10^{-4} .

Mg. *Magnesio*.—El contenido en magnesio de las muestras analizadas varía de 10^{-2} a 10^{-3} ; en proporciones iguales o mayores de 10^{-2} en los números 1201 al 1208, 1210, 1212, 1219 al 1232, 1236, 1239, 1250, 1251, 1253 al 1255, 1257 al 1267, 1273 al 1277; e iguales o menores de 10^{-3} en los números 1233 al 1235, 1252 y 1256; los demás tienen valores intermedios.

Mn. *Manganeso*.—Todas las muestras contienen manganeso en proporciones de 10^{-2} a 10^{-3} .

Na. *Sodio*.—Hemos comprobado que todas las muestras contienen sodio. En cantidad igual o mayor que 10^{-2} , en las numeradas del 1201 al 1204, 1213 al 1218, 1232, 1234, 1239 al 1243, 1248, 1251, 1257, 1258, 1265, 1268 al 1272, 1274 al 1277. Igual o menor del 10^{-3} los números 1219, 1220, 1222 al 1224, 1228, 1230, 1231, 1235, 1237, 1238, 1247, 1249, 1252 al 1256, 1260, 1261, 1263 y 1273; los demás dan valores intermedios.

Ni. *Níquel*.—El níquel se encuentra en todas las muestras en proporciones que varían de 10^{-4} a 10^{-5} , excepto en los números 1216, 1217, 1246, 1252, 1256 y 1259, que lo contienen en cantidad igual o menor a 10^{-5} .

P. *Fósforo*.—Para la buena identificación del fósforo en la zona en que se ha operado, tiene que estar en la proporción del 1%, y en esas condiciones da las líneas 2535,6 y 2553,3 Å., las cuales no se aprecian en ninguna de las muestras. Para su detección en la proporción en que se encuentran en las tierras, hubiésemos tenido que recurrir al espectrógrafo de vacío, ya que la línea más persistente del átomo neutro del fósforo es la 1774,4 Å.

Pb. *Plomo*.—El plomo tiene una gran sensibilidad en la zona estudiada (hasta 10^{-6}), no obstante, hubo algunas muestras que no dieron sus líneas más persistentes 2802 y 2833 Å.; éstas fueron las números 1208, 1209, 1210, 1211,

1212, 1226, 1229, 1230, 1237, 1256 y 1273. Los contenidos de plomo varían de 10^{-5} para los números 1201 al 1207, 1213 al 1219, 1225, 1227, 1232 al 1236, 1238 al 1255, 1257 al 1267 (en estas últimas las líneas son algo más marcadas), 1268 al 1272, 1274 al 1276 y 10^{-6} para las 1220 al 1224, 1228, 1231 y 1277.

Si. *Silicio*.—Se encuentra el silicio en todas las muestras en cantidades mayores al 10 %; no obstante, en alguna en que el contenido en calcio es del 10 % o mayor, la proporción en silicio disminuye considerablemente.

Sr. *Estroncio*.—El estroncio forma parte de todas las muestras en la proporción de 10^{-8} .

Ti. *Titanio*.—Todas las muestras analizadas contienen titanio en proporciones variables de 10^{-2} a 10^{-3} .

V. *Vanadio*.—Está contenido el vanadio en 63 muestras. Su sensibilidad es grande en esta zona, pues llega a 10^{-6} , aunque es mayor en la zona visible, por ser la línea más persistente, la de longitud de onda 4379 Å.; pudiera ser, por lo tanto, que las demás muestras diesen líneas de vanadio en esta zona más sensible. No hemos encontrado líneas de este elemento en las muestras 1252 a 1254, 1256 a 1264, 1266 y 1267. En las demás el contenido varía de 10^{-4} a 10^{-6} .

W. *Volframio*.—Con nuestra técnica, las líneas más persistentes del volframio llegan a 10^{-8} y acaso por su poca sensibilidad no se ha podido reconocer ninguna muestra.

Zn. *Cinc*.—El cinc es sensible hasta una concentración de 10^{-8} . Si se hubiera operado en otra zona de menor longitud de onda, hubiésemos dispuesto de la línea 2138,5 Å. de mayor persistencia. En ninguno de los espectrogramas encontramos líneas de este elemento.

Por períodos

Es de notar el hecho de que, exceptuando el estroncio, bario y plomo, los elementos encontrados en las muestras de suelos analizadas son los más ligeros del sistema periódico.

El único elemento del *primer período* no se reconoce por nuestra técnica.

De los cuatro elementos que podíamos reconocer del *segundo período*, el carbono no es posible por emplear electrodos soporte de carbón, ni el boro por ser la única impureza apreciable de los electrodos empleados; los otros dos, litio y berilio, el primero está en el 90 % de las muestras y el segundo en todas.

Del *tercer período* se pueden reconocer cinco elementos: el fósforo por su débil sensibilidad, ya antes indicada, no aparece claramente en los espectrogramas; los otros cuatro, sodio, magnesio, aluminio y silicio, están en todas las muestras analizadas.

Del *cuarto período* sólo hemos hallado los elementos comprendidos hasta el de número atómico 29, a excepción del escandio y cromo; los demás están en el total de las muestras, salvo el vanadio, que se encuentra en el 82 %.

De los elementos del *quinto período* sólo hemos encontrado el estroncio, contenido en todas las muestras, y del *sexto período* únicamente hemos identificado el bario, en todas las muestras, y el plomo, en el 85 %.

Por columnas

En la columna correspondiente a los gases nobles, ninguno de sus elementos se encuentra por nuestra técnica.

Columna 1.^a—Hemos encontrado los tres elementos ligeros de esta columna: litio, sodio, potasio y, además, el cobre.

Columna 2.^a—Comprobamos la existencia de los dos elementos comunes de la columna segunda y los tres más ligeros de la subcolumna *A*.

Columna 3.^a—En los espectrogramas únicamente reconocimos, de los elementos de la columna tercera, el aluminio.

Columna 4.^a—Hemos encontrado de la columna cuarta el silicio, y de la subcolumna *B*, el más pesado, que es el plomo, el cual está contenido en el 85% de las muestras, en cantidades de millonésimas en todas. Este elemento había sido reconocido con anterioridad por métodos espectroquímicos en los suelos de Florida, por los investigadores Rogers, Gall, Gaddum y Barnette. En un trabajo de uno de nosotros sobre las turmalinas, también encontramos plomo, en mayor cantidad que ahora, y veíamos claramente su proceso radiogénico; del mismo modo, su *existencia* en las muestras analizadas, únicamente podemos suponerla debida al depósito activo de la emanación de los terrenos subyacentes, y a la de aquellos mismos que dieron origen a las tierras analizadas.

Columna 5.^a—De esta columna sólo encontramos el vanadio.

Columna 6.^a—No encontramos ningún elemento de la columna sexta.

Columna 7.^a—Del único elemento de la columna séptima que tienen rayas los espectrogramas, es el manganeso.

Columna 8.^a—Encontramos los tres elementos más ligeros: hierro, cobalto y níquel, de la octava columna.

CONSIDERACIONES ESTADISTICAS

En la adjunta tabla tercera damos, por cada elemento químico, la probabilidad de reconocerlo espectroquímicamente con nuestra técnica, supuesto que todos los elementos están uniformemente distribuidos en nuestro planeta. En las siete columnas últimas figura la frecuencia por ciento de cada elemento en varias especies mineralógicas, deducidas del estudio de 725 sulfuros y seleniuros de plomo, 36 sulfoarseniatos y sulfoantimoniatos de plomo, 86 carbonatos y sulfatos de plomo, 133 sulfuros de cinc, 67 sulfuros de mercurio, 25 turmalinas y 77 arcillas. El objeto de formar este cuadro es, únicamente, para establecer conclusiones elementales desde un punto de vista analítico; con ellos hemos podido deducir en trabajos anteriores una analogía entre los elementos que impurifican a los diversos sulfuros metálicos y ahora los observamos entre los encontrados para las turmalinas y las arcillas.

TABLA III

Elementos	Sensibilidad relativa	FRECUENCIA POR CIENTO DE CADA ELEMENTO EN						
		Sulfuros y seleniuros de Pb 725 muestras	Sulfoantimoniatos y sulfoseleniuros de Pb 36 muestras	Carbonatos y sulfatos de Pb 86 muestras	Sulfuros de Zn 133 muestras	Sulfuros de Hg 67 muestras	Turmalinas. 25 muestras	Arcillas 77 muestras
Ag	6.10 ⁻²	99	100	92	89	69	4	—
Al	8.10 ⁻²	12	22	24	5	75	100	100
As	5.10 ⁻³	8	36	5	11	85	—	—
Au	6.10 ⁻⁵	0,8	—	—	2	1,5	—	—
B	1.10 ⁻¹	—	—	—	—	—	100	—
Ba	4	13	8	22	3	9	—	100
Be	5.10	3	3	8	1	—	100	100
Bi	3.10 ⁻²	20	28	7	9	22	—	—
Ca	3.10 ⁻²	19	14	20	8	63	52	100
Cd	4.10 ⁻³	19	10	4	90	45	—	—
Ce	2.10 ⁻¹	—	—	—	—	—	—	—
Co	1.10 ⁻¹	11	42	6	17	24	64	100
Cr	4.10	1	—	3	—	19	76	—
Cu	1	38	56	21	45	98	100	100
Dy	5.10 ⁻²	—	—	—	—	—	—	—
Er	4.10 ⁻¹	—	—	—	—	—	—	—
Eu	2.10 ⁻³	—	—	—	—	—	—	—
Fe	5.10 ⁻³	38	28	33	42	95	96	100
Ga	2.10 ⁻²	13	8	17	53	1	—	—
Gd	5.10 ⁻²	—	—	—	—	—	—	—
Ge	1	4	3	2	43	6	—	—
Hf	3.10 ⁻¹	—	—	—	—	—	—	—
Hg	3.10 ⁻⁴	0,3	3	—	21	100	—	—
Ho	7.10 ⁻²	—	—	—	—	—	—	—
In	1.10 ⁻¹	21	8	1	43	?	—	—
Ir	2.10 ⁻⁴	—	—	—	—	—	—	—
K	2.10	—	—	—	—	10	100	100
La	5.10 ⁻³	—	—	1	—	—	—	—
Li	4.10 ⁻¹	1	—	3	1	1,5	56	90
Lu	9.10 ⁻¹	—	—	—	—	—	—	—
Mg	2.10 ⁻³	21	33	17	10	83	100	100
Mn	9	24	50	16	28	66	100	100
Mo	8.10 ⁻¹	3	8	6	4	38	—	—
Nb	3.10 ⁻²	1	—	3	—	22	100	100
Nd	6.10 ⁻⁴	—	—	—	—	—	—	—
Ni	1.10 ⁻²	—	—	—	—	—	—	—
Os	2.10	12	25	5	2	18	4	100
P	4.10 ⁻⁵	—	—	—	—	—	—	—
Pb	1.10 ⁻¹	—	—	7	—	3	—	—
Pd	3.10	100	100	100	94	80	100	86
Pt	5.10 ⁻⁴	—	—	—	—	—	—	—
Pr	4.10 ⁻³	—	—	—	—	—	—	—
Rb	5.10 ⁻³	0,6	—	—	—	—	—	—
Rh	4.10 ⁻⁴	—	—	—	—	1,5	—	—
Ru	1.10 ⁻⁴	—	—	—	—	—	—	—
Sb	4.10 ⁻⁵	—	—	—	—	—	—	—
Sr	3.10 ⁻³	84	98	40	46	58	4	—
Sc	6.10 ⁻¹	—	—	—	—	—	8	—
Si	3.10 ⁻⁴	25	36	27	15	52	100	100
Sm	5.10 ⁻²	—	—	—	—	—	—	—
Sn	6	44	20	15	57	10	28	—
Sr	2.10 ⁻¹	9	8	15	1	—	—	—
Ta	2.10 ⁻³	—	—	—	—	—	—	—
Tb	7.10 ⁻³	—	—	—	—	—	—	—
Te	1.10 ⁻⁶	—	—	—	—	—	—	—
Th	1.10 ⁻¹	—	—	—	—	—	—	—
Ti	9.10 ⁻²	10	28	23	4	70	72	100
Tl	1.10 ⁻²	8	3	—	3	—	—	—
Tu	7.10 ⁻²	—	—	—	—	—	—	—
U	4.10 ⁻²	—	—	—	—	—	—	—
V	1.10 ⁻²	3	—	16	2	34	44	82
W	5.10 ⁻²	0,6	—	—	—	4	—	—
Y	7.10 ⁻²	—	—	—	—	—	—	—
Yb	4	—	—	—	—	—	—	—
Zn	2.10 ⁻¹	40	8	6	100	33	—	—
Zr	2	0,3	—	—	—	8	—	—

CONCLUSIONES

1.^a Se encuentran claramente contenidos en todas las muestras analizadas, y en mayor o menor proporción, el Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Si y Ti.

2.^a Están en todas las muestras, pero en proporciones que lindan con el límite de sensibilidad de la técnica empleada, el Ba, Be, Co y Sr.

3.^a Se encuentran con frecuencias superiores al 80 por 100 en las muestras el Li, Pb y V.

4.^a Por diversas circunstancias que se indican en el trabajo, no es posible llegar a afirmaciones concretas respecto a la existencia en las analizadas del B, P, W y Zn.

5.^a Los elementos integrales de las muestras estudiadas son, salvo el Ba, Pb y Sr, los de menor número atómico del sistema periódico.

RESUMEN

En este trabajo se da una idea sucinta de las investigaciones de los últimos años referentes al estudio de la composición elemental de los suelos, incluidos datos sobre oligoelementos.

Se investiga cualitativa y semicuantitativamente, por métodos espectroquímicos, el contenido de 65 elementos en 77 muestras de arcillas españolas, correspondientes a suelos de diferentes zonas de Alicante, Andalucía, Cáceres, Galicia, Guadalajara, Huesca y Madrid.

Se consideran los resultados en relación con el sistema periódico de los elementos, se establecen algunas conclusiones y se incluye un cuadro comparativo con los obtenidos anteriormente por varias especies minerales.

BIBLIOGRAFIA

- ALBAREDA (J. M.)—«El Suelo».—Edit. Saeta. Madrid, 1940.
- ALBAREDA (J. M.), SANTOS RUIZ (A.) y ALBIÑANA (T.)—Anal. Fís. y Quím., diciembre 1943 y enero 1944.
- ALICANTE (M. M.)—Research. Bur. Philippine Sugar Assoc. 1932-33.
- BALLARD (S. S.)—J. Apple Physics, *II*, 750, 1940.
- BERTRAND (G.), SILBERTSTEIN (L.)—Compt. rend. Acad. Agr. France, *25*, 593, 1939, G. C. A. *33*, 5.107^a.
- BOBKO (J. W.) y AGINJAN (A. A.)—Pedologi, 1939, número 4, 30.
- BYERS (H. G.)—U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. *530*, 78 pp., 1936. *482*, 47 pp., 1935.
- BYERS (H. G.), MILLER (JOHN T.), WILLIAMS (K. T.), LAKIN (H. V.)—U. S. Dept. Agr. Tech. Bull. *601*, 74 pp., 1938.
- BYERS (H. G.), WILLIAMS (K. T.), LAKIN (H. W.)—Ind. Enq. Chem., *28*, 821, 1936.
- BYERS (H. G.) y ALEXANDER (L. T.)—Verh. Konmins int. bodenkundl. Ges., 1938.
- CLEMENTE (A.) y BELEN (T.)—Univ. Philippines Natur. Appl. Sci. Bull. *7*, 337, 1940.
- CROWTHER (E. M.)—Verh. Konmiss int. bodenkundl. Ges., 1938.

- DÍAZ MUÑOZ (J.)—«IX Cong. Inter. quím. pura aplicada».—
Madrid, 7, 77, 1934.
- DIGWALL (ANDREW) y BEANS (H. T.)—J. Am. Chem. Soc.
56, 1.666, 1934.
- FOX (G. W.) y GOODWIN (R. A.)—Jowa State Coll. J. Sci.
15, 119, 1941.
- FRAPS (G. S.) y FUDGE (J. F.)—J. Assoc. off. Agric. Chem.
23, 164, 1941.
- GAUDENZI NERIO.—Ana. staz. sper. agrar. Modena (N. S.),
3, 303, 1934, *ibid* 326.
- GOODWIN RALPH (A.)—Jowa State Coll, J. Sci., 14, 35, 1939.
- GREAVES (J. E.)—Soil Sci. 38, 355, 1934.
- HAUCE (FRANCIS E.)—Hawaiian Planter's Record, 42, 197,
1938.
- HEINICK (A. J.) y BOYNTON (D.)—P. Amer. Soc. Hort. Sc. 38,
27, 1941.
- HENDERSON (W. S.) y JONEX.—U. S. Soil Sci. 57, 283, 1941.
- HENDRICKSON (A. H.) y VEIHMAYER (F. J.)—P. Ameri. Soc.
Hort. Sc. 30, p. 421, 1936.
- HERRMANN (R.) y KRETZDORN (H.).—Bodenkunde u. Pflan-
zenernehr, 13, 169, 1939.
- HIBBAR (P. L.)—Soil Sci. 49, 63, 1940.
- HOYOS (ANGEL).—Anales Inst. Edefol. Ecolog. y Fisiolog.
vegetal, tomo I, noviembre, 1942.
- HOYOS (ANGEL).—Anales Inst. Edefol. y Fisiolog. vegetal,
tomo II, 1943.
- IGRATIEF (V.)—Soil Sci, 57, 249, 1941.
- Imp. Coll. Trop. Agr. Trinidad and Dep. Agr. Brit. Hondu-
ras (separata), 56 pp. (Dec. 1935).
- IWANOW.—Pedology, número 11, 94, 1939.
- JACKS (G. V.) y SCHERBATOFF (H.)—Imp. Bur. Soil Sci. Tech.
(commun. número 39, 1-89, 1940.
- JARILOW (J. A.)—Abad. Sci. U. R. S. S., 20, 115, 1939.

- JEFFRIES (O. D.) y WHITE (J. W.)—Proc. Soil Sc. Soc.
Amer., 4, 364, 1939.
- JENNY y OVERSTREET (R.)—Soil Sci., 47, 257, 1939.
- JOFFRE (J. S.)—Am Soil Survey Assoc. Rept. 15 th Ann
Meetin, Bull. 1, 76, 60, 1935.
- KEEN (B. A.)—Proc. Ist. Internat. Congress Soil Sc. Commiss.
1, 504, 1927.
- KOROL (S. S.)—Pedology, número 3, 126, 1940.
- KRAMER (P. G.) y COILE (T. S.)—Plant. Phisiol. 15, 743, 1940.
- LAKIN (H. W.), WILLIAMS (K. T.) y BYERS (H. G.)—Ind.
Engl. Chem., 30, 599, 1938.
- LEE VAN DERLINDEN.—Am. Fertilizer, 79, 1937.
- LEE VAN DERLINDEN.—Am. Fertilizer, 86, 1937.
- LÓPEZ DE AZCONA (J. M.)—Ion. —2, 446, 1942.
- LÓPEZ DE AZCONA (J. M.)—Minería y Metalurgia, número
22, 1943.
- LÓPEZ DE AZCONA (J. M.)—Alfa, número 3, 1944.
- LÓPEZ DE AZCONA (J. M.)—«Análisis espectroquímico cuan-
titativo por emisión», 1944.
- LUNDEGARDH (H.) y LANDTBRUKS (RGL.)—Akad. Hondlt. Tiel.
75, 241, 1236.
- MARCILLA (JUAN).—«Instrucciones para el análisis de tierras
formuladas por la estación de Química Agrícola».—
Ministerio de Agricultura, Madrid.
- Mc. DONALD (J. A.) y RODRÍGUEZ (G.)—Imperial Coll. Trop.
Agr. (Trinidad), 5 th. Ann. Rept. Cacao Reseach.,
43, 7, 1935.
- MITCHELL (R. L.)—J. Soc. Ind. 55, 267, 1936.
- MITCHELL (R. L.)—J. Soc. Chem. Ind., 59, 210, 219 y
232, 1940.
- MULLER (H.)—Bodenbundl. Forsch., 7, 115, 1940-41.
- NAFTEL (J. A.)—Ind. Eng. Chem. Analyst. Edit, 11, 403,
1939.

- NAGATA (T.)—J. Soc. Trop. Agr. Taihoku Imp. Univ., *II*, 252, 1939.
- NEWMANN (J. L.)—Canning Age, *20*, 437, 1939.
- PANTOLI (B.), CURINI GALLETTI (A.) y MACCINI (L.)—Ann. sper. agrar. Roma, *30*, 7, 1938. — Modena, *6*, 1, 1939.
- PELISEK (J.)—Sborník ceske Akad. Zemedelske, *16*, 50, 1941.
- PORFIR'EV (N. A.) y TROITSKAYA (K. V.)—Uchenye Zapiski Kazan Gosudarst. Univ., *97*, núm. 1, 51, 1937; Chem. Zentr., 1938, I, 972.
- PUGSLEY (C. W.), HILLARD COX (T.)—S. Dakota State Planning Board, 1937, 30 pp.
- ROBINSON (W. O.), EDGINGTON GLEN y BYERS HORACE (G.)—U. S. Dept. Agr. Tech. Bull, *471*, 28, 1935.
- ROBINSON (S. W.)—Soils Ibeir origin Constitution and clasification, 2.^a ed. Murley and Co., Londres, 1936.
- ROGERS (L. H.), GALL (O. E.), GADDUN (L. W.) y BARNETTE (R. M.)—Fla. Agr. Expt. Sta. Tesh. Bull., *341*, 31, 1939.
- RUSOFF (L. L.), ROGERS (L. H.) y GADDRIM (L. W.)—J. Agr. Reseach, *55*, 731-8, 1937.
- RUSELL (E. J.)—Soil Condition and Plant Growth 7h. edt. Longmans and Green, 1937.
- SANTOS RUIZ (A.)—«Bioquímica de los elementos».—Rev. Univ. de Madrid, tomo de Farmacia, 1943.
- SANTOS RUIZ, LÓPEZ AZCONA y COMEMGE GERPE.—Anal. Real Acad. Farm., enero 1944.
- SCHARRER (K.) y KÜHN (H.)—Bodenkunde u. Pflanzenernähr, *21-22*, 344, 1940.
- SCHARRER (K.)—«Biochemic der Spurenelemente».—Berlín, 1941.
- SMITH (J.) y MULDER (E. G.)—Recueil. Trav. Chim. Pay Bas., *59*, 623, 1940.

- SJOKOLORD (A. W.)—Chem Soc. Agr., *8*, 79, 1939.
- TINSLEY (J.) y PIZER (V. H.)—J. Soc. Chem., *59*, 206 y 265, 1940.
- TSUGA (T.)—J. Sci. Soil Manure (Japón) (4) 7, A, 1933.
- TUINER (P. E.)—Proc. Sugar-Cane Investigation Committee (Trinidad) *4*, 206, 1933.
- VEIHMEYER (F. J.) y HENDRIKSON (A. H.)—Plant. Phyciol, *1*, 2, 71, 1927.
- VILAS LÓPEZ (LORENZO)—Anales Inst. Edafol. Ecolog. y Fisiolog. vegetal, tomo 1.^o, noviembre, 1942.
- WALLACE (T.)—«The diagnosis of mineral deficiencies in plants».—London, 1943.

**ESTUDIO DE LOS ALUMBRAMIENTOS
DE AGUAS**

POR

PEDRO DE NOVO Y FERNANDO DE BENITO
INGENIEROS DE MINAS

ESTUDIO DE LOS ALUMBRAMIENTOS DE AGUAS

Los alumbramientos de aguas, por socavones o galerías de mina, son verdaderos manantiales artificiales, a los cuales son de aplicación los métodos de observación de la fluctuación de los caudales, que hemos empleado en los manantiales, para la determinación de las características de los depósitos de la red de circulación del agua, de las cuencas hidrogeológicas que los alimentan.

Los restantes alumbramientos, por pozos o sondeos, los clasificaremos en tres grupos, análogos a los típicos en que hemos clasificado los manantiales, es decir, de acuerdo con la clase de función que liga el caudal q con la altura H de carga o piezométrica del agua, en el depósito subterráneo alimentador.

$$1.^{\circ} \quad q = C \sqrt{H - h}$$

$$2.^{\circ} \quad q = C' H$$

$$3.^{\circ} \quad q = C'' (H^2 - h^2)$$

en cuyas fórmulas, H es el nivel hidrostático subterráneo del horizonte acuífero alumbrado, estando parado el desagüe, o su altura de carga piezométrica, en los casos de aguas surgentes; h es la altura del agua residual en la caldera del pozo a pleno desagüe, y C es una constante específica del terreno y del alumbramiento.

PRIMER GRUPO DE ALUMBRAMIENTOS

Características

El primer grupo de alumbramientos, en los que la función del caudal es $q = C \sqrt{H - h}$, son aquéllos en que el caudal es proporcional a la raíz cuadrada de la altura de carga que pone el agua subterránea en movimiento.

En el lento aflujo del agua de los horizontes acuíferos subterráneos hacia los alumbramientos, aquélla va aumentando en velocidad, en su avance entre las rocas, conforme se acerca al punto de su surgencia del terreno en la labor minera del alumbramiento, porque las superficies de las secciones del terreno por donde circula, van geométricamente reduciéndose, y la máxima velocidad la adquiere en el mismo punto de surgencia, porque la superficie de la sección es entonces la mínima.

La característica de este grupo de alumbramientos es, que las velocidades de surgencia del agua son muy elevadas e iguales a las que adquiriría en su caída desde la altura de carga, es decir, iguales a las que se producen en un depósito ordinario de aguas, desaguando por su fondo; como ello significa que la altura de carga se invierte íntegramente en proporcionar al agua su velocidad de surgencia, no debe perder en rozamientos altura de carga apreciable al circular a través del terreno, por lo que las

condiciones que han de reunir los alumbramientos que nos ocupan son: que las secciones de las grietas o huecos de las rocas, por donde circula el agua, deben ser suficientemente amplias, como, por ejemplo, sucede en los pozos que alumbran un nivel acuífero en una roca surcada por abundantes paraclavas, cuyas aguas llegan al fondo del pozo por una de las grietas del terreno, limpia de obstrucciones.

La constante C tiene en estos alumbramientos el valor $C = s\sqrt{2g}$, en cuya fórmula s es la sección transversal de las grietas del terreno por donde el agua surge en el pozo; por lo que el orificio en pared delgada, equivalente al peso del agua del depósito acuífero subterráneo al pozo, será:

$$s = \frac{C}{\sqrt{2g}}$$

Temperamento del alumbramiento

Después de haberse medido la altura H sobre el fondo del pozo, del nivel hidrostático subterráneo del horizonte acuífero alumbrado, estando el desagüe parado, se determinará el coeficiente C , que denominaremos temperamento del pozo, porque de su valor depende que para la misma altura de carga, el aflujo del agua sea más o menos importante y que el pozo dé más o menos caudal.

Para ello se desaguará el pozo con la intensidad que sus bombas permitan, hasta que deje de descender el nivel del agua en su caña y alcance una altura estacionaria h_e sobre su fondo, indicador de que las aguas que impregnan los terrenos adyacentes al pozo, y que proporcionan los primeros caudales al desagüe, han sido desecados y que,

por tanto, el caudal desaguado ahora procede íntegramente del depósito acuífero alimentador del pozo.

Aforado cuidadosamente el caudal q desaguado, se determinará el temperamento del pozo C , por la relación:

$$C = \frac{q}{\sqrt{H-h_e}}$$

Caudal máximo

El conocimiento del temperamento C nos permitirá deducir el caudal máximo que es capaz de rendir el pozo, agotándolo hasta su fondo:

$$q_m = C\sqrt{H}$$

Pero no debe considerarse el caudal que resulte como propio del pozo, porque éste variará de un año a otro según la altura H del nivel hidrostático subterráneo, que en años lluviosos podrá ser alto, pero que en años de sequía, que coinciden con los de máxima extracción de aguas y de agotamiento de los niveles acuíferos, éstos descienden y con ellos el caudal del pozo.

Régimen permanente de desagüe

Persistiendo en el desagüe, sosteniendo el caudal q desaguado constante, el nivel h_e estacionario antedicho del agua residual en el pozo, empezará de nuevo a descender, al cabo de cierto tiempo (más o menos largo, que anotaremos), una altura generalmente pequeña Δh , y se irán registrando los descensos sucesivos, en función del tiempo,

que serán exactamente iguales a los que se habrán producido en el nivel H del agua en el depósito subterráneo alimentador, por la constancia supuesta en el caudal desaguado, lo que nos proporcionará datos acerca de la importancia del volumen del depósito.

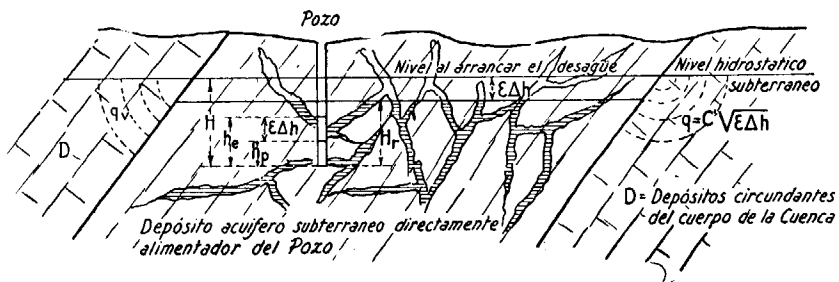


Fig. 1

Al cabo del tiempo, los descensos del agua cesarán; lo que será señal de que, con el descenso $\epsilon\Delta h$ que se habrá producido en el nivel H del agua, en el depósito subterráneo alimentador, igual al descenso $\epsilon\Delta h$ total, medido en el agua residual del pozo bajo el nivel h_e estacionario, del que partimos, se ha alcanzado un régimen permanente del desagüe, porque se ha llegado a crear un desnivel de carga suficiente entre la altura H del agua de los terrenos y depósitos del cuerpo de la cuenca, circundantes al depósito directamente alimentador del pozo y la altura $H - \epsilon\Delta h$ del agua en dicho depósito, para que de ellos le afluyan bajo la carga $\epsilon\Delta h$ las aguas necesarias para sostener el caudal desaguado.

Al estacionamiento en la altura permanente $h_p = h_e - \epsilon\Delta h$ del nivel del agua en el pozo, en este período de alimentación indirecta del alumbramiento por los terrenos del cuerpo de la cuenca, circundantes al depósito del pozo, corresponderá una altura del agua en el depósito alimentador

del pozo de $H_r = H - \epsilon\Delta h$ y la constancia del caudal desaguado nos permitirá establecer las siguientes relaciones:

Caudal desaguado del pozo:

$$q = C\sqrt{H_r - h_p} : q = C\sqrt{H - h_e}$$

Caudal que, al depósito directamente alimentador del pozo, afluye de los depósitos de la cuenca acuífera subterránea, que lo circundan:

$$q = C'\sqrt{H - H_r} = C'\sqrt{H - (H - \epsilon\Delta h)} = C'\sqrt{\epsilon\Delta h}$$

Hemos supuesto que los depósitos circundantes de la cuenca hidráulica subterránea, que alimentan al depósito del pozo, pertenecen también al primer grupo de alumbramientos, y tienen, por lo tanto, la misma forma para la fórmula de su caudal

$$q = C'\sqrt{H - H_r}$$

lo que nos permitirá determinar el conjunto temperamental

$$C' = C\sqrt{\frac{H - h}{\epsilon\Delta h}}$$

de dichos depósitos circundantes.

La observación del ascenso del agua en el pozo, al paralizar su desagüe, nos confirmará todo lo observado durante su descenso en pleno desagüe, pues rápidamente ascenderán las aguas en el pozo hasta alcanzar el nivel H_r del agua en el depósito alimentador, tardando, en cambio, un período más largo en que el agua consiga alcanzar su nivel hidrostático H primitivo, proporcional a la importancia de la sección del depósito subterráneo alimentador del pozo.

SEGUNDO GRUPO DE ALUMBRAMIENTOS

Características

El segundo grupo de alumbramientos, en que el caudal q es proporcional a la altura de carga que pone al agua en movimiento, o sea que $q = C(H - h)$; corresponden todos los alumbramientos en que las aguas están aprisionadas a presión, entre estratos impermeables del terreno, como en el caso de los alumbramientos de aguas surgentes y ascendentes por sondeos y por pozos.

En los alumbramientos de aguas surgentes, H representa la altura de carga o piezométrica, sobre el terreno, del agua en el tubo del sondeo, convenientemente prolongado al efecto; o la presión manométrica, expresada en columna de agua, medida en la cabeza del sondeo cerrado y h es la altura sobre el mismo terreno, a la que se deja salir el agua del tubo del sondeo.

En el caso de aguas ascendentes, h representa la altura del agua residual en el pozo a pleno desagüe.

En ambos casos, después de haber medido la altura o carga H , se pondrá el alumbramiento en marcha, hasta que en el caso de aguas surgentes adquiera su régimen permanente y pueda medirse la velocidad v de ascensión del agua por el sondeo. En las aguas ascendentes se aguardará

a que cesen los descensos del agua residual en el pozo y adquieran un nivel estacionario h .

Temperamentos

Aforados los caudales cuidadosamente, en uno y otro caso, se deducirán los temperamentos de los alumbramientos por la fórmula

$$C = \frac{q}{H - h}$$

en la que C es igual a

$$C = \frac{2\pi m \lambda}{\log_e \frac{R}{r}} \cdot v_i$$

en cuya fórmula, m representa el grueso del manto acuífero alumbrado, λ el coeficiente de huecos del terreno, r el radio del pozo o sondeo, R el radio del horizonte acuífero alumbrado y v_i la velocidad de infiltración del agua en el terreno por caída a lo largo de las grietas e intersticios de las rocas; de todo ello no conocemos más que el valor global de C , pero consignamos la relación que liga a las antedichas constantes del terreno, para fijar las ideas.

Caudal

La fórmula del temperamento C se deduce de que el caudal q que pasa por la sección cilíndrica y , de radio x ,

(figura 2), concéntrica al pozo, es igual a la superficie útil de la sección $2\pi x m \lambda$ multiplicada por la velocidad v , a que es atravesada por el agua.

$$q = 2\pi x m \lambda \cdot v.$$

Dicha velocidad se deduce de que el gradiente piezométrico del agua dy , de la curva ab de presiones del agua dentro del manto acuífero, se invierte íntegramente en los rozamientos del agua a través del terreno a la velocidad v , en el trayecto dx ; es decir, que según la fórmula de Cou-

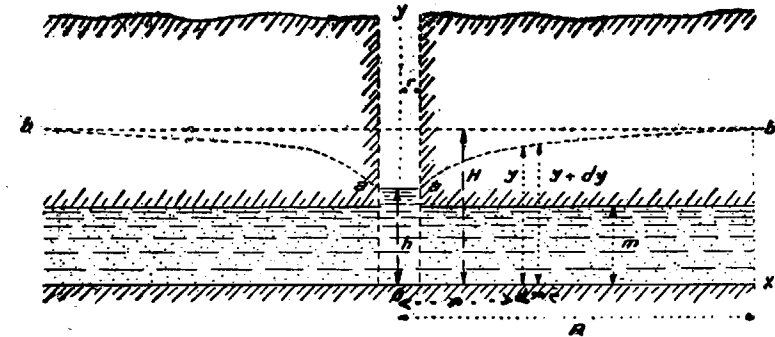


Fig. 2

lomb de la circulación del agua por tuberías, $h = (a v + b v^2) l$, reducida a su primer término $a \times v$, por anulación del segundo $b v^2$, debido a la extraordinaria pequeñez de v en el caso que estudiamos; tendremos, en la sección considerada, $dy = a v dx$, de donde

$$v = \frac{l}{a} \cdot \frac{dy}{dx}$$

y como

$$\frac{l}{a} = v_i$$

la velocidad será

$$v = v_i \frac{dy}{dx}$$

Luego

$$q = 2 \pi x m \lambda v_i \frac{dy}{dx}$$

Separando las variables tendremos

$$q \frac{dx}{x} = n \lambda v_i 2 m dy$$

e integrando a x desde r hasta R , y a y entre h y H , tendremos

$$\int_r^R q \frac{dx}{x} = \int_h^H \pi \lambda v_i 2 m dy$$

luego $q (\log_e R - \log_e r) = 2 \pi \lambda v_i m (H - h)$ y

$$q = 2 \pi \lambda v_i m \frac{H - h}{\log_e \frac{R}{r}}$$

en cuya fórmula los elementos constantes

$$\frac{2 \pi m \lambda}{\log_e \frac{R}{r}} v_i$$

pueden englobarse; representándolos por la letra C , reduciéndose la fórmula a la que hemos empleado $q = C(H - h)$.

La fórmula de caudal puede ponerse bajo la forma

$$p = 2 \pi r m \lambda \frac{v_i}{r \log_e \frac{R}{r}} (H - h)$$

en la que $2 \pi r m \lambda$ es la sección útil, que el agua encuentra en los paramentos del pozo o sondeo para su surgencia y

$$v_s = v_i \frac{H - h}{r \log_e \frac{R}{r}}$$

su velocidad de surgencia.

Lo que caracteriza a esta clase de alumbramientos es que la velocidad de surgencia v_s del agua de las rocas suele ser mayor que v_i , porque la fracción

$$\frac{H - h}{r \log_e \frac{R}{r}}$$

suele ser mayor que la unidad, porque

$$r \log_e \frac{R}{r}$$

generalmente tiene menos valor que $(H - h)$, no obstante las grandes dimensiones que suele tener R .

En cambio, en los casos de aguas surgentes, la velocidad de surgencia del terreno en el sondeo es generalmente menor que la velocidad v_a de ascensión de agua por el sondeo, porque por la pequeña sección del sondeo ha de circular el agua, que mana de toda la superficie del manto acuífero alumbrado, cortado por el sondeo. Se procurará, si fuera posible, medir el grosor m del manto acuífero alumbrado, con lo que se deducirá el caudal q_t que afluye al pozo por metro cuadrado de superficie de surgencia

$$q_t = \frac{q}{2 \pi r m}$$

Caudal máximo

Una vez determinado el temperamento C del alumbramiento, se deducirá cualquier caudal, por la fórmula $q = C(H - h)$, a todos los regímenes de desagüe o de surgencia del alumbramiento y el caudal máximo de que es capaz

$$q = C \left[H - \left(h + \frac{v^2 a}{2g} \right) \right]$$

en los casos de aguas surgentes, y $q = CH$ en el caso de aguas ascendentes, agotando toda el agua del pozo hasta su fondo.

TERCER TIPO DE ALUMBRAMIENTOS

Características

El tercer tipo de alumbramientos, en que el caudal es $q = C(H^2 - h^2)$, corresponde a los niveles acuíferos en los que el agua no está aprisionada, como en el caso anterior, entre estratos impermeables, sino que está libre y su superficie puede tomar las inflexiones que la circulación del agua requiera, a lo largo del horizonte acuífero, como sucede en los mantos de aguas alojados en los aluviones, que suelen tener espesores mucho menores que los de los aluviones que lo contienen.

Lo que caracteriza a estos horizontes acuíferos es que los conductos intersticiales del terreno donde están alojados, o sean sus huecos, son de dimensiones del mismo orden en todos sentidos, como sucede en los aluviones ya citados, suponiéndoles constituidos por elementos pétreos de tamaño aproximadamente uniforme.

En estos terrenos, el movimiento del agua se debe a la carga Δy (fig. 3, en la que sólo se representan dos filas verticales de piedras del aluvión), que produce la superficie libre del agua en el punto a respecto al punto b , situado aguas abajo; se invierte en vencer los rozamientos que los huecos del terreno, de longitud Δx , oponen a la circula-

ción del agua a la velocidad v del régimen permanente, que suponemos establecido.

Como por la fórmula de Coulomb, $\Delta y = a v \Delta x$, la veloci-

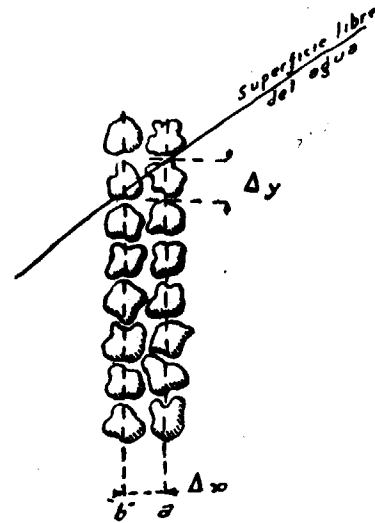


Fig. 3

dad de circulación del agua, en la sección considerada, será

$$v = \frac{l}{a} \cdot \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

y como

$$\frac{l}{a} = v_i$$

tendremos

$$v = v_i \cdot \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

En estos terrenos, la máxima altura Δy , a que puede represarse el agua detrás de uno de los elementos pétreos del terreno, es su diámetro medio, que es igual a Δy , igual también a Δx , de lo que se deduce que la máxima velocidad posible del agua en estos horizontes acuíferos de superficie libre es $v = v_i$, o sea la velocidad de infiltración vertical natural del agua en el terreno considerado. Para que el agua adquiriera mayor velocidad sería preciso que Δy fuera mayor que el diámetro de los elementos del terreno, lo que no puede ocurrir, porque el agua que rebasara en altura a dichos elementos se infiltraría entre ellos y los superiores, disminuyendo Δy , lo que modificaría la superficie del agua, restableciéndose automáticamente la inclinación de su superficie en los 45 grados que impone la igualdad $\Delta y = \Delta x$.

Conoide de drenaje

Por lo tanto, el aflujo del agua hacia el pozo es lento, y aun se hace más premioso por la lentitud con que se

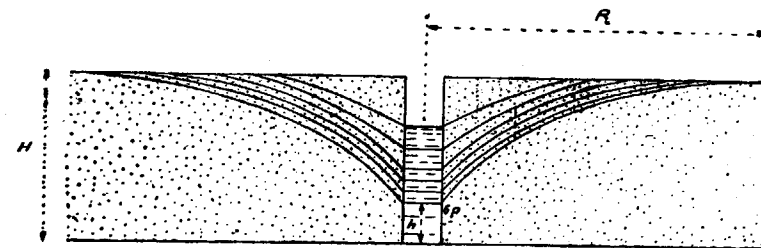


Fig. 4

desarrolla el dispositivo que el propio desagüe ha de crear en el terreno que rodea al pozo, para provocar el aflujo

hacia él del agua del horizonte acuífero; dispositivo que consiste en un conoide de drenaje, que deseca los terrenos circundantes al pozo (fig. 4), creando en el horizonte acuífero las depresiones necesarias para que el agua acuda hacia él.

Caudal

El caudal en este grupo de alumbramientos sigue la fórmula de Pronny y Lembke

$$q = \pi \lambda v_i \frac{H^2 - h^2}{\log_e \frac{R}{r}}$$

en la que h es la altura residual del agua en la caldera del pozo a pleno desagüe, r el radio del pozo y R el radio del conoide de desecación.

Dicha fórmula se deduce de los filtros cilíndricos a fil-

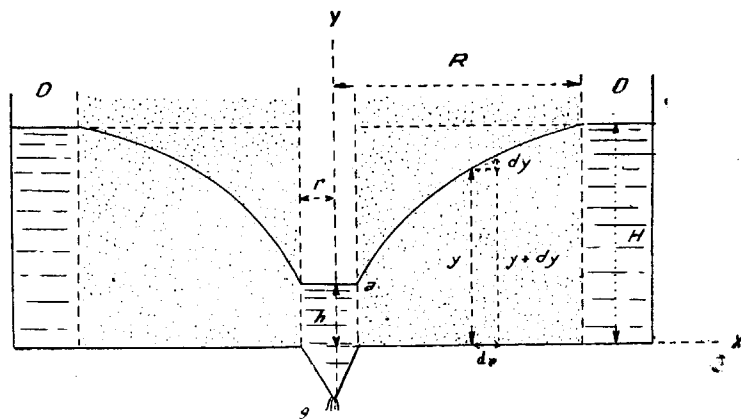


Fig. 3

tración radial, desde toda la periferia hacia el centro (fig. 5), de régimen similar al de los pozos que estudiamos, en los cuales, una vez establecido un régimen permanente de caudal q constante, de manera que el agua que afluye al pozo proceda, en su totalidad, del depósito alimentador periférico de agua D y no de las aguas desecadas del interior del conoide, que durante su formación alimentan también al cilindro central del filtro, se verifica en cada sección cilíndrica y , de radio x , que: $q = 2 \pi x y \lambda v$ porque el caudal que por ella pasa es igual a su sección útil $2 \pi x y \lambda$ por la velocidad v a que es atravesada por el agua que, hacia el pozo central, afluye.

Como la carga dy se invierte en vencer los rozamientos que el terreno opone al paso de los filetes líquidos a la velocidad v , a lo largo del trayecto dx , tendremos que

$$v = v_i \frac{dy}{dx}$$

y sustituyendo dicho valor de v , en la anterior fórmula del caudal, tendremos

$$q = 2 \pi x y \lambda v_i \frac{dy}{dx}$$

y separando las variables

$$q \frac{dx}{x} = \pi \lambda v_i 2 y dy,$$

e integrando a x desde r a R : y a y desde h hasta H , tendremos

$$\int_r^R q \frac{dx}{x} = \pi \lambda v_i \int_h^H 2 y dy$$

luego $q (\log_e R - \log_e r) = \pi \lambda v_i (H^2 - h^2)$, de donde

$$q = \pi \lambda v_i \frac{H^2 - h^2}{\log_e \frac{R}{r}}$$

Si integramos a x entre r y x , y a y entre h y y , tendremos $q (\log_e x - \log_e r) = \pi \lambda v_i (y^2 - h^2)$, de donde

$$y^2 = h^2 - \pi \lambda v_i \frac{H^2 - h^2}{\log_e \frac{R}{r}} \frac{1}{\pi \lambda v_i} \log_e \frac{x}{r}$$

por lo que la ecuación de la curva generatriz del conoide de drenaje de revolución será:

$$y^2 = h^2 - \frac{H^2 - h^2}{\log_e \frac{R}{r}} \log_e \frac{x}{r}$$

independiente, como vemos, de todas las constantes específicas del terreno, por lo que el conoide es una figura que no depende más que de las constantes geométricas del caso y no de la clase del terreno.

Desarrollo del conoide

Generalmente los pozos suelen ser desagüados a un régimen de caudal q sensiblemente constante, como conviene al riego agrícola, al que, por lo corriente, se destinan sus aguas.

En los primeros momentos del desagüe, el agua que afluye al pozo procede exclusivamente del terreno desecado, comprendido dentro del conoide, pero después su

procedencia se comparte entre la que el conoide le proporciona al irse extendiendo y la que recibe por su periferia, procedente del depósito alimentador del filtro o de los medios propios de nutrición del manto acuífero, de los terrenos del cuerpo de la cuenca hidráulica subterránea, circundante al en que está el pozo perforado.

Al extenderse el radio del conoide en busca de las fuentes de nutrición del manto acuífero, conforme las va alcanzando aumenta el agua, que el conoide recibe por su periferia, y para completar el caudal q constante desagüado, disminuye la necesidad de las aportaciones de agua desecadas del conoide y éste se extiende cada vez más despacio.

Como, tanto las aguas de desecación del conoide, como las que recibe por su periferia, pasan por su vértice para surgir en el pozo, se producen en dicha región los mismos fenómenos que en los filtros cilíndricos que hemos utilizado para deducir la fórmula del caudal, por lo que puede aplicarse dicha fórmula, incluso en este período de nutrición mixta del pozo.

Como el elemento de la fórmula $\pi \lambda v_i$ es constante, y el denominador

$$\log_e \frac{R}{r}$$

crece al extenderse el radio R del conoide, es preciso que el numerador $(H^2 - h^2)$ aumente convenientemente para que el pozo pueda seguir proporcionando el caudal constante supuesto, por lo que, mientras el radio R pueda extenderse, disminuirá también la altura h del agua residual en el pozo, es decir, que el conoide aumentará, tanto de base como de altura, descendiendo el nivel h del agua en el pozo, muy deprisa en los primeros momentos del des-

agüe, cuando el radio del conoide es aún pequeño, y después cada vez con más lentitud.

En cambio, la estabilización del nivel del agua en el pozo, en una altura permanente h , será señal de que el conoide se habrá estabilizado también de base y que el desagüe ha alcanzado un régimen permanente, en el que el agua que recibe el pozo procede exclusivamente de los medios propios de nutrición del manto acuífero, que afluyen por la periferia del conoide.

Régimen permanente del desagüe

Para decidir el momento en que un pozo ha alcanzado un régimen permanente, hay que persistir en la observación de la altura h del agua residual en el pozo, porque antes de alcanzar el régimen permanente, propiamente dicho, se presenta en los mantos acuíferos de permeabilidad media un período semipermanente, en que el conoide de desecación progresa imperceptiblemente y los descensos de h son difíciles de acusar, porque del volumen de terreno desecado del conoide gotean abundantes aguas, de escurrimiento lento, retenidas por adherencia y capilaridad en los intersticios de dicho terreno, nutriendo al pozo de un caudal que puede bastar, momentáneamente, para completar el que se desagua en el pozo; y el conoide, durante este período, aumentaría de radio, pero no de altura, aunque una vez escurridos por completo los terrenos del conoide, se reanude el descenso del nivel h del agua, para llegar a alcanzarse el verdadero nivel del régimen permanente del desagüe.

La fórmula del caudal puede ponerse bajo la forma

$$q = 2 \pi r h \lambda \times v_i \frac{H^2 - h^2}{2 r h \log_e \frac{R}{r}}$$

en la que el primer factor $2 \pi r h \lambda$ es la superficie útil para la surgencia del agua por los paramentos de la caña central del filtro o del pozo y el segundo la velocidad de surgencia, hasta ahora menor que v_i , porque la fracción

$$\frac{H^2 - h^2}{2 r h \log_e \frac{R}{r}}$$

es menor que la unidad.

Caudal máximo

Si aumentamos el desagüe, a cada nuevo caudal q_2 mayor que los anteriores corresponderá una altura h_2 del agua residual en el pozo cada vez menor, y una superficie $2 \pi r h_2 \lambda$ de surgencia del agua del terreno decreciente, por lo que la velocidad de surgencia irá aumentando, y a un caudal suficientemente alto q_m , máximo de los que el pozo puede dar, alcanzará la velocidad de surgencia el límite máximo posible v_i , en cuyo momento el agua residual en el pozo descenderá a un nivel h_c crítico, para el cual el caudal es evidentemente igual a la superficie de surgencia, multiplicada por la velocidad v_i , es decir, $q_m = 2 \pi r h_c \lambda v_i$, y la fracción

$$\frac{H^2 - h_c^2}{2 r h_c \log_e \frac{R_m}{r}}$$

habrá de ser igual a la unidad, por lo que

$$H^2 - h_c^2 = 2 r h_c \log_e \frac{R_m}{r}$$

fórmula que permite determinar la extensión hasta donde se ha extendido el radio de desecación del conoide, porque

$$\log_e \frac{R_m}{r} = \frac{H^2 - h_c^2}{2 r h_c} \quad \text{y} \quad \frac{R_m}{r} = e^{\left(\frac{H^2 - h_c^2}{2 r h_c} \right)}$$

$$\text{y} \quad R_m = r \cdot e^{\left(\frac{H^2 - h_c^2}{2 r h_c} \right)}$$

Durante todo el período de aumentos sucesivos del desagüe anterior, las alturas de la zona de surgencia del agua de los paramentos del pozo o del filtro, y las de las aguas residuales, en su fondo coinciden siempre, y las aguas surgen del terreno bajo la superficie del agua residual en el pozo, pero desde el momento en que llegamos a alcanzar el caudal máximo q_m , comienza un nuevo período de desagüe de distintas características, en el que, aunque forzando algo más el desagüe, el agua residual en el pozo la hagamos descender, no descenderá la altura crítica h_c de la zona de surgencia del agua por los paramentos, que formará un zócalo en el fondo de su caña, del cual caerán las aguas al fondo del pozo, resudadas o en hilillos de toda su altura, según la mayor o menor permeabilidad del terreno, ni conseguiremos que aumente más el caudal desaguado, que apreciablemente permanecerá constante en el valor q_m máximo de que el pozo es capaz.

La separación de ambas alturas, la crítica h_c del zócalo de surgencia del agua y la h_r del agua residual en el pozo, nos permitirá medir elemento tan importante como es la altura crítica.

Caudal forzado

Si forzamos el desagüe sobre el caudal máximo q_m , que el manto acuífero proporciona al pozo, la altura h_r del agua residual la podremos llegar a agotar, conservándose, sin embargo, fija la altura h_c crítica de la zona de surgencia del agua, lográndose entonces aumentar algo el caudal, porque de las regiones inferiores de la zona de surgencia el agua surgirá bajo la acción de una carga H y no bajo la $H - h_c$, de que dispone el agua en toda la altura de la zona de surgencia, cuando las alturas h_c y h_r coinciden, es decir, que en el fondo del pozo el agua surgirá a una velocidad forzada v_f mayor que v_i ,

$$v_f = v_i \frac{H}{H - h_c}$$

y el caudal forzado resultante del pozo será

$$q_f = 2 \pi r h_c \lambda \frac{H - 1/2 h_c}{H - h_c} v_i$$

Región del conoide donde se decide el régimen del desagüe

Una vez que se haya logrado alcanzar el caudal máximo de un pozo, la fórmula del caudal se reduce, como hemos visto, a la sencilla forma $q_m = 2 \pi r \lambda v_i h_c$, directamente proporcional a la altura crítica h_c de la zona de surgencia del agua por los paramentos del pozo, en la que h_c se deduce de la igualdad

$$H^2 - h_c^2 = 2 r h_c \log_e \frac{R}{r}$$

y tiene por valor

$$h_c = \sqrt{H^2 + r^2 \left(\log_e \frac{R}{r} \right)^2} - r \log_e \frac{R}{r}.$$

Si tomamos al radio r , de la caña central del filtro o pozo, como unidad, para medir el radio R del filtro, la fórmula se reduce a

$$h_c = \sqrt{H^2 + (\log_e R)^2} - \log_e R$$

y si suponemos que la altura H del agua del filtro, que equivale a la altura del nivel hidrostático sobre el fondo del pozo, es de 10 metros, las alturas de surgencia críticas h_c del agua en el pozo, para valores de R iguales a las potencias crecientes de 10, serían iguales a

$$\text{para } R = 10^1 r \quad h_c = \sqrt{10^2 + 2,30^2} - 2,30 = 7,96 \text{ m.} \quad q = 7,96 \ 2 \pi r \lambda v_i$$

$$\text{para } R = 10^2 r \quad h_c = \sqrt{10^2 + 4,60^2} - 4,60 = 6,40 \text{ m.} \quad q = 6,40 \ 2 \pi r \lambda v_i$$

$$\text{para } R = 10^3 r \quad h_c = \sqrt{10^2 + 6,91^2} - 6,91 = 5,24 \text{ m.} \quad q = 5,24 \ 2 \pi r \lambda v_i$$

$$\text{para } R = 10^4 r \quad h_c = \sqrt{10^2 + 9,21^2} - 9,21 = 4,38 \text{ m.} \quad q = 4,38 \ 2 \pi r \lambda v_i$$

$$\text{para } R = 10^5 r \quad h_c = \sqrt{10^2 + 11,51^2} - 11,51 = 3,74 \text{ m.} \quad q = 3,74 \ 2 \pi r \lambda v_i$$

$$\text{para } R = 10^6 r \quad h_c = \sqrt{10^2 + 13,81^2} - 13,81 = 3,24 \text{ m.} \quad q = 3,24 \ 2 \pi r \lambda v_i$$

El cuadro anterior pone de manifiesto la poca influen-

cia que en el caudal tienen los aumentos del radio R , porque al pasar del valor $R = 10 r$ a un radio 100.000 veces mayor $R = 10^6 r$, el caudal $q = 7,96 \ 2 \pi r \lambda v_i$ disminuye solamente un poco por debajo de la mitad a $q = 3,24 \ 2 \pi r \lambda v_i$, sucediendo lo mismo con las alturas h_c de las zonas de surgencia del agua en el pozo, que decrecen solamente de 7,96 a 3,24 metros.

De ello se deduce la poca influencia que en el régimen de estos desagües tienen las regiones alejadas del pozo, y que en sus regiones próximas, donde se forma el vértice del conoide de desecación, es donde se deciden las características del régimen, porque en ellas se invierten los gradientes de carga más considerables, para hacer circular al agua y hacerla surgir en el pozo a las velocidades, relativamente vivas, de dicha región.

Por lo anteriormente dicho, vemos que no tiene gran transcendencia que el conoide real que se forma en los horizontes acuíferos sea deformado, como lo es en realidad, por todas las irregularidades de constitución de los terrenos que circundan al pozo, cuya composición se aleja siempre mucho de la homogeneidad de los filtros, de los que hemos deducido las fórmulas que estudiamos.

Tampoco tiene influencia decisiva en el régimen las distintas maneras con que el manto acuífero puede ser nutrido de aguas por la cuenca hidrogeológica a que pertenece, que no será nunca tan uniformemente como se nutren los filtros, desde toda su periferia, sino solamente en la dirección de donde procedan las aguas de la cuenca que alimentan al horizonte acuífero estudiado, porque tales irregularidades tienen su asiento en las regiones periféricas alejadas del pozo, que, como hemos visto, influyen poco en el régimen.

Por lo tanto, por mucho que difieran entre sí el conoide

teórico del real, pueden aplicarse las fórmulas estudiadas, porque ambos coinciden en la región del vértice, próxima al pozo, donde se deciden las características del régimen que estudiamos.

Las separaciones entre ambos conoides comienzan a bastante distancia del pozo, en regiones en donde las velocidades del agua que afluye a él son tan pequeñas, que los gradientes de carga necesarios para provocar su circulación no tienen influencia transcendental sobre el régimen que se establece.

Por lo tanto, las consideraciones que siguen acerca del desagüe de los pozos, se refieren a los conoides teóricos de desecación o drenaje, y no a los reales, que aunque no difieren esencialmente en la región del vértice próximo al pozo, raramente coinciden en las restantes.

En las consideraciones anteriores hemos visto que para una altura H sobre el fondo del pozo, del nivel hidrostático subterráneo, supuesto igual a 10 metros, es necesario que el radio R del horizonte acuífero llegue a ser $10^6 r$, o sea de 1.000 kilómetros, suponiendo a $r = 1$ metro, para que el zócalo de surgencia del agua en el pozo h_c se reduzca a 3,24 metros, o sea a $1/3$ de H .

Pozos con alturas grandes del zócalo de surgencia

Las dimensiones de los horizontes geológicos, en donde se alojan los mantos acuíferos que estudiamos, no pasan del orden de unos centenares de metros, y el radio R medio, de extensión del conoide, no suele pasar del valor $R = 10^3 r$, por lo que generalmente encontraremos pocos

casos de pozos en los que la altura h_c de la zona de surgencia del agua, correspondiente a su caudal máximo, sea mayor de $1/2 H$.

Dichos casos nos indicarán que el pozo está perforado en un islote de terreno, enclavado entre otros, mucho más permeables, de la cuenca hidráulica subterránea de la localidad. Su caudal, del orden $q = 1/2 H 2 \pi r \lambda v_i$, será muy importante, si la permeabilidad λv_i del terreno del pozo es grande, pero será reducido, no obstante el elevado valor de la altura de la zona de surgencia del agua en el pozo, si el islote de terreno donde está perforado éste, está formado de terrenos compactos, de escasa permeabilidad.

En estos casos, para aumentar el caudal del pozo, está indicada la perforación de galerías en su fondo, que salgan fuera del islote, para buscar los terrenos permeables circundantes.

Pozo de alturas moderadas del zócalo de surgencia

Generalmente, la altura crítica h_c de la zona de surgencia del agua en los pozos, correspondiente a su caudal máximo, no suele ser mayor que una fracción de H del orden de un décimo, lo que, teniendo en cuenta la limitada extensión de los horizontes acuíferos, nos indica que el pozo está perforado en un depósito acuífero subterráneo, rodeado de terrenos de poca permeabilidad, y que los depósitos circundantes de la cuenca hidráulica subterránea le ceden sus aguas con limitaciones y solamente por sus aislados puntos de contacto.

En el antedicho caso, el nivel del agua en el depósito acuífero, directamente alimentador del pozo, disminuirá

durante el desagüe hasta un valor H_r , tal, que dé lugar a que los terrenos poco permeables y los depósitos circundantes de la cuenca cedan al depósito del pozo, bajo la carga $H - H_r$ creada, el caudal de régimen permanente q_m sostenido con el desagüe.

El valor de H_r podremos determinarlo, suspendiendo el desagüe temporalmente; porque en la subida de las aguas en el pozo, que inmediatamente se produce, después de la paralización del desagüe, se distingue muy bien, el rápido ascenso de las aguas correspondiente al llenado de la depresión del vértice del conoide, por las propias aguas del depósito acuífero inmediatamente alimentado del pozo (que rápidamente acuden a llenar dicha depresión, hasta alcanzar en ella el nivel H_r del agua en el depósito subterráneo), del lento ascenso posterior del agua, producido por las que siguen afluyendo, cada vez con más lentitud, de los depósitos y terrenos poco permeables circundantes de la cuenca.

De la fórmula del caudal $q_m = 2 \pi r h_c \lambda v_i$ de régimen permanente a caudal máximo, deduciremos el coeficiente medio λv_i de permeabilidad del terreno que circunda al pozo, que será

$$\lambda v_i = \frac{q_m}{2 \pi r h_c}$$

De la fórmula

$$H_r^2 - h_c^2 = 2 r h_c \log_e \frac{R}{r}$$

podremos deducir el radio R medio del depósito acuífero del pozo que será

$$R = r e^{\frac{H_r^2 - h_c^2}{2 r h_c}}$$

Una vez deducido el radio R , si al suspender el desagüe se ha tenido la precaución (después de haber subido las aguas en el pozo a la altura H_r) de observar el tiempo t , que en su posterior ascenso lento han tardado en ganar una altura ΔH_r , como dicha altura se ha ganado con las aguas procedentes de los depósitos circundantes, que siguen cediendo aún sus aguas, en estos primeros momentos, bajo la carga $H - H_r$ y, por consiguiente, a razón del caudal q_m , tendremos: $q_m t = \pi R^2 \Delta H_r \lambda$, y podremos deducir el coeficiente real de huecos del terreno del depósito

$$\lambda = \frac{q_m t}{\pi R^2 \Delta H_r}$$

y la velocidad máxima del agua v_i se deducirá dividiendo la permeabilidad λv_i por el coeficiente de huecos del terreno, λ :

$$\frac{\lambda v_i}{\lambda} = v_i = \frac{q_m \pi R^2 \Delta H_r}{h_c 2 \pi r q_m t} = \frac{R^2 \Delta H_r}{h_c 2 r t}$$

Como el caudal del pozo es

$$q_m = \frac{\pi \lambda v_i}{\log_e \frac{R}{r}} (H_r^2 - h_c^2)$$

su temperamento

$$C = \frac{\pi \lambda v_i}{\log_e \frac{R}{r}}$$

se podrá calcular por los valores que hayamos deducido para la permeabilidad λv_i y para el radio R del conoide, o dividiendo sencillamente el caudal q_m por $(H_r^2 - h_c^2)$:

$$C = \frac{q_m}{H_r^2 - h_c^2}$$

Temperamento de los depósitos subterráneos que circundan al del pozo

Según el tipo a que pertenezcan los depósitos subterráneos que circundan al manto acuífero donde está perforado el pozo, y que lo alimentan de aguas, se verificará:

$$\begin{aligned} q_m &= C (H_r^2 - h_c^2) = C' \sqrt{H - H_r} \text{ si pertenecen al tipo 1.}^\circ \\ q_m &= C (H_r^2 - h_c^2) = C'' (H - H_r) \quad \gg \quad \gg \quad 2.^\circ \\ q_m &= C (H_r^2 - h_c^2) = C''' (H^2 - H_r^2) \quad \gg \quad \gg \quad 3.^\circ \end{aligned}$$

Si disminuimos la intensidad del desagüe por debajo del caudal máximo q_m , se establecerá un nuevo régimen permanente de menor caudal q , en el que el agua residual en la caldera del pozo ascenderá a un valor h mayor que h_c , y el agua en el depósito del pozo tomará una altura H_{nr} mayor que H_r , que deduciremos de la constancia del temperamento del pozo $q = C (H_{nr}^2 - h^2)$, de donde

$$H_{nr} = \sqrt{h^2 + \frac{q}{C}}$$

lo que nos permitirá establecer las relaciones siguientes:

$$\begin{aligned} q &= C (H_{nr}^2 - h^2) = C' \sqrt{H - H_{nr}} \text{ en el primer caso.} \\ q &= C (H_{nr}^2 - h^2) = C'' (H - H_{nr}) \text{ en el segundo caso.} \\ q &= C (H_{nr}^2 - h^2) = C''' (H^2 - H_{nr}^2) \text{ en el tercer caso.} \end{aligned}$$

y nos aclarará a qué tipo pertenecen los depósitos que circundan y alimentan al manto acuífero alumbrado, viendo cuál de los temperamentos C' , C'' o C''' , del primer régimen de desagüe o caudal q_m , satisface a las fórmulas del segundo régimen de caudal q .

Pozos en niveles acuíferos subterráneos en movimiento

Cuando el pozo está perforado en una de las lentísimas corrientes de agua de las cuencas hidráulicas subterráneas, de velocidad v , el conoide de desecación o de drenaje se extenderá durante el desagüe, hasta alcanzar las laderas marginales de la corriente, interceptando todo su cauce y rebajando aguas abajo el grosor de la lámina de agua, a una altura H_r conveniente para que el conoide capte de la corriente el caudal desaguado, de manera que

$$q_m = 2 R (H - H_r) \lambda v.$$

Cuando la velocidad v sea muy pequeña, como generalmente sucede, pues no suele pasar de unas décimas de milímetro por segundo, se podrá determinar H_r suspendiendo el desagüe, como en el caso anterior, midiendo H_r antes de que alcance al pozo la ola descendente de altura H de aguas arriba de la corriente, y se deducirá el radio medio R de la anchura de la corriente, y su caudal λv por unidad de superficie libre de su sección n transversal:

$$v \lambda = \frac{q_m}{2 R (H - H_r)}$$

El temperamento del pozo será

$$C = \frac{q_m}{H_r^2 - h_c^2}$$

Si no se pudiera determinar H_r porque el ascenso del agua en el pozo, al suspender el desagüe, fuera continuo,

sin producirse el estacionamiento en la altura H_r , para identificarla con seguridad, se recurrirá a establecer un régimen de desagüe q menor que q_m , al que corresponderán una mayor altura residual h del agua en el pozo y una mayor altura también H_{nr} de la corriente de agua, a su paso a través del conoide de drenaje del pozo, y valiéndose de la constancia del caudal modular de la corriente subterránea $M = 2 R \lambda v$, por metro de grosor del manto acuífero en movimiento, tendremos

$$q_m = M (H - H_r)$$

$$q = M (H - H_{nr})$$

y obtendremos una de las relaciones que ligan a H_r y a H_{nr}

$$q_m (H - H_{nr}) = q (H - H_r)$$

Por otra parte, los antedichos caudales en función del temperamento del pozo son

$$q_m = C (H_r^2 - h_c^2)$$

$$q = C (H_{nr}^2 - h^2)$$

luego otra relación que liga a H_r y H_{nr} es

$$q_m (H_{nr}^2 - h^2) = q (H_r^2 - h_c^2)$$

y de ambas relaciones deduciremos los valores de H_r y H_{nr} y, por consiguiente, el temperamento C del pozo y el caudal M modular de la corriente subterránea.

Niveles acuíferos subterráneos estancados, con poca o sin alimentación de aguas, de los terrenos circundantes

Cuando el horizonte acuífero sea uno estancado y sin alimentación alguna, aunque el desagüe del caudal constante q , extraído por los elementos de desagüe, lo podremos sostener durante bastante tiempo, será a expensas del agua desecada del terreno por el conoide de desecación, pero no lograremos alcanzar un régimen estacionario permanente del desagüe, por lo que el nivel del agua residual en el pozo descenderá sin interrupción, hasta alcanzar la altura h_c crítica, de valor

$$h_c = \frac{q}{2 \pi r \lambda v_i}$$

que el caudal constante q desaguado necesita para su surgencia por los paramentos del pozo, a la velocidad v_i , máxima posible de surgencia.

Desde este momento, en que termina el primer período del desagüe, durante el cual hemos podido sostener un caudal desaguado constante, comienza un segundo período, en el que, no pudiendo el agua que afluye al pozo sostener el caudal desaguado, habremos de reducir la velocidad de las bombas para que no se desceben.

En este segundo período del desagüe, de caudal constantemente decreciente del pozo, el caudal va simplemente disminuyendo proporcionalmente al descenso de la altura h_c de la zona de surgencia, de acuerdo con la fórmula $q = 2 \pi r h_c \lambda v_i$.

Durante este período, si el manto acuífero tiene alguna

alimentación de los terrenos que la circundan, aunque sea pequeña, logrará estabilizarse el régimen del desagüe, cuando el caudal desaguado descienda hasta ponerse de acuerdo con la cuantía de la antedicha alimentación del manto; pero si el horizonte acuífero no tiene alimentación alguna de aguas, acabaremos por llegar al agotamiento del pozo, sin que el horizonte acuífero se haya agotado, puesto que siempre retendrá las aguas comprendidas bajo las alas altas periféricas del conoide de desecación que, una vez suspendido el desagüe, afluirán a rellenar la depresión del vértice del conoide, haciendo subir las aguas en el pozo a un nivel H_r .

De la sección ω del depósito subterráneo desaguado nos dará idea la evidente igualdad entre el volumen $\omega (H - H_r) \lambda$ del agua en que ha quedado el depósito mermado, y la suma Σq de caudales desaguados

$$\omega (H - H_r) \lambda = \Sigma q$$

luego

$$\omega = \frac{\Sigma q}{(H - H_r) \lambda}$$

Casos singulares

En los pozos situados en islotes de terreno permeable, rodeados de otros que lo son menos, se presenta la anomalía aparente de que se alcanza con el desagüe un nivel h del agua residual en el pozo particular, que no es el crítico a que antes hemos hecho referencia, porque la velocidad de surgencia del agua por los paramentos del pozo no llega a ser la máxima v_l correspondiente al terre-

no, pero que a partir de dicho nivel, aunque se haga descender el agua del pozo, su caudal ya no aumentará y permanecerá constante.

Esto es debido a que en el cinturón de terrenos que rodean al del pozo, y de los cuales se alimenta de aguas, se ha llegado al caudal máximo que son capaces de exudar a la velocidad máxima v_l correspondiente a dichos terrenos y que, por lo tanto, en dicho cinturón de terrenos se ha estacionado el régimen de aflujo del agua, en la altura crítica h_c que les corresponde, que no podemos medir porque está oculta a nuestra observación, y el pozo ha alcanzado su caudal máximo q_m a todas las alturas del agua residual en su caña. En este caso, el radio efectivo del alumbramiento no es el r del pozo, sino la distancia media a que está situado el cinturón de terrenos que lo circundan y lo nutren de aguas, y el terreno permeable, donde el pozo tiene su caldera, no obra más que como depósito colector de las aguas del alumbramiento.

Queda un ancho campo de estudio, aplicando a los numerosos casos teóricos que en los alumbramientos se pueden presentar los métodos de estudio que hemos expuesto para, recíprocamente, deducir las características de los alumbramientos reales, por la manera con que su desagüe se conduzca.

Pozos de fondo permeable

La fórmula del caudal

$$q = \pi \lambda v_l \frac{H^2 - h^2}{\log_e \frac{R}{r}}$$

puede ponerse bajo la forma

$$q = 2 \pi r \frac{H+h}{2} \lambda v_i \frac{H-h}{r \log_e \frac{R}{r}}$$

en la que vemos que el dispositivo del conoide ofrece la misma resistencia a la circulación del agua y da el mismo caudal que un conducto de sección rectangular de lados

$$2 \pi r \text{ y } \frac{H+h}{2},$$

lleno de la misma clase de terreno, de coeficiente de huecos γ y de longitud

$$l = \log_e \frac{R}{r},$$

sometido a una diferencia de carga del agua ($H-h$): puesto que la velocidad de circulación del agua, que se establecería en dicho conducto, nos la daría la relación $H-h = a v l$, de donde

$$v = \frac{1}{a} \frac{H-h}{l}$$

y como

$$\frac{1}{a} = v_i$$

tendremos que

$$v = v_i \frac{H-h}{\left(r \log_e \frac{R}{r} \right)}$$

y el caudal sería igual a la sección útil del conducto

$$2 \pi r \frac{H+h}{2} \lambda$$

por la velocidad

$$v = v_i \frac{H-h}{r \log_e \frac{R}{r}}$$

o sea

$$q = 2 \pi r \frac{H+h}{2} \lambda v_i \frac{H-h}{r \log_e \frac{R}{r}}$$

El término ($H^3 - h^3$) de la fórmula del caudal, está

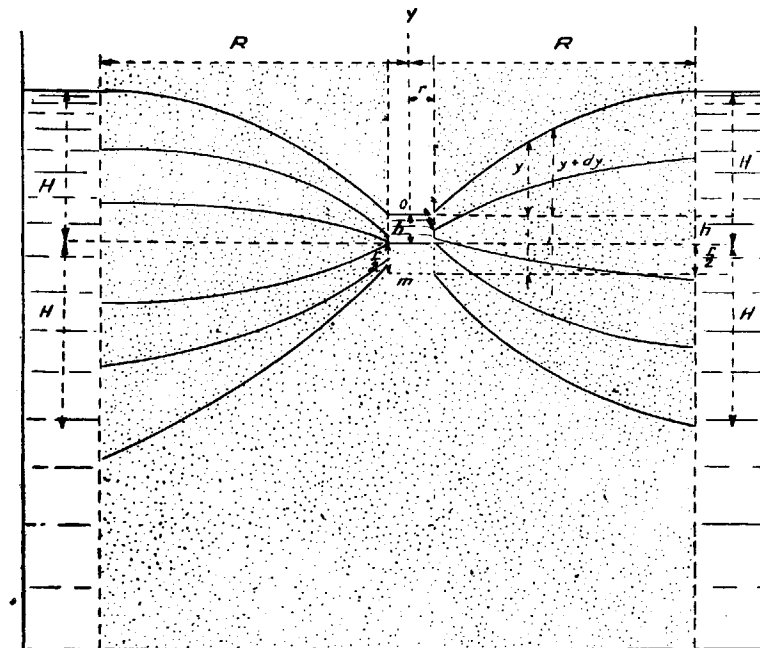


Fig. 6

integrada por el factor $(H + h)$ proporcional a la superficie de la sección media que el agua encuentra para su circulación hacia el pozo y del factor $(H - h)$ que es la altura de carga que la impulsa.

Por lo tanto, en los pozos en los que surge el agua por su fondo, además de por su paramento, por no haber llegado, al profundizarlos, a alcanzar el terreno impermeable sobre el que yace el horizonte acuífero alumbrado, podemos suponer que el pozo tiene

$$\frac{r}{2}$$

más de profundidad y que el fondo está cerrado por un opérculo m impermeable (fig. 6), con lo cual su superficie de surgencia del agua $2\pi r h + \pi r^2$ no se modificará, porque será

$$2\pi r \left(h + \frac{r}{2} \right) = 2\pi r h + \pi r^2.$$

El agua afluirá hacia el pozo, tanto de las regiones superficiales como de las profundas del manto acuífero, y admitiendo un aflujo como el representado en la figura 6, simétrico con relación al plano horizontal que pasa por el fondo del pozo, la superficie de la sección media que el agua encuentra para su circulación hacia el pozo será

$$2\pi r \frac{2H + h + \frac{r}{2}}{2}$$

y la fórmula del caudal será

$$q = 2\pi r \frac{2H + h + \frac{r}{2}}{2} \lambda v_i \frac{H - h}{r \log_e \frac{R}{r}}$$

El caudal máximo del pozo será en este caso

$$q_m = 2\pi r \left(h_c + \frac{r}{2} \right) \lambda v_i.$$

INDICE

	<u>Páginas.</u>
<i>Zona occidental de la cuenca del Rubagón (datos para su estudio estratigráfico), por A. de Alvarado y A. H. Sampelayo</i>	1
<i>Contribución al conocimiento de la geología cantábrica (un estudio de parte de las provincias de Burgos, Alava, Vizcaya y Santander), por J. M. Ríos, A. Almela y J. Garrido</i>	45
<i>Investigación de nuevos yacimientos de cobre en las provincias de Sevilla y Huelva, por José Meseguer Pardo, Ildefonso Prieto, Ismael Roso de Luna y Juan Pérez Regodón</i>	229
<i>Investigación de yacimientos de oro en La Nava de Ricomalillo (Toledo), por José Meseguer Pardo</i>	365
<i>Composición elemental de arcillas españolas, por Juan Manuel López de Azcona, Miguel Deán Guelbenzu y Angel Santos Ruiz</i>	437
<i>Estudio de los alumbramientos de aguas, por Pedro de Novo y Fernando de Benito</i>	475

