

## Las Rocas Metamórficas del Arroyo de la Pimienta, Zacatecas, Zac.

*Richard V. McGehee,  
Instituto de Geología, U.N.A.M.*

### RESUMEN

Las rocas metamórficas de Zacatecas, Zac. ocupan áreas pequeñas, principalmente al poniente de la ciudad. Representan una secuencia sedimentaria, metamorfizada hasta un grado muy bajo y preservando mucho de su aspecto pre-metamórfico. Las determinaciones paleontológicas (Burckhardt, 1905; Frech, 1907; Gutiérrez, 1908; Maldonado-Koerdell, 1949) les han indicado una edad triásica. J. Pérez Martínez (1961) ha bosquejado la geología del distrito y se refiere a los trabajos geológicos anteriores. CETENAL ha cartografiado la hoja Zacatecas (todavía inédita). En proceso se encuentran un estudio general del distrito por W. Ranson, estudiante de posgrado de la Universidad de Luisiana en Nueva Orleans.

### ABSTRACT

A section of metasedimentary rocks of great lithologic and structural variety is found in the Arroyo of the Pimienta (or the Bote), about 3 km WNW of the city of Zacatecas. In order of abundance these rocks consist of (1) pelitic rocks (phyllite, schist, slate, "pencil rock"), (2) an alternation of meta-sandstone with phyllite, in thin beds, (3) massive meta-sandstone, (4) meta-conglomerate, (5) meta-limestone, with interlayered phyllite and schist, and (6) meta-chert(?). The total thickness of the section is around 1,000 m. Original structures preserved include bedding, fossils, flow casts and marks, original clastic grains in conglomerate and sandstone, graded bedding and possibly cross-bedding. Several blocks of massive sandstone situated within schist and phyllite may represent subaqueous sliding at the time of deposition, or possibly tectonic emplacement. The grade of meta-

morphism is greenschist facies. Bedding is folded into open to isoclinal forms, with dimensions from a few millimeters to several meters. Foliation is parallel with bedding in some of the rocks but angular relationships are also common. Where bedding is tightly folded cleavage is often seen parallel to the axial planes. In some places tectonic transport along foliation planes produced transposition of bedding. Some phyllites show two cleavage directions, which produce splinter or pencil-like forms. Where the foliation is folded, slip cleavage is produced. In one area of phyllite and meta-sandstone in thin beds, the latest effect of deformation is the formation of kink bands, which cut across all earlier structures. The metamorphic section is surrounded by greenschist. Post-metamorphic faults displace parts of the section.

### INTRODUCCION

El arroyo de la Pimienta (también denominado de la Calavera o del Bote) se ubica a unos tres kilómetros al WNW de la ciudad de Zacatecas. Presenta la sección de rocas metamórficas mejor expuestas y de más variedad en el distrito. El afloramiento es casi continuo a lo largo del arroyo entre el puente del Ahogado (camino a la mina del Bote) y el puente del ferrocarril. Pasado éste, y hasta el puente de la carretera Zacatecas-Fresnillo, las rocas afloran discontinuamente. Al poniente de la carretera los únicos afloramientos se encuentran en la lomita al sur del arroyo, y estos terminan a unos 1,100 m al poniente en una línea recta con la apariencia de una falla. Otro arroyo al norte, el de la Reata, contiene una larga sección de rocas pelíticas. Entre los cerros de la Calavera y del Encinillo, a menos de

un kilómetro de la ciudad de Zacatecas, hay una secuencia de pizarra/filita morada y metaconglomerado, con cantidades menores de esquistos/filita gris, meta-arenisca, y metacaliza. Las rocas metamórficas afloran también en los terrenos en torno de los arroyos. En todos sus contactos se encuentran o depósitos aluviales cuaternarios, riolita intrusiva terciaria, o la "roca verde de Zacatecas". Este informe se ocupa principalmente con la sección de rocas metasedimentarias a lo largo del arroyo de la Pimienta.

## METAMORFISMO

Los conjuntos de minerales, que incluyen cuarzo, feldespatos, clorita, cloritoide, calcita, y moscovita-sericita, indican la zona de clorita de la facies de los esquistos verdes. Las texturas varían sobre distancias muy cortas y se sugieren los términos compuestos como esquistos/filita y filita/pizarra para expresar esta estrecha relación. Las intercalaciones de, por ejemplo, esquistos con pizarras, hacen patente que estas texturas no indican grados distintos de metamorfismo.

Las rocas metamórficas en general son difíciles de clasificar e interpretar por lo de sus historias tan complicadas. Su aspecto se debe a factores como la naturaleza de la roca original, la recristalización y las reacciones químicas, y el tipo y grado de deformación. La deformación no ha destruido el carácter original de las rocas del arroyo de la Pimienta, y algunas de ellas muestran tan poca recristalización que los términos litológicos metamórficos se les aplica difícilmente. Las rocas pelíticas son las más susceptibles al desarrollo de las texturas metamórficas. Empero, las areniscas, los conglomerados, y las

calizas retienen tanto de su aspecto original que los nombres litológicos como meta-arenisca, metaconglomerado, y metacaliza, son los preferidos. Aun términos mixtos, como esquistos arenosos, son útiles en las descripciones litológicas.

## ESTRATIGRAFIA

El bajo grado de metamorfismo de estas rocas permite una interpretación bastante precisa de su carácter original. Sin embargo, el plegamiento y fallamiento de las rocas son tan complicados que dificultan en lo extremo la interpretación de la secuencia de las unidades estratigráficas y sus espesores originales. En vista de las incertidumbres estructurales, la descripción de las unidades estratigráficas se hará según su secuencia de afloramiento del E al W en el arroyo, la cual no corresponde necesariamente con el orden de la depositación de las rocas. Pero si la interpretación de las estructuras megascópicas (Figura 1) es correcta en sus grandes rasgos, la edad de las rocas tiende a disminuir del E al W. El orden más probable de las edades de las unidades es: B, A, C, E y D (de más antigua a más joven).

Las letras que designan informalmente las unidades de roca están colocadas en sus posiciones relativas en la Figura 1. Las descripciones de estas unidades estratigráficas siguen a continuación:

### Unidad A:

La secuencia de las rocas metamórficas principia en su contacto con la "roca verde", aproximadamente 85 m. al oriente del puente del Ahogado. Esta uni-

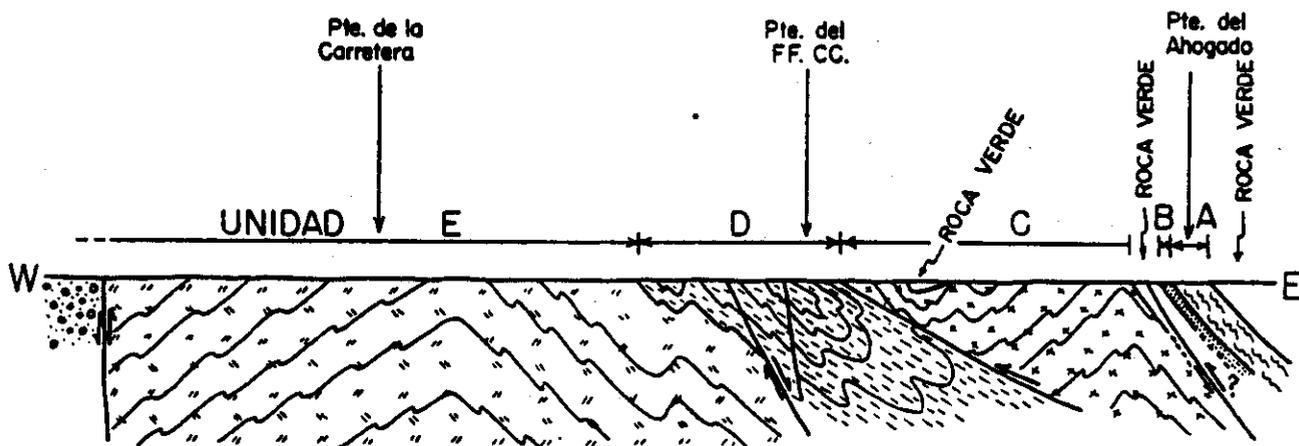


Figura 1. Interpretación estructural a lo largo del arroyo de Pimienta. Escala horizontal de 1:25,000.

dad está constituida principalmente por rocas pelíticas, filita en gran parte, pero con variaciones hacia esquisto y pizarra. Una muestra típica contiene sericita y cuarzo en granos muy finos y trazas de hematita. Se ven muchos fragmentos pequeños de fósiles. Estos se concentran en las zonas arenosas de las filitas e incluyen pelecípodos y amonitas (véase las referencias en la Introducción). En el presente estudio no se vió más que los fragmentos de conchas y un tallo de crinoide, todos rotos y aplastados. Al este del puente aparecen unas capitas de metalimolita y algunos granos clásticos aislados de arena. La metalimolita contiene cuarzo (y muy poca plagioclasa) en granos del tamaño de arena fina y una pasta de cuarzo muy fino. Granos orientados de clorita y sericita (-moscovita) forman la foliación. Al oeste, cerca del contacto con la Unidad B, se presentan varias capas delgadas de meta-arenisca. El espesor de la Unidad A es aproximadamente 80 m.

#### Unidad B:

La Unidad B principia con capas gruesas de cuarcita gris, muy compacta y resistente a la erosión (Figuras 2 y 3). Al oeste algunas capas de filita gris alternan con capas de meta-arenisca, en parte deleznable. Una muestra de esta última es casi igual con la metalimolita descrita arriba; además se ven trazas de zircón, apatita, y minerales opacos. La inclinación de la estratificación y la orientación de la estratificación cruzada y gradual (ambas dudosas) indican tentativamente que la Unidad B es más antigua que la A. Su espesor es aproximadamente 20 m.

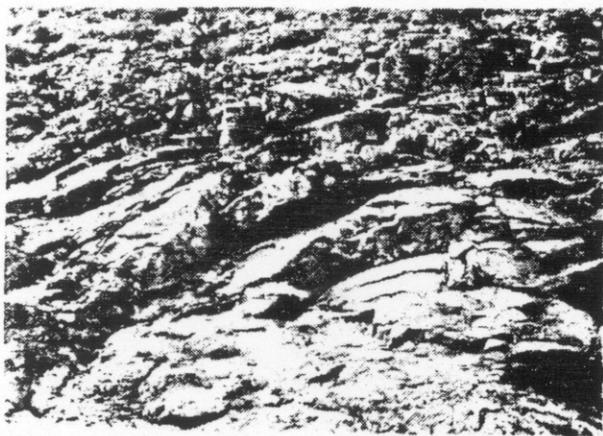


Figura 2. Pliegues abiertos en cuarcita masiva. Unidad B.

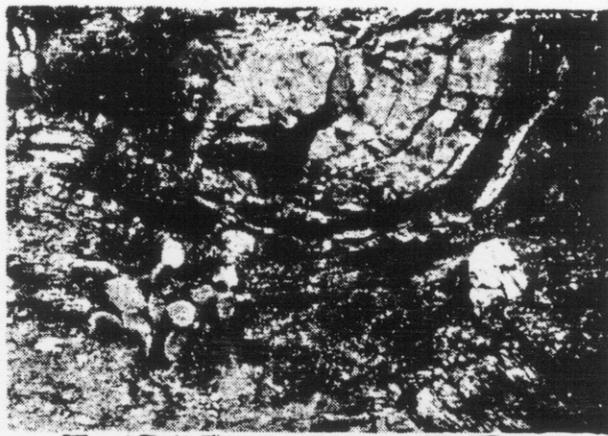


Figura 3. Pliegue abierto en cuarcita masiva. La filita abajo contiene micropliegues que no entran en la cuarcita. Unidad B.

#### Unidad C:

Después de un intervalo de roca verde viene la Unidad C, la cual ofrece mucha variación litológica. Principia con filita gris y unas láminas de roca muy fina, posiblemente metapedernal. Sigue más flita gris y verde y esquisto negro con láminas blancas contorsionadas en micropliegues. Dentro del esquisto negro se encuentran bloques de meta-arenisca deleznable, con dimensiones entre varias decenas de centímetros cúbicos y más de cuatro metros cúbicos (Figuras 4 y 5). Representan bloques de deslizamiento submarino o posiblemente de emplazamiento tectónico. En el microscopio se ven micropliegues y una textura cataclástica. Los granos de cuarzo (y los pocos granos de plagioclasa) están doblados y rotos, y el cuarzo existe en granos compuestos y de extinción ondulatoria. Una red de vetillas de sericita y calcita cruza un mosaico de cuarzo finísimo.

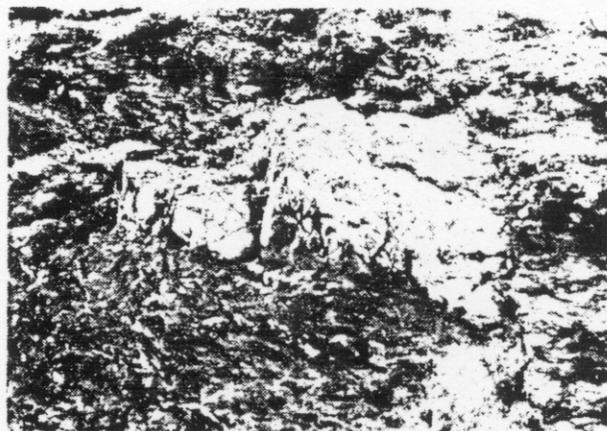


Figura 4. Bloque de meta-arenisca dentro de esquisto con micropliegues. La anchura del bloque es casi tres metros. Unidad C.

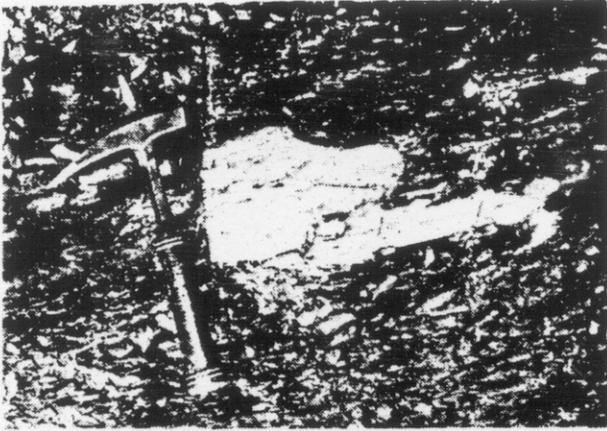


Figura 5. Pequeño bloque de meta-arenisca dentro de esquistos Unidad C.

A continuación se presentan (1) filita, gris claro con manchas de morado rojizo, y unas capitas de metapedernal morado, y (2) filita/esquistos gris, en parte con zonas arenosas. Esta zona contiene algunas capas de filita/pizarra morada y otras de meta-arenisca gris verdoso con mucho feldespato. Estas últimas muestran estratificación gradual y serían metagrauwackas o posiblemente metatobas. Su poca extensión lateral (5-10 m). se puede explicar por procesos tectónicos. Adelante hay más esquistos arenosos y metacuarcita micácea.

Siguen capas de metaconglomerado, esquistos arenosos, en parte con clastos de hasta varios centímetros estirados en los planos de la foliación, y cantidades menores de filita. El metaconglomerado, de color blanco-gris claro, contiene clastos de cuarcita de diámetros hasta 25 cm y otros posiblemente de roca verde. Su matriz es arenosa y micácea. Después de una sección de esquistos cuarcíferos viene metacaliza, gris oscuro y de grano fino, en capas discontinuas de pocos centímetros hasta 30-40 cm de espesor. Se ven silicatos de color café sobre las superficies de las capas de metacaliza y hay intercalaciones de filita gris claro. (En un cerrito a poca distancia al SW del afloramiento de la metacaliza se encuentra una cuarcita muy parecida a la de la Unidad B.) Adelante se pasa a una secuencia de filita/esquistos negro-gris oscuro con intercalaciones de meta-arenisca, metalimolita (o metapedernal) y metacaliza. Termina en contacto discordante con roca verde.

Al poniente de la roca verde se entra en una secuencia compleja de metacaliza en capas delgadas, esquistos negro arrugado con micropliegues, filita/pizarra gris claro y morada, meta-arenisca casi delznable y con clastos de hasta 4 cm de diámetro.

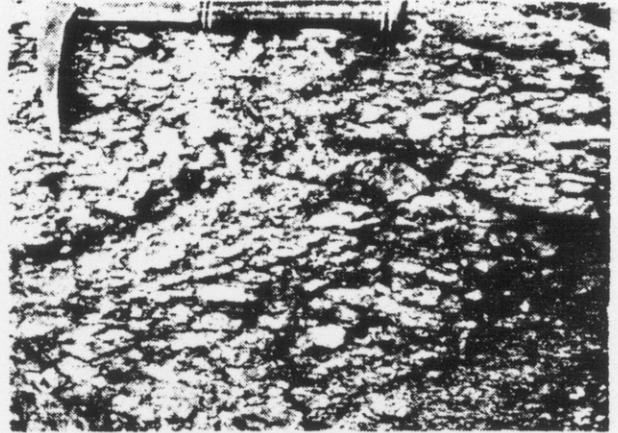


Figura 6. Metaconglomerado. Poca deformación de los clastos. Unidad C.

y metaconglomerado (Figura 6). Pasado una pequeña antiforma se encuentran unas capas de metacaliza que probablemente son extensiones laterales de las vistas antes, pero en esta localidad muestran una deformación intensa en forma de pliegues cerrados (Figuras 7 y 8). En la sección delgada se ve que



Figura 7. Pliegues en metacaliza. Unidad C.

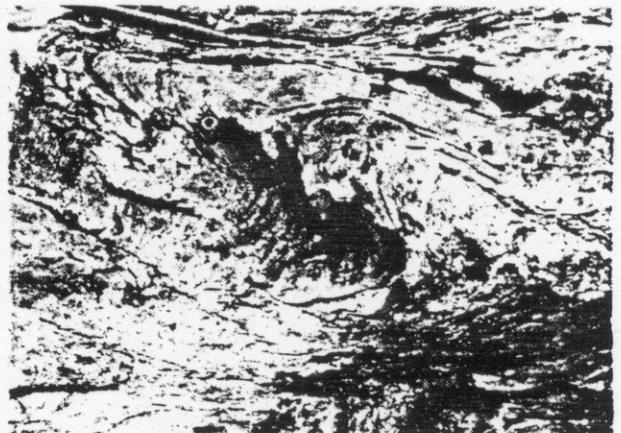


Figura 8. Pliegues en metacaliza. Unidad C.

la foliación se debe a la orientación de granos alargados de calcita y unas láminas de cuarzo fino y de clorita. En el siguiente tramo se presentan metaconglomerado, filita gris con manchas moradas, filita morada con pequeños cuerpos alargados de material calcáreo verde (Figura 9. Representan qui-



Figura 9. Cuerpos de material calcáreo dentro de filita. Posiblemente son rellenos de los hoyos de animales excavadores. Unidad C.

zas los rellenos de hoyitos de algunos animales excavadores.), "roca lápiz" (Figura 10), y unas intercalaciones de capas de metaconglomerado, metaarenisca (Figura 11) y filita, todos gris claro. Una muestra de la meta-arenisca contiene principalmente cuarzo en granos sencillos y compuestos, áreas de cuarzo finísimo, y sericita. Hay cantidades menores de clorita, plagioclasa, cloritoide (?), y un mineral

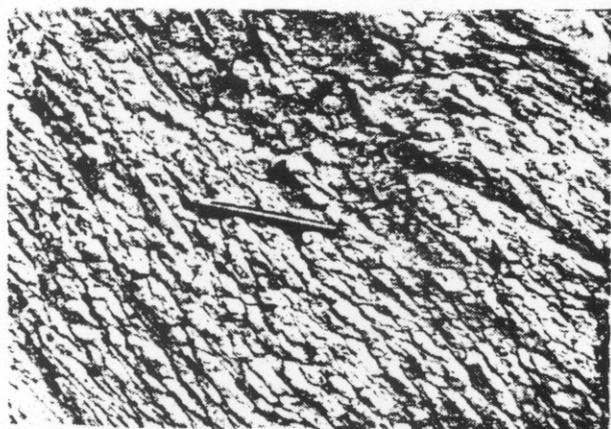


Figura 10. "Roca lápiz" formada por las intersecciones de dos foliaciones. La foliación de menor inclinación (pluma negra) está plegada creando la segunda (lápiz). Unidad C.

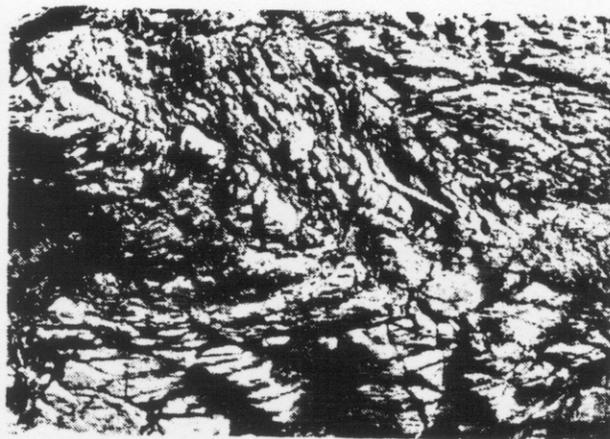


Figura 11. Pliegues con clivaje de plano de simetría (lápiz) en meta-arenisca micácea. Unidad C.

opaco, y trazas de turmalina y zircón. La textura es cataclástica en parte y se presentan micropliegues que forman un "slip cleavage" imperfecto.

Corregida la repetición por plagamiento, el espesor de la Unidad C no pasará los 200 m.

#### Unidad D:

La Unidad D es una potente secuencia de rocas de litología sencilla. Consistente en su mayor parte en una alternancia de capas delgadas de meta-arenisca gris y filita gris claro, con la apariencia de "flysch" (Figura 12). Las capas de meta-arenisca preservan moldes y marcas de flujo en sus bases (Figura 13). En la sección delgada se ven cuarzo y pocos granos de plagioclasa, con tamaños de arena fina, en una pasta de cuarzo muy fino. Hay cantidades menores de sericita (-moscovita) y cloritoide, pero no forman una foliación.

Otras rocas presentes en cantidades menores incluyen metaconglomerado, meta-arenisca masiva, y filita/pizarra morada y gris.

El espesor de la unidad es aproximadamente 310 m.

#### Unidad E:

En la Unidad E predomina filita/esquistos gris-gris claro. Se encuentran en cantidades menores, zonas arenosas, esquistos blanco, esquistos negro con segregaciones de cuarzo, y capas de meta-arenisca. Una muestra de meta-arenisca foliada contiene granos de cuarzo en una pasta muy fina del mismo mineral, sericita, y cloritoide asociado con hematita. Los micropliegues forman una "slip cleavage".

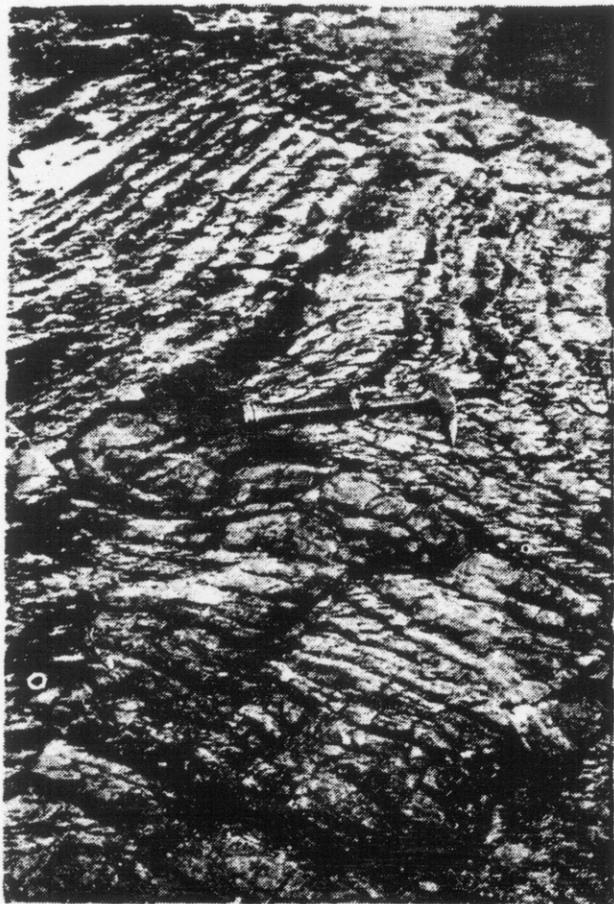


Figura 12. Pliegue recumbente en la alternancia de meta-arenisca y filita. El mango del martillo está paralelo con el clivaje de plano de simetría. Unidad D.

Hay muchos intervalos cubiertos y una antiforma grande en la cual se dobla el ancho del afloramiento. El espesor de la unidad sería aproximadamente 390 m.

#### Interpretación de la Secuencia Estratigráfica:

Burckhardt y Scalia (1906) separaron las rocas metamórficas en dos grupos: (1) esquistos silíceos y arcillosos, cuarcita, y roca verde del Triácico Superior marino y, bajo una discordancia, (2) esquistos sericíticos de posible edad paleozoica. En el estudio actual no se ha visto la evidencia de esta discordancia. El grado de metamorfismo parece más o menos igual en todas las rocas. Hay fallas que desplazan algunas partes de la secuencia y se ve mucha variación en las estructuras meso y microscópicas. Sin embargo, esta variación se puede explicar como los comportamientos estructurales distintos de las rocas de diferentes litologías.

Se interpretan las rocas originales como lutitas, areniscas, conglomerados, calizas, y una alternancia de

arenisca y lutita tipo "flysch". La presencia de tobos y pedernal es más dudosa. El espesor original de la secuencia total (sin base ni techo expuestos) fue aproximadamente de 1,000 metros. (Véase la sección final respecto al posible papel de la roca verde dentro de la secuencia metasedimentaria.)



Figura 13. Moldes de flujo en la base de una capa (invertida) de meta-arenisca. Unidad D.

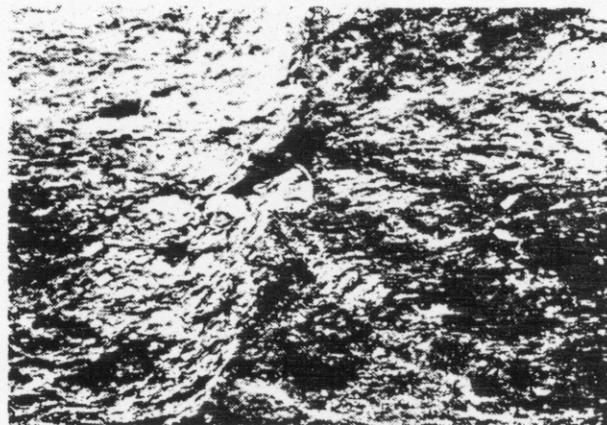


Figura 14. Falla. Metaconglomerado (der.) y una alternancia de meta-arenisca y filita (izq.) Unidad D.

## ESTRUCTURAS

### Estructuras Megascópicas:

Las estructuras megascópicas se señalan en la Figura 1. Consisten en varias fallas de gran inclinación, un posible cabalgamiento, y pliegues normales e invertidos. Las dos fallas dentro de la unidad estratigráfica D se ven perfectamente. La Figura 14 muestra una de ellas. A lo mejor no representan mucha separación. Otras dos probables fallas de mucha inclinación están: (1) en la terminación poniente de la secuencia metamórfica; se infiere por su orientación recta y el cambio de pendiente en el terreno, y (2) en la posición de la roca verde que separa las unidades A y B de la C; se infiere por el cambio de inclinación poca distancia dentro de la unidad C y la falta de repetición de los estratos entre A y B en un lado y C en el otro. Para explicar la inversión de las capas de "flysch" y su falta de repetición al oriente, se propone una falla de cabalgamiento que separa la unidad C de la D.

A medio kilómetro al WSW del arroyo, en la falda del cerro de la Pimienta (C. el Gato en el plano de CETENAL), se encuentran unas minas de caliza. Desde el arroyo hasta las minas la secuencia es (1) filita y meta-arenisca, (2) roca verde, y (3) caliza gris masiva. El contacto superior de la caliza es muy irregular y angular, y encima se ve filita/esquistos gris con su foliación paralela al contacto. Esta roca muestra pliegues isoclinales con su plano de simetría paralelo con la foliación, "slip cleavage" casi perpendicular al contacto y que no atraviesa éste, e intercalaciones de capas delgadas de meta-caliza. Este contacto parece representar el emplazamiento de la filita/esquisto sobre una caliza más joven y puede corresponder con la cabalgadura en el arroyo.

Los pliegues aparentemente tienen longitudes de onda desde varias decenas de metros hasta un kilómetro, y sus formas son abiertas y simétricas hasta cerradas e invertidas.

### Estructuras Meso y Microscópicas:

Las estructuras y texturas primarias se mencionaron ya en las descripciones de la secuencia estratigráfica. Incluyen la estratificación, los fósiles, los granos clásticos, la estratificación gradual, los moldes y marcas de flujo, y con menos seguridad, los bloques de deslizamiento, la estratificación cruzada, y las pistas de animales excavadores.

Hay una rica variedad de estructuras secundarias y una gran complejidad en sus orientaciones y su secuencia de desarrollo. Todas las rocas pelíticas poseen una foliación y muchas, dos o aún tres. Según el tamaño de los granos y la "planaridad" de las superficies de la foliación se distinguen pizarras, filitas, y esquistos. La foliación principal refleja una orientación preferida de los minerales micáceos y alargados. Frecuentemente está plegada para formar una segunda dirección de foliación, tipo "slip cleavage". En algunas localidades, como en unas filitas de la parte poniente de la Unidad C, estas dos foliaciones se desarrollan igualmente, formando la "roca lápiz". En ésta la lineación formada por la intersección de dos clivajes es la estructura más llamativa y le da a la roca la apariencia de un haz de lápices o de astillas. (Figura 10). En parte de la Unidad D, donde las capas de meta-arenisca son muy delgadas, también se presenta el segundo juego de planos-S (Figura 15).

En muchas de las rocas una foliación se ve paralela con la estratificación. Sin embargo, las relaciones no paralelas son muy comunes, como por ejemplo en la filita de la alternancia de meta-arenisca y filita en la Unidad D. En ésta hay clivaje de plano de simetría de los pliegues mesoscópicos (Figura 12). El clivaje no entra en la meta-arenisca, aunque sí fracturas pueden atravesar la meta-arenisca como "refracción" del clivaje. Así algunas capas de meta-arenisca, rotas por fracturas y sometidas a más cizallamiento, se han separado en fragmentos (Figura 16) y se han girado a una nueva posición paralela con el clivaje. Esto resulta en una trasposición de la estratificación (Figura 17) o en el ais-

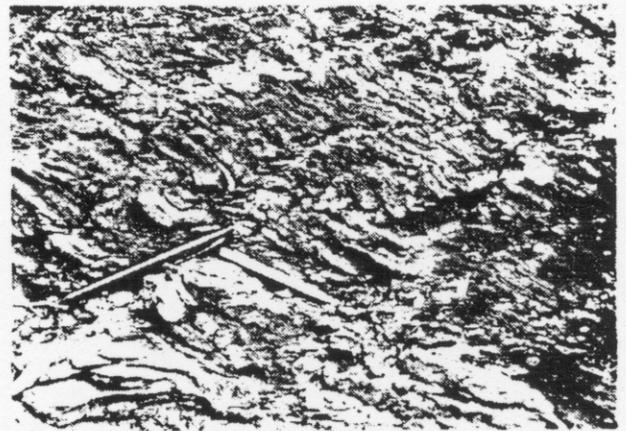


Figura 15. Intercalación de láminas de meta-arenisca y de filita. La foliación principal, paralela con la estratificación (lápiz), está plegada y forma otro plano-S (pluma negra). Unidad D.

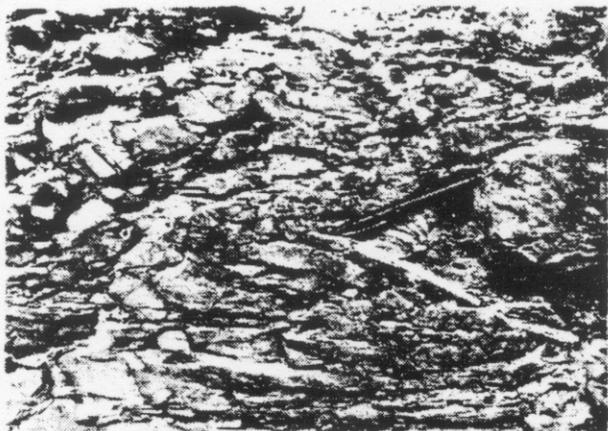


Figura 16. Pliegue isoclinal recumbente (bajo lápiz) y fragmentación de las capas competentes (arriba de la pluma). Unidad D.

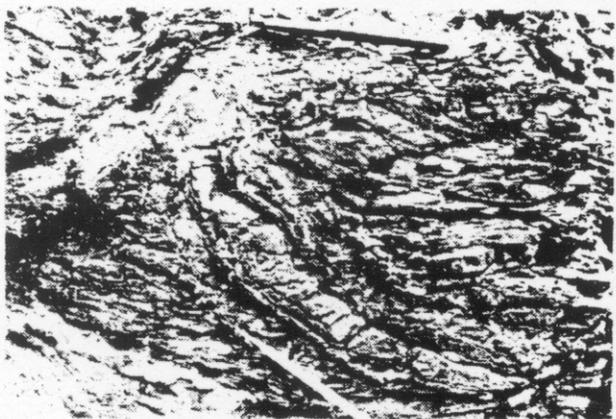


Figura 17. Trasposición de la estratificación. Algunas capas de la meta-arenisca se han roto y han tomado la orientación del clivaje de plano de simetría en la filita (pluma negra). Unidad D.

lamiento de lentes y husos de meta-arenisca dentro de la filita. Posiblemente un proceso semejante ha actuado en escala más grande para formar las capas discontinuas y los bloques aislados de meta-arenisca dentro del esquisto en la Unidad C.

La Figura 11 muestra clivaje de plano de simetría de los pliegues en meta-arenisca micácea.

Con la excepción de parte de la metacaliza, las rocas no micáceas no muestran la foliación o la poseen en menos grado que las rocas pelíticas.

Pliegues existen en varios tamaños y estilos en casi todas las rocas. Las más competentes, como la cuarcita y el metaconglomerado forman pliegues aislados y de formas paralelas abiertas y redondeadas, de dimensiones desde 10-15 cm hasta el tamaño del afloramiento (Figuras 2 y 3). Las ro-

cas pelíticas forman pequeños pliegues redondeados similares, abiertos y cerrados, y con mucha más regularidad y continuidad dentro de un volumen dado de roca. Otro estilo de pliegue visto en algunas de las rocas pelíticas son las "kink bands". Son pliegues que se presentan discontinuamente en la roca y tienen formas angulosas de un solo flanco (como mini-monoclinales). La banda del plegamiento crea un "plano-S" adicional en la roca (Figura 18). Se encuentran solamente en las Unidades D y E.



Figura 18. "Kink band" en filita (arriba del martillo y pala con su mango). Unidad D.

Las metacalzas más al poniente en la Unidad C presentan un plegamiento intenso, con formas disarmonicas entre redondeadas y subredondeadas (Figuras 7 y 8). El estilo es intermedio entre los de las rocas más competentes y de las rocas pelíticas. Las lineaciones incluyen (1) crestas de pliegues, (2) intersecciones de dos foliaciones, como en la "roca lápiz", (3) intersecciones entre la estratificación y la foliación, y (4) rayas de colores o de texturas distintos sobre las superficies de la foliación.

En cuanto a las orientaciones de las estructuras, hay una gran variación. La figura 19 muestra la distribución de las medidas hechas ya. Los pocos datos señalan algunas tendencias poco pronunciadas. La proyección A, al oeste de la inferida cabalgadura, indica que las lineaciones se concentran en torno de un eje que buza aproximadamente 10 grados al N 30-35 E. La estratificación, y aún más la foliación, tienen inclinaciones de generalmente menos de 30 grados. (Las tres foliaciones con las mayores inclinaciones representan polos de las "kink bands".) Inclinaciones hacia el NE predominan: la tendencia es más notable en la estratificación Po-

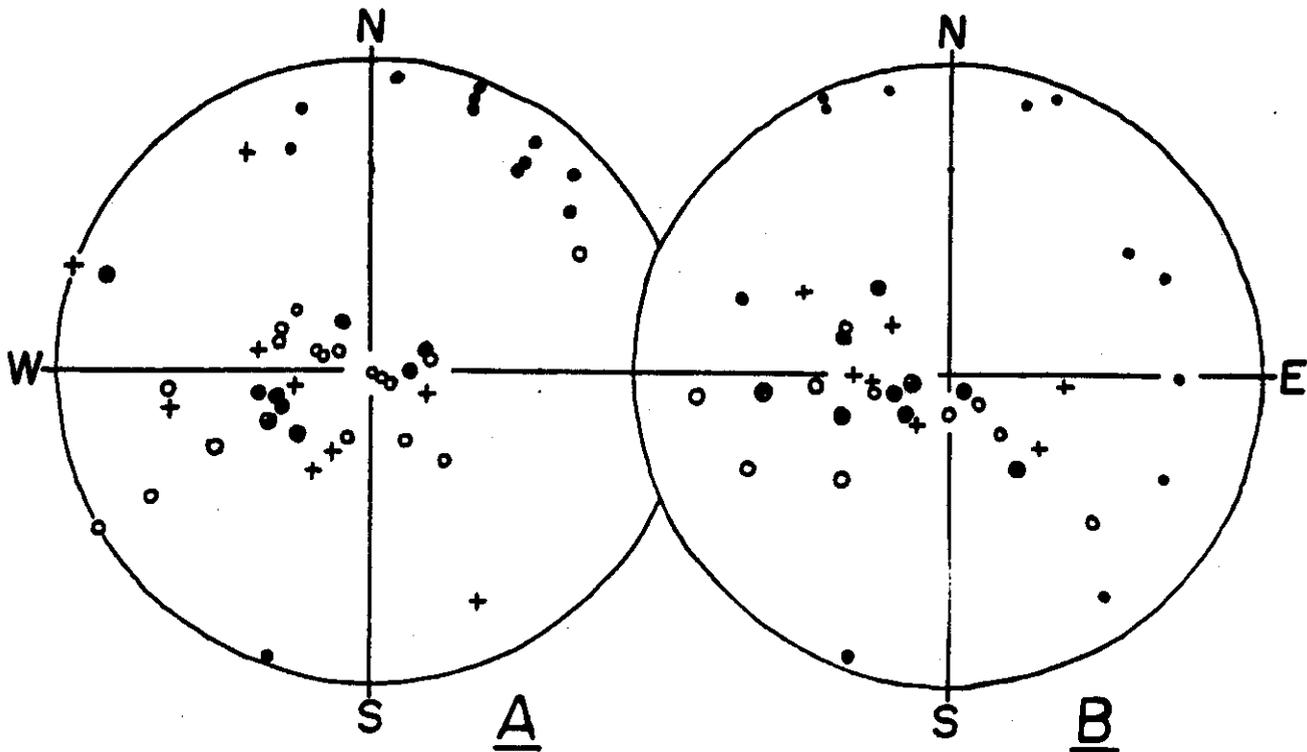


Figura 19. Proyecciones de áreas iguales (hemisferio inferior) de las lineaciones (círculos negros) de los polos de la estratificación (cruces), y de los polos de la foliación (círculos abiertos). A. Datos del área al poniente de la propuesta cabalgadura. B. Datos del área al oriente de la propuesta cabalgadura.

cas superficies-S se inclinan hacia el NW y SW. La proyección B, al este de la inferida cabalgadura, muestra las lineaciones más o menos agrupadas a lo largo de un círculo grande de orientación N 12 W 30 NE. En las inclinaciones de la estratificación y de la foliación, los ángulos de menos de 40 grados predominan, y el cuadrante NE es otra vez la dirección de más mediciones. No se midió ninguna inclinación hacia el SW.

#### LA ROCA VERDE

La roca verde no era el objeto de este estudio pero aquí se anotan algunas observaciones sobre sus re-rito (Pérez Martínez, 1961) como una andesita intrusiva alterada, de edad terciaria y con forma de un lacolito. En el arroyo de la Pimienta se ven contactos concordantes y discordantes. En algunas localidades la foliación de las rocas metamórficas está truncada en su contacto con la roca verde masiva. En otras, hay una foliación sutil dentro de la roca verde, aproximadamente paralela con la de las filitas adyacentes. La roca verde que se encuentra dentro de las capas de las rocas metamórficas pue-

de representar sills o diques. La que se encuentra cubriendo las rocas metamórficas en torno del área de afloramiento de éstas sería un intrusivo, o tal vez unos derrames de lava, más jóvenes que las rocas que cubren. Burckhardt y Scalia (1906) propusieron dos grupos de roca verde: (1) lavas espiliticas que representan erupciones submarinas dentro de la secuencia de los sedimentos triásicos, y (2) otras lavas muy parecidas y de casi la misma edad, que cubren las rocas metamórficas en forma de un "nappe" de poco desplazamiento.

La roca verde que separa las Unidades B y C ofrece algunas evidencias al respecto. Tiene contactos concordantes con las rocas adyacentes y contiene gran número de amígdalas. Esto en sí no prueba, pero sugiere que es un derrame de lava. Un intrusivo puede mostrar estas mismas características. Pero esta roca posee también algunas estructuras elipsoides. Unas son claramente los resultados del intemperismo esferoidal, pero otras se asemejan mucho a las almohadillas (Figura 20). Si son almohadillas, este afloramiento representa una lava submarina de la edad de las rocas metamórficas. Tal vez haya dos "rocas de Zacatecas".

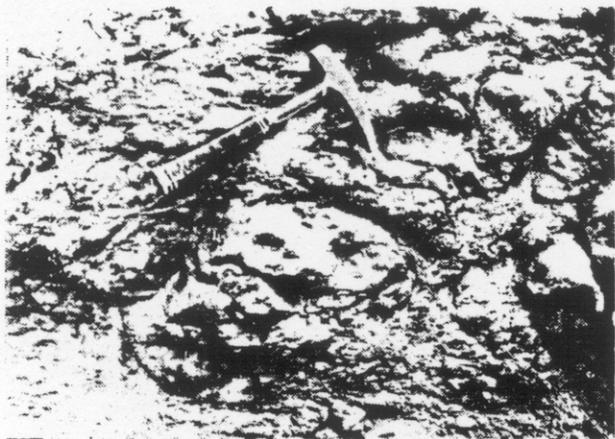


Figura 20. Estructuras elipsoides en la roca verde.

#### REFERENCIAS CITADAS

- 1905 *La faune marine du Trias Superior de Zacatecas*. Bol. Inst. Geol. Mex., núm. 21, 38 p.
- 1930 *Etude Synthétique sur le Mésozoïque mexicain*. Mémoires de la Soc. Paléon. Suisse, vol. IL-L, 280 p.
- BURCKHAROT. C. Y SCALIA, S.
- 1906 *Geologie des environs de Zacatecas*. Cong. Geol. Int. X. Guía de excursiones núm. 16, 26 p.
- CAMPA, M. F. FLORES, R., OVIEDO, R., PLIEGO, A., Y MCGEHEE, R. V.
- 1974 *Rocas metamórficas del centro de México, estados de México, Guerrero, Michoacán y Zacatecas*. Memoria de la III Reunión de la Soc. Geol. Mex., en prensa.
- CORDOBA, D. A.
- 1965 *Hoja Apizolaya*. Hoja 13R-1(9) de la Carta Geológica de Méx., escala de 1:100,000, con resumen de la geología de la hoja.
- CSERNA, Z. DE
- 1971 *Taconian (early Caledonian) deformation in the Huasteca structural belt of eastern Mexico*. Amer. Jour. Sci., v. 271, 544-50 p.
- FRECH, F.
- 1907 *Über Aviculiden von Palaeozoischem Habitus aus der Trias von Zacatecas*. Cong. Geol. Int. X, Compte Rendu, F. 1, 327-35 p.
- FRIES, C., SCHMITTER, E., DAMON, P. E., LIVINGSTON, D. E. Y ERICKSON, R.
- 1962 *Edad de las rocas metamórficas en los Cañones de la Peregrina y de Caballeros, parte centro-occidental de Tamaulipas*. Inst. de Geol., Bol. 64, parte 4, 55-69 p.
- FRIES, C., SCHMITTER E. Y RINCON-ORTA, C.
- 1965 *Nuevas aportaciones geocronológicas y técnicas empleadas en el Laboratorio de Geocronometría*. Inst. de Geol., Bol. parte 2, 57-133 p.
- GUIZA, R.
- 1949 *Estudio geológico del distrito minero de Guanajuato, Gto.* Inst. Nac. Inv. Rec. Min., Bol. 22, 75 p.
- GUTIERREZ AMADOR, M.
- 1908 *Las capas cárnicas de Zacatecas*. Bol. Soc. Geol. Mex., T. 4, 29-35 p.
- MALDONADO-KOERDELL, M.
- 1948 *Nuevos datos geológicos y paleontológicos sobre el Triásico de Zacatecas*. Anales de la Esc. Nac. de Ciencias Biol., v. 5, 291-306 p.
- PEREZ MARTINEZ, J. J.
- 1961 *Bosquejo geológico del distrito minero de Zacatecas*. Bol. del Consejo de Rec. Nat. No. Renov., núm. 52, 38 p.
- WANDKE, A. Y MARTINEZ, J.
- 1928 *The Guanajuato Mining District, Guanajuato, Mexico*. Econ. Geol., v. 23, 1-44 p.