

CONDICIONES PALEOAMBIENTALES DE DEPOSITO DE LAS FORMACIONES CAMBRICAS DEL AREA DE CABORCA, SONORA

Enrique Rivera-Carranco *

RESUMEN

Se analizan las características litológicas de las formaciones cámbricas en el área de Caborca en el Estado de Sonora, con el fin de determinar las condiciones paleoambientales de su depósito. Los datos evaluados señalan que la mayor parte de estas formaciones representa medios de aguas someras y tranquilas de carácter lagunar, además de existir depósitos de intermareas y submareas.

ABSTRACT

The lithologic characteristics of the Cambrian formations in the State of Sonora are analyzed, in order to interpret the paleoenvironmental conditions of their deposition. Their characteristics indicate that almost all of these formations represent shallow and calm water environments of lagoon nature besides the existence of intertidal and subtidal deposits.

INTRODUCCION Y TRABAJOS PREVIOS

Existen numerosos estudios sobre el Cámbrico del área de Caborca en el noroeste de México; los primeros autores que los desarrollaron fueron Cooper y Arellano en 1946.

Posteriormente, se elaboró el estudio sistemático de los fósiles que se encontraron y la definición de las unidades litoestratigráficas en que fue dividido (Cooper *et al.*, 1956) y fue seguido por numerosos trabajos que describen nuevos afloramientos, o bien que aclaran conceptos relacionados con la estratigrafía del área (Arellano, 1946, 1956; Lochman, 1948, 1953, 1956; Anderson *et al.*, 1978; Longoria *et al.*, 1978; Longoria y Perez, 1979; Mc Menamin *et al.*, 1983; Stewart *et al.*, 1984), así como su correlación con el oeste de Estados Unidos de América (Stewart, 1982) y su semejanza con la pre-cordillera argentina (Baldis y Bordonaro, 1981).

El presente artículo tiene como objetivo determinar el conjunto de procesos sedimentarios que actuó en la formación de las unidades que constituyen este sistema en el área de Caborca, Sonora.

Este estudio forma parte del proyecto 192 del IUGS y del IUGCP intitulado "Desarrollo del Cambro-Ordovícico en América Latina", y es una contribución del Instituto de Geología de la UNAM.

MARCO GEOLOGICO

Cooper y colaboradores (1956) definieron y describieron seis formaciones que llamaron de la más antigua a la más joven: Puerto Blanco, Proveedora, Buelna, Cerro Prieto, Arrojos y El Tren. Estas unidades litoestratigráficas sobreyacen concordantemente a una secuencia sedimentaria del Precámbrico

(Anderson *et al.*, 1978), sin conocerse las rocas que le sobreyacen directamente, ya que la Formación El Tren, que corona las formaciones cámbricas, esta limitada en la parte superior por una superficie de erosión.

Es posible que sobre esta secuencia se hayan depositado el Ordovícico y Silúrico, como sucede en el oeste de Estados Unidos de América, pues afloran rocas que pudieron tener esa edad en pequeños cerros cercanos a Bísani al oeste de Caborca (Cooper y Arellano, 1946, p. 610). Del mismo modo, existen rocas del Devónico expuestas en las inmediaciones, propiamente en los Cerros Murcielagos (Brunner, 1975). Infortunadamente, en ambos casos se desconoce la verdadera relación que guardan estas secuencias con las rocas cámbricas, ya que se encuentran en bloques totalmente aislados. Estas rocas afloran dispersamente en distintas localidades, como en: los Cerros Proveedora, Buelna, Los Arrojos, Los Difuntos, Lista Blanca, Canedo, Prieto, en el Cerro San Clemente y en el Cerro Calaveras, en el extremo meridional de la Sierra del Viejo, en el Cerro de la Berruga, al noroeste del Cerro San Clemente y al sur de los Cerros de la Cienega (Figura 1).

CARACTERISTICAS LITOLOGICAS DE LAS UNIDADES CAMBRICAS

FORMACION PUERTO BLANCO

La localidad-tipo de la Formación Puerto Blanco se encuentra en los Cerros Proveedora, donde esta constituida por lutitas, areniscas y calcarenitas con fósiles abundantes del Cámbrico Inferior. La base de esta formación no está expuesta en el área tipo. En los cerros Calaveras y de la Cienega aproximadamente a 50 y 60 km al sur de Caborca, fue definida la base de esta formación por Eells (1972) en la cima de una unidad volcániclastica (unidad 12), mientras que Longoria (1981) y Stewart y colaboradores (1984) consideran a la unidad 12 como la base de la Formación Puerto Blanco. Eells (*op. cit.*)

* Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, 04510 México, D. F.

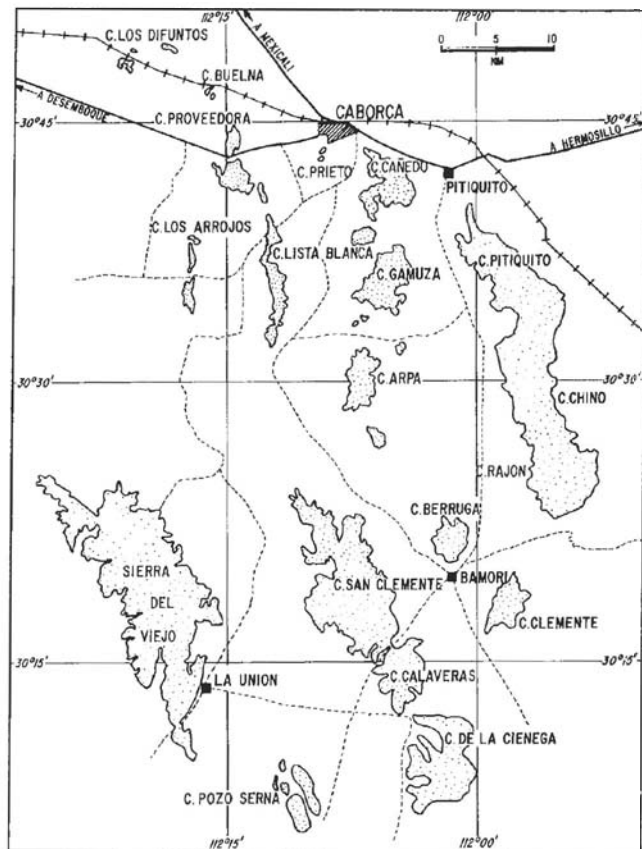


Figura 1.- Mapa que muestra la localización de los elementos orográficos principales del área (modificado por Longoria y Pérez, 1979).

considero a la unidad 12 del Precámbrico, mientras que Stewart y colaboradores (op. cit.) la asignan al Cámbrico Inferior. Los fósiles que contiene la Formación Puerto Blanco son braquiopodos, trilobites, saterellas e hyolítidos acumulados mecánicamente, además de que existen algunos estratos con arqueociatidos. En los Cerros Proveedora, las lutitas son delgadas y laminadas y se encuentran principalmente hacia la parte inferior de la unidad. Las areniscas están intercaladas a lo largo de toda la formación y presentan diastratificación. En la cima se presentan calcarenitas de gran espesor que abarcan la mayor parte de esta unidad, cuya característica principal es la presencia de bioturbación abundante que le confiere un aspecto moteado (Figura 2). Es importante señalar que en la parte media de la secuencia se encuentra un paquete de calcarenitas oolíticas y que Stewart y colaboradores (1984) observaron cambios de facies en esta formación en la región de Caborca.

FORMACION PROVEEDORA

La Formación Proveedora fue definida en los cerros con el mismo nombre y se caracteriza por una alternancia de bancos de areniscas limolíticas y arenitas de cuarzo, predominando las segundas en los niveles superiores. Las areniscas limolíticas presentan hacia la base estratos con alternancias rítmicas entre laminas de granos finos que gradúan hacia arriba a laminas de granos gruesos. Estos estratos laminados cambian lateralmente a calcarenitas muy bioturbadas; por otra parte,



Figura 2.- Formación Puerto Blanco. Observe el aspecto moteado de los estratos superiores de la unidad a causa de la intensa bioturbación que presentan.

hacia la cima tienen gran cantidad de micras e icnofósiles. Asimismo, las arenitas de cuarzo por lo general son muy maduras y en las capas inferiores muestran gran cantidad de icnofósiles, como *Scolithus* (tubos verticales) o pistas de organismos, mientras que en las partes superiores se presentan laminaciones paralelas que en su conjunto muestran diastratificación a gran escala con poca inclinación. La Formación Proveedora contiene muy escasos fósiles, que son linguloideos y fragmentados de trilobites.

Algunos autores como Malpica y De la Torre (1979) han señalado la presencia de un conglomerado basal de la Formación Proveedora que, para ellos, representa un contacto inferior discordante; en realidad tiene un contacto concordante y gradual con la Formación Puerto Blanco subyacente (Figura 3).



Figura 3.- Formación Proveedora. Rizaduras de oleaje en un estrato de arenita de cuarzo. Cerros Proveedora.

FORMACION BUELNA

Su localidad-tipo se encuentra en el Cerro Buelna y yace concordantemente sobre la Formacion Proveedora. Esta formada por calizas, lutitas, areniscas lajeadas y algunas dolomías, siendo estas rocas muy fosilíferas. La mitad inferior de la unidad esta constituida por calizas y areniscas calcareas que contienen fragmentos esparcidos de fósiles, aunque en la base existen coquinas de *Salterella* y trilobites acumulados, aparentemente, por accion mecanica.

En la parte media de esta formacion hay dos bancos de calizas muy resistentes a la erosion, formados exclusivamente por oncolitos de *Girvanella* (Figura 4). La parte superior de la formacion esta constituida por lutitas y areniscas calcareas y calizas en capas delgadas que contienen bancos oolíticos o conglomeraticos con clastos de calizas, con gran cantidad de trilobites.



Figura 4.- Formacion Buelna. Estructuras oncolíticas dentro de los estratos de la parte media de la unidad. Cerros Proveedora.

FORMACION CERRO PRIETO

Se encuentra descansando concordantemente sobre la Formacion Buelna, estando su localidad-tipo en el Cerro Prieto. Esta unidad consiste en un paquete de calizas negras, masivas, con algunos horizontes oncolíticos, posiblemente *Girvanella*, así como algunas muestras de bioturbacion que le dan un ligero aspecto moteado.

FORMACION ARROJOS

Esta formacion tiene su localidad-tipo en los Cerros Los Arrojos y aun cuando Stoyanow (1942, p. 1263) le otorgo ese nombre, Cooper y colaboradores (1956) la describieron con mayor detalle. En apariencia, su contacto inferior es concordante con la Formacion Cerro Prieto, aunque Anderson y colaboradores (1978, p. 30) observaron un conglomerado basal que posiblemente senale lo contrario. Esta unidad esta constituida principalmente por lutitas, areniscas arcillosas, calizas arcillosas y areniscas calcareas alternante. de estratificacion

muy delgada; las areniscas arcillosas y las lutitas ocupan la mitad inferior, mientras que las calizas arcillosas y las areniscas calcareas la superior, teniendo algunos horizontes oncolíticos. Toda la unidad es muy fosilífera, principalmente en sus partes inferiores.

FORMACION EL TREN

Fue definida en el extremo septentrional de los Cerros Los Arrojos y descansa concordantemente sobre la Formacion Arrojos, sin conocerse hasta ahora su contacto superior. Esta constituida en la base por un conjunto de calizas de aspecto moteado, que graduan hacia la cima a calizas dolomitizadas y a una alternancia entre estratos de dolomías pardas y negras; también es posible encontrar en algunas partes de la formacion capas delgadas de anhidrita con estructura enterolítica.

AMRIENTES SEDIMENTARIOS

Las unidades del Cámbrico que afloran en el area de Caborca tienen las siguientes características: fueron depositadas en un ambiente somero y observadas por Cooper y colaboradores (1956), Malpica y De la Torre (1979) y por Merriam e Eells (1979), y dominado por las mareas (Stewart, 1982; Stewart *et al.*, 1984), dentro de una gran plataforma plana con cuerpos móviles de arena y hundimiento continuo, que bordeaba el antiguo margen continental de America del Norte, localizado hacia el noreste de esta zona.

La Formacion Puerto Blanco posee gran variedad de facies en el area de Caborca. En los Cerros Proveedora, donde contiene algunas acumulaciones mecanicas originadas por el oleaje, como lo demuestra la presencia de coquinas, capas oolíticas y laminaciones cruzadas en las areniscas, que pudieran indicar bancos submarinos semejantes a la facies de arenas agitadas de borde de plataforma de Wilson (1970). Por otra parte, son características importantes de la unidad las lutitas y los gruesos estratos de calcarenitas bioturbadas, indicando condiciones de deposito muy someras para el desarrollo de fauna bentónica de tal abundancia. Por otra parte, los estratos con arqueociatidos denotan parches arrecifales aislados en aguas limpidas. Todas estas características pudieran relacionarse con un ambiente lagunar bien oxigenado (Figura 5A), semejante a la facies de plataforma marina abierta definida por Wilson (1970).

Un sistema de depositos de tipo intermareas y submareas esta representado en la Formacion Proveedora, como demuestran los estratos formados por intercalaciones de laminas de materiales finos y gruesos que, de acuerdo con las descripciones de Wunderlich (1970) y Clifton (1969) en depositos recientes, corresponden a ambientes de intermareas, al igual que las capas de calcarenitas bioturbadas y de arenitas de cuarzo con icnofósiles (Figura 5 B.)

Los depositos de arenitas de cuarzo muy maduras con laminaciones paralelas, que en conjunto muestran diastratificacion muy poco inclinada, parecen mostrar alguna influencia eólica.

Por otro lado, el ambiente de la Formacion Buelna indica aporte de terrigenos en condiciones de deposito tranquilas, de acuerdo con el tamaño fino de los granos, aunque en algunas ocasiones el fondo fue afectado por el oleaje, como lo demuestran las acumulaciones de fósiles y los estratos con

oncolitos y oolitas, que debieron formar bancos móviles submarinos. Esta unidad presenta dos medios, uno tranquilo, netamente lagunar, que refleja facies de plataforma abierta, con otro turbulento de características similares a la facies de arenas agitadas de borde de plataforma (Wilson, 1970; Figura 5C).

La Formación Cerro Prieto muestra aguas muy someras y más bien tranquilas. Los horizontes oncolíticos pudieron originarse como resultado de movimientos oscilatorios de las olas, localizados siempre bajo el nivel del mar, como lo indica Aitken (1967) en los depósitos de este tipo en Alberta, Canadá. La tranquilidad de estas aguas sugiere que esta zona se encontraba protegida (Figura 5D).

La Formación Arrojos refleja medios similares a las Formaciones Puerto Blanco y Buelna, aunque con mayor contenido de material terrígeno (Figura 5E).

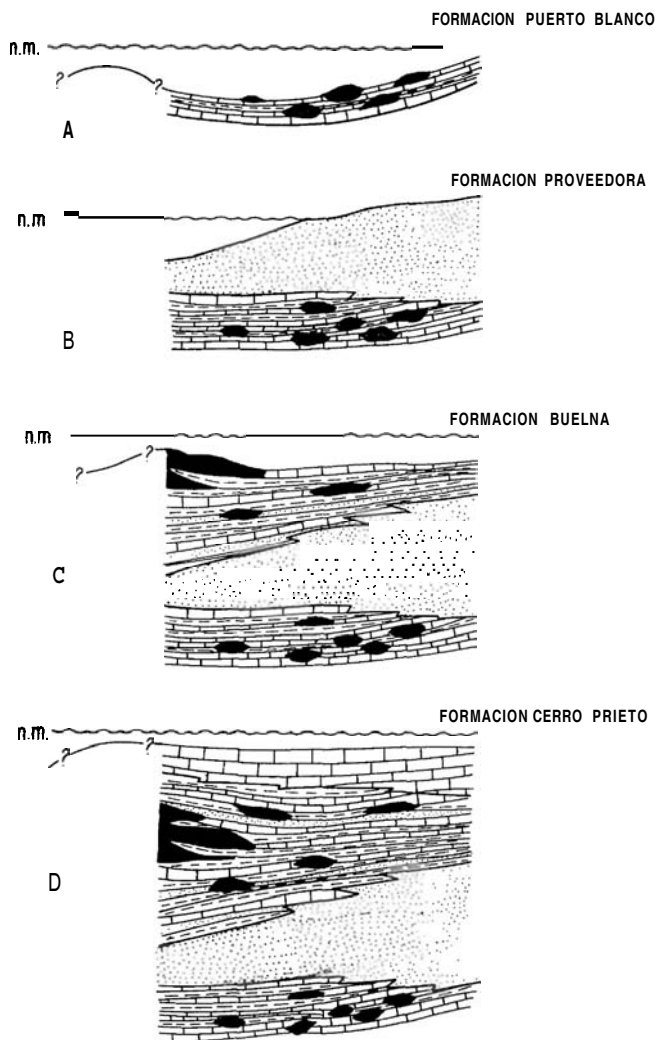


Figura 5.- Secciones esquemáticas que muestran los distintos ambientes sedimentarios que originaron las unidades del Cámbrico de Caborca, Sonora. 5A Formación Puerto Blanco, 5B Formación Proveedora, 5C Formación Buelna, 5D Formación Cerro Prieto.

Es probable que la Formación El Tren, (Figura 5F), por ser un depósito formado por calizas, calizas dolomíticas y dolomías

con algunas capas de anhidrita, se originara por dolomitización de los carbonatos de calcio, poco después de su depósito, por el efecto del reflujo de aguas sobresaturadas de magnesio, de acuerdo con el modelo propuesto por Adams y Rhodes (1960).

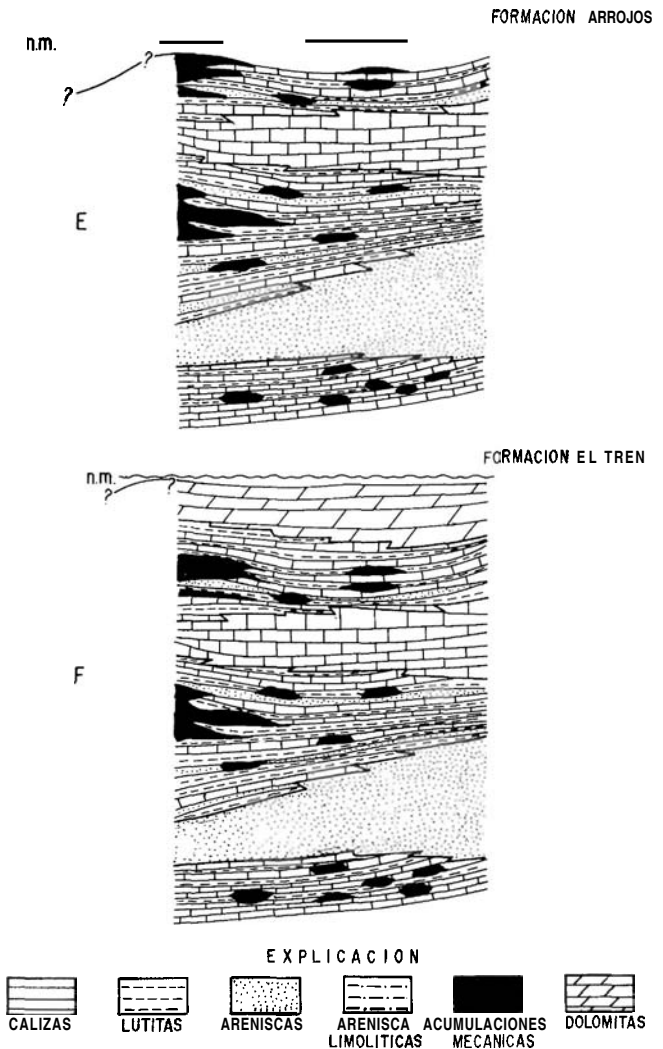


Figura 5.- Secciones esquemáticas que muestran los distintos ambientes sedimentarios que originaron las unidades del Cámbrico de Caborca, Sonora (continuación). 5E Formación Arrojos, 5F Formación El Tren. En todos los casos se muestra la relación de cada unidad con las subyacentes.

Sin embargo, Stewart y colaboradores (1984, p. 22), después de comparar la inclinación de los estratos con diastriificación de estas unidades con las del Precámbrico sedimentario, concluyeron que existe una variación considerable en la dirección de las paleocorrientes en la región de Caborca, donde no es evidente una dirección preferencial; no obstante, en localidades individuales, si existen paleocorrientes dominantes o paleocorrientes dirigidas en sentido opuesto que se produjeron por el flujo y reflujo de las mareas.

Por último, cabe señalar que la mayor parte de los depósitos que conforma las unidades del Cámbrico del área de Caborca presenta bioturbación abundante, fenómeno que muestra la gran cantidad de fauna intrabentonica que poblaba la zona en aquellos tiempos.

ORIGEN DEL MATERIAL TERRIGENO

Los **materiales** terrigenos gruesos que constituyen estas unidades estan formados principalmente por cuarzo, del cual la mayor parte es ondulante y en menor proporcion limpio y con extincion recta; ademas, existen plagioclasas, microclina, ortoclasa y micas, con grandes concentraciones de biotita en algunos estratos. Los fragmentos de roca son calizas en su mayor parte. Lo anterior permite suponer que el terreno de donde se derivaron estos depositos fue rapidamente erosionado y estuvo constituido por rocas metamorficas, rocas **ígneas** acidas y calizas del Precambrico.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a los doctores Jaime Barcelo-Duarte, Victor M. Malpica-Cruz, John H. Stewart y Richard Memam sus sugerencias y la revision critica del manuscrito, **asi** como a todas las personas que contribuyeron directa o indirectamente en su elaboracion.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Adams, J. E., y Rhodes, M. L., 1960, Dolomitization by seepage refluxion: *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.* v. 44, p. 1912-1920.
- Aitken, J. D., 1967, Classification and environmental significance of criptalgal limestones and dolomites, with illustrations from the Cambrian and Ordovician of southwestern Alberta: *Jour. Sediment. Petrology*, v. 37, p. 1163-1178.
- Anderson, T. H., Eells, J. H., y Silver, L. T., 1978, Rocas precambricas y paleozoicas en la region de Caborca, Sonora, Mexico: in Roldan-Quintana, Jaime, y Salas, C. A., eds., libretto-guia. Primer simposio sobre la Geologia y Potencial Minero en el Estado de Sonora. **Hermosillo**, Univ. Nal. Auton. Mexico, Inst. Geologia, p. 5-34.
- Arellano, A. R. V., 1946, Noticias geograficas del Distrito de Altar, Sonora: *Bol. Soc. Geol. Mexicana*, v. 12, p. 53-58.
- 1956, Relaciones del Cambrico de Caborca, especialmente con la base del Paleozoico: *in* Rodgers, J., ed., *El Sistema Cambrico, su paleogeografia y el problema de su base*; pt. II Australia, America. Mexico, D. F., Cong. Geol. Internal., 20, Mexico, p. 509-527.
- Baldis, B. A. J., y Bordonaro, O. L., 1981, Vinculacion entre el Cambrico del noroeste de México y la Precordillera Argentina: Porto Alegre, Brasil, Cong. Latinoam. de **Paleontología**, 2, An., v. 1, p. 1-10.
- Brunner, Palmira, 1975, Estudio estratigrafico del Devonico en el area de Bisani, Caborca, Sonora: *Revista Inst. Mex. Petroleo*, v. 7, p. 16-45.
- Clifton, H. E., 1969, Beach lamination; nature and origin: *Marine Geology*, v. 7, p. 553-559.
- Cooper, C. A., y Arellano, A. R. V., 1946, Stratigraphy near Caborca, northwest Sonora, Mexico: *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, v. 30, p. 606-619.
- Cooper, G. A., Arellano, A. R. V., Johnson, J. H., Okulitch, V. J., Stoyanow, A., y Lochmann, Christina, 1956, Geologia y paleontologia de la region de Caborca, **norponiente** de Sonora; Parte I; **Paleontología** y estratigrafia del Cambrico de Caborca: Mexico, D. F., Cong. Geol. Internal., 20, 259 p.
- Eells, J. L., 1972, *The geology of Sierra de la Berruga, northwestern Sonora, Mexico*: San Diego, San Diego State College, tesis de maestria, 77 p. (inedita).
- Lochman-Balk, Christina, 1948, New Cambrian trilobite genera from northwest Sonora, Mexico: *Jour. Paleontology*, v. 22, p. 451-464.
- 1953, Corrections to trilobites in "Cambrian Stratigraphy and Paleontology near Caborca, northwestern Sonora, Mexico": *Jour. Paleontology*, v. 27, p. 486-488.
- 1956, The Cambrian of the Rocky Mountains and southwest deserts of the United States and adjoining Sonora province, Mexico: in Rogers, J., ed., *El Sistema Cámbrico, su paleogeografia y el problema de su base. Parte II*, Australia, America. Mexico, D. F., Cong. Geol. Internal., 20, p. 529-662.
- Longoria, J. F., 1981, **Geologic features** of northwest Sonora: in Longoria, Jose, ed., *Regional geology of northwest Sonora. Hermosillo, Sonora, Geol. Soc. America, Cordilleran Section Ann. Meeting, Proc.*, p. 1-48.
- Longoria, J. F., Gonzalez, M. A., Mendoza, J. J., y Perez, V. A., 1978, Consideraciones estructurales en el Cuadrángulo Pitiquito-La Primavera, NW de Sonora: *Univ. Sonora, Dept. Geologia, Bol.*, v. 1, p. 61-67.
- Longoria, J. F., y Perez, V. A., 1979, Bosquejo geologico de los Cerros Chino y Rajon, Cuadrangulo Pitiquito-La Primavera (NW de Sonora): *Univ. Sonora, Dept. Geologia, Bol.*, v. 1, p. 119-144.
- Malpica-Cruz, Rodolfo, y De la Torre, Guillermo, 1979, Integracion estratigrafica del Paleozoico de Mexico; Parte I, Cambrico-Ordovico: Mexico, D. F., Instituto Mexicano del Petroleo, Subdireccion de Tecnologia de Exploracion Proyecto C-1079 (inedito).
- McMenamin, M., Awramik, S., y Stewart, J. H., 1983, The Precambrian-Cambrian transition problem in western North America; Part II, Early Cambrian skeletonized fauna and associated fossils from Sonora, Mexico: *Geology*, v. 11, p. 227-230.
- Merriam, Richard, e Eells, J. L., 1979, Reconnaissance geologic map of the Caborca Quadrangle, Sonora, Mexico: *Univ. Sonora, Dept. Geologia, Bol.*, v. 1, p. 87-94.
- Stewart, J. H., 1982, Regional relations of Proterozoic Z and Lower Cambrian rocks in the western United States and northern Mexico: in Cooper, J. D., Troxel, B. W., y Wright, L. A., eds., *Guidebook Geology of selected areas in the San Bernardino Mountains, western Mojave desert, and south Great Basin, California*. Anaheim, California, Geol. Soc. America, Ann. Meeting, p. 171-186.
- Stewart, J. H., McMenamin, M., y Morales-Ramirez, J. M., 1984, Upper Proterozoic and Cambrian rocks in the Caborca region, Sonora, Mexico: physical stratigraphy, biostratigraphy, paleocurrent studies and regional relations: U. S. Geological Survey Prof. Paper 1309, 36 p.
- Stoyanow, Alexander, 1942, Paleozoic paleogeography of Arizona: *Geol. Soc. America Bull.*, v. 53, p. 1255-1282.
- Wilson, J. L., 1970, Depositional facies across carbonate shelf margins: *Gulf Coast Assoc., Geol. Soc., Trans.*, v. 20, p. 229-233.
- Wunderlich, F., 1970, Genesis and environment of the "Nellenkopfschichten" (lower Emsian; Rheinian **Devo-**

nian) at locus typicus in comparison with modern coastal environments of the German Bay: Jour.Sed. Petrology, v. 40, p. 102-130.

Manuscrito presentado: 2 de enero de 1985.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 10 de abril de 1985.

Manuscrito aceptado: 8 de julio de 1986.