



IGME

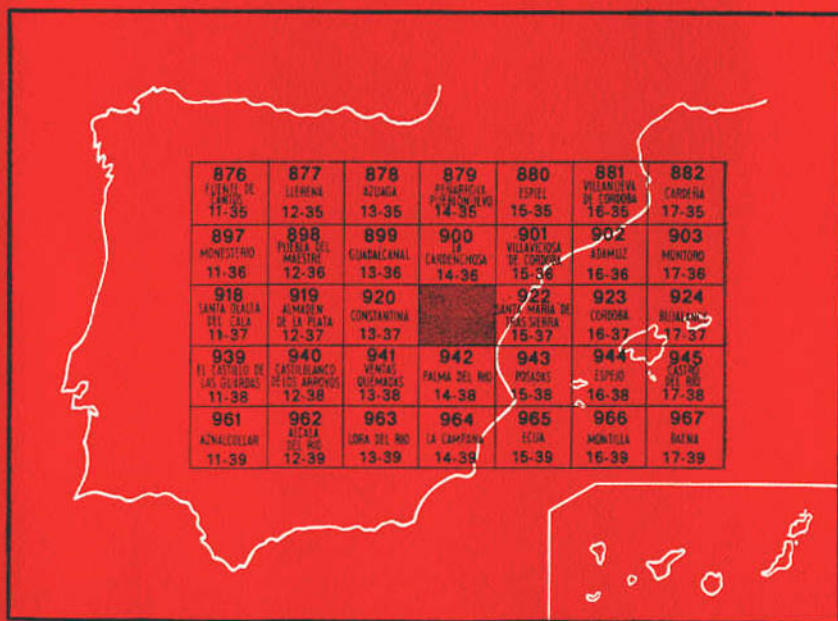
921**14-37**

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA

E. 1:50.000

NAVAS DE LA CONCEPCION

Segunda serie - Primera edición



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA
E. 1:50.000

NAVAS DE LA CONCEPCION

Segunda serie - Primera edición

**SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA**

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas por ENADIMSA, bajo normas, dirección y supervisión del IGME, habiendo intervenido en las mismas:

Memoria y Cartografía: Humberto Pérez Domínguez, Geólogo, y Pedro Hernán Reguera, Geólogo.

Micropaleontología: Carlos Martínez Díaz, Doctor Ingeniero de Minas.

Petrología: Aurora Argüelles Alvarez, Ingeniero Geólogo.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

Se pone en conocimiento del lector que en el Instituto Geológico y Minero de España existe para su consulta una documentación complementaria de esta Hoja y Memoria, constituida fundamentalmente por:

- muestra y sus correspondientes preparaciones,
- informes petrográficos, paleontológicos, etc., de dichas muestras.
- columnas estratigráficas de detalle con estudios sedimentológicos,
- fichas bibliográficas, fotografías y demás información varia.

Servicio de Publicaciones - Claudio Coello, 44 - Madrid-1

Depósito Legal: M-9.794-1975

Imprenta IDEAL - Chile, 27 - Telef. 259 57 55 - Madrid-16

1 ESTRATIGRAFIA

Los materiales cartografiados son los siguientes, según su orden de antigüedad decreciente:

- Cámbrico Inferior.
- Carbonífero-Devónico.
- Trías.
- Mioceno.
- Cuaternario.

1.1 CAMBRICO INFERIOR

Ocupa la casi totalidad de la extensión de la Hoja, quedando cubierto en la mitad suroriental por el Trías y el Mioceno.

Ha sido posible distinguir tres unidades dentro de los materiales correspondientes a esta edad:

- Cámbrico basal.
- Cámbrico carbonatado.
- Serie pizarroso-detritica superior.

1.1.1 Cámbrico basal (V^1 , ξA^1 , CA_1p , CA_1cg , CA_1v)

Este término, un poco difuso, puede dar lugar a una interpretación errónea respecto a la edad de los materiales que comprende. Por esto, queremos señalar aquí que no ha sido utilizado en el sentido de atribuir una posible edad precámbrica a aquéllos, por no haber encontrado analogías con la serie descrita por diferentes autores a la que atribuyen esa edad, ni discontinuidades claras que marquen un desfase cronológico entre los materiales que aquí nos ocupan.

Esta unidad está constituida por un conjunto de rocas metamórficas del orden de esquistos y semiesquistos derivados de sedimentos detríticos, entre los que se intercalan frecuentes episodios volcánicos, con dos momentos de máxima intensidad: uno al principio de la deposición, correspondiente a la mancha cartografiada en la esquina suroccidental del mapa, y otro hacia el techo de la serie y que viene representado por la banda que limita al S. el Cámbrico calcáreo más septentrional. Estos episodios volcánicos no representan coladas continuas, sino épocas de una mayor actividad, por lo que siguen apareciendo sedimentos metamorfizados interestratificados con aquéllos. La unidad volcánica inferior está constituida por porfiroides procedentes de keratófidos cuarzosos, diabasas, anfíbolitas y en menor proporción microneises, todos estos materiales con intercalaciones de esquistos cuarzoalbiticos.

Encima de esta unidad se sitúa una serie de materiales cuyas propiedades más destacables son:

- a) Homogeneidad mineralógica.—Son rocas detríticas con cuarzo, albita y fragmentos volcánicos keratófidos entre la unidad fragmentaria como minerales principales; como subordinados presentan fragmentos de rocas graníticas, pizarras y microcuarcitas, y finalmente, como accesorios menores: apatito, turmalina, circón, rutilo y sobre todo mena de hierro. La matriz suele ser casi siempre arcillosa. La presencia habitual de turmalina siempre de hábito prismático, verdosa y zonada podría interpretarse como formada a expensas del boro presente en los lodos marinos, medio en el que debieron depositarse estos sedimentos.
- b) Están en general muy mal calibrados, observándose a escala de lámina delgada partículas de arena fina, gruesa y fracción rudácea.
- c) No se ha observado una ley general de variación de tamaño de grano, sino que se producen alternancias irregulares de los diferentes tipos granulométricos a lo largo del tiempo.
- d) El grado de metamorfismo es bajo en general. Es un metamorfismo regional con predominio dinámico. Sobre esto insistiremos con más detalle en el apartado correspondiente.

A continuación se describen los diferentes tipos de rocas encontradas en este tramo:

Esquistos filoníticos cuarzo-albíticos

Suelen ser de grano fino. Aparecen como tramos duros que definen la estratificación (que a veces no coincide con la esquistosidad) y parece que se sitúan preferentemente en zonas bajas de la serie.

Sus principales constituyentes son cuarzo y albita abundante, ambos de contornos irregulares, soldados entre sí y rodeados de escamas de clorita subordinada. Como accesorios se observan: magnetita, circón, apatito, rutilo y turmalina.

Esquistos albíticos

Se han observado varios tipos: unos de grano muy fino y fino, formados por granos de cuarzo, albita y fragmentos microcristalinos de vulcanitas keratofídicas. Los más frecuentes con una matriz filítica de micro-cuarzo y muscovita fina. Otros de grano medio, con igual mineralogía en la unidad fragmentaria, manteniendo las proporciones entre cuarzo-albita-fragmentos líticos (de vulcanitas keratofídicas) y únicamente difieren de aquéllos en los tamaños. La matriz filítica está provista de bandas de segregación muscovíticas, a menudo replegadas.

Ambos tipos en el campo se presentan en tonos muy variados: gris plomo, rojizos, verdosos, ligeramente azulados y pardos.

Existen unos terceros de grano grueso que destacan mineralógicamente por el incremento de fragmentos líticos, entre los que se pueden citar, aparte de los anteriores, fragmentos de rocas graníticas con cuarzo y albita (entre los que se prodiga el crecimiento gráfico), areniscas finas, micro-cuarcitas, pizarras y otros.

La textura esquistosa de la matriz es irregular; las finas franjas de muscovita segregada sufren frecuentes flexiones e interrupciones debido a la presencia de los grandes fragmentos más resistentes a la presión dinámica, adoptando carácter esquistoso de forma lenticular.

Metaconglomerados

Han sido cartografiados dentro del anticlinorio central, donde afloran en forma de lentejones muy fracturados.

Estos conglomerados están constituidos por cantos de cuarcita, granito y pizarra fundamentalmente, cementados por una matriz esquistosa.

Los cantos presentan casi siempre elongación y su tamaño oscila desde 0,5 a 8 cm.

En zonas donde predominan los cantos menores la cartografía fue bastante laboriosa.

La matriz responde mineralógica y texturalmente a la descripción hecha anteriormente para los semiesquistos cuarzo-albíticos de grano grueso.

Estos materiales no representan tramos masivos, sino que existen entre ellos intercalaciones de semiesquistos cuarzo-albíticos de grano medio y grueso que no difieren en nada de los ya descritos.

Respecto al significado de este conglomerado, creemos que no debe representar más que un aumento de energía en el medio sedimentario en el que se depositaron estos materiales.

Litoarcosas albíticas

Aparecen únicamente en el anticlinorio sur. La fracción detrítica de este tipo de rocas está compuesta por cuarzo, albita y fragmentos volcánicos; la matriz es pizarrosa microcristalina, y en ella se repiten el cuarzo y la albita junto con sericita y clorita.

Limolitas con cemento pelítico

Aparecen en el Infracámbrico más septentrional. Se observa en esta zona una variación mineralógica con respecto al resto de los materiales del Cámbrico basal, ya que aquí es el cuarzo el mineral más importante, quedando como subordinados la albita y la muscovita.

En consecuencia, existe hacia el N. un incremento de cuarzo y muscovita y una disminución considerable de albita.

Entre todos los materiales descritos se intercalan paquetes de diabasas poco potentes y en general concordantes, aunque algunos parecen no estarlo. Este es el caso de los cartografiados al S. de Las Navas de la Concepción y próximos al contacto con la serie carbonatada.

También aparece algún nivel de keratófidos, aunque muy escasos y poco potentes.

La serie volcánica superior, cartografiada en una banda cuya situación en el mapa se describe al principio del apartado, está constituida por espilitas y keratófidos ferríferos, entre los que se intercalan esquistos y semiesquistos cuarzo-albíticos.

Aunque se han cartografiado en una misma banda, se trata de dos coladas diferentes, con intermitencias dentro de cada una de ellas, señaladas por las intercalaciones detríticas.

Los keratófidos constituirán el último estadio del vulcanismo y se localizan siempre en una estrecha franja próxima al tramo de sedimentación carbonatado y que se va agrandando hacia la zona oriental de la Hoja, de tal forma que en la parte de la banda cartografiada que queda en el margen

oriental del pantano de Bembézar, en el borde este del mapa, no existen espilitas y los keratofidos ferríferos son bastante masivos y abundantes, adoptando tonos violáceos y vinosos, a diferencia de las espilitas, que suelen ser verdosas.

Finalmente añadiremos que se ha observado en el campo el contacto normal de la serie infracámblica aquí descrita con la carbonatada situada inmediatamente encima, existiendo un aumento progresivo del contenido de CO_3Ca en las pizarras que se sitúan en el techo de la primera.

1.1.2 Cámbrico carbonatado (CA_1c)

Esta unidad ha servido de referencia para establecer la cronología relativa de las distintas series que aparecen en la zona objeto de estudio.

No fueron encontrados fósiles, de aquí que su datación se haya basado en una correlación litoestratigráfica precisa, con zonas situadas a E. y O. (Córdoba y Constantina), en las que diversos autores han encontrado fauna principalmente de arqueociátidos que han permitido dar una edad de Georgiense Inferior alto para este tramo. Las características generales de la serie, tanto en Córdoba como en el NE. de la provincia de Sevilla, coinciden plenamente con las que presenta en la Hoja de Las Navas de la Concepción; de hecho existe una continuidad lateral, de aquí que atribuyamos para ésta la misma edad.

Aflora esta unidad en los flancos de dos anticlinorios y un sinclinorio que definen la estructura general de la zona. Los afloramientos mantienen la dirección regional y se sitúan en tres bandas. Al Sur, al centro y al Norte. La primera, afectada por una gran falla de dirección ENE.-OSO., se encuentra fragmentada, dando lugar a afloramientos alargados, según la dirección hecínica, que tiene un espesor relativamente reducido.

La banda norte configura un anticlinal que denominamos de «Los Peñones», a favor de cuyos flancos aflora la serie calcárea.

Hacia el NO., la banda se va laminando por efecto de una fuerte tectónica, puesta de manifiesto por una gran falla, en cuyo contacto aflora un pequeño retazo de la misma serie, muy cerca ya del borde norte del mapa.

Por último, ocupando los flancos del sinclinorio central, aflora el tramo de mayor extensión, que es a la vez el de espesor máximo, calculado aproximadamente en 1.500 m.

Esta serie carbonatada se encuentra en contacto normal con el Cámbrico basal, operándose un paso gradual de una a otra serie, según se ha explicado en el apartado anterior.

Dentro de este dominio carbonatado hemos diferenciado los siguientes niveles:

- a) CA_1 . Niveles detríticos, que por su magnitud resultan más destacables.

- b) C. Niveles guía de calizas, preferentemente comprendidos en la zona de mayor extensión de este dominio, donde está situado el término de Las Navas de la Concepción.
- c) CA₁^d. Correspondiente a dos tramos dolomíticos que se sitúan en el cuadrante suroriental de la Hoja y que pueden ser controlados: el primero, más septentrional, entre los Km. 4,500 y 5,200, y entre el 7,500 y 9,000 de la carretera de Hornachuelos a San Calixto; y el segundo, entre los Km. 4 y 5 de la carretera de Hornachuelos a la presa del Bembézar.

No son estos últimos los únicos tramos dolomíticos en la zona; de hecho, gran parte de las calizas presentan una cierta dolomitización que atribuimos a un metasomatismo de aquéllas. La separación de estos niveles se ha basado en criterios de campo. Aparte de su aspecto externo diferente al resto de las rocas dolomítico-calcareas, existe un hecho más definidor, y es su incapacidad de reacción en frío con el CIH.

Estos tramos no son íntegramente dolomíticos, sino que tienen calizas intercaladas, pero estas últimas son estadísticamente menos abundantes, razón que utilizamos para su diferenciación como tramos de carácter dolomítico.

Englobando a todos estos niveles se encuentra el dominio predominante CA₁c, de calizas y pizarras, si bien gran parte de las primeras están dolomitizadas.

Existe un tipo de caliza que no hemos cartografiado, que se caracteriza por presentar un fajeado de pequeños niveles oscuros cuya composición es de limolita calcárea con materia orgánica. Este tipo especial de caliza se encuentra preferentemente hacia el muro de la serie, pero también, aunque con menor frecuencia, en niveles más altos.

Incluimos en este apartado una breve descripción de los principales tipos petrográficos.

Calizas.—Son en general del tipo micrita, que presentan un grano muy fino y se encuentran muy recrystalizadas.

Dolomías.—Son cristalinas, de grano medio a grueso; a veces presentan fracturas rellenas de cuarzo medio-granular. La dolomía es romboidal. Las texturas son preferentemente granoblásticas, habiéndose observado también un tipo de estructura en mortero, que está formada de porfiroblastos de granos gruesos de dolomita rodeados de una matriz granulada fina.

Material detrítico.—Formado por granos angulosos y subangulosos de cuarzo, feldespatos (el potásico más frecuente que la albita) y micas (muscovita y biotita cloritizada) y fragmentos líticos escasos.

Pizarras.—Análogas a las anteriores, pero de grano más fino, con feldespato abundante, frecuencia de material micáceo y con un cemento arcilloso cuando falta el material carbonatado.

Aparte de las descritas anteriormente, existen también rocas volcánicas de dos tipos, diabasas y riolitas; las primeras, más abundantes, se describen en el apartado de Petrología; las segundas son muy poco frecuentes; se encuentran interestratificadas en la serie y tienen muy poco espesor. Se trata de rocas porfídicas con matriz granular microcristalina compuesta por feldespato potásico, cuarzo y pequeñas láminas de sericita.

1.1.3 Serie pizarroso-detrítica superior (CA₁)

Comprende los materiales que constituyen el núcleo del sinclinatorio central de la zona. Y asimismo los del norte del anticlinal de Los Peñones.

Se sitúa esta serie a techo del Cámbrico carbonatado, observándose en algunos tramos que el contacto entre ambas series es normal.

Existe, además, una referencia importante que nos ayuda a establecer la edad de esta serie; esto es, el hallazgo de fauna en capas situadas en continuidad lateral y perfectamente correlacionables con las que en nuestro trabajo se cartografiaban integrando una banda septentrional que tiene continuidad en el mapa de Santa María de Trassierra, cuyos autores, R. CASTELLO y J. RAMIREZ COPEIRO, encontraron ejemplares de *Nisusia* sp. y *Paradoxides spinulosus*, BOECK, a los que se les ha atribuido una edad de Georgierse Superior-Acadiense para el primero, y de Acadiense para el segundo.

Esto es aplicable también a los materiales que ocupan el núcleo del sinclinatorio central; sin embargo, es susceptible de discusión por el hecho de que las rocas que constituyen este nivel presentan un cierto metamorfismo fundamentalmente dinámico, que paradójicamente no acusan los sedimentos calcáreos situados inmediatamente debajo, ni siquiera en sus tramos pizarrosos. Este problema es objeto de discusión en el apartado de Petrología dedicado a metamorfismo, y aquí únicamente añadiremos que los datos de campo apoyan la posición estratigráfica establecida en primer lugar.

Se ha calculado una potencia máxima de unos 250 m. para esta unidad, cálculo muy impreciso debido al intenso plegamiento que presenta.

Los cortes efectuados en el campo denuncian litologías bastante monótonas, siempre a base de materiales pizarrosos, en muchos casos con tonos verdosos en los que se intercalan tramos detríticos de escasa potencia, frecuentemente como capas aisladas que marcan la estratificación.

El vulcanismo no cesa durante este período, pero sí disminuye su actividad, siendo menos frecuentes las intercalaciones de materiales de esta naturaleza.

Las observaciones a escala microscópica permiten hacer un análisis más detallado de la naturaleza de estas rocas, distinguiendo los siguientes tipos:

Filonitas cuarzo-albítico-micáceas

Son los materiales más finos y han sido descritos como pizarras en la leyenda del mapa, atendiendo a criterios de campo. Se trata de rocas de grano muy fino constituidas por cuarzo, albita y material micáceo, muscovita y biotita bastante abundantes, que se disponen en lechos, que a escala de lámina delgada alternan rítmicamente con otros cuarzos albíticos pobres en mica.

En una de las muestras estudiadas son perfectamente visibles tres superficies S.: a) estratificación, marcada por la alternancia de lechos de distinta composición; b) esquistosidad de flujo concordante con la estratificación; c) otra de fractura oblicua a las dos primeras.

Los productos finales del metamorfismo de esta serie de rocas son mineralógica y estructuralmente semejantes al de las filitas, como puede deducirse por la asociación mineralógica de baja temperatura correspondiente a la facies de los esquistos verdes (cuarzo-albita-muscovita-biotita).

Esquistos filoníticos cuarzo-albíticos

Se intercalan en la serie formando los tramos arenosos de la misma.

Están formados por cristales de albita y cuarzo de contorno irregular y tamaño fino, con marcada orientación preferencial.

La matriz es microcristalina y está compuesta de albita, cuarzo y finas segregaciones discontinuas de sericita, muscovita y clorita subordinada. Como accesorios se observan biotita-circón-rutilo y turmalina.

Las descripciones que anteceden a ésta se refieren a los materiales que comprenden el núcleo del sinclinorio central.

Los materiales incluidos en esta serie, situados más al Norte, se describen como pizarras pelíticas y limolíticas que se caracterizan por una variada y elevada proporción de fracción limolítica, compuesta de cuarzo abundante, albita frecuente, muscovita y fragmentos volcánicos.

El material pelítico está formado por una trama cryptocristalina de cuarzo, cuarzo-albita, sericita y magnetita. Como accesorios se observan clorita, feldespato potásico, circón y esfena.

La pizarrosidad es de fractura. La mineralogía es diferente a la de las series detríticas, y el rasgo más significativo es que el cuarzo es aquí el elemento principal, lo que supone una disminución en proporción de albita.

Esto nos ilustra respecto al cambio operado en los materiales, a expensas de los cuales se formaban los sedimentos cámbricos, cuyo carácter volcánico disminuye hacia el final del período.

Rocas volcánicas (V¹)

Los escasos paquetes volcánicos intercalados son keratófidos filonitizados con esquistosidad bien desarrollada, acentuada por la orientación preferencial subparalela del material micáceo y frecuentes bandas de segregación alternativamente micáceas y cuarzo-albiticas.

Los fenocristales, relictos de albita de hábito prismático fracturados y deformados son la única evidencia del origen volcánico de estas rocas, que han sobrevivido a la filonitización (granulación, recristalización y foliación) que acusa la mesostasis.

1.2 DEVONICO-CARBONIFERO (D₃-H¹)

Los materiales correspondientes a esta edad se agrupan en una pequeña mancha situada en la esquina noroccidental del mapa. La enérgica tectónica regional es responsable de que las calizas blancas, a las que atribuimos esta edad, aparezcan dentro de la unidad cámbrica calcárea en contacto mecánico con ella. Estas calizas pueden observarse a la altura del Km. 7 de la carretera que va de Las Navas de la Concepción a San Nicolás, aunque por efecto de una falla transversal no llegan a la carretera como cabría esperar por su dirección.

A pesar de aflorar junto a sedimentos calcáreos cámbricos, estas calizas resaltan por su color blanquecino en superficie y por su forma de erosión. En corte presentan tonos grises y están muy recristalizadas.

Observadas al microscopio se las puede clasificar como biomicrosparitas, con restos de fauna de Briozoos, gasterópodos, Tuberitinas y ostrácos, que permiten datarlas como pertenecientes a un período comprendido entre el Devónico Superior y el Carbonífero Inferior.

1.3 TRIAS (T_{G1})

Aflora en la parte meridional central de la zona, constituyendo una mancha de extensión considerable al N. del pantano de Retortillo, en las proximidades del término del Aguila. En menos extensión lo hace al S. del citado pantano y en pequeños y escasos retazos dispersos en la mitad sur de la Hoja.

Los materiales se depositaron discordantes sobre el Cámbrico plegado y responden a la facies típica conglomerática del Bunt en esta región.

Se trata, pues, de conglomerados rojos a base de cantos redondeados de cuarcita que están cementados por una matriz bastante micácea en la que se mezclan irregularmente las fracciones arena y limo.

La acusada heterometría de los cantos denuncia la actuación de un transporte que no fue capaz de imprimir una selección en los materiales.

Acompañando a los conglomerados existen lentejones de areniscas rojas muy micáceas y en menor abundancia lechos de dolomías silicificadas blancas, estas últimas sobre todo en el tramo comprendido entre los kilómetros 21 y 21,500 en la carretera que va de Puebla de los Infantes a Las Navas de la Concepción, en la margen derecha del pantano de Retortillo.

Teniendo en cuenta que estos materiales se encuentran subhorizontales, llegando en algunos lugares a buzarse de 15 a 20° hacia el N., se estima que la potencia máxima de los mismos es de 70 a 80 m.

1.4 MIOCENO (T_{11}^{Bc3})

Los materiales miocenos se encuentran en pequeños afloramientos cuyo espesor máximo se cifra alrededor de los 70 m. Ocupan en general estratos horizontales que yacen discordantes sobre distintos tramos del Paleozoico. En algunos puntos existen cortes que permiten observar paredes de calizas socavadas en la parte inferior.

Se sitúan hacia el SE. de la Hoja; no presentan alineación si se consideran a la escala del mapa, pero a escala regional se aprecia que forman parte del borde de la transgresión del Mioceno Superior. Se sitúan, por tanto, en una línea de costa, límite entre los materiales Paleozoicos y la deposición terciaria de la cuenca del Guadalquivir.

La naturaleza de las rocas es predominantemente de calizas, si bien existen dos tramos conglomeráticos de 1 m. de espesor máximo, de cantos y matriz calcárea.

Se ha establecido una columna estratigráfica que se corresponde con el tramo calcáreo de la columna general del Mioceno Superior en esta región, descrita en la Memoria que acompaña a la Hoja de Córdoba, si bien aquí el espesor es menor que en la zona de estudio.

Dentro de la columna se han distinguido tres tramos atendiendo fundamentalmente a criterios de composición relativa, porcentaje de CO_3Ca , y de acuerdo también con las distintas secuencias en la sedimentación más monótona o con interrupciones.

La columna se describe a continuación:

Tramo bajo:

17 m. Caliza, arenisca, con fragmentos de ostreas, que disminuyen hacia el techo, con dos tramos conglomeráticos. Uno en la base y otro hacia el techo. Es el tramo más detrítico.

El análisis microscópico ha clasificado a estas rocas en dos tipos: Biomicrita arenosa y Biomicrita.

Con fauna de Equinodermos, *Heterostegina Gómez-Angulensis*, *Perconig*, *Discorbis orbicularis*, *Elphidium macellum*, *Cibicides* sp., *Orbulina universa*, *Lithothamnium*, Rotálidos, Globigerinas, Bolivinas, Briozoos.

Tramo medio:

17 m. En este tramo las calizas son más oscuras y más cristalinas; hacia el techo se hacen margosas.

Son del tipo Biomicrita arenosa y Biointramicrita arenosa, con fauna de Briozoos, Lithothamnium, Elphidium, Heterostegina, Anomalínidos, Rotálidos, Globigerinas, Heterosteginas.

Tramo alto:

35 m. Es el más monótono. Está compuesto por calizas arenosas, que progresivamente se van haciendo margosas.

El análisis da el mismo tipo de rocas que en el tramo medio: Biointramicrita arenosa, Biomicrita arenosa.

Con fauna similar a la descrita para ese tramo.

La ampliación a estos datos se encuentra en los Informes que acompañan a la Memoria.

Algunos de los elementos de fauna descritos han servido para dar una edad de Tortoniense Superior para toda la serie.

1.5 CUATERNARIO

Está integrado por materiales de carácter aluvial que ocupan zonas de extensión reducida y poco numerosas.

2 TECTONICA

Existen tres grandes estructuras dentro de la zona objeto de este estudio. Se trata de dos grandes anticlinorios a favor de los cuales afloran los materiales más antiguos del Cámbrico y que limitan al N. y S. un sinclinorio central, cuyo núcleo está constituido por la unidad arenoso-pizarrosa que representa el tramo más alto de la serie Cámbrica de la zona.

La unidad carbonatada se interpone entre las citadas estructuras, constituyéndose en flanco de las mismas.

Hacia el E., la serie cámbrica, núcleo del sinclinorio, desaparece, formando un cierre.

Se mantienen las directrices hercínicas típicas regionales en toda la zona.

El plegamiento principal es probablemente de edad astúrica, afectando a toda la serie cámbrica de la Hoja y al Devónico y Carbonífero de la provincia de Córdoba, excepto al Estefaniense de las cuencas carboníferas más meridionales de Peñarroya.

Esta fase pliega intensamente los materiales cámbricos, originando mecanizaciones en los contactos entre las diferentes unidades de ese sistema, e incluso cabalgamientos en los que siempre se ve implicada la unidad

calcárea. La red de fracturación es relativamente densa en la zona, presentándose los dos tipos: longitudinales, paralelas a los contactos y transversales rumbo-deslizantes que desplazan a aquéllos, con planos de fractura en general bastante verticales. Otras fracturas, las que afectan a materiales permotriásicos y miocenos, son probablemente reliquias de los efectos producidos por la orogenia alpina en esta región.

El análisis estructural evidencia la actuación de dos fases de plegamiento coetáneas, debido a que ambas son aproximadamente perpendiculares entre sí. Las observaciones en el campo apoyan la existencia de esta tectónica de ejes cruzados, encontrándose mesopliegues fundamentalmente en la serie calcárea cámbrica, cuyos ejes oscilan entre una dirección N. 30 E. y N. 50 E., en zonas donde las directrices hercínicas ONO-ESE. se mantienen invariables.

No se observan diferencias en las dos generaciones de pliegues existentes; se dan en ambas los tipos concéntrico y similar, este último principalmente en calizas cámbricas.

Ambas generaciones originan pliegues asimétricos que no presentan una vergencia dominante y son muy escasos los pliegues volcados. No obstante, hay que considerar que esto es válido estadísticamente para la serie calcárea cámbrica, ya que es ésta la única que presenta una cierta abundancia de mesopliegues de estas dos generaciones.

Por último, hay que señalar la presencia de una tercera fase de deformación, relacionada en simetría con la fase principal y que origina micropliegues en «V» o «Kink Folds» de ejes subparalelos a la directriz hercínica dominante. Es ésta una deformación menor, hercínica tardía, coaxial con la principal, donde ejes y planos axiales de ambas son subparalelos y la única diferencia existente estriba en la naturaleza de los pliegues que determinan: pliegues concéntricos y similares del movimiento principal y micropliegues en «V» que rizan la esquistosidad (S_2) en este movimiento póstumo.

2.1 ESTRUCTURAS MESOSCOPICAS

De acuerdo con la nomenclatura de TURNER y WEISS se han reconocido en la zona de estudio los siguientes elementos estructurales, según su orden de antigüedad decreciente:

a) *Estructuras planas primarias*

S_1 = Estratificación.—Bien marcada en la serie calcárea, a veces por un fajeado oscuro y otras al intercalarse tramos pizarrosos entre las calizas.

En el infracámbrico es más difícil su reconocimiento, y sólo es claro en aquellos lugares donde se intercalan paquetes arenosos en la serie de micaesquistos y pizarras, o bien donde la serie se presenta arenosa masiva, ya que en estos casos es frecuente encontrar variaciones de composición y textura que se traducen en laminaciones de diferentes tonos.

Respecto a la serie pizarrosa situada inmediatamente encima de la serie calcárea, es fácil medir S_1 , por presentar con relativa frecuencia capas de arenisca intercaladas.

b) *Estructuras planas secundarias*

S_2 = Esquistosidad o superficie axial de los pliegues de primera generación.

S_3 = Esquistosidad transversa o superficie axial de pliegues de la segunda generación.

Esta segunda deformación originó esquistosidad menos marcada (poco penetrativa) y que se evidencia en aquellos lugares donde existen pliegues de esa generación.

S_4 = Crucero de clivodeslizamiento (*strain slip cleavage*) o plano axial de pliegues en V de S_2 .

Son micropliegues de una tercera generación que se manifiestan principalmente en pizarras y esquistos micáceos del Infracámbrico de la serie N.

Finalmente existe una serie de planos de diaclasado no penetrativos y que afectan a los elementos anteriormente descritos.

c) *Estructuras mesoscópicas lineales*

$L_1 = B_{S_1}^{S_2}$.—Ejes de pliegues de primera generación que fueron medidos directamente en mesopliegues de S_1 de plano axial S_2 , o bien por la intersección de esas dos superficies. Su dirección es NO.-SE.

$L_2 = B_{S_1}^{S_3}$.—Ejes de pliegues de segunda generación. El hecho de que S_3 sea tan poco acentuada ha dado lugar a que L_2 se haya medido directamente en mesopliegues de esa generación.

Estos pliegues son muy escasos en la zona, y donde aparecen su dirección es aproximadamente perpendicular a la definida por L_1 .

$L_3 = B_{S_2}^{S_4}$.—Ejes de los «Kink Folds» o de pliegues de S_2 , que tienen como plano axial a S_4 . Han sido medidos directamente sobre los micropliegues y existen buenos ejemplares de este tipo de pliegues en la carretera de Navas de la Concepción a San Calixto, en el tramo comprendido entre los Km. 6,5 y 5,5.

2.2 ANALISIS ESTRUCTURAL

Las investigaciones mesoscópicas estructurales muestran la existencia de una relativa homogeneidad dentro del dominio que comprende la totalidad de la zona. No obstante, se han separado siete dominios (Fig. 1), cuyos diagramas ayudan a visualizar las pequeñas variaciones de la fábrica a lo largo y ancho de la zona. Los datos estructurales mesoscópicos que a continuación se muestran han sido proyectados sobre el hemisferio inferior de una red de áreas iguales.

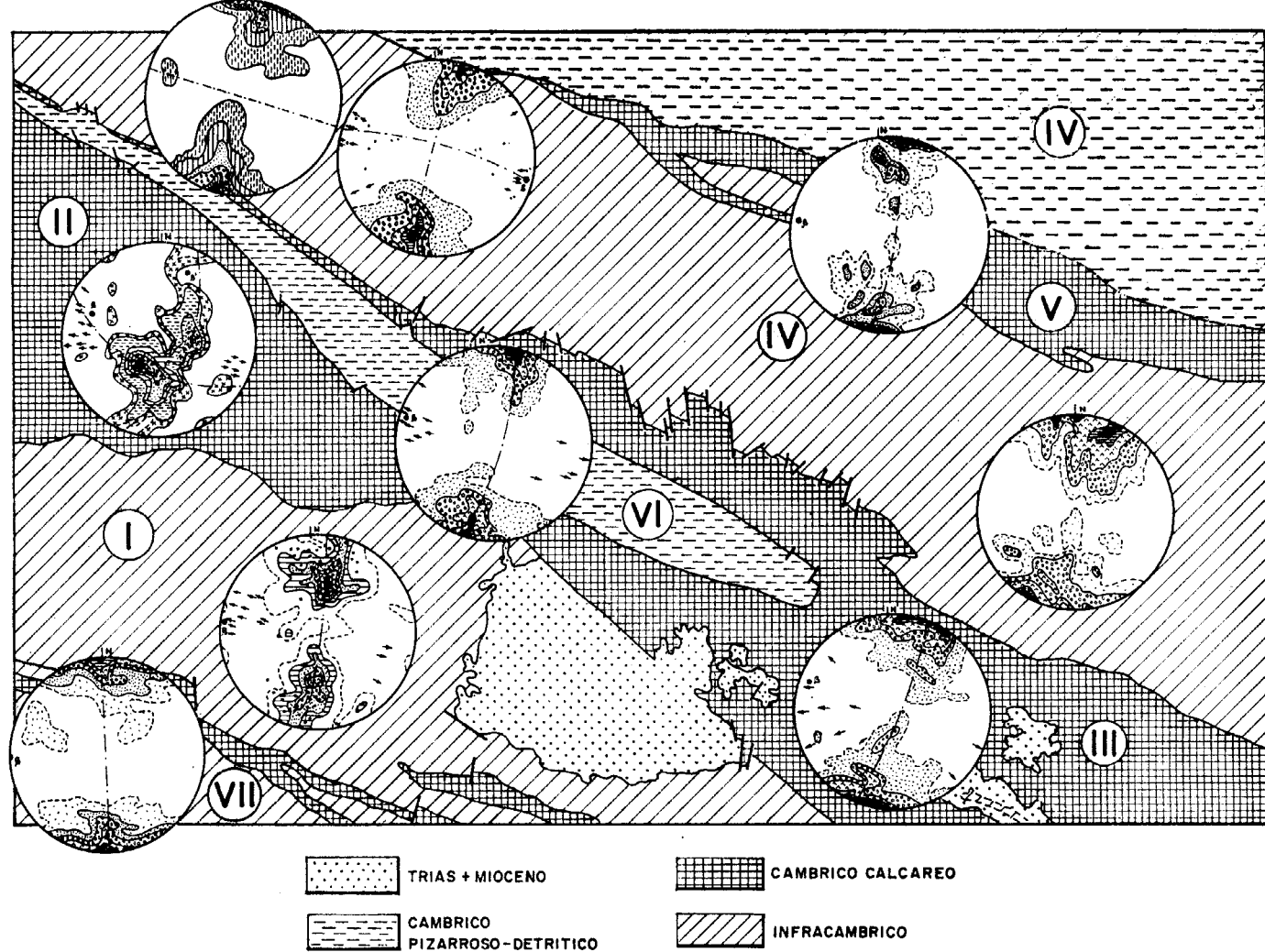
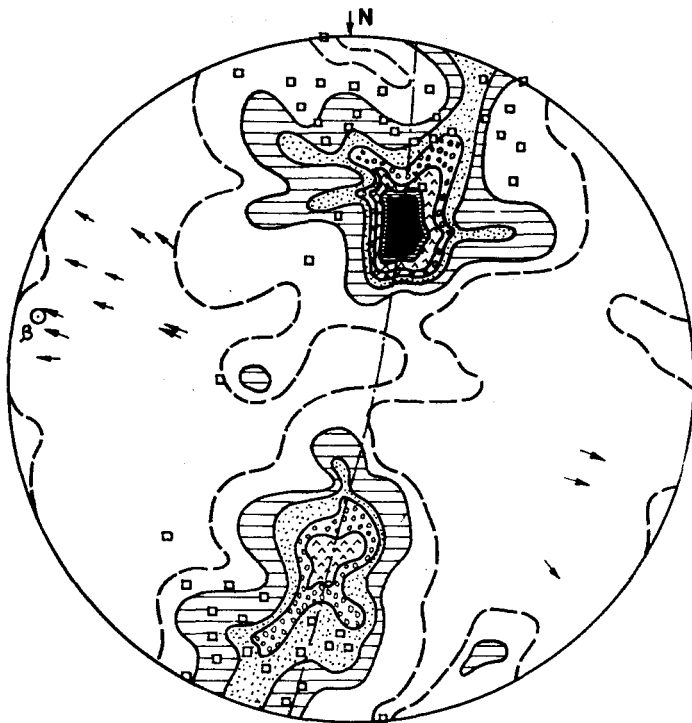


Fig. 1

En el diagrama 1 han sido proyectados 103 polos S_1 , 50 S_2 y 14 L_1 , medidos en el anticlinorio infracámbrico situado al S. de Las Navas de la Concepción.



Los polos S_1 se disponen según una corona con un máximo de un 12 por 100, cuyo plano de simetría define un β o eje estadístico de plegamiento de dirección N. 79 O. y pinchando 6° al O.

La gran dispersión de polos S_1 respecto a un círculo máximo ideal y la variable inclinación de los ejes L_1 , que tanto pinchan al O. como al E., nos indica que el plegamiento no es cilíndrico, debiéndose la pérdida de este carácter a la superposición de un segundo plegamiento de dirección NE-SO.

17

apartan del campo definido por aquéllos. Los buzamientos son en general superiores a los definidos por el máximo de S_1 , lo que está de acuerdo con la inexistencia en el campo de pliegues volcados.

Dominio II

Incluye el diagrama 2, donde se proyectaron 146 polos de S_1 y 18 L_1 tomados en el Cámbrico calcáreo occidental.

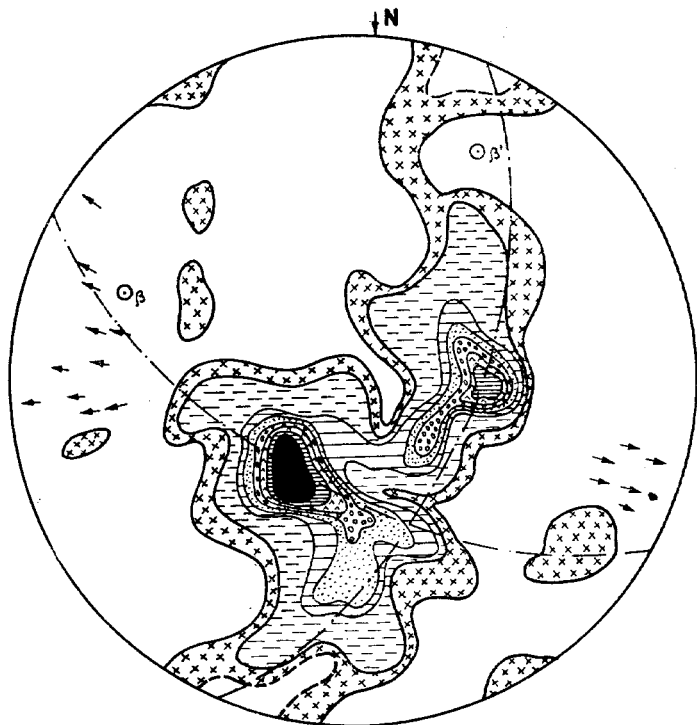


Diagrama 2.—146 polos de S_1 (contornos 2, 3, ... 8 %) y 18 L_1 en el Cámbrico calcáreo occidental.

Se observa en este diagrama una mayor dispersión de polos S_1 con respecto al círculo máximo ideal en que deberían distribuirse si el plegamiento fuera cilíndrico, llegando a definir por dispersión un β' que puede ser representativo como eje estadístico del segundo plegamiento, de dirección N. 26 E. y hundiéndose 25° al E. Teniendo en cuenta que el β tiene una di-

rección N. 72 O. y pincha 18° al O., las dos tectónicas serían aproximadamente perpendiculares.

Esta segunda fase originó el cabeceo de los ejes L_1 , que, aunque escasos, se disponen a lo largo de un círculo máximo cuyo polo, de acuerdo con WEISS (1959) y RAMSAY (1960), coincide con el eje de esta segunda deformación. Aunque no se ha trazado este polo en el diagrama, es fácil comprobar que estaría próximo al calculado. Al igual que el diagrama anterior sigue existiendo una mayor tendencia de ejes L_1 a hundirse hacia el Oeste con ángulos cuya magnitud oscila entre 0 y 30°.

Dominio III

Se han proyectado en estos dominios 123 polos de S_1 y 10 ejes L_1 (representados en el diagrama 3), correspondientes al Cámbrico calcáreo oriental.

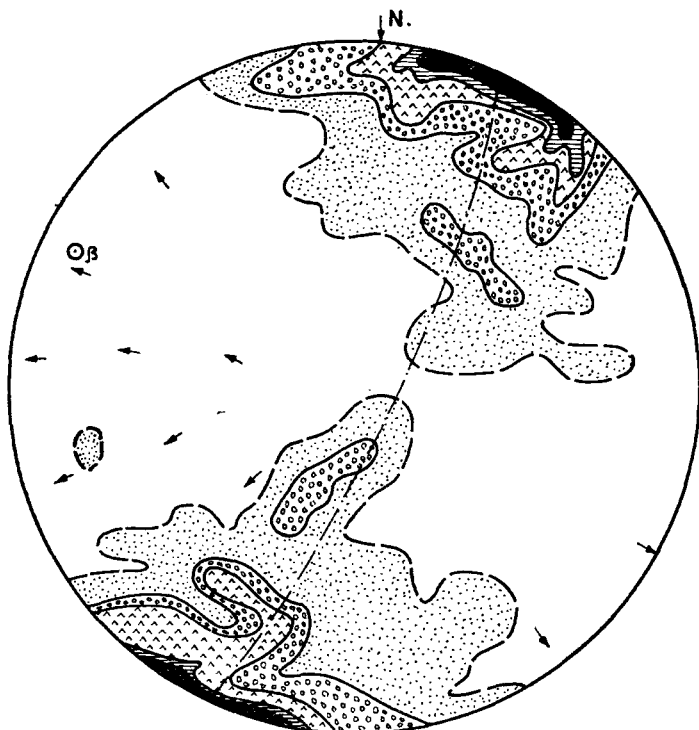


Diagrama 3.—123 polos de S_1 (contornos 1, 2, ... 8 %) y 10 L_1 en el Cámbrico calcáreo oriental.

Los polos de S_1 definen un máximo del 8 por 100 para estratos casi verticales y uno de dirección N. 70 O. y prácticamente subhorizontal.

Se observa mayor verticalidad en los estratos y una mayor dispersión en los ejes L_1 con respecto a la zona occidental de esta misma unidad (diagrama 2), conservándose invariable la dirección de la tectónica principal.

La razón de que no se proyectaran medidas de S_2 dentro de la unidad calcárea es porque son muy pocos los casos en que difiere de S_1 .

Dominio IV

Abarca todo el anticlinorio Infracámbrico del N., así como la serie detritica superior. Los diagramas 4 y 5, representativos de la parte occidental de este dominio, comprenden la proyección de polos S_1 , L_1 , L_3 y S_2 . El primero de ellos muestra un máximo de un 4 por 100 de polos S_1 , corres-

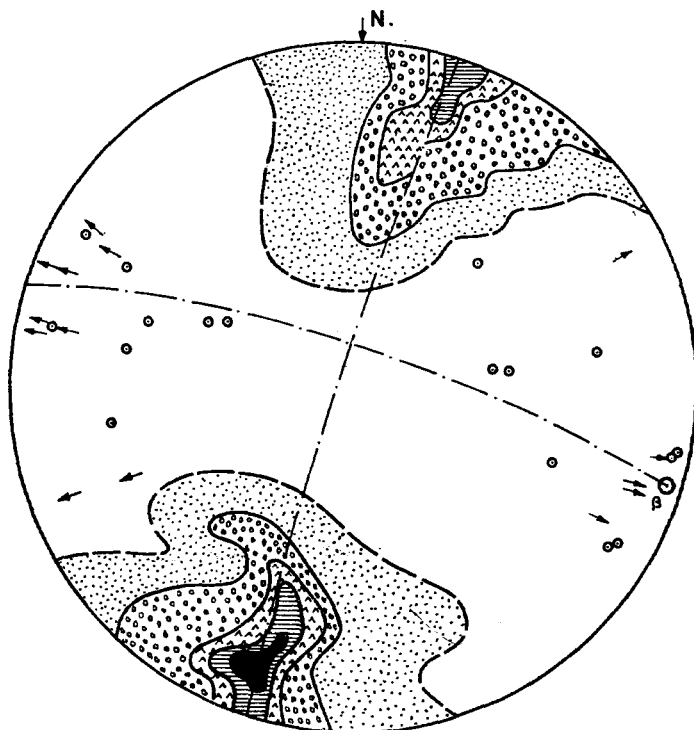


Diagrama 4.—54 polos de S_1 (contornos 0, 1, 2, ... 4%), 14 L_1 (→) y 17 L_3 (○) en el Infracámbrico noroccidental.

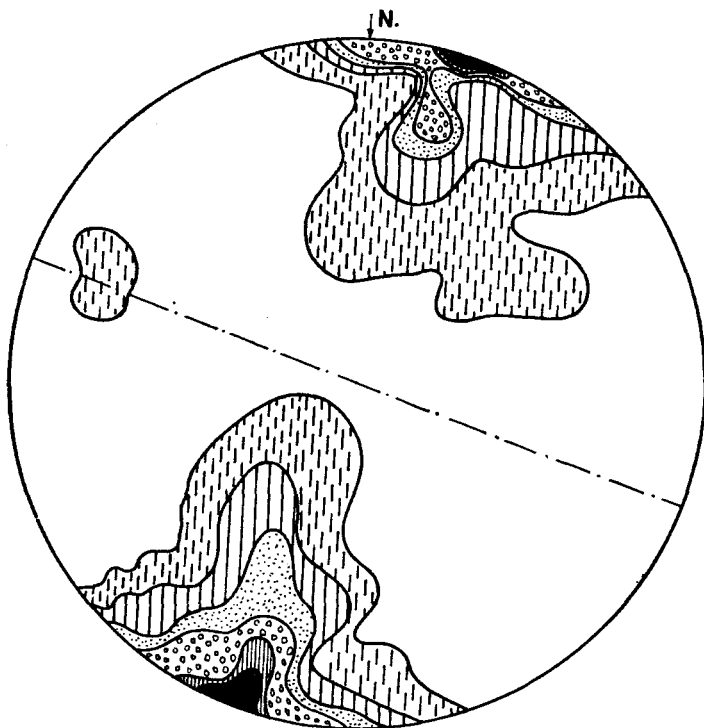


Diagrama 5.—177 polos de S_2 (contornos 1, 2, ... 10 %) del Infracámbrico noroccidental.

pondientes a una dirección N. 74 O. y un buzamiento de 75° N. El β resultante, con una dirección N. 75 O./4 E., es paralelo a las estructuras lineales L_1 , como cabe esperar, ya que están relacionados con la misma fase de deformación. En este mismo diagrama la disposición de los polos de ejes L_3 indica que la tercera fase de plegamiento es subparalela a la principal y los esfuerzos tectónicos causantes de estos movimientos debieron actuar en un plano de simetría común, un plano sensiblemente vertical y de rumbo Norte-Nordeste, Sur-Sudeste. Sin embargo, esta última fase ha dado lugar a pliegues con un «plunge» más acusado.

Los 177 polos de S_2 (diagrama 5) están concentrados en un máximo de dirección N. 72 O. y subvertical y se conserva paralelo al plano axial definido por S_1 en el diagrama anterior.

La zona oriental de esta unidad, representada por el diagrama 6, es prácticamente similar, y los 169 polos S_2 se disponen de forma análoga.

Únicamente hay que señalar que en esta zona es más difícil distinguir estratificación, por lo que no se pudo proyectar S_1 ; no obstante, como diagrama es muy similar al que representa la unidad cámbrica calcárea ental (n.º 3), unidad con la que está en contacto, sigue siendo patente paralelismo entre S_1 y S_2 .

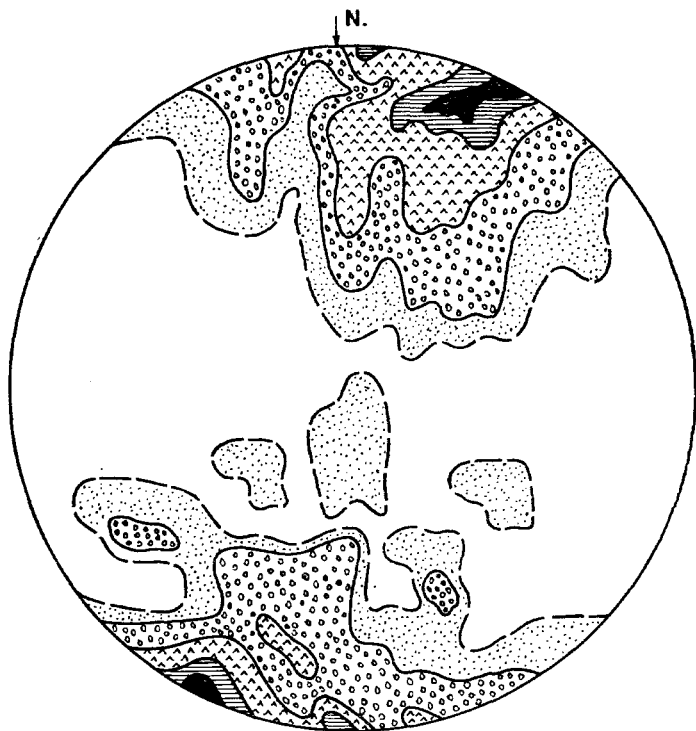


Diagrama 6.—169 polos de S₂ (contornos 1, 3, ... 7 %) del Infracámbrico nororiental.

Dominio V

Megascópicamente, este dominio representa un anticlinorio apretado que se alza en materiales cámbricos calcáreos con un núcleo Infracámbrico, y cierra al O. pinchando en esa misma dirección.

El diagrama correspondiente (n.º 7) muestra un máximo de un 3 por 100 de polos S_1 subverticales y un eje estadístico de plegamiento, de dirección N. 76 O. que se hunde 8º al O.

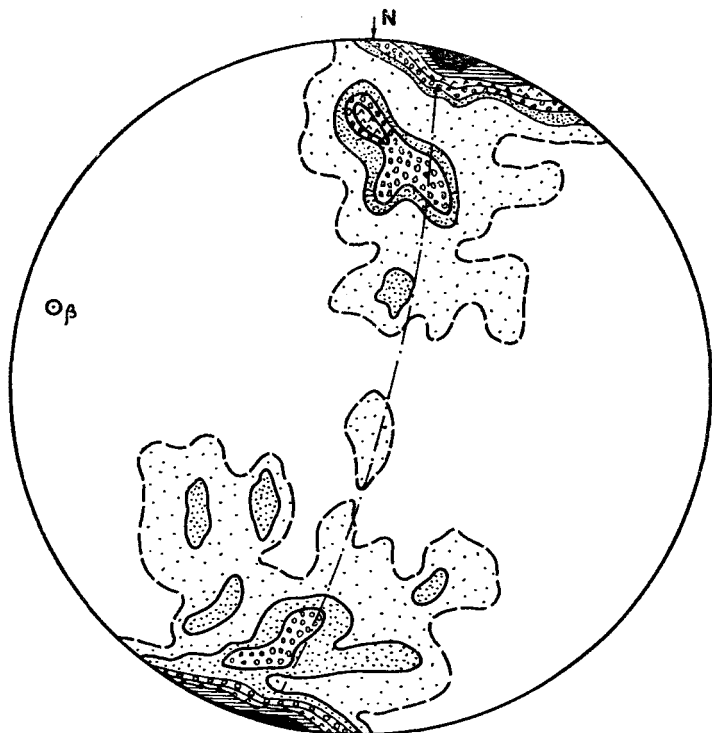


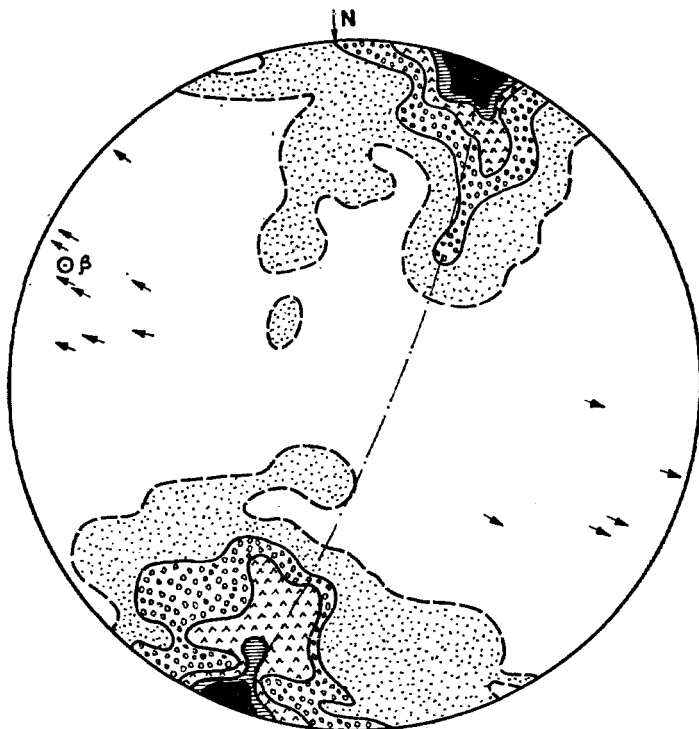
Diagrama 7.—47 polos de S_1 (contornos 0,5, 1, 1,5, ... 3 %) del Cámbrico calcáreo del anticlinal de Los Peñones.

Dominio VI

Comprende el tramo arenoso-pizarroso que aflora en el sinclinorio central de la Hoja.

Las 84 medidas de S_1 y 14 L_1 proyectadas en el diagrama 8 son bastante representativas de la tectónica de esta unidad por la dispersión geográfica con que se hicieron, despreciándose las afectadas por fracturas.

El máximo del 8 por 100 de polos S_1 define un eje N. 63 O./10 O.



Example 1

TABLE 1. Summary of the 1996-1997 and 1997-1998 seasons for the 1000-hour program. The number of hours of instruction for each season is shown in parentheses. The number of students who completed the program is shown in parentheses. The number of students who did not complete the program is shown in parentheses. The number of students who were not enrolled in the program is shown in parentheses.

recen representadas casi todas las unidades cámbricas existentes en la zona.

El diagrama 9, donde se representan 129 polos S_1 , denuncia el efecto de esta tectónica que da lugar a que estadísticamente el eje de plegamiento principal adopte una dirección E-O.

Este eje aquí es prácticamente horizontal.

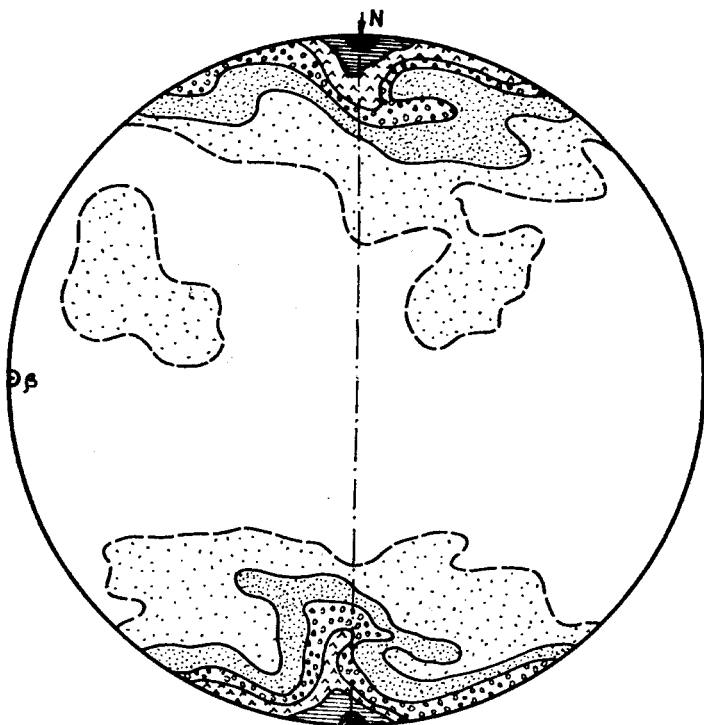


Diagrama 9.—129 polos de S_1 (contornos 1, 2, ... 10 %) en la zona suroccidental de la Hoja.

Finalmente, considerando la relativa homogeneidad observada dentro del dominio que constituye la totalidad de la zona estudiada, nos hemos permitido agrupar en los diagramas 10 y 11 las escasas medidas en el campo, correspondientes a valores L_2 , L_3 , S_3 y S_4 .

Comparando el diagrama 10 con los anteriores, donde aparecen S_1 y L_1 , puede observarse el reiterado subparalelismo entre la tercera fase definida en ese diagrama S_4 y L_3 y la fase principal.

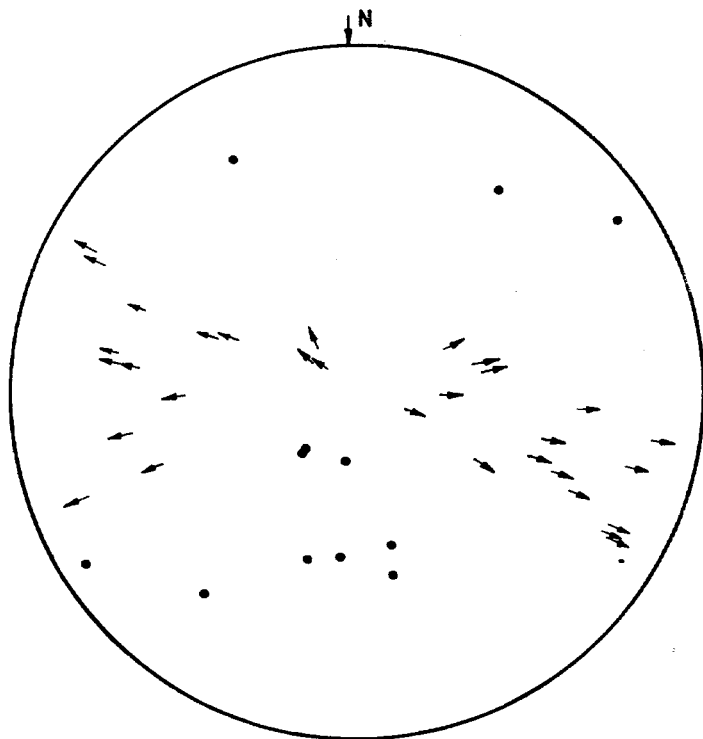


Diagrama 10.— $\bullet = S_4$
 $\rightarrow = L_3$

El diagrama 11 de polos S_3 y L_2 estadísticamente es una pobre representación del segundo plegamiento, pero puede tener cierto valor si se tienen en cuenta las consideraciones hechas en los anteriores diagramas para esta fase.

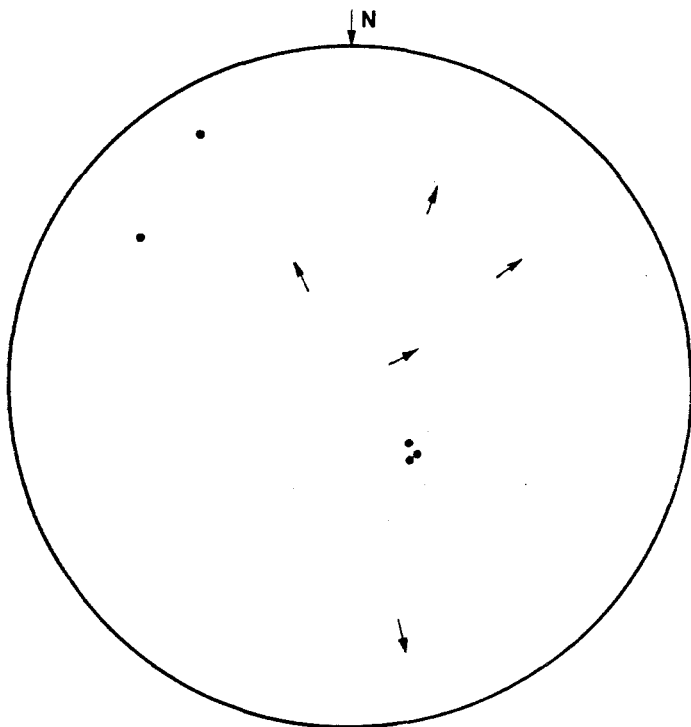


Diagrama 11.— $\cdot = S_3$
 $\rightarrow = L_2$

3 HISTORIA GEOLOGICA

Los materiales existentes en la región en estudio pertenecen en su mayor parte al Cámbrico Inferior. No está representado el resto del Paleozoico, a excepción de una pequeña mancha calcárea, datada como perteneciente al Devoniano Superior-Carbonífero Inferior.

Estos materiales son los que han sufrido las diferentes fases orogénicas con sus procesos metamórficos acompañantes. Los restantes son sedimentos, pertenecientes al Triás (Facies Bunt), compuestos por conglomerados y areniscas, y al Mioceno predominantemente calcáreo. Existe, además, un Cuaternario de reducida extensión.

No existen bases seguras para afirmar que existan en esta zona materiales prepaleozoicos, de aquí que comencemos a describir la historia geológica partiendo del Cámbrico Inferior.

Comienza esta fase transgresiva con sedimentación de carácter detrítico. En el Sur, al norte de la gran falla de dirección ONO-ESE., tuvo lugar una sedimentación de materiales finos con magnetita, que algunos autores hacen corresponder con zonas de playas o al menos de influencia de mareas. Se deduce de este hecho que la costa sur del mar de los primeros tiempos del Paleozoico no estaría lejos de esta zona.

Existe una gradación en el tamaño de grano de los sedimentos detríticos, de S. a N., pues en esta dirección se van haciendo más gruesos, gradación que se rompe a partir del norte del anticlinal de Los Peñones, donde los materiales vuelven a ser similares a los del Sur. Esta gradación no puede establecerse, sin embargo, en un sentido temporal, pues los distintos tramos donde este tipo de sedimentación detrítica aparece, aun siendo coetáneos, mantienen diferencias en el carácter de los sedimentos, acusando heterogeneidades en la cuenca, distintos modos de transporte, etc.

Durante este período se producen pequeñas emisiones volcánicas submarinas, a juzgar por el carácter albítico de los feldespatos integrantes de las lavas. Estas efusiones se mantendrán a lo largo de todo el Cámbrico Inferior, existiendo épocas dentro de él en que las emisiones se presentan con una frecuencia mayor.

Dos de estas etapas efusivas adquirieron mayor importancia que las demás. La primera de ellas se sitúa al comienzo del Cámbrico. La segunda parece haber tenido lugar durante la última época de deposición de los niveles más bajos del Georgiense Superior, precedida por un período de sedimentación detrítica conglomerática.

Hacia el techo de la serie en la que venimos ocupándonos, pero ya dentro del Georgiense Inferior datado, comienza la sedimentación calcárea, lo que significa que la transgresión continúa avanzando y que existe una tendencia general hacia el hundimiento progresivo de la cuenca y de los sedimentos que en ella se depositan. Si bien esta tendencia se interrumpe por sucesivas pulsaciones del fondo, según muestran las variaciones relativamente bruscas en el tamaño de grano de la sedimentación detrítica anterior.

La sedimentación calcárea continúa durante el Georgiense Inferior alto, pero cesa antes de que este período de tiempo finalice, comenzando entonces una fase claramente regresiva que vuelve de nuevo a una sedimentación detrítica, de características similares a la de los tramos inferiores, pero de menor duración.

A partir de aquí, las emisiones volcánicas no desaparecen, pero su frecuencia disminuye notablemente.

Es posible que la tendencia regresiva venga condicionada por una tec-

tónica prehercínica, que implica un progresivo levantamiento del zócalo. A partir de aquí carecemos de datos suficientes para establecer una historia geológica precisa. Existen dos posibilidades: que esta zona permaneciera sumergida hasta que la orogenia hercínica provocara su emersión o que ésta tuviera lugar con anterioridad, incluso poco después de que finalizara el tramo de sedimentación detrítico-pizarrosa.

En apoyo de lo primero existen dos hechos: uno es la existencia del pequeño retazo Devónico Superior-Carbonífero Inferior, con sedimentos calcáreos de facies marina; esto significa que durante la fase bretónica (prehercínica) la zona estaba sumergida al menos parcialmente. Otro hecho es que regionalmente se han datado materiales del Silúrico y Devónico, con proximidad geográfica a la zona objeto de estudio.

Tenemos dos razones que ayudan a confirmar la segunda hipótesis: la primera es no haber hallado en toda la extensión de la Hoja ningún afloramiento de materiales posteriores al Cámbrico Inferior, excepción hecha del pequeño retazo mencionado antes. Otro hecho, quizá el más relevante de todos, es que los sedimentos del Bunt se apoyan en discordancia directamente sobre el Cámbrico Inferior. Esto no niega la primera posibilidad, pero sí hace más difícil su aceptación.

Suponiendo que hubiese habido sedimentación durante el Ordovícico, Silúrico, Devónico, etc., y que la orogenia hercínica hubiera provocado la emersión de la zona, quedaría un espacio de tiempo relativamente corto (Estefaniense y Pérmico) para lograr el arrasamiento total de los materiales paleozoicos, posteriores al Georgiense y anteriores al Devónico alto, que suponemos totalizarían un espesor considerable.

Por eso es más razonable pensar que después del Cámbrico Inferior se produjo una emersión que se mantuvo hasta el Devónico, operándose entonces una fase transgresiva que dio lugar a una sedimentación. Movimientos orogénicos posteriores dejarían expuestos a la erosión los materiales provenientes de ella, preservando el pequeño afloramiento que a modo de reliquia encontramos en la zona objeto de estudio.

Respecto de los esfuerzos que han afectado a los materiales comprendidos en esta Hoja, podemos señalar que no hemos observado vestigios, más que de la orogenia Hercínica, causante de toda la tectónica existente en la zona.

En los comienzos del Mesozoico la región en estudio se encuentra emergida, como lo prueba el carácter continental de la facies Bunt. Los sedimentos rellenan una cuenca de carácter local, que está relacionada con las que ocupan los pequeños retazos que deja la transgresión triásica y que dan lugar durante el Bunt a cuencas continentales de influencia litoral.

Finalizada esta transgresión, la zona aparece emergida y se mantiene así durante todo el Mesozoico y parte del Terciario hasta el Tortonense Superior, siendo entonces cuando el mar inunda la esquina suroriental de la Hoja, dando lugar a pequeñas cuencas, rellenas de sedimentos calcáreos.

Algunas fallas de gravedad que afectan a estos sedimentos demuestran la influencia póstuma de la fase alpina.

En zonas situadas al sur y al este de la región en estudio existen materiales del Mioceno que indican una tendencia a la regresión, pero las calizas, únicos sedimentos terciarios en esta zona, indican un carácter marcadamente transgresivo.

Por las características fisiográficas y morfológicas de la zona, el desarrollo de los sedimentos cuaternarios no ha sido muy amplio, dando lugar a pequeñas extensiones apenas cartografiables, todas ellas de carácter aluvial.

4 GEOLOGIA ECONOMICA

4.1 MINERIA

De las tres regiones naturales en que se divide la provincia de Córdoba: las dos sierras y el llano del Guadalquivir, sólo la Sierra del Norte posee una relativa frecuencia de mineralizaciones. El cobre es la sustancia más abundante.

Dentro de la región en estudio existe gran número de labores mineras, la mayor parte abandonadas con desarrollo muy escaso. De acuerdo con la situación geográfica de los indicios, la Hoja se divide en tres zonas.

La más septentrional, al sur de Alcornocoras, con puntos que se distribuyen por el Rascabijal y por las márgenes del Benajarafe, junto con numerosos vestigios de labores antiguas que quedan al norte del Nevalo y al oeste del citado Benajarafe.

Más al Sur existe otra agrupación que se extiende desde el norte de San Calixto, por las Mesas del Bembézar y hasta la finca de Aljabara, siendo aquí dignas de mención las minas del Romano y la de Vega de los Romanos, ambas abandonadas.

En la zona más meridional las manifestaciones son menos abundantes, pero no faltan en el Manzorro y en los cauces del Bembézar y del Gualvacarejo.

En la zona primera se incluyen los yacimientos, todos antiguos y abandonados, de Alcornocora, mina de la Sultana y la mina Reina Cristina.

En la zona centro tampoco existen minas que se estén explotando en la actualidad. Existen labores antiguas en La Adelfilla, particularmente en el límite con las Mesas del Bembézar, donde se encuentra un filón relleno de cuarzo y calcita con galena y cobre. Esta asociación se repite en el grupo de Los Almadenes, dentro de las Mesas del Bembézar. En la finca de La Mata existe un filón de cuarzo, con oligisto micáceo y algunas piritas

de cobre. En algunos puntos, sobre todo en las proximidades de la mina del Romano, se encuentran gran cantidad de escorias cobrizas.

Las paragénesis más frecuentes son de dos tipos: de cobre y plomo y cobre y hierro. Respecto de las relaciones genéticas entre las mineralizaciones y los distintos tipos de rocas no se pueden establecer conclusiones ciertas. En general las mineralizaciones son de tipo filoniano, con un par de características comunes, la presencia de monteras de carbonatos y el aumento progresivo del grado de metalización con la profundidad, hasta una determinada cota, donde desaparece.

Dentro de la región en estudio sólo existe una mina en explotación, situada en la provincia de Sevilla, a 13 Km. de Constantina; se denomina San Enrique, y la compañía que la trabaja es «Explotaciones Mineras San Enrique». Se trata también de una manifestación filoniana consistente en vetas de calcopirita y otros minerales de cobre; su génesis parece ser hidrotermal y las impregnaciones cupríferas rebasan los límites del relleno, alcanzando notables potencias. La ley media se estima en 1,50 por 100 de Cu.

Las primeras labores se remontan a épocas romanas e incluso anteriores, como lo delatan algunos útiles de trabajo encontrados actualmente. Interrumpida, después volvió a ser explotada, en fecha relativamente reciente, alrededor de los años cuarenta.

Los materiales en los que esta mina se encuentra son metamórficos del Infracámbrico, pizarras y esquistos intercalados con rocas volcánicas afectadas de un metamorfismo que las separa en dos tipos fundamentales: porfiroides y diabasas. Aunque la mineralización se encuentra enclavada en pizarras, no es muy difícil pensar que la presencia tan próxima del vulcanismo esté relacionada con la mineralización. De hecho en esta zona, y antes de conocer la existencia de la mina, habíamos observado impregnaciones metalizadas en las superficies de discontinuidad de algunas de las rocas que estudiábamos.

Además de estas mineralizaciones cupríferas, algunos autores ponen de manifiesto la existencia de indicios de plata y barita, en algunos casos asociadas al cobre y sin que podamos dar más datos sobre ellas.

Por último, y como resultado de las observaciones efectuadas en la realización del trabajo, podemos señalar la existencia de un indicio, en relación con calizas y posiblemente de tipo Skarn; es de carácter ferruginoso y se sitúa en el Km. 2 de la carretera de Las Navas de la Concepción a San Calixto.

4.2 CANTERAS

Hemos encontrado en la demarcación de la Hoja dos ejemplos de canteras, que han sido localizados de forma precisa. Las rocas que se explotan son siempre calizas y su puesta en explotación viene condicionada por la

presencia, en zonas relativamente próximas, de obras públicas de diversos tipos, preferentemente presas y carreteras. En la construcción de algunas de estas últimas se ha empleado también el conglomerado del Trías, más aún en las zonas donde las carreteras atraviesan esta formación.

No hemos reconocido el empleo de otros tipos de rocas, y de hecho no existen en la zona otros materiales que presenten condiciones de explotabilidad; a no ser con carácter de ornamentación, lo que pueden cumplir algunas rocas volcánicas masivas y otras que son calizas marmóreas casi mármoles.

Las canteras de calizas se sitúan en el arroyo de Guadalora, en la margen derecha, junto al puente de Algeciras. Su explotación fue promovida por la construcción de la presa del Retortillo, hoy día en últimas fases. En la banda de Cámbrico calcáreo, situada al Norte, en el extremo este, junto a las Aljabas, se encuentra la otra cantera en explotación.

Además de la condición antes señalada, la situación de las canteras está en función de la existencia de afloramientos masivos, lo cual no es frecuente aquí, pues estas series denominadas calcáreas se ven afectadas de una variación en el tipo de sedimentación de calizas, pizarras y areniscas. Otro inconveniente que dificulta la explotación es la fuerte tectónica con que regularmente se ven afectadas las formaciones.

La caliza que se explota presenta en general una gran dureza en relación con su carácter muy cristalino; sus tonos son muy variados y con frecuencia se ve atravesada por venillas de calcita.

4.3 HIDROGEOLOGIA

Dentro de la región en estudio, la pluviometría no es muy alta; concretamente, para dos puntos situados en la zona y otro fuera, pero próximo a ella, se dan las siguientes medias anuales:

San Calixto	634 mm.
Finca de la Mata	663 mm.
Posadas	480,4 mm.

Más alta en los primeros, que consecuentemente se encuentran en la sierra. Decíamos que este valor no es excesivamente elevado, pero tampoco el que cabe esperar a juzgar por el aspecto de relativa sequedad que la zona ofrece.

No parece existir en principio gran cantidad de aguas subterráneas.

Teniendo en cuenta la pluviosidad, cabe esperar que la escorrentía superficial tenga bastante importancia y que la evapotranspiración sea alta. De hecho se establecen medias anuales de evapotranspiración potencial para Posadas y Córdoba de 953,6 y 1.216, respectivamente; en relación con lo primero podemos señalar que se encuentran en la zona gran número de

arroyos, todos sujetos a variaciones estacionales acusadas, hasta el punto de que en los meses de verano su caudal desaparece; sin embargo, en algunos casos la desaparición no es total; en principio podemos pensar que en estos casos parte del caudal tiene un origen subterráneo.

Al intentar contestar a la pregunta de cuáles son los acuíferos en esta zona, hay que jugar con datos que desconocemos, tales como el inventario de puntos de agua, etc.; no obstante, sabemos que el número de fuentes naturales es muy escaso; de hecho, en el mapa topográfico sólo viene representada una. Por otro lado, y como resultado de una ligera observación, los pozos parece que tienen problemas y sus caudales son bajos.

Por la combinación de estos datos imprecisos con la información que la geología de la región en estudio puede brindarnos se podría hablar de algunas zonas con más posibilidades.

La esquina suroccidental, en zonas próximas al contacto entre las rocas volcánicas y los esquistos, por tener las primeras unas condiciones de impermeabilidad que retienen a las aguas filtradas por los materiales metamórficos. Para que esto pueda suceder las rocas volcánicas deberían tener un carácter masivo que aquí no se encuentra. Más bien la continua interrupción de las rocas volcánicas por las metamórficas llevaría a la posible existencia de pequeños acuíferos aislados más que de uno solo que ocupara toda la formación. Este mismo es el caso de la zona de contacto entre las volcánicas y los materiales metamórficos del Infracámbrico, situada en el borde oriental de la Hoja.

Las características de la banda volcánica del Norte, más alejadas aún del modelo ideal, hacen casi inviable la explotación en esta zona de aguas subterráneas.

La gran mancha de Cámbrico calcáreo que envuelve al término de Las Navas de la Concepción podría también ser un acuífero, aunque esté sujeto a variaciones zonales y puntuales, según la litología acompañante y la tectónica de fallas y fracturas las hicieran más o menos favorables.

Por último, las calizas miocenas, más porosas que las anteriores, pueden constituir mantos colgados, si bien muy limitados por la reducida extensión de los afloramientos y su espesor relativamente pequeño. No obstante, al suroeste de Hornachuelos existe un manantial que sin duda proviene de estas calizas.

Por la insuficiencia de datos y estrechez del estudio no hemos podido establecer conclusiones más ciertas; sin embargo, son válidas para establecer un enfoque pesimista acerca de la explotación de aguas subterráneas en esta zona.

5 PETROLOGIA DE ROCAS IGNEAS Y METAMORFICAS

5.1 ROCAS VOLCANICAS

Existen, dentro de la región en estudio, tres tipos fundamentales que se sitúan en un nivel espacio-temporal diferente, según su naturaleza.

Los tres tipos son:

Queratófidos ferríferos, porfiroides de queratófidos cuarzosos, espilitas y porfiritas espilitizadas esquistosas.

Se incluyen en este capítulo unas cuarzo-diabasas espilitizadas, si bien parece tratarse de rocas de naturaleza subvolcánica.

5.1.1 Queratófidos ferríferos (βA^1)

Se localizan preferentemente en una banda septentrional que hemos diferenciado dada la abundancia en ella de este tipo de rocas volcánicas.

5.1.1.1 Características petrográficas

Estas rocas tienen una textura porfídica que a veces se hace fluidal; otras, amigdaloides o vesicular, *sin que ninguna de estas tres últimas excluya a la primera*. Están formadas por fenocristales abundantes de albita a veces sericitizada, con tamaños comprendidos entre 1 ó 2 mm. hasta 8 ó 10, siendo los más frecuentes los de tamaño intermedio, comprendidos entre 3 y 4 mm.

Los fenocristales del componente máfico son raros y siempre están cloritizados, dando lugar a una liberación de esfena y hierro, caracteres que constituyen el único indicio de su presencia.

La pasta varía de fina a microgranular pilotáxica y traquílica, raramente alotriomorfa. Está constituida por microlitos de albita, que adoptan una disposición divergente o subparalela con clorita intergranular subordinada y con abundante mineral de hierro regular y finamente esparcido. Estos últimos entran a formar parte de los accesorios junto a la titanita y el apatito, que resulta marcadamente escaso.

Entre las alteraciones químicas que afectan a estas rocas se pueden citar: *la epidotización*, visible en un 10 por 100 de los ejemplos estudiados, mostrándose escasa y siempre en la variedad ferrífera (pistacita, amarillo-parda, pleocroica, con colores de interferencia abigarrados). *La potasificación*, muy localizada, impregnando la matriz, se manifiesta por la sustitución parcial de los cristales albiticos y como material de relleno conjunta-

mente con epidota, en fracturas. La *calcificación* es la más frecuente de las tres consideradas, pues se presenta en un 30 por 100 del total de rocas estudiadas; igualmente es la más penetrativa, se manifiesta relleno de amígdalas, pero con más frecuencia se encuentra distribuida irregularmente por toda la roca, relleno de fracturas, huecos irregulares y penetrando por las líneas de cruce de los fenocristales de albita. El hecho de que este proceso de calcificación tenga lugar viene justificado por la presencia próxima de las rocas del Cámbrico calcáreo.

Respecto del tipo de yacimiento, ya se ha dicho en otros apartados que no se trata de rocas masivas, sino de bancos de espesor reducido, interestratificados con rocas de naturaleza sedimentaria. Estos bancos han sufrido una serie de dislocaciones y deformaciones desde su estado original, que han provocado la desaparición de las estructuras primitivas.

No existe duda respecto del carácter submarino de las emisiones, generalmente reconocidas como de fondo de geosinclinales. Se trata casi siempre, y éste es un ejemplo de ello, de fases efusivas, alternantes con períodos de tranquilidad en los que tiene lugar la deposición de materiales exógenos.

Estos materiales presentan un metamorfismo que, aunque ligero, es notable. En los queratófidos este carácter está más atenuado, pudiéndose separar tres grupos, según los cambios que han experimentado.

- a) Rocas que aparentemente no presentan transformaciones de carácter dinámico.
- b) Rocas que han sufrido una brechificación.
- c) Aquellas en las que el metamorfismo ha dado lugar a deformaciones y desplazamientos de los fenocristales, pero no de la materia integrante de la matriz. Lo primero las separa de dos tipos a) y b), y lo segundo las diferencia de las rocas metamórficas interestratificadas con ellas.

La distribución geográfica de estas rocas encaja con el modelo de actuación del metamorfismo, reflejado en el esquema de la figura 2.

5.1.2 Porfiroides de queratófidos cuarzosos

Existe otro grupo de queratófidos que, a diferencia de los anteriores, tienen cuarzo y han sufrido un metamorfismo importante que los ha transformado en porfiroides.

Se sitúan en el ángulo suroccidental de la Hoja y están incluidos en la zona de la biotita. Están formados por fenocristales deformados de albita y más raramente de cuarzo automorfo, rodeados de una mesostasis foliada microgranular cuarzo-albítica con abundante material micáceo.

5.1.3 Espilitas y porfiritas espilitizadas esquistosas indiferenciadas

Se localizan en el sector occidental de los dos en que se divide la franja ya mencionada para los queratófidos.

La composición mineral de estas muestras comprende fenocristales de albita maclados, con predominio de las maclas de Carlsbald y de albita, con ausencia de estructuras zonadas.

Entre los efectos de deformación dinámica en los fenocristales de albita se producen:

Extinción ondulosa, rotura, granulación marginal como producto de rotación y fricción, desplazamiento y curvatura de los planos de macla, etc.

En la mesostasis, micro y finogranular, con una esquistosidad muy clara, se observan reliquias de las texturas originales, subofítica, pilotáxica e intersertal. Sus componentes minerales más importantes son: albita en pequeños cristales tabulares o en masas alotriomorfas fino y microgranudas, acompañada de abundantes productos de transformación deutérica-epimetamórfica, tales como clorita, mineral de epidota (la variedad ferrífera, pistacita, como más frecuente, habiéndose observado también clinozoisita), sericita y carbonatos.

Minerales accesorios muy comunes: mineral de hierro, ilmenita alterada a esfena y apatito prismático y acicular.

Estas rocas han sido profundamente afectadas por una serie de procesos de transformación secundaria, desde el enfriamiento *siguiente a la efusión* en un período magmático-tardío, hasta el metamorfismo, habiendo sufrido antes un proceso deutérico.

Los procesos más comunes que estas transformaciones traen consigo son: *cloritización* total de los ferromagnesianos, sin que haya quedado ningún resto; *espilitización* del plagioclasa, acompañada frecuentemente de epidota y carbonato, ambos de neoformación; *deformaciones* causadas por el metamorfismo dinámico, que imprime una orientación preferencial de todos los componentes, así como bandas de segregación del material micáceo que se orientan en el sentido de la esquistosidad.

El rasgo de campo que más las caracteriza es su color verde y su aspecto porfídico, además de una esquistosidad marcada.

5.1.4 Cuarzo-diabasas espilitizadas (ϵ^1)

Como ya hemos indicado al comienzo del capítulo, estas rocas parecen ser subvolcánicas. Esta hipótesis se apoya preferentemente en tres hechos:

- a) La regularidad en el tamaño de sus granos, que implica la no existencia de mesostasis.

- b) Tamaño grueso de los cristales, mayor que el correspondiente, si su enfriamiento hubiera sido rápido.
- c) El predominio de la textura subofítica sobre la ofítica.

Las dos primeras razones señaladas podrían aducirse para el caso de que se tratase de rocas comprendidas en el núcleo de masas volcánicas relativamente potentes, pero el estudio de campo demuestra lo contrario, pues ocupan pequeñas extensiones de espesor reducido.

Texturalmente corresponden a variedades de grano medio con características desde ofíticas a subofíticas más o menos homogéneas, sin que constituyan mesostasis. En la primera se presentan listones tabulares. En la segunda, algunos subanhedrales de plagioclasa están englobados en grandes placas del ferromagnesiano.

En el plagioclasa se reconocen señales de descalcificación (o espilitación) con liberación de la molécula de anortita que pasa a formar calcita, pero sobre todo minerales del grupo de la epidota (pistacita y/o clinozoisita).

El componente ferromagnesiano original es un piroxeno monoclinico de la variedad augito, que por lo general está sustituido por sus productos de alteración. Unas veces está anfibolitizado, transformándose en actinolita fibroso-acicular pleocroica, verde azulada, acompañada de biotita, con granitos de esfena liberada. Otras veces el ferromagnesiano se encuentra cloritizado.

Entre los minerales accesorios los más frecuentes son: cuarzo anhedral como relleno de espacios intersticiales, apatito en secciones prismáticas, esparcido regularmente, y minerales metálicos de hierro y titanio, transformado este último a esfena.

Las transformaciones deutéricas, espilitización, epidotización, anfibolitización (actinolita), biotitización, etc., adquieren especial abundancia en los ejemplos estudiados correspondientes al Infracámbrico en sus tramos de ligero metamorfismo y al Georgiense Inferior calcáreo.

En otros ejemplos, situados fuera de estos límites, la descalcificación del plagioclasa y la cloritización del ferromagnesiano están en relación con deformaciones metamórficas de carácter dinámico, que originan fragmentación, rotura y tendencia a la disposición preferencial de los componentes, según planos de esquistosidad.

Uno de los ejemplos estudiados no se corresponde con los descritos hasta ahora. Esta roca se sitúa en el Cámbrico calcáreo, próxima al contacto con el tramo inferior. Presenta alteraciones parciales de plagioclasa y piroxeno. El primero, saussuritizado, y el segundo, uralitizado. La textura es subofítica, en la que las secciones tabulares, divergentes del plagioclasa forman una especie de malla o trama en cuyos intersticios queda parcialmente incluido el componente máfico.

El plagioclasa maclado polisintéticamente presenta a veces estructura zonada.

Los minerales accesorios son: metálicos de óxidos de Fe y Ti, el segundo generalmente leucogenizado; hornblenda, verde a marrón pleocroica; biotita y apatito. La biotita se forma a partir de la magnetita.

No existen procesos de espilitización; por eso esta roca no se incluye en el grupo anterior. Su denominación es de Diabasa (s. s.).

5.2 ROCAS METAMORFICAS

La mayoría de los materiales cámbricos han sido afectados por un metamorfismo regional bajo, de carácter epizonal.

Entre las paragénesis observadas destacan como minerales índice los siguientes (por orden creciente de intensidad):

clorita-biotita y hornblenda

Si tenemos en cuenta que exceptuando la serie calcárea existe bastante analogía en la composición mineralógica de los materiales sedimentarios y volcánicos iniciales, resulta fácil establecer en estas formaciones metamórficas tres isogradas condicionadas a la aparición de los minerales citados anteriormente.

De esta forma la isograda de la clorita englobaría casi todos los materiales cámbricos, excepto la esquina suroccidental del mapa. Como ya se dijo anteriormente, en esa zona se produce un incremento paulatino del grado metamórfico (térmico y dinámico) que motiva la aparición de la isograda de la biotita que aislaría la serie volcánica existente allí del resto de los materiales que constituyen el anticlinorio infracámbrico sur, aunque parte de esos materiales próximos al contacto quedarían dentro de la misma.

Dentro de la serie volcánica anteriormente citada, la aparición de anfíbolitas, cuyo elemento base es hornblenda, marcaría la existencia de una tercera isograda, en la que quedarían incluidos por su composición mineralógica los microneises próximos a aquéllas.

a) *Isograda de la clorita*

El bajo grado metamórfico regional de carácter epizonal que afecta a la mayoría de los sedimentos cámbricos, manifiesto por una mineralogía de neoformación de baja temperatura (clorita y muscovita), puede presentar ciertos matices si consideramos la presión y los efectos texturales que ésta produce en los materiales. Es evidente que ha habido un predominio dinámico dentro del proceso general que originó deformaciones en la unidad fragmentaria de los sedimentos, corrosión en granos minerales con granulación marginal, y lo que es más importante, desarrolló una esquis-

tosidad de flujo acentuada por la segregación de micas constituyentes de la matriz de aquéllos.

Estas micas segregadas forman bandas que se adaptan a los contornos de los granos minerales y que alternan con otras menos micáceas, generalmente cuarzo-albíticas.

Este metamorfismo dinámico no ha actuado con igual intensidad en todos los lugares; parece existir una zona donde fue más enérgico y que ocuparía una gran banda central de dirección NO.-SE., que teniendo como núcleo el anticlinorio infracámbrico del centro, al llegar a la zona oriental se cerraría, excluyendo el cuadrante SE. del mapa. Hay una serie de hechos que han sugerido esta idea.

El principal es que los materiales incluidos en esta zona han desarrollado una esquistosidad de flujo clara, mientras que el resto de los mismos (excepto los situados próximos a las volcánicas del ángulo suroccidental por las razones ya expuestas), incluso los más antiguos, denominados infracámbricos, situados fuera de aquélla, no presentan más que esquistosidad de fractura. Por las mismas razones se observó que los queratófidos ferríferos de la margen oriental del pantano de Bembézar no poseen apenas orientación, a diferencia de los situados hacia la zona noroccidental de esa misma banda volcánica (que limita al Sur el Cámbrico calcáreo más septentrional), que la acusan de forma intensa.

Esta anomalía dinamometamórfica puede ser la base del problema que expusimos en el apartado de estratigrafía, referente al metamorfismo de la unidad pizarroso-detritica superior, que presenta rasgos dinámicos más altos que la unidad calcárea, a pesar de que esta última está situada debajo de aquélla. La explicación de esto es que gran parte de la serie pizarroso-detritica superior está situada dentro de la zona de mayor actividad dinamometamórfica descrita anteriormente, comprobándose después que los sedimentos calcáreos próximos, a pesar de ser materiales menos susceptibles a cambios por estos procesos, presentaban texturas en mortero, producidas por granulación y frecuentes maclas polisintéticas como efectos de la actividad dinámica sufrida.

b) Isograda de la biotita

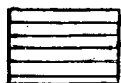
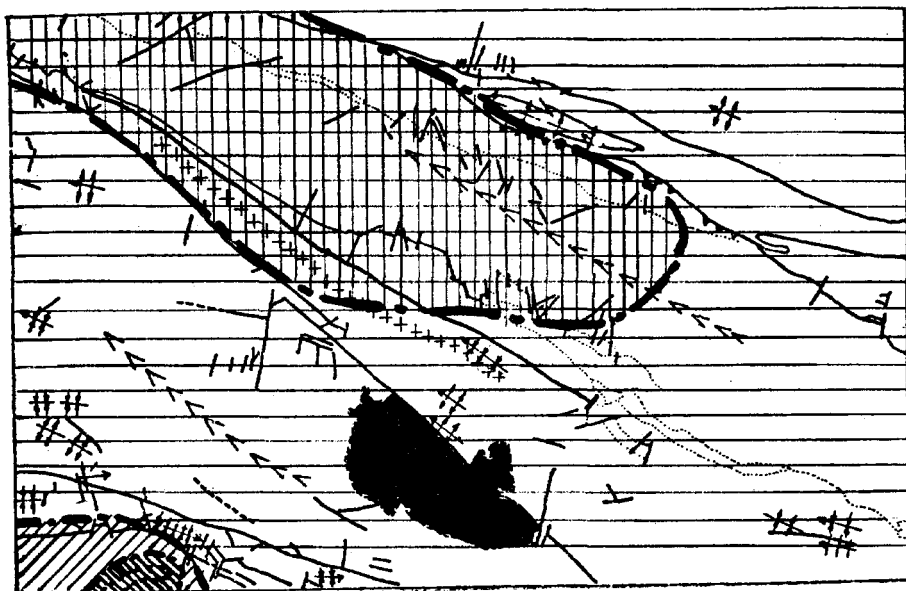
En la zona donde se produce el incremento térmico al que aludíamos al principio del apartado existe también un acusado metamorfismo dinámico, de tal forma que los esquistos cuarzo-albíticos, diabasas y porfíroides de keratófidos cuarzosos que allí existen presentan bandas de segregación lenticulares de biotita, en cantidad suficiente para definir la aparición de esta isograda.

Las bandas biotíticas orientadas, donde también están presentes muscovita y clorita, constituyen la matriz de materiales tanto detríticos como

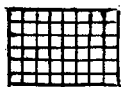
volcánicos, intercalándose frecuentemente otras bandas cuarzo-albiticas foliadas y microgranulares.

c) *Isograda de la hornblenda*

La hornblenda aparece como mineral principal de las anfibolitas. Estas últimas son anfibolitas típicas formadas por hornblenda verde, prismática



Metamorfismo muy bajo.



Metamorfismo muy bajo a bajo.



Metamorfismo bajo.



Metamorfismo de bajo a medio.

Fig. 2.—Zonas de metamorfismo.

y plagioclasa xenomorfo granoblástico pobremente maclado. Los componentes subordinados son: magnetita, cuarzo, feldespato potásico, clinozoisita y clorita.

La textura predominante es nematoblástica de grano grueso, medio y fino. En estos últimos se observa una mayor tendencia del anfíbol a la disposición subparalela, así como la presencia de bandas de segregación con dominio de hornblenda o de plagioclasa alternativamente.

Excepto la magnetita, los componentes subordinados son más frecuentes como relleno de finas fracturas.

Dentro de esta isograda se incluyen los microneises que se localizan próximos a las anfíbolitas, en el ángulo suroccidental del mapa.

Es un microneis formado por porfidoblastos de albita (oligoclasa) pobremente maclada, alterada a sericita con preferencia en el núcleo y rodeados de una matriz irregularmente esquistosa de grano medio, compuesta en orden de importancia por: cuarzo, biotita y feldespato potásico.

Como elementos menores hay turmalina (chorlo), apatito y mineral metálico.

Por último, en la figura 2 se recoge una síntesis de los grados metamórficos según su distribución en el mapa. Se han distinguido cuatro grados cuyas características se resumen a continuación:

- 1) Metamorfismo muy bajo.—Aparición de clorita y muscovita. Pizarrosidad de fractura.
- 2) Metamorfismo muy bajo a bajo.—Clorita y muscovita abundantes y esquistosidad de flujo bien marcada.
- 3) Metamorfismo bajo.—Aparición de biotita.
- 4) Metamorfismo bajo a medio.—Aparición de hornblenda.

6 BIBLIOGRAFIA

- CABANAS, R. (1964).—«Notas estratigráficas de la provincia de Córdoba». *Not. y Com. IGME*, núm. 74.
- (1971).—«Observaciones sobre el Cámbrico de la provincia de Córdoba». *Bol. Geol. y Min.*, t. 82.
- CAPDEVILA, R.; MATTE, P., y PAREDES, J. (1971).—«La nature du Precambrien et ses relations avec le Paleozoique dans la Sierra Morena Central. (Sud de l'Espagne)». *C. R. Acad. Sc.*, París, 237.
- CARBONELL TRILLO DE FIGUEROA, A. (sin fecha).—«Criaderos de Cu en la provincia de Córdoba».
- FABRIES, J. (1963).—«Les formations cristallines et metamorphiques du Nord. Est de la province de Seville (Espagne)». *Tesis Fac. Ciencias de Nancy Sc. de la Terre*, 4.262 págs.

- FEBREL, T., y SAENZ DE SANTAMARIA, J. (1964).—«El Devoniano del sur del Batolito de los Pedroches, en las provincias de Córdoba y Badajoz». *Not. y Com. IGME*, núm. 73.
- HENNINGSMDEN, G. (1957).—«Los trilobites de las capas de «saukianda», Cámbrico Inferior, en Andalucía». *Est. Geol.*, vol. 14, núms. 35-36, pp. 251-271.
- HERNANDO DE LUNA, R. (1970).—«Bibliografía Geológico-Minera de la provincia de Córdoba». *Mem. del IGME*, t. 74.
- LOTZE, F. (1958).—«Sur stratigraphie des spanischen Kambriums». *Geologie*, Bd. 7, pp. 727-750.
- (1961).—«El Cámbrico de España». *Mem. del IGME*, t. 75, 1970.
- PARGA, J. R., y VEGAS, R. (1972).—«Precisiones sobre el Precámbrico y sus relaciones con el Paleozoico en la Sierra Morena Central». *Est. Geol.*, vol. 28, pp. 167-172.
- PARGA, J. R. (1971).—«Sobre el límite inferior del Cámbrico y la existencia de Eocámbrico en el Macizo Hespérico». *Bol. Geol. y Min.*, 82, pp. 234-238.
- PERCONIG, E. (1971).—«Sobre la edad de la transgresión del Terciario marino en el borde meridional de la meseta». *Congreso Hispano-Luso-Americano de Geología*, Madrid.
- SIMON, W. (1953).—«Lithogenesis kambrischer kalde des Sierra Morena (Spanien)». *Senckenbergiane*, t. XXI, núms. 5 y 6, Frankfurt.

INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23 · MADRID-3



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA