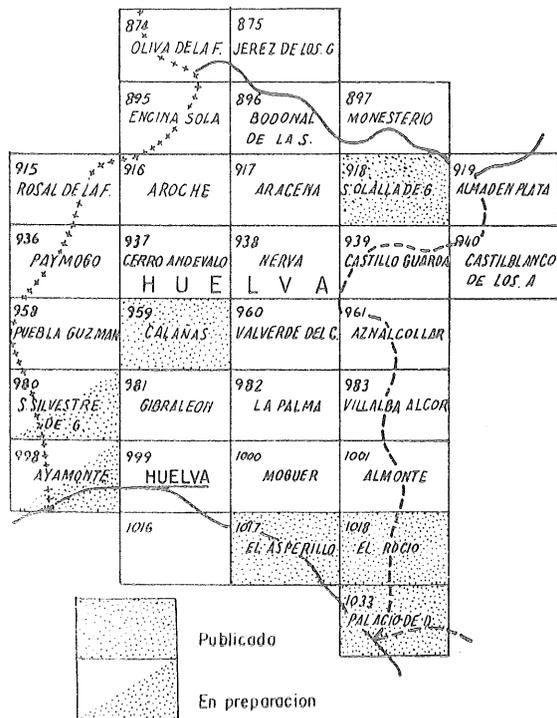


MAPA GEOLOGICO
DE ESPAÑA 1:50.000

CALAÑAS



936	937	938
958	959	960
980	981	982



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO
DE ESPAÑA

Ríos ROSAS, 23

MADRID - 3

Dep. Legal: M. 19776 -1968

Imp. del Servicio Geográfico del Ejército



ESTRATIGRAFIA

Las siguientes unidades han sido cartografiadas en el trabajo de campo:

Cuaternario.	{	Arenas discordantes con el Paleozoico en el extremo Suroriental de la zona.			
Paleozoico	{	Carbonífero inferior (Viseano con facies Culm).	{ Lamprófidos. Serie monótona de pizarras y grauvacas.		
		Formación volcánica.	{ Jaspes manganésíferos. Pizarras vinosas de origen volcánico. Lavas ácidas y sus correspondientes tobas (riolitas y rocas afines). Lavas básicas y sus correspondientes tobas (basaltos y espilitas).		
		Formación pre-volcánica.	{	Serie superior.	{ Bolsadas piritosas. Calizas lenticulares (Devoniano superior). Intercalaciones espiliticas. Pizarras y argilitas, con pizarras grafitosas, pizarras silíceas y pizarras cloríticas.
				Serie inferior.	{ Pizarras y argilitas. Cuarcitas lenticulares.

Describimos en lo que sigue los distintos horizontes que componen cada una de las tres formaciones en que consideramos dividida la serie estratigráfica que aflora en la región que hemos estudiado.

FORMACION PREVOLCANICA

Cabe separar en esta formación una serie inferior constituida por cuarcitas, pizarras arcillosas y argilitas, y una serie superior con sedimentos arcillosos análogos a los de la serie inferior, pizarras sericíticas, cloríticas, grafitosas, areniscas arcillosas finísimas, lavas espilíticas, pizarras silíceas, calizas y conglomerados. Esta serie superior, que a lo sumo tiene unos 300 ó 400 metros de potencia, constituye la roca de caja de las bolsadas de pirita de Sotiel, Tharsis y Lagunazo.

Serie inferior

Cuarcitas.

Las cuarcitas constituyen el horizonte más saliente de la formación prevolcánica. No forman un horizonte continuo, como puede observarse en el mapa geológico, sino una serie de lentejas que nadan en el medio tectónico más plástico de las pizarras y argilitas que las contienen. Hay lentejas que tienen metros de potencia, pero lo más frecuente, como puede observarse en las trincheras del ferrocarril Zafra-Huelva, es que tengan varios decímetros de anchura. Su distancia en el mapa a la formación lávica es muy variable y depende en gran parte del grado de erosión acaecido al final del Devoniano.

El metamorfismo sufrido por la formación prevolcánica es muy escaso (facies de las pizarras verdes) y conserva incólume su carácter detrítico y estructuras primarias, estratificación cruzada, graduada y *ripple marks*.

La máxima potencia corresponde a las cuarcitas de la Virgen de la Peña, en la zona de Puebla de Guzmán, que forman bancos de varias decenas de metros. Tienen estas cuarcitas las mismas características que las de la zona oriental.

La distinta consistencia de cuarcitas y pizarras determina que su superficie de contacto no sea normal, sino tectónica, y a lo largo de la misma las pizarras han sido arrastradas sobre las cuarcitas. El buzamiento de esos planos de contacto tectónico es más pronunciado (unos 60° ó 70° al Norte) que el de los planos de contacto normal. Esas superficies tectónicas tienen una inclinación análoga a la de las fallas inversas de la región.

Son las cuarcitas formaciones de aguas muy someras, porque las pistas, la estratificación cruzada (*crossed bedding*) y los *ripple marks* que en ellas se observan son estructuras propias de formaciones costeras.

Su edad no ha sido determinada. Las pistas que hemos hallado en horizontes silíceos del Cabezo de las Aguzaderas han sido, indudablemente, la causa de que antiguamente se atribuyesen al Siluriano, por la semejanza de esos rastros con las crucianas propias de las cuarcitas de esa edad y porque antiguamente casi todas las cuarcitas eran consideradas silurianas. Más modernamente se ha comprobado que el Devoniano de

las provincias de Córdoba y Ciudad Real, al Norte y Sur del batolito de los Pedroches, contiene tramos silíceos (cuarcitas), y nada de particular tendría que fueran también devonianas las cuarcitas del territorio objeto de este estudio.

Desde el punto de vista estratigráfico, tienen la gran importancia de ser rocas exclusivas de la formación prevolcánica, es decir, que siempre aparecen en horizontes inferiores al complejo volcánico.

Pizarras arcillosas.

Constituyen la masa de estratos en que están intercaladas las cuarcitas. Estas pizarras y el Carbonífero inferior son las dos formaciones más potentes de la zona.

Algunas veces son puras pizarras sericíticas, y más frecuentemente, pizarras arenosas con fajitas de unos milímetros de espesor formadas esencialmente por componentes detríticos. Estas fajitas, que suelen ser la expresión macroscópica de una estratificación graduada (*graded bedding*), son muy útiles en el campo. Por ellas puede reconocerse a la primitiva estratificación S_1 , que suele hallarse muy enmascarada por superficies tectónicas posteriores S_2 , S_3 , S_4 y S_5 .

La medida sistemática de S_1 efectuada a lo largo de itinerarios transversales ha demostrado que, aunque con un predominio neto de las capas que buzan al Norte, las pizarras forman pequeñas estructuras que se integran en estructuras complejas de mayores dimensiones.

El paso de cuarcitas a pizarras en los sedimentos de la formación prevolcánica es, probablemente, la expresión de movimientos epirogénicos que determinaron periodos de hundimiento de la cubeta, cuando tuvo lugar una sedimentación pelítica y de elevación de la misma, con la sedimentación psamítica propia de las aguas más someras.

Intercaladas con estas pizarras arcillosas hay bancos de argilitas de color verde oscuro, más ásperas que las pizarras, con una pizarrosidad S_2 más imperfecta, con disyunción en bancos más potentes.

Su edad, como la de las cuarcitas, no ha sido determinada, pues en ellas no hemos hallado fósil alguno que permita establecerla. Tan sólo en las pizarras arcillosas de la serie superior hemos encontrado pequeños lentejones calizos con una fauna que ha sido referida al Fameniense o piso superior del Devoniano.

Serie superior

Pizarras sericíticas, cloríticas y grafitosas.

En la serie arcillosa inferior a la formación volcánica existen horizontes de pizarras sericíticas, cloríticas y grafitosas en estrecha relación con la metalización de sulfuros, ya que constituyen su roca de caja.

Son pizarras sericíticas y cloríticas con cierta proporción de

materia carbonosa muy dividida que las hace untuosas al tacto y las comunica color negro. En la muestra de mano es frecuente observar cubos o fajitas de una piritita finísima distribuida en la matriz arcillosa y carbonosa. Estas fajitas marcan la primitiva estratificación, que a no ser por estrechas bandas formadas por componentes detríticos, cuarzo fundamentalmente, es difícil de reconocer.

El color oscuro de la muestra de mano se debe a la clorita y al grafito, que por sí sólo comunica coloración oscura a las pizarras sericiticas.

Estos horizontes son, a nuestro juicio, los más extensos y representativos de la serie superior.

Areniscas arcillosas.

Acabamos de decir que es muy frecuente observar en las pizarras que hemos descrito estrechas fajitas detríticas formadas por cuarzo principalmente, que se suceden en la matriz. Por aumento de elementos detríticos y disminución de la matriz pasan las pizarras a unas areniscas muy finas (diámetro, 0,1 milímetro), con intersticial arcilloso.

Más que constituir una unidad individualizada, como sucedía a las cuarcitas y areniscas de la serie inferior, cuyos afloramientos tan bien se destacan en el terreno, forman intercalaciones silíceas estrechas en la serie arcillosa. Su falta de continuidad y la finura del material detrítico, aparte de su distinta situación estratigráfica, permite separarlas de los horizontes silíceos de la serie inferior.

En ellas se observan, como en las pizarras, idióblastos o estrechas fajitas de una fina piritita de origen sedimentario.

Pizarras silíceas.

En la serie superior arcillosa hay estrechas intercalaciones formadas por unas rocas de color gris oscuro, llamadas impropiamente pizarras, constituidas por una finísima matriz silícea granuda. Esta sílice es autigénica y no detrítica, como el cuarzo de la última unidad descrita.

Es frecuente observar cómo la matriz general está cruzada por vetitas de un cuarzo que representa material de la matriz movilizado por movimientos posteriores y depositado en fracturas.

En ellas se observan estrechas fajitas concordantes con piritita, blenda, cuarzo y carbonatos.

Argilitas y pizarras claras.

Intercalados con las pizarras arcillosas superiores hay horizontes que presentan, al meteorizarse, aspecto muy diferente al de las pizarras arcillosas, pues son oquerosos y abigarrados.

Los colores de meteorización blanco y rojizo son frecuentes, frente al pardo que toman las pizarras arcillosas a la intemperie. Son finas, satinadas, uniformes, con potencias variables,

no superiores a unos metros. Están a menudo intercaladas con volcanitas básicas de que vamos a tratar a continuación.

El origen de las capas que estamos considerando es incierto. Por meteorizarse en forma muy distinta a como lo hacen las pizarras arcillosas, de origen sedimentario indiscutible, consideramos que su material puede ser de procedencia volcánica (polvo); pero lo cierto es que se presentan en una serie sedimentaria donde sólo hay estrechas coladas espiliticas, pues el volcanismo principal es posterior.

Espilitas.

En esta serie arcillosa superior hay estrechas intercalaciones lávicas de carácter básico (espilitas).

Por su reducida potencia, en contadas ocasiones han sido cartografiadas y llevadas al mapa.

Los afloramientos observados en el ferrocarril Huelva-Zafra no suelen tener más de uno o dos metros de potencia. Son rocas de color verde oscuro si están alteradas y pardo rojizo si han estado expuestas a la intemperie por largo tiempo. Tienen textura porfídica y algunos fenocristales de feldespatos o de minerales ferromagnesianos.

No muestran ninguna acción de contacto y hay, por tanto, que considerarlas como verdaderas rocas volcánicas. Contienen muchas vesículas, sin duda debidas a escape de gases en época en que su consolidación estaba avanzada.

Calizas.

Los últimos estratos arcillosos de la serie superior contienen algunos lentejones y nódulos calizos de potencia reducida. Estas intercalaciones han sido cortadas en una longitud de 10 metros en el sondeo 42,3 efectuado en Sotiel; tienen análoga potencia algo más al Sur, a Levante del vértice Antúnez, y son más estrechas las que cruzan el arroyo del Pozuelo. Afloramientos del mismo nivel se han hallado en el arroyo de la Vega, a Poniente del vértice de la Hoya de la Fila, y aunque no *in situ*, a Poniente de la «corta» de la mina de Lagunazo. Todos los afloramientos, con excepción de este último, pertenecen a la estructura de Calañas y han sido cartografiados.

Muchas veces las pizarras arcillosas que contienen esas intercalaciones tienen nódulos calcáreos que están envueltos por la matriz arcillosa.

Nódulos e intercalaciones contienen una fauna visible tanto en muestra de mano (crinoides) como en lámina delgada, que Hollinger en su trabajo doctoral «Contribución al conocimiento de la Geología del Suroeste de la provincia de Huelva (España)» refiere al Fameniense o piso superior del Devoniano. Este autor cita muchos afloramientos de estas calizas en la región de Puebla de Guzmán, y según el Dr. G. Bischoff, que estudió su fauna, contienen los siguientes tipos de conodontos:

Angulodus walrathi	Hibbard	1927
Hindsodella germana	Holmes	1928

Lonchodina curridens	Branson	1934
Nothognathella n. s. p.		
Ozarcodina regularis	Branson y Mehl	1934
Palmatolepis grazilis	Branson y Mehl	1934
Palmatolepis perlobata	Ulrich y Bassler	1926
Polyghathus communis	Branson y Mehl	1934
Polyghathus pennatuloides	Holmes	1928
Prioniodina smithi	Stauffer	1938
Roundya aurita	Sannemann	1955
Spathognathodus stabilis	Branson y Mehl	1934
Tripodellus robustus	Bischoff	1957

Y añade que esta fauna es la característica del Devoniano superior IV y que este horizonte pertenece al Fameniense superior. Es el único horizonte que hasta el momento ha sido datado en la formación prevolcánica. Son calizas de color gris, y como ya hemos indicado, sus afloramientos tienen forma lenticular y acúan y desaparecen tras un recorrido de pocos metros.

Aparte de los pequeños nódulos, margosos más que calizos, que contienen las pizarras carboníferas, son los únicos horizontes calcáreos del territorio estudiado, y su presencia supone un cambio en la sedimentación de los últimos estratos de la formación prevolcánica.

Forman parte de estratos de interés minero, y con frecuencia se observan en ellos fajitas de una piritita concordante muy fina.

Conglomerado con cantos de cuarcita y areniscas de horizontes inferiores.

En estos últimos estratos de la serie superior de la formación prevolcánica hemos encontrado en dos lugares de la zona de Valverde del Camino un conglomerado lenticular formado por los cantos de las cuarcitas y areniscas de la serie inferior embutidos en una matriz arcillosa. Acuña a los pocos metros de los afloramientos al ser seguido según el rumbo.

No hemos visto este conglomerado en la región de Calañas, pero Jorge Doetsch nos ha hablado del mismo, que él ha encontrado en las proximidades de Puebla de Guzmán, y Hollinger lo cita en su trabajo.

Ante la extensión regional de este conglomerado, aun teniendo en cuenta su carácter irregular, es lo más probable que se trate de un conglomerado de origen tectónico, en relación con los movimientos de las fases iniciales de la orogenia variscica (movimientos de edad bretónica).

FORMACION VOLCANICA

Sobre los últimos estratos de la serie superior de la formación prevolcánica, y en concordancia aparente sobre los mismos, existe una serie de rocas básicas y ácidas, intercaladas y

plegadas con las formaciones del muro y techo, como indica el mapa geológico.

Esta serie está formada exclusivamente por rocas efusivas, como lo demuestran:

- a) La falta de acciones metamórficas de contacto en la roca de caja.
- b) Las estructuras y texturas de flujo observadas.
- c) Las intercalaciones concordantes de sedimentos arcillosos en las rocas de esta formación.

El paso de rocas ácidas a básicas se hace unas veces gradualmente y otras bruscamente, y las superficies de contacto que las separan son a veces normales y en otros casos tectónicas.

En dicha serie existen rocas básicas: espilitas y basaltos, y ácidas: riolitas y rocas afines, en que cabe distinguir varios subtipos que no hemos tenido en cuenta al hacer la cartografía geológica.

No hemos podido establecer en la geología a escala 1 : 25.000 un orden general en la sucesión de coladas, ni creemos exista a escala más reducida.

Esta complicación puede ser debida a la existencia en su día de muchos centros volcánicos, a la poca extensión y carácter más bien local de las erupciones de cada uno de ellos, a la probable interdigitación de unos y otros y a la mayor o menor asimilación por las mismas de material sedimentario del substrato.

Por eso creemos que, al hacer una geología de detalle, la complicación aumentará y que existirán múltiples intercalaciones básicas en las riolitas, y a la inversa, lo que también se observa en el mapa geológico que hemos preparado.

Es regla general que los mismos hechos se repitan sucesivamente. Así, ha habido exhalaciones de Fe en época anterior a la erupción volcánica principal (minas de Tharsis, Lagunazo, Torerera, Sotiel, etc.), durante la misma (mina La Lapilla) y, probablemente también, al final de la misma (mina Dolo). Análoga recurrencia se observa en las exhalaciones de Mn, que pueden presentarse en época anterior (minas del Cascabelero, Julián, La Juana, Los Guijos, etc.), durante el episodio volcánico y al final del mismo (mina del Cabezo del Aguila), y en los horizontes de pizarras púrpura, tan estrechamente relacionados con el volcanismo, que afloran en un período preliminar, intercalados con estratos de rocas volcánicas o al final en contacto con estratos carboníferos. La mayor parte de las exhalaciones de Fe y Mn del territorio estudiado están intercaladas en horizontes de la serie superior de la formación prevolcánica, donde únicamente exhalaciones de Fe, Mn y Si y estrechas coladas espiliticas anuncian el volcanismo venidero.

Las intercalaciones sedimentarias en la serie volcánica hablan en favor de la emisión lávica submarina; pero la poca continuidad observada en estos horizontes, que se ensanchan y acúan rápidamente y tienen forma de lenteja, indican que el poco profundo sinclinal en que estos hechos tuvieron lugar

debió originar en un principio una serie de cubetas aisladas donde, indudablemente, dominaba un medio reductor en que tuvieron lugar deposiciones arcillosas de S_2Fe y CO_2Ca , que originaron las bolsadas de sulfuros con sus horizontes guías. Estas metalizaciones fueron cubiertas por las emisiones volcánicas posteriores; pero análogas condiciones han debido repetirse durante la emisión, puesto que en La Lapilla volvemos a hallar a los sulfuros en estrecha asociación con sedimentos arcillosos.

Con lo antes expuesto, queremos resaltar la estrecha relación que existe entre las metalizaciones de Fe y Mn y la paleogeografía. El plegamiento o estructura actual ha sido superpuesto y no ha modificado las metalizaciones singenéticas, a no ser movilizándolas y cambiándolas de lugar, es decir, originando metalizaciones epigenéticas de naturaleza hidrotermal.

Riolitas y rocas afines.

La mayoría de las rocas ácidas de la región pueden ser abarcadas bajo esta denominación. Son rocas porfídicas claras, con fenocristales de cuarzo, plagioclasa y algunas láminas de biotita. Por su color y textura porfídica se distinguen fácilmente de las rocas más básicas, basaltos y espilitas, aparte de que, por ser más resistentes, sus afloramientos, de forma puntiaguda, destacan en la superficie del terreno. Son de color claro cuando están inalteradas, y de color pardo si han estado expuestas a la intemperie.

En el trabajo de campo no hemos separado estas lavas de sus tobas correspondientes, que a veces constituyen la mayor parte del episodio volcánico. Las tobas se diferencian de las lavas por el carácter fragmentario del cuarzo y del feldespatos y porque contienen fragmentos pétreos lávicos o de la formación prevolcánica, pizarras fundamentalmente. Menos coherentes que las lavas, suelen tener una pizarrosidad mucho más neta que estas últimas. De todas formas, existen innumerables tránsitos entre lavas y tobas y a veces es difícil diferenciarlas, no sólo en el campo, sino en lámina delgada. Esta diferencia, que antes pudo considerarse esencial, desde el punto de vista minero no lo es, cuando hemos visto que no existe la estrecha relación que en un principio se supuso entre las masas de piritas y los horizontes piroclásticos.

Las intercalaciones de pizarras blancas, untuosas al tacto, que se meteorizan en tonos multicolores, pueden representar material volcánico fino depositado en la cubeta sedimentaria. Es difícil encontrar fragmentos en estas pizarras.

Rocas básicas (basaltos y espilitas).

Son, como las riolitas, rocas lávicas con intercalaciones concordantes de sedimentos arcillosos o lavas intercaladas en series sedimentarias, sin originar acciones de contacto en la roca de caja o en las lavas vecinas. Tienen color verde oscuro cuando están inalteradas y pardo rojizo si están meteorizadas. Presen-

tan también una típica disyunción en bolas, y son mucho más blandas que las rocas ácidas, hasta el punto de que estas coladas suelen aflorar en depresiones ocupadas por una tierra rojiza que por su riqueza en ferromagnesianos es la más apta para cultivos.

Las tobas de rocas básicas son menos frecuentes que las de rocas ácidas, y en el campo es difícil diferenciarlas de las lavas respectivas. Las denuncia en láminas delgadas el carácter fragmentario del feldespatos y la presencia de fragmentos pétreos o vítreos (*shards*).

Material piroclástico.

Casi todos los piroclásticos observados entran en la categoría de tobas y son poco frecuentes las brechas y aglomerados volcánicos. Son muy frecuentes las tobas ácidas o tobas riolíticas y mucho más escasas las tobas espiliticas. Las primeras constituyen una fracción importante de la unidad cartografiada como rocas lávicas ácidas, a veces casi su totalidad. Están intercaladas concordantemente con rocas lávicas o sedimentarias.

Las tobas, material mucho menos coherente que el de las coladas lávicas en que están intercaladas, suelen tener una pizarrosidad mucho más neta que la de estas rocas. Es frecuente que una serie lávica comience por horizontes piroclásticos pizarreños y que la disminución de la pizarrosidad, al avanzar en la misma, marque el paso a la lava masiva.

Las tobas básicas tienen coloración verde oscura y material fragmentario más fino que el de las tobas ácidas. Por meteorización toman tonos pardo rojizos. De *visu* se reconocen en la muestra de mano los fragmentos de feldespatos y piroxeno en una fina matriz verdosa clorítica. Suelen estar calcificadas y producen efervescencia con ClH diluido en frío.

Las tobas ácidas, o tobas riolíticas, riodacíticas y dacíticas son de color gris claro, como las lavas ácidas correspondientes, y están salpicadas de material fragmentario, cuarzo feldespático. Aquí y allá se observan también fragmentos pétreos que tienen mayores tamaños que los cristalinos. Muchas son tan masivas y compactas como las lavas ácidas, pero otras están apizarradas y muestran un plano S_2 mucho más neto que el de las coladas lávicas.

CARBONIFERO INFERIOR

Está formado por una potente y monótona serie de grauvascas y pizarras arcillosas, penetrada por algunos lamprófidos de edad probablemente postgranítica.

Donde hemos podido observar el contacto del Carbonífero con el Volcánico infrayacente, en el kilómetro 6 del ferrocarril minero de Tharsis, al Sur de la estación de El Empalme, no se observan discordancias apreciables, pero es indudable que las formaciones volcánica y prevolcánica fueron emergidas por movimientos de edad bretónica en época anterior a la de la deposición de este Carbonífero de edad viseana, como lo

prueba la procedencia del material detrítico de las grauvacas. Otros contactos Carbonífero formación volcánica, kilómetro 27 del ferrocarril minero de Tharsis, al Norte de la estación de El Empalme, y del kilómetro 139 del ferrocarril Huelva-Zafra, donde se podría estudiar la concordancia o discordancia entre esas formaciones, no son adecuados, al ser contactos tectónicos en forma de fallas inversas, a lo largo de las cuales la formación más septentrional se ha corrido sobre la más meridional.

Como corresponde a la formación paleozoica más reciente del territorio, ha sido preservado en amplios y extensos sinclinales.

Grauvacas.

Son rocas detríticas, de color gris claro, que aparecen intercaladas con pizarras, con las que se relacionan por toda clase de tránsitos.

La mayor potencia de sus bancos y su carácter detrítico sirven para diferenciarlas de las pizarras con que están intercaladas, aunque su coloración sea análoga a la de estas últimas. Por disminución del material detrítico y aumento del intergranular pasan a pizarras arenosas y a pizarras arcillosas puras.

La mayor parte del material cristalino y pétreo de las grauvacas procede de las rocas de la formación lávica inmediata, lo que indica que son posteriores a la misma. También ponen de relieve el hecho tectónico trascendental de que el complejo lávico y la formación prevolcánica de que también han heredado parte de su material detrítico, fueron emergidos por movimientos tectónicos en época anterior a la de la formación de estas grauvacas. Esto demuestra la existencia de movimientos de edad bretónica.

Su edad viseana es indudable, porque la fauna de Posidonoma y Goniatites hallada en ellas y en las pizarras intercaladas corresponde a esa edad (los afloramientos fosilíferos se han marcado en el mapa). Puede observarse en él que son viseanos los estratos superiores, pero inmediatos a las lavas, y por tanto, que el Tournaisiense debe faltar en la zona estudiada.

Las grauvacas se caracterizan por la falta de selección del material detrítico. Los fragmentos pétreos suelen ser mayores que los cristalinos, y a veces, alcanzan diámetros de varios milímetros. Los fragmentos cristalinos de cuarzo y feldespato tienen diámetros comprendidos entre 0,05 y 1,5 milímetros.

Pizarras.

Unidas con las grauvacas con que están relacionadas por una serie ininterrumpida de tránsitos, se pasa a estas últimas al aumentar la fracción detrítica gruesa y disminuir el intergranular. Tienen un color ligeramente más oscuro que el de las grauvacas.

La fauna de Posidonoma y Goniatites en ellas hallada permite referirla con toda precisión al Viseano o parte alta del Carbonífero inferior.

Las grauvacas y pizarras situadas al Sur del arroyo Atalaya y de las minas de Huelva, entre el ferrocarril Zafra-Huelva y el río Odiel, contienen muchos tallos vegetales que no han podido ser datados. Quizá están en relación con movimientos pirogénicos ocurridos durante el Viseano.

TECTONICA

La región objeto de este estudio está ocupada por la mitad occidental de la estructura anticlinal de Calañas y la oriental de la estructura anticlinal de Alosno; en el resto del territorio afloran estratos del Carbonífero inferior, con pequeñas áreas de la formación volcánica inferior. En el extremo Suroccidental aflora el Cuaternario arenoso, que ocupa mayor extensión en zonas más meridionales.

Ya hemos dicho, al tratar de la Estratigrafía, que es muy posible que la formación prevolcánica haya sufrido los primeros movimientos de la orogenia herciniana, en particular los de la fase bretónica, acaecidos en época anterior a la de la deposición del Carbonífero suprayacente.

En favor de la existencia de estos primeros movimientos hablan:

1.º La existencia de un conglomerado en las capas del Devoniano superior próximas a la formación volcánica. Este conglomerado, formado en su mayor parte por cantos rodados de las cuarcitas inferiores, pone de manifiesto un ascenso, probablemente en relación con movimientos orogénicos, anterior a la formación del conglomerado.

2.º La emisión de las coladas espiliticas intercaladas en el Devoniano superior indica también una época de debilidad cortical.

3.º La formación prevolcánica está más fracturada que el Carbonífero. Esta evidencia es de todas formas muy débil, ya que un distinto grado de fracturación puede estar en relación con la naturaleza primaria de las dos formaciones.

No hemos observado discordancias apreciables entre los últimos horizontes de la formación volcánica y el Carbonífero, pero el material detrítico de las grauvacas procede de las volcánicas inferiores. Incluso en las grauvacas hemos hallado fragmentos lávicos potasificados, alteración que caracteriza a las lavas del volcanismo precedente. Estas lavas submarinas fueron, por tanto, elevadas por movimientos previseanos en época anterior a la deposición del Carbonífero suprayacente.

Es también posible que no existan capas tournaisienses en la región descrita, puesto que la fauna de Posidonoma y Goniatites de las pizarras inmediatas a los últimos episodios volcánicos corresponde al Viseano o parte alta del Carbonífero inferior.

El plegamiento principal es, probablemente, de edad astúrica y tuvo, en este caso, lugar entre Westfaliense y Estefaniense. El plegamiento de esta edad ha afectado a todas las formaciones que afloran en el territorio estudiado.

ELEMENTOS ESTRUCTURALES MESOSCÓPICOS Y SUS RELACIONES

Los elementos estructurales mesoscópicos son designados de acuerdo con la nomenclatura adoptada por Turner y Weiss (Turner, F. J., and Weiss, L. E.: «Structural Analysis of Metamorphic Tectonites», MacGraw Hill, 1963), y son descritos a continuación:

S_1 =estratificación. Marcada en pizarras y argilitas (consideramos el término argilita equivalente al *shale* de la petrografía anglosajona) por la alternancia de finísimas fajitas arcillosas y arenosas, por un fajeado de color o por una estratificación graduada. En las lavas, un fajeado de color delata igualmente a S_1 . En el Carbonífero, la alternancia de pizarras y grauvacas sirve igualmente para determinar a S_1 .

S_2 =pizarrosidad o superficie axial de los pliegues de la primera generación. La superficie más destacada en todo el territorio.

S_3 =pizarrosidad transversa o superficie axial de los pliegues de la segunda generación. Menos acentuada que la pizarrosidad S_2 , aparece principalmente donde el segundo plegamiento está más patente. La intersección de S_2 S_3 , prácticamente normales entre sí, determina una disyunción acicular en las pizarras.

S_4 =crucero de clivo deslizamiento (*strain slip cleavage*) o plano axial de los rizos (*Kink folds*) de S_2 o micropliegues de una tercera generación.

S_5 =dos series de planos de corrimiento (*joint drags*), que buzan débilmente al Norte, S_5^N , o al Sur, S_5^S ; cortan y desplazan a S_2 y S_3 . Estos planos no son penetrativos y están asociados con movimientos muy limitados. Sus movimientos relativos sugieren que podrían ser considerados fallas normales. S_5^S es más frecuente que S_5^N .

B^{s_1} =ejes de pliegues de la primera generación de dirección Noroeste-Sureste. Son paralelos a rizos o arrugas de S_1 que tienen a S_2 por plano axial o a la intersección de esas dos superficies.

B^{s_2} =ejes de pliegues de la segunda generación aproximadamente normales a los de la primera, y por tanto, de dirección Noreste-Suroeste. Son paralelos a rizos o arrugas de S_1 , que tienen a S_3 por plano axial o a la intersección de esas dos superficies. S_2 , sensiblemente normal a B^{s_2} , no ha sido prácticamente afectada por ese plegamiento.

B^{s_3} =ejes de *Kink folds* paralelos a rizos de S_2 que tienen a S_4 por plano axial o a la intersección de esas dos superficies. S_2 es la superficie que aparece generalmente rizada.

La muy obliterada, S_1 , y la menos neta, S_3 , también se ven afectadas por estos rizos.

Todas las superficies y alineaciones han sido enumeradas en orden de antigüedad decreciente.

Los diagramas que acompañamos son proyecciones de planos y ejes en el hemisferio inferior de una proyección de áreas iguales.

El diagrama 1 representa la proyección de 100 polos de S_1 y de 39 ejes de B^{s_1} . Ha sido preparado con medidas tomadas en la estructura anticlinal de Calañás. Los diagramas 4 y 5, con 100 polos de S_1 y 50 polos de la misma superficie (medidas efectuadas por distintos investigadores), han sido preparados con medidas efectuadas en la anticlinal de Alosno. El cuadro de S_1 refleja el tipo de pliegues que generalmente observamos en el campo (pliegues de la primera generación), pliegues concéntricos más bien suaves, con neto predominio de la rama normal que buza al Norte, que es la menos empinada. La rama invertida o la que buza al Sur, si el pliegue no es volcado, presentan buzamientos más fuertes o han sido eliminadas, caso éste muy frecuente, por una falla inversa o un cabalgamiento.

Los polos de S_1 no están distribuidos según un círculo máximo, y el plegamiento no es cilíndrico.

En el diagrama 2 vienen proyectados los polos S_2 y S_3 . S_2 rumba de Noroeste a Suroeste y buza invariablemente 60° ó 70° hacia el Norte; S_3 no presenta la disposición en abanico que suele mostrar en formas plegadas. Es estadísticamente subparalela al plano axial de la mayor estructura definida en el diagrama 1.

Algo análogo indica el diagrama 7, preparado con medidas tomadas en el anticlinal de Alosno. Este diagrama, que contiene también polos de S_3 , pone de manifiesto que las pizarrosidades S_2 y S_3 son sensiblemente normales entre sí, cosa que también sucede a los ejes B^{s_2} y B^{s_3} de los pliegues respectivos, como indica el diagrama 6 (*cross folding*).

S_3 rumba de Noreste a Suroeste y es más o menos vertical; los ejes B^{s_3} tienen dirección Noreste-Suroeste y son subhorizontales.

Los pliegues de la segunda generación, mucho menos frecuentes que los de la primera, destacan más en la estructura anticlinal de Alosno que en la de Calañás. Sus elementos estructurales, planos axiales y ejes, han sido por eso llevados a proyección en diagramas preparados con medidas tomadas en aquella zona.

S_4 es una superficie de análogo rumbo, subnormal a S_2 ; buza al Sur ángulos más débiles que los que S_2 buza hacia el Norte (diagrama 2). El diagrama correspondiente para la estructura anticlinal de Alosno es un fiel reflejo del anterior. Los ejes B^{s_4} y B^{s_5} son subparalelos (diagrama 3); por tanto, B^{s_4} tiene dirección Noroeste-Sureste y es subhorizontal.

El diagrama 8 indica la dependencia que existe entre las orientaciones de los elementos estructurales de los pliegues de la primera y segunda generaciones. Los ejes de la segund-

generación están orientados Noroeste-Sureste si los de la primera son Noroeste-Sureste (caso ya visto en anteriores diagramas); pero si, debido a la tectónica local, éstos tienen orientación Este Noreste-Oeste Suroeste, como sucede en el arroyo Cascabelero, a Poniente de Villanueva de las Cruces, los ejes de la segunda generación tienen dirección Noroeste-Sureste (diagrama 8).

HISTORIA GEOLOGICA DE LA REGION

Las capas más modernas de la formación prevolcánica corresponden probablemente al Fameniense, como Hollinger (1958) indica en su trabajo. No hemos hallado restos fósiles en horizontes inferiores, y es aventurado suponer que pueda pertenecer al Siluriano parte de esta formación.

Los principales acontecimientos geológicos han sido:

1) Deposición de una potente serie de arenas y arcillas en un fondo geosinclinal poco profundo (formación prevolcánica).

Movimientos verticales pueden haber sido responsables de la distinta facies de los sedimentos de esta artesa, que incluye areniscas de aguas poco profundas, con *ripple marks*, estratificación graduada y cruzada y sedimentos arcillosos.

2) La existencia de un conglomerado discontinuo y de coladas de lavas espiliticas en estratos del Devoniano superior indica movimientos que condujeron a un relativo ascenso de la formación prevolcánica durante este período. Es difícil de decidir si los movimientos responsables de este ascenso fueron puramente verticales u orogénicos.

3) La emisión de las más potentes volcanitas submarinas ácidas y básicas al final del Devoniano (estratos famenienses forman el muro de la formación volcánica), también implica un ascenso de la formación prevolcánica.

4) La probable ausencia de estratos tournaisienses indicaría una continuación del ascenso iniciado en el Devoniano superior (fase bretónica de la orogenia herciniana).

5) El Viseano se inicia con un hundimiento progresivo de la región y la formación en un fondo marino de una monótona serie de grauvacas y sedimentos arcillosos.

El material detrítico de las grauvacas procede de las formaciones prevolcánica y volcánica, que fueron sin duda emergidas por esos movimientos preliminares.

6) Fase orogénica principal de edad postviseana (probablemente fase astúrica), que ha originado pliegues de eje $B^{s^2}_{s_1}$ subhorizontal Noroeste-Sureste u Oeste Noroeste-Este Sureste y una pizarrosidad longitudinal S_2 , que generalmente buza al Norte y es subparalela a la superficie axial de esos pliegues.

En estrecha relación con estos movimientos se encuentran fallas inversas longitudinales de buzamiento Norte que determinan la superposición de formaciones más antiguas sobre otras más modernas, en especial de horizontes de la formación

prevolcánica sobre otros de la volcánica o de estos últimos sobre capas del Viseano.

También en relación con los esfuerzos tangenciales de esta época hemos de considerar las fallas diagonales rumbo-deslizantes, especialmente la serie Este Noreste-Oeste Suroeste, que está más desarrollada que la complementaria Norte Noreste-Sur Suroeste.

7) La misma orogenia variscica ha originado pliegues transversos Noreste-Suroeste (*cross folding*) de eje $B^{s^2}_{s_1}$, subhorizontal y una pizarrosidad transversa S_3 sensiblemente vertical, subparalela a la superficie axial de esos pliegues.

8) Movimientos variscicos tardíos, aunque dada la similitud geométrica entre $B^{s^2}_{s_1}$ y $B^{s^4}_{s_2}$, probablemente relacionados en simetría con los principales, originaron micropliegues en V o *Kink folds* de S_2 , con eje subhorizontal $B^{s^4}_{s_2}$ y una pizarrosidad longitudinal S_4 (*strain slip cleavage*) que buza al Sur generalmente y es subparalela a la superficie axial de esas arrugas.

El diagrama bloque indica el estilo tectónico con la superposición del plegamiento Noreste-Suroeste, discutido en los párrafos precedentes.

9) A la época de descompresión posterior a la de plegamiento corresponden las fallas directas longitudinales de buzamiento Norte o Sur (las primeras son mucho más frecuentes) y los pares de planos S^{\setminus}_5 y S^{\setminus}_5 , de los que los primeros, como sucede con las fallas, son más frecuentes que los segundos.

10) Durante la etapa posterior de la orogenia herciniana tuvo lugar la intrusión de las masas graníticas que afloran en el límite Norte de la zona reservada por el Estado, y probablemente son postgraníticos los lamprófidos del Carbonífero del río Odiel, en el sinclinal más meridional del territorio estudiado.

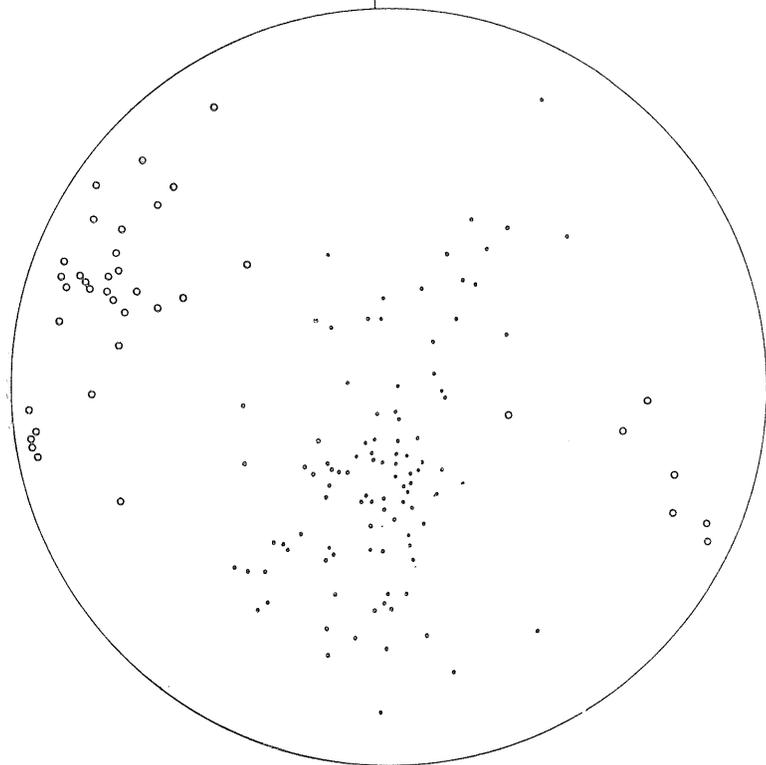
11) A partir del Carbonífero, y como consecuencia de la orogenia variscica, toda la región quedó emergida y sometida como país rígido a erosión durante todo el Mesozoico y gran parte del Terciario.

12) Posteriormente tuvo lugar la transgresión del mar plio-cuaternario. De esta época son las arenas que yacen discordantemente sobre el Carbonífero, en el extremo Suroccidental de la zona estudiada. Es probable que estos sedimentos tuviesen primitivamente una extensión muy superior, reducida en el período de abrasión de la época cuaternaria.

13) En el Cuaternario tuvo lugar un nuevo ascenso relativo del país, y esto explica que estos sedimentos se encuentren actualmente en cotas superiores a los 100 metros.

Diagrama 1

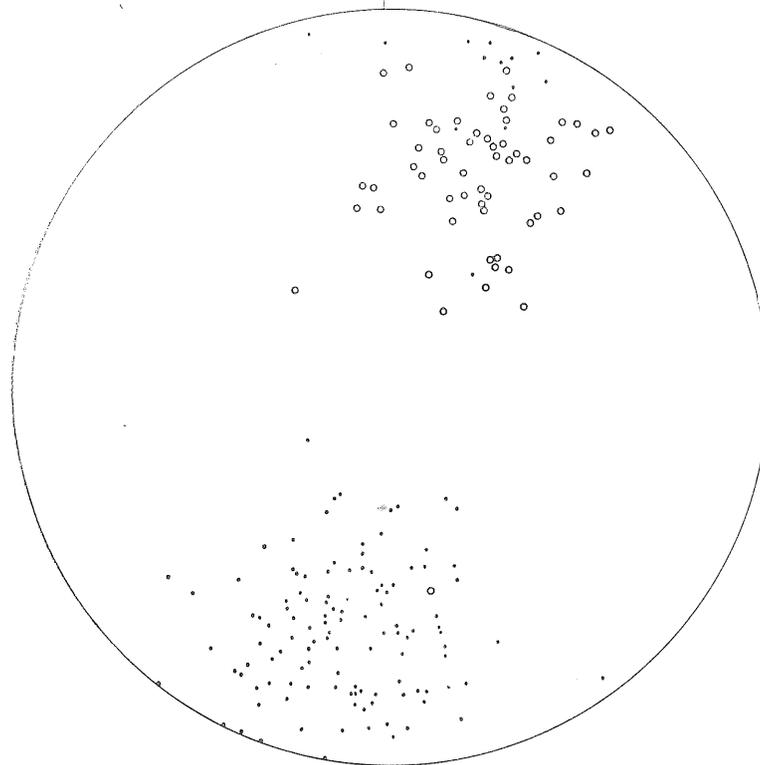
N



100 $S_1 = \cdot$ y 39 $B^{S_2} = \circ$ en mitad oriental de la hoja de Calañas.

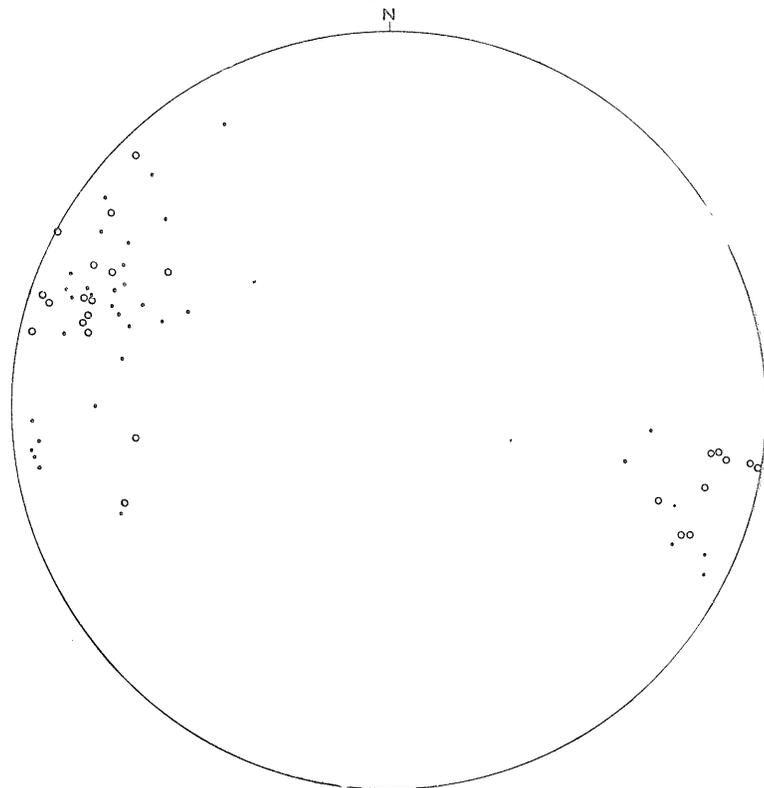
Diagrama 2

N



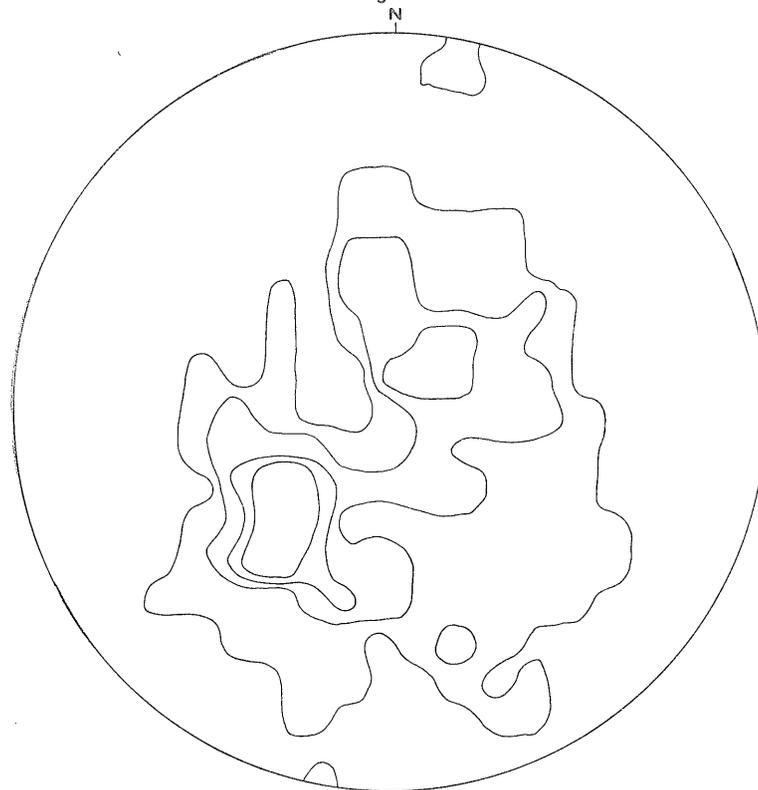
Medida de $S_2 = \cdot$ y $S_4 = \circ$ en mitad oriental de la hoja de Calañas.

Diagrama 3



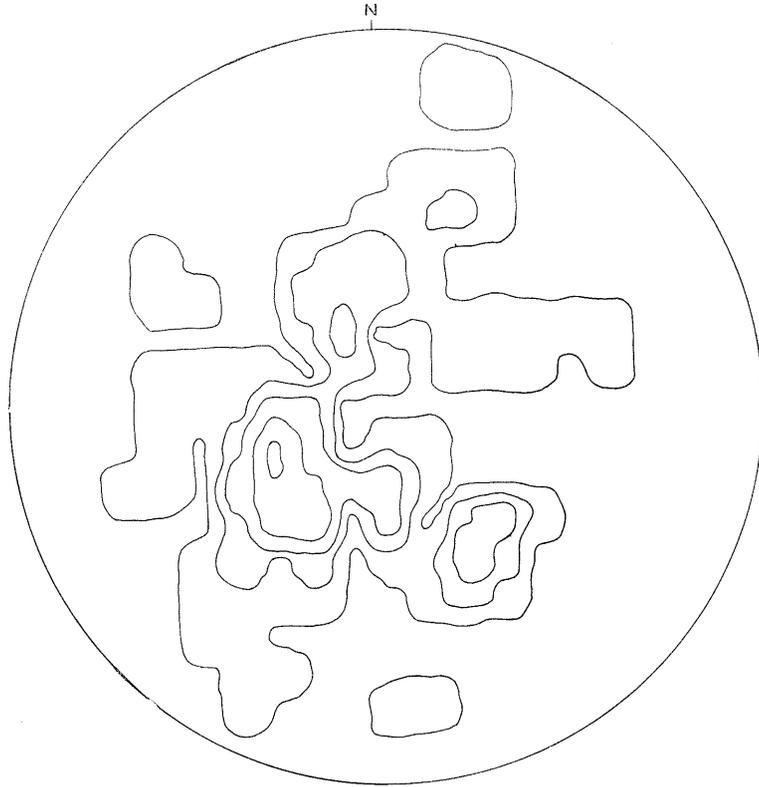
$B_{S_1}^{S_2} = \cdot$ y $B_{S_1}^{S_4} = \circ$ en mitad oriental de la hoja de Calañas.

Diagrama 4



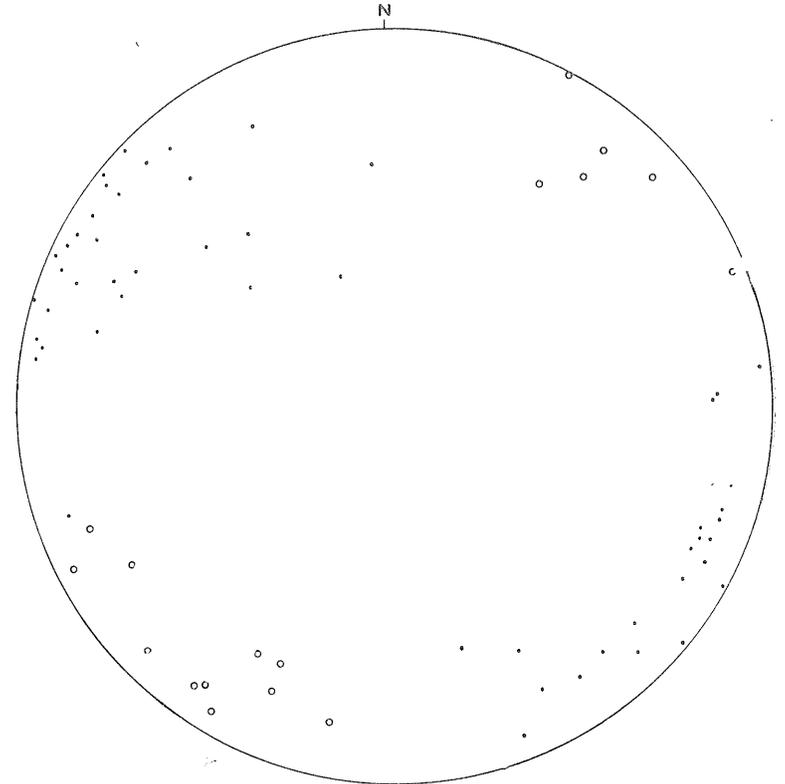
100 S_1 en parte occidental de la hoja de Calañas, al Sur de la carretera Alosno-La Puebla, 1.2-3.4-5.6-7.8.9. %.

Diagrama 5



50 S_1 en parte occidental de la hoja de Calañas, al Sur de la carretera Alosno-La Puebla. 1.2-3.4-5.6.7-8.9.10-11%. Datos F. V. y J. A.

Diagrama 6



$B_{S_1}^{S_2} = \cdot$ y $B_{S_1}^{S_3} = \circ$ en parte occidental de la hoja de Calañas, al Sur de la carretera Alosno-La Puebla.

Diagrama 7

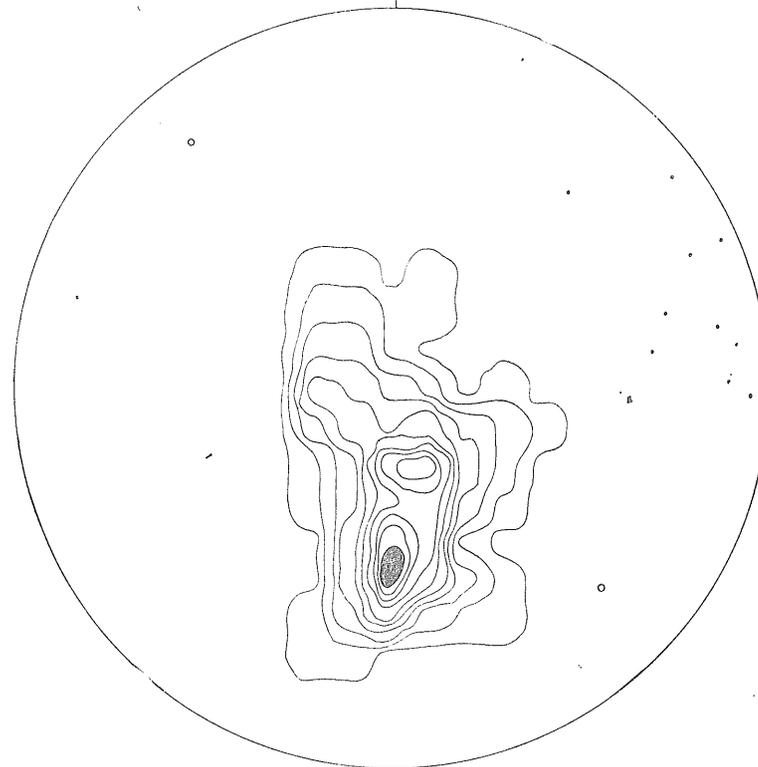
N



80 S_2 y S_3 en parte occidental de la hoja de Calañas, al Sur de la carretera Alosno-La Puebla. 1.2-3.4-5.6-7.8- > 8 %.

Diagrama 8

N



50 S_1 en el Carbonífero del arroyo Cascabelero . = $B_{S_1}^{S_2}$ o = $B_{S_1}^{S_3}$
1.2-3.4-5.6-7.8-9.10-11.12-13.14-15.16-17.18-19 a 22 %.

MINERIA

Las principales minas de piritita del territorio de la Hoja son: Tharsis, Lagunazo, Sotiel y Torerera; la primera está en explotación, y las otras tres se hallan abandonadas. Las minas de manganeso El Cascabelero, Julián, La Juana, Los Guijos y Cabeza del Aguila se encuentran actualmente abandonadas.

Las cuatro minas de piritita mencionadas aparecen intercaladas en horizontes de la serie superior de la formación prevolcánica y tienen por roca de caja a las rocas descritas al hablar de esa serie en Estratigrafía, principalmente a las pizarras arcillosas y grafitosas y también a volcanitas ácidas y básicas, lentejones de carbonatos y pizarras cloríticas (estas dos últimas unidades han sido cortadas en el sondeo 42-3 efectuado en la mina de Sotiel).

Volcanitas ácidas y básicas pueden hallarse en estrecha relación con las bolsadas de piritita y no es cierta la exclusiva dependencia con rocas ácidas dictada por algunos geólogos extranjeros.

Tharsis es la mina principal del territorio de la Hoja. Como puede observarse en el mapa geológico, se encuentra en la rama Norte de un anticlinal de dirección Este-Oeste, intercalada en una potente serie de pizarras arcillosas y grafitosas. Los trabajos de ampliación del lentejón «Filón Norte» pusieron al descubierto en estratos superiores a la metalización, en la época en que efectuamos el trabajo de campo, estrechas intercalaciones de carbonatos y rocas básicas espilíticas.

Las volcanitas ácidas afloran, como se observa en el mapa geológico, en estratos superiores y constituyen una formación más potente sucedida por sedimentos viseanos, con abundante fauna de Posidonomias (los afloramientos fosilíferos están marcados en el plano).

Las cuatro minas principales de la Hoja se encuentran en horizontes del Devoniano superior; pero ya hemos señalado en Estratigrafía que no son estos los únicos horizontes que pueden hallarse mineralizados, ya que hay minas en horizontes de la formación volcánica y también a techo de la misma (Ríotinto), y algo análogo sucede con las minas de manganeso.

Las metalizaciones tienen generalmente forma lentejonar, con mayor dimensión en longitud que en profundidad y mayor extensión en este sentido que en anchura.

El «Filón Norte» de Tharsis tiene una longitud de unos 600 metros, una anchura de unos 50 metros y una profundidad de más de 109 metros. Al Norte del «Filón Norte» se encuentra el lentejón «San Guillermo», y en la prolongación occidental de este último, el lentejón «Filón Sierra Bullones». La sucesión de varios lentejones según el rumbo es importante con vistas a la prospección de masas metalizadas.

El contacto de la metalización con la roca de caja parece discordante, porque suele ser tectónico, dada la distinta rigi-

dez o consistencia de una y otra; pero donde es normal es concordante y gradual, es decir, se pasa de la metalización a la roca de caja por una disminución progresiva de la primera, que comienza a cargarse de estéril y de intercalaciones de roca silicatada.

La piritita masiva forma la metalización principal. Pero aparte de las minas que contienen complejos, es frecuente que la metalización de piritita pase a zonas con complejos en las márgenes de los lentejones o junto a los contactos con bandas pizarreñas que aparecen a menudo incluídas en las bolsadas de piritita. Estas zonas contienen minerales de Cu, Zn y Pb además de la piritita. La «Masa Grande» de la mina de Sotiel tiene una media de 3 por 100 de Cu.

Es grande la variedad mineralógica de todos estos lentejones. Los minerales metálicos principales reconocidos por nosotros en probetas pulidas procedentes de distintas minas son: piritita, calcopiritita, blenda (los tres existen prácticamente en todas las probetas estudiadas), galena, pirrotina, arsenopiritita (Ríotinto, Herrerías, Concepción, etc.), tetraedrita (Sierrecilla), bournonita (Sotiel), marcasita, bornita, calcosina, covellina, neodigenita (Ríotinto).

Las estructuras sedimentarias de la mena, análoga a las que se encuentran en la roca de caja, son la mejor prueba del origen submarino singenético de estas metalizaciones, junto con su intercalación en los mismos horizontes de la serie estratigráfica, ya a muro, en horizontes de la serie volcánica o a techo de la misma. Estratificación graduada, cruzada, relleno de pequeñas cubetas por aportes mecánicos, pueden ser observadas en varias muestras de mano que han sido tomadas por nosotros en la mina de Herrerías. Pliegues paradiagenéticos hablan de movimientos habidos en sedimentos aún no consolidados. Estas estructuras no sólo se reconocen en muestra de mano, sino también en probeta pulida y en lámina delgada.

En observación microscópica se observan además estructuras y texturas que indican formación a baja temperatura en condiciones coloidales: formas concéntricas, fracturas de contracción originadas por desecación de geles, bacterias mineralizadas, un orden de cristalización diagenética con piritita anterior a blenda y calcopiritita.

Esta Memoria fué redactada por:

T. Febrel Molinero.

BIBLIOGRAFIA

- DELGADO, J.: «Contributions a l'étude des terrains anciens du Portugal».—Com. Srv. Geol. Port., 2 fasc. Lisboa, 1829.
- EZQUERRA DEL BAYO, J.: «Estadística de Riotinto».—An. Min. Tomo II. Madrid, 1841.
- SEVOZ, M. V.: «Memoire sur les gisements pyrite-cuivreux du sudoest de l'Andalousie (Huelva) et de l'Alentejo (Portugal)».—Bull. Soc. Ind. Min., 9. Paris, 1865-66.
- RÖMER, F.: «Ueber das Vorkommen von Culmschichten mit Posidonomya becheri aufdem Sudabhänge der Sierra Morena in der provinz Huelva».—Zeit d. Deut. Geol. Ges. Tomo XXIV. Berlín, 1872.
- MACPHERSON, J.: «Estudio geológico y petrográfico del norte de la provincia de Sevilla».—Bol. Mapa Geol. Esp. 6. Madrid, 1879.
- COLLINS, J. H.: «Minerals of the Riotinto Mines».—Min. Mag., 5 London, 1884.
- GONZALO Y TARÍN, J.: «Dos palabras acerca de la geología de Huelva».—Bol. Com. Mapa Geol. Esp. Tomo XII, Madrid, 1885.
- GONZALO Y TARÍN, J.: «Reseña geológica de la Provincia de Huelva».—Bol. Com. Mapa Geol. Esp. Tomo V. Madrid, 1878.
- GONZÁLEZ, A., y MENESSES, G.: «Nota sobre las minas de masas de piritas de hierro cobrizas de la provincia de Huelva».—An. Soc. Esp. Hist. Nat., 18. Madrid, 1889.
- HEREZA, J.: «Sobre el origen y edad geológica de los criaderos manganíferos de Huelva».—Rev. Min. Madrid, 1902.
- FINLAYSON, A. M.: «Secondary enrichment in the copper deposits of Huelva, Spain».—Trans. Inst. Min. Met., 18. London, 1910.
- SCOTTI, H.: «Vorläufiger Beitrag zur Frage der Entstehung der Pyrit Lagerstätten in der Provinz Huelva».—Z. Prakt. Geol. 21. Lisboa, 1913.
- PRUVOST, P.: «Observations sur le terrain devonien et carbonifère du Portugal et leur faune».—Com. Serv. Geol. Port., 10. Lisboa, 1914.
- FLIZ, R.: «Einige Bemerkungen zur Genesis der Huelvaner Kies und Mangan-Lagerstätten».—Z. Prakt. Geol. Berlín, 1914.
- FLEURY, R.: «Notes sur les Foraminifères du Viséen de l'Alentejo et l'anatomie des petites Goniatites de la même formation».—Com. Serv. Geol. Port., 15. Lisboa, 1924.
- DEMAÏ, A.: «Sur le genése des gisements de pyrite de la region de Huelva».—C. R. Congr. Geol. Intern., 2. Madrid, 1926.
- BATEMAN, A. M.: «Ore deposits of the Riotinto (Huelva)».—District, Spain, Econ. Geol. 22. Londres 1927.
- HEREZA, L.: «Nuestra teoría general metalogénica y la génesis de las grandes masas de sulfuros».—Rev. Min. Met., 46. Madrid, 1928.
- WILLIAMS, G.: «The genesis of the Ferrunal-La Zarza pyritic orebody, Spain».—Trans. Inst. Min. Met., 42. London, 1932.
- WILLIAMS, D.: «The geology of Riotinto Mines, Spain».—Bull. Ins. Min. Met., 355. London, 1934.
- PRIETO CARRASCO, I.: «Nota sobre la génesis de las masas de piritas de las provincias de Huelva y Sevilla y orientación para la investigación de las minas».—Min. Met., 22. Madrid, 1943.
- MESEGUER PARDO, J.: «El devoniano en la provincia de Huelva».—Not. Com. Inst. Geol. y Min. Esp., 12. Madrid, 1944.
- MESEGUER PARDO, J.; ROSSO DE LUNA, I.; PRIETO, I. y PÉREZ REGODÓN, J.: «Investigación de nuevos yacimientos de cobre en las provincias de Sevilla y Huelva».—Bol. Inst. Geol. Min., Esp., 58. Madrid, 1954.
- ROSSO DE LUNA, I.: «Más datos acerca de la génesis de las masas piritosas del Sur de España». Est. Not. Trab. Ser. Fom. Min., 2, Porto, 1946.
- DOETSCH, J.: «Introducción a un estudio del término municipal de Puebla de Guzmán (Huelva)».—Bol. Inst. Geol. Min. Esp., 65. Madrid, 1953.
- SILVA, F. J. DA.: «Géologie et genése des gisements de manganése du Baixo Alentejo. Portugal».—Est. Not. Trab. Serv. Fom. Min. Port., 11. Porto, 1956.
- DOETSCH, J.: «Esbozo geoquímico y mineralogénico del criadero de piritas Las Herrerías. Puebla de Guzmán (Huelva)».—Bol. Inst. Geol. Min. Esp., 68. Madrid, 1957.
- OPTEDAHL, CHR.: «A theory of Exhalative-Sedimentary Ores». Geol. Förh., 80. Stockolm, 1958.
- WEEB, J. S.: «Observations on the geology and origin of the San Domingos pyrite deposit, Portugal».—Com. Serv. Geol. Port., 42. Lisboa, 1958.
- GARCIA FUENTES, S.: «Estratificación y crucero».—Not. Com. Inst. Geol. Min., 50. 1958.
- FEBREL, T.: «La roca frailesca de Almadén: Un episodio tobáceo en una formación basáltica del Siluriano superior».—Not. y Com. Inst. Geol. Min. núm. 59. 1960
- FEBREL, T.: «Mapa geológico y explicación de la Hoja núm. 857 de Valsequillo (Córdoba)».
- CRUZ GASPAS, O.: «Associação genética dos espilitos con os jazigos de manganés do Baixo Alentejo».—Est. Not. Trab. Serv. Fom. Min. Port., 15. Porto, 1961
- MAC GILLAVRY, H. J.: «The upper palæozoic of the Baixo Alentejo, Southern Portugal».—4. Congr. Strat. Carb. Heerlem, 1961.
- AMSTUTZ, G. C.: «Massive sulphide deposits: Origin and genesis».—Rolla Missouri, 1961.
- AMSTUTZ, G. C. y BAZ.: «Sedimentary features in the layered sulfide deposits of Fredericktown, Missouri».—Bull. Geol. Soc Am., 72. 1961.
- WILLIAMS, D.: «Further reflections on the origin of the porphyries and ores of Riotinto. Spain».—Trans. Inst. Min. Met., 71. London, 1962.

- KINKEL, A. R. Jr.: «Observations on the pyrite deposits of the Huelva distric. Spain, an their relations to volcanism».—Econ. Geol., 57. London, 1962.
- PINEDO VARA, I.: «Piritas de Huelva. (Su historia, minería y aprovechamiento)».—Editorial Summa. Madrid, 1963.
- RAMBAUD PÉREZ, F.: «Notas geológico-estructurales de la zona Norte de Ríotinto. Estudios geológicos».—Volumen XIX. Instituto Lucas Mallada. C. S. I. C. España, diciembre, 1963.
- FEBREL, T.: «Investigación de piritas en la zona reservada de la provincia de Huelva».—Trabajo presentado a Piritas Españolas en enero de 1965.
- FEBREL, T.: «Sobre la existencia de dos crueros representativos de dos deformaciones en el Devoniano-Carbonífero de la Hoja de Calañas núm. 959 (Huelva)». 1965.
- STRAUSS, G. K.: «Zur Geologie der S. W. Iberischen Kies provinz und ihrer Lagestätten, mit besonderer Berücksichtigung der Pyritgrube Lousal/Portugal. München, 1965.