

PRESENCIA DEL ESTROMATOLITO *COLONNELLA* KOMAR, 1964, Y SU CONTRIBUCIÓN AL ESQUEMA PALEOECOLÓGICO DE LA FORMACIÓN GAMUZA (RÍFICO) DE CABORCA, SONORA

Sergio Cevallos-Ferriz,¹
Andrés Pelayo-Ledesma² y
Alfonso Salcido-Reyna²

RESUMEN

De los Cerros de La Ciénega, de la Formación Gamuza (Rífico), en el Estado de Sonora, se describe un estromatolito columnar identificado como *Colonnella* Komar, 1964. Este puede formar parte de *Jacutophyton* Schapovalova, 1968, y/o extenderse para formar un estromatolito semejante a *Platella* Korolyuk (1963). En las láminas que lo componen alternan micrita y espatita y, ocasionalmente, las columnas están rodeadas de lodo calcáreo. En este artículo se presenta una reconstrucción paleoecológica hipotética, donde se relaciona dos facies de la Formación Gamuza y se explica el desarrollo de *Jacutophyton* descrito anteriormente de los Cerros Pitiquito, a partir del desarrollo cíclico de biohermas, debido a variaciones en la profundidad del agua, causadas por regresiones y transgresiones de amplitudes diferentes.

Palabras clave: estromatolito, *Colonnella* Komar, Formación Gamuza, Rífico, Caborca, Sonora.

ABSTRACT

From the Gamuza Formation (Riphean) of the Sierra de La Ciénega (Sonora), a columnar stromatolite is described and identified as *Colonnella* Komar, 1964. It may be part of *Jacutophyton* Schapovalova, 1968, and/or it may become expanded to produce a stromatolite similar to *Platella* Korolyuk (1963). Its laminations consist of alternating micrite and sparite. Sometimes they can be surrounded by calcareous mud. A hypothetical paleoecological reconstruction is proposed in which the relationship between two facies of the Gamuza Formation is considered. The structure of the *Jacutophyton*, described previously from the Pitiquito Hills, is explained as a result of the development of a bioherm related to small regressions and transgressions of different scale.

Keywords: stromatolite, *Colonnella* Komar, Gamuza Formation, Riphean, Caborca, Sonora, Mexico.

INTRODUCCIÓN

La descripción paleobiológica de los sedimentos precámbricos en los alrededores de Caborca, Sonora (Figura 1), se ha ido completando a través de los años, a partir de los estudios de Gamper y Longoria (1979), Weber y colaboradores (1979), Cevallos-Ferriz y Weber (1982) y Weber y Cevallos-Ferriz (1982). Posteriormente, se ha descrito estromatolitos, de tipos nuevos, de la Formación Gamuza (Cevallos-Ferriz *et al.*, 1982) y de la Formación Papalote (Cevallos-Ferriz *et al.*, en preparación). McMenamin y colaboradores (1983) describieron filamentosos algales de nódulos de pedernal de la Formación El Arpa, así como un pseudofósil de la Formación Clemente y una fauna esqueletizada de la Formación La Ciénega.

Los estudios estratigráficos continúan, sobre todo por parte de geólogos estadounidenses y, como resultado de ellos, Stewart y colaboradores (1984) propusieron algunas modificaciones al esquema litoestratigráfico trazado por Longoria y González (1979). Con esto, lo que antes era designado como Formación Pitiquito es

ahora dividido en dos unidades estratigráficas; la unidad basal, donde afloran las lutitas últimas de la secuencia, se designa como Formación Clemente; la segunda unidad (superior) es llamada Cuarcita Pitiquito y está compuesta de ortocuarcita de color rojizo.

Stewart y colaboradores (1984) definieron dos unidades estratigráficas suplementarias, por encima de la Formación Papalote. La primera fue llamada Cuarcita Tecolote y corresponde a una cuarcita de color blanco sobre la cual se encuentra la Formación La Ciénega, formada por rocas carbonatadas que contienen restos esqueletizados atribuibles al Tommotiano, pasando transicionalmente a la Formación Puerto Blanco, tradicionalmente considerada en esta zona como la unidad basal del Cámbrico.

Respecto a la paleoecología de estas formaciones, se ha obtenido un esquema más preciso, sobre todo para las Formaciones Gamuza y Papalote. Gamper y Longoria (1979) propusieron que en estas unidades el nivel del mar presentaba fluctuaciones. Cevallos-Ferriz y colaboradores (1983) describieron una sección con contenido estromatolítico muy completo, del cual infirieron también las oscilaciones del nivel del mar.

Cevallos-Ferriz y colaboradores (en preparación) presentan una comparación breve entre las Formaciones Gamuza y Papalote, donde se observó cómo los estromatolitos indican que la profundidad de la masa de agua

¹ Estación Regional del Noroeste, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 1039, 83000 Hermosillo, Sonora.

² Departamento de Geología, Escuela de Ingeniería, Universidad de Sonora, 83000 Hermosillo, Sonora.

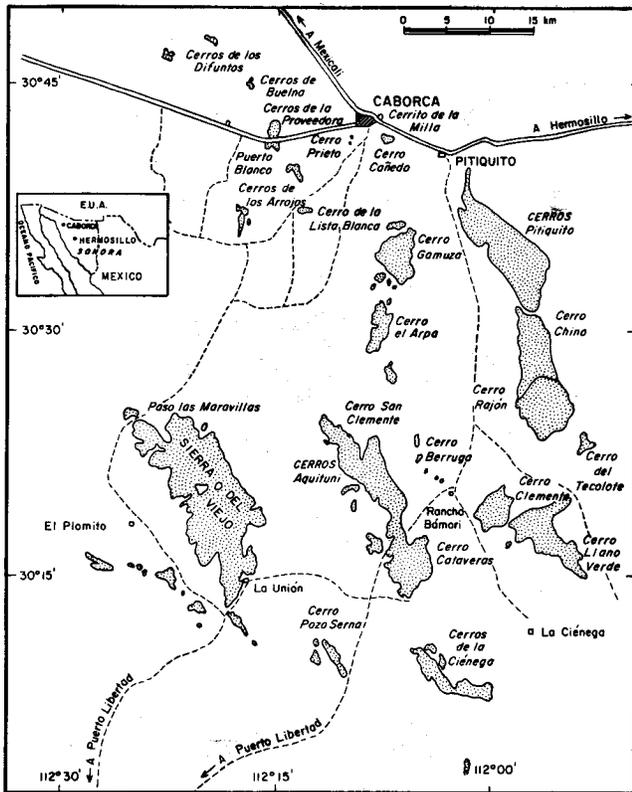


Figura 1.- Mapa de localización de los afloramientos precámbricos principales en el área de Caborca (tomado de Stewart et al., 1984).

y el régimen de corrientes cambió en cada uno de estos niveles estratigráficos.

Los estudios bioestratigráficos también fueron cuestionados y actualmente existen dos puntos de vista al respecto. Los autores que basaron su estudio únicamente en los estromatolitos propusieron una edad comprendida entre $1,110 \pm 10$ Ma y 950 ± 50 Ma (Weber et al., 1979; Weber y Cevallos-Ferriz, 1982; Cevallos-Ferriz et al., 1983; Cevallos-Ferriz y Roldán-Quintana, 1984). Por otra parte, los geólogos estadounidenses debaten estas edades, con base en el descubrimiento de un dubiofósil representado escasamente en la Formación Caborca, subyacente a las formaciones estromatolíticas, al cual consideran indicativo de una edad del Vendiano (650-570 Ma).

En el presente artículo se introduce el término *Colonnella* Komar en la nomenclatura utilizada para los estromatolitos de Caborca. El cambio de facies señalado por Cevallos-Ferriz y colaboradores (1983) se discute con base en la secuencia estromatolítica de los Cerros de La Ciénega, donde se desarrolla *Colonnella*. Por ser ésta indicativa de las fluctuaciones del nivel del mar, se utiliza para explicar el desarrollo de *Jacutophyton* descrito en los Cerros Pitiquito (Weber et al., 1979).

DESCRIPCIÓN DE COLONNELLA KOMAR, 1964

COLONNELLA KOMAR, 1964, EN EL ÁREA (FIGURA 1; FIGURA 2, A-D; FIGURA 3, A-H Y FIGURA 4, G)

En los Cerros de La Ciénega afloran dos niveles estratigráficos que contienen este tipo de estromatolito. Estos fósiles presentan formas de columnas libres, entre

las cuales nunca hay puentes o alguna otra forma de conexión. El diámetro de estos estromatolitos varía entre 8 y 15 cm y su altura máxima observada es de 45 cm. Las colonias se desarrollan con espacios intercolumnares de 2 a 5 cm, sobre todo en la zona estratigráfica superior.

En el conjunto estromatolítico inferior se observó, entre las columnas, distancias mayores que a veces rebasan los 15 ó 20 cm debido, posiblemente, a la presencia de *Platella*. Son de color rojo a café claro.

En corte transversal, la laminación, observada sin aparatos amplificadores, aparece como una serie de círculos concéntricos, donde la frecuencia aumenta hacia el exterior de la estructura y disminuye hacia el centro.

En corte longitudinal, las columnas de *Colonnella* tienen una laminación en forma de arcos sobrepuestos. La amplitud de la curvatura es constante a lo largo del corte.

A veces, las colonias de *Colonnella* descritas aquí muestran una cobertura sin laminación que les rodea. Al microscopio petrográfico se observó que la cubierta está formada por lodo calcáreo. La laminación consiste en una alternancia de micrita y espatita. Ocasionalmente, el lodo calcáreo de la cobertura forma una lámina interpuesta entre aquéllas de micrita y espatita, de espesor ligeramente mayor que el de éstas.

En ciertos casos, el lodo calcáreo que recubre los estromatolitos forma marcas de desecación. Esto permite suponer que los estromatolitos se desarrollaron en la zona de intermarea, donde estuvieron expuestos a la desecación. Es en el nivel estratigráfico inferior donde las marcas de desecación son visibles claramente. El segundo nivel de *Colonnella* no presenta huellas de desecación y contiene menos lodo calcáreo; por ello, se considera que se desarrolló también en la zona de intermarea, pero siempre cerca del límite inferior de repercusión de ésta, permitiendo así un desarrollo de columnas con laminación domal sin evidencia de exposición.

COMPARACIÓN CON OTRAS FORMAS COLUMNARES O DOMALES DEL ÁREA (FIGURA 2, B-D, Y FIGURA 3, A-F).

En corte transversal, los estromatolitos presentados se diferencian de *Conophyton*, que es otro estromatolito columnar de la región de Caborca, en que los círculos concéntricos de este último tienen una frecuencia muy constante (Figura 4, F). Además, el primero carece de zona axial, estructura que está representada muy bien en el *Conophyton* de la región.

Conophyton, en corte longitudinal diametral, muestra una laminación típica de conos truncados.

Existen otros estromatolitos columnares con laminación domal en esta área, que están identificados dentro del tipo Tungussido (Figura 4, E); presentan ramificaciones en forma de horqueta y se desarrollan longitudinalmente, de tal manera que semejan arbustos pequeños. Tienen un diámetro de 2 a 5 cm. Se distinguen de *Colonnella* porque éstos no presentan ramificaciones y tienen un diámetro mayor.

ASOCIACION DE COLONNELLA CON OTROS ESTROMATOLITOS (FIGURA 2, B Y C, Y FIGURA 3, B, C Y H)

En el primer nivel estratigráfico se observó que *Colonnella* es una modificación directa del *Conophyton*

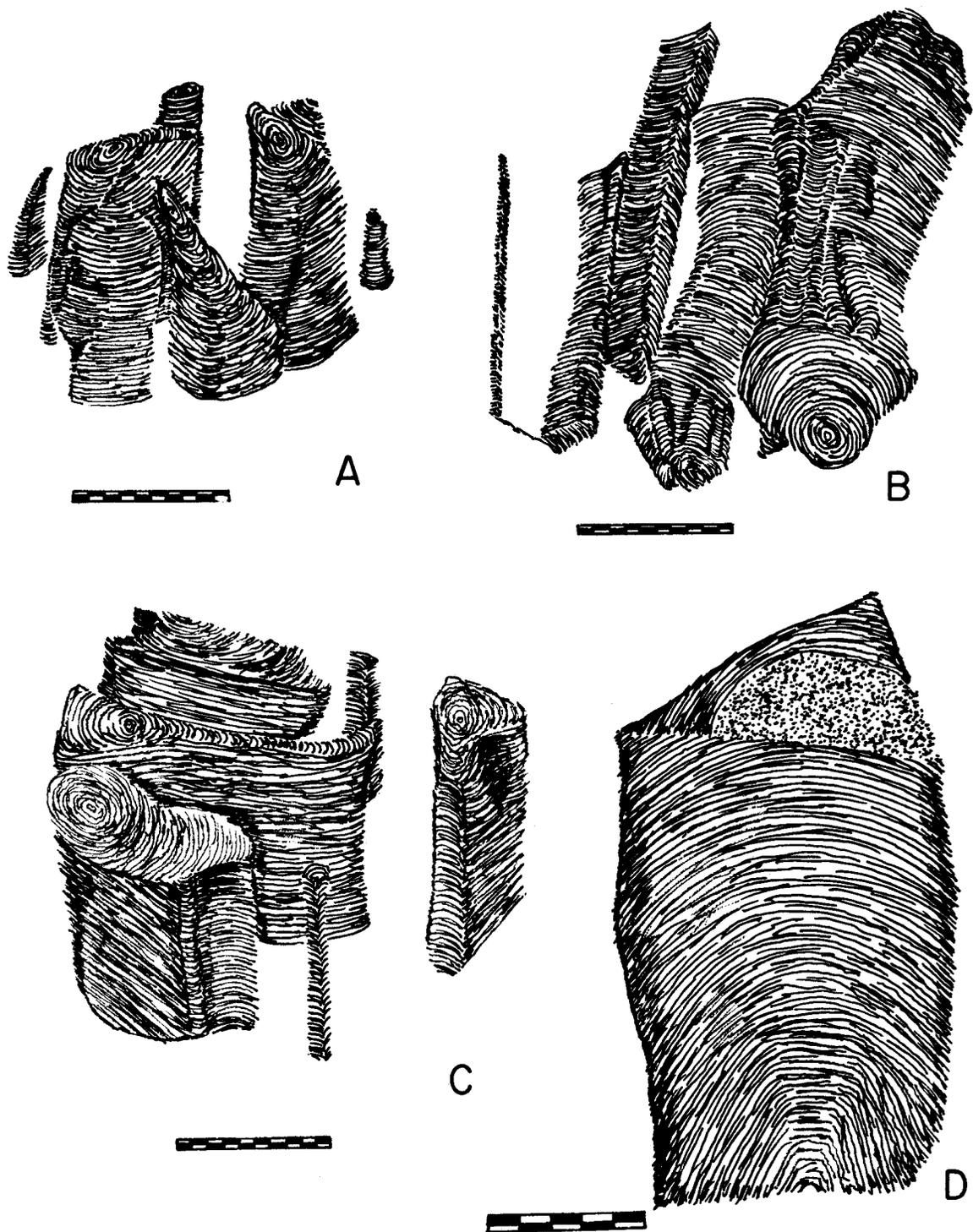


Figura 2.- Reconstrucción de cuatro muestras. A) *Colonnella* elongada ligeramente. B) *Colonnella* con ramificaciones pequeñas, semejantes a *Platella*. C) Estromatolitos semejantes a *Platella*, que muestran diferentes grados de desarrollo. D) Estromatolito columnar mostrando la transición del tipo *Conophyton* al tipo *Colonnella*.

subyacente, como lo muestra la reconstrucción presentada en la Figura 4, D. Este mismo aspecto fue inferido por Cevallos-Ferriz y Weber (1982) y Cevallos-Ferriz (1981), quienes no diferenciaron estas dos arquitecturas, sino que las trataron como una sola. Estos autores introdujeron para los estromatolitos tabulares de Caborca el nombre de *Platella*. Ésta se desarrolló en estrecha relación con las formas columnares.

En este artículo, se demuestra que la asociación de los estromatolitos semejantes a *Platella* tiene lugar, de preferencia, con *Colonnella*. Este aspecto no pudo ser señalado por estos autores en su trabajo sobre el Cerrito de la Milla, pues este nivel aflora muy localmente, por lo cual fue imposible observar sus detalles, además de que las limitaciones técnicas impidieron realizar la reconstrucción de las muestras. Entonces, la asociación

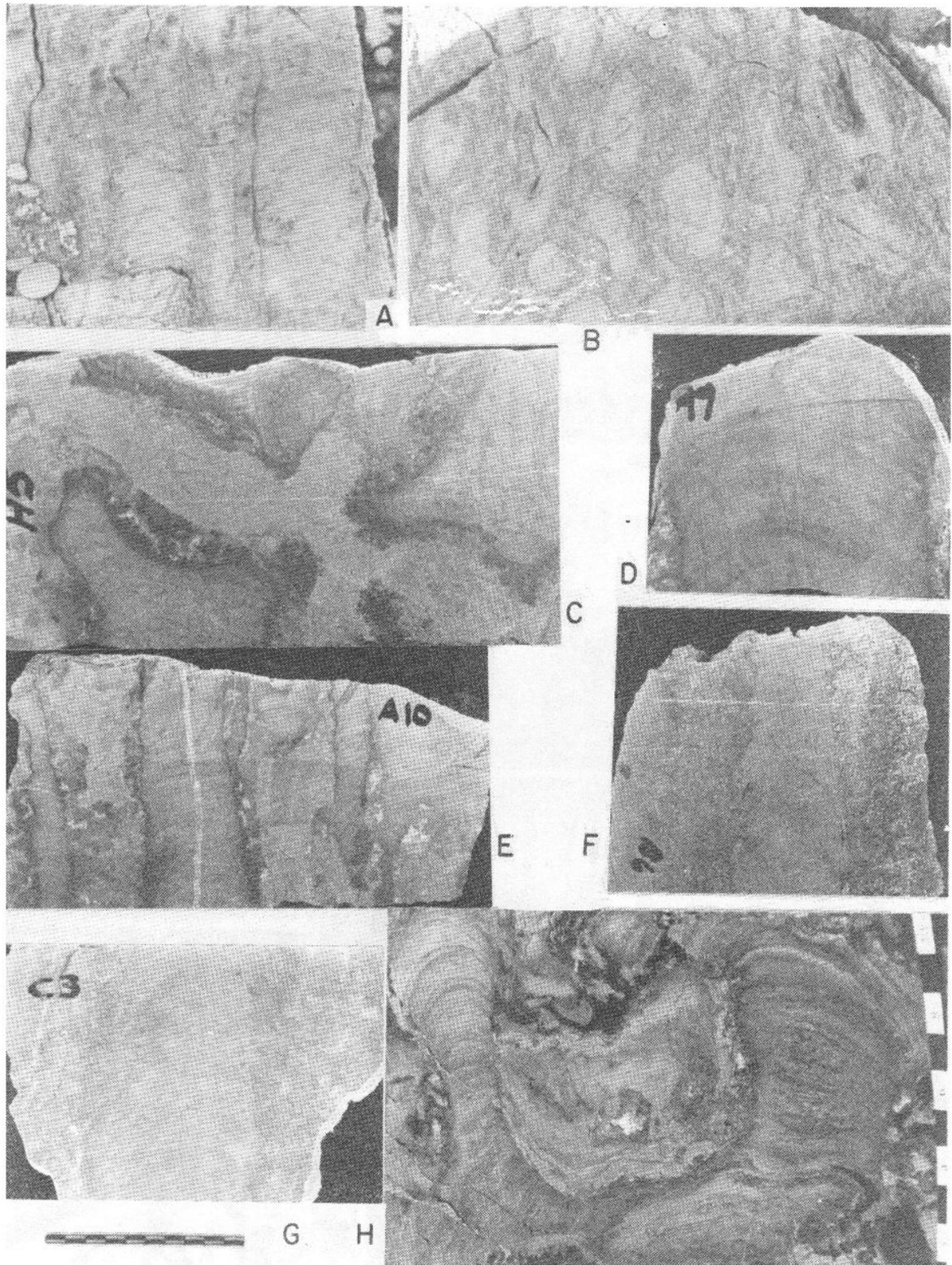


Figura 3.- A) Vista longitudinal de *Colonnella* mostrando lodo calcáreo a lo largo de sus márgenes; escala = 3.5 cm. B) Corte transversal de *Colonnella*; escala = 3.5 cm. Escala de C a G en cm en el margen inferior izquierdo. C) Corte transversal de *Colonnella* mostrando el desarrollo de ramas semejantes a *Platella*. D,E,F y G) Cortes longitudinales de *Colonnella* mostrando superficies lisas y de erosión, además de lodo entre los estromatolitos. H) Formas semejantes a *Platella* desarrollándose a partir de *Colonnellas*; escala en cm.

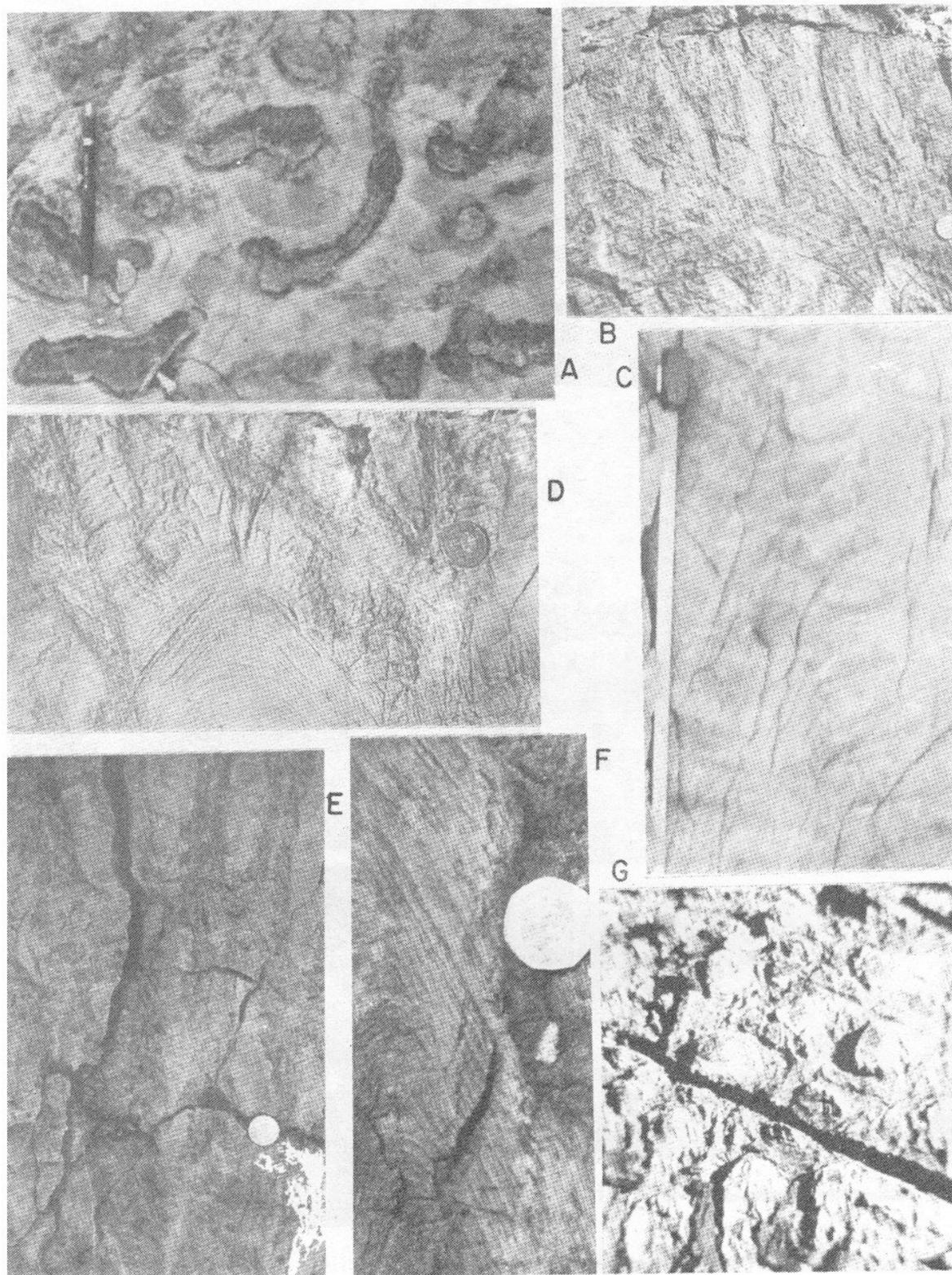


Figura 4.- A y B) Formas semejantes a *Platella* desarrollándose libremente; escala en A = 13.5 cm y en B = 03.5 cm. C) Estromatolito columnar con ramas perpendiculares (*Jacutophyton?*); escala = 1m. D) *Jacutophyton* con ramas apicales; escala = 3.5 cm. E) Representantes del tipo Tungussido; escala = 3.5 cm. F) Porción de *Conophyton*; escala = 3.5 cm. G) Vista transversal de *Colonnella*; superficie = 1.6 m².

(*Platella/Colonnella*) fue asignada al grupo *Jacutophyton*, determinación que se mantiene en este artículo.

OBSERVACIONES PALEOECOLÓGICAS

Con base en datos paleoambientales y paleontológicos previos, referentes a la Formación Gamuza del Cerro de la Milla y de los Cerros Pitiquito (Weber *et al.*, 1979; Cevallos-Ferriz, 1981; Cevallos-Ferriz y Weber, 1982) y en la observación posterior de secciones más completas en los Cerros de La Ciénega y, en general, de las localidades más meridionales del Rancho Bámori (Cevallos-Ferriz *et al.*, 1983), se identificó en la Formación Gamuza dos conjuntos de estromatolitos. Además, se señaló que el conjunto característico de esta área meridional presenta arquitecturas diferentes que indican paleoambientes distintos (Cevallos *et al.*, *op. cit.*).

Lo anterior se basa en el hecho indiscutible de la estrecha relación que tiene el medio ambiente con las formas orgánicas que en él se desarrollan. Aceptando que el desarrollo arquitectónico de estas estructuras orgánico-sedimentarias obedece principalmente a, y por tanto refleja, las características de su medio, a continuación se hace las consideraciones siguientes (Figura 5).

CERROS DE LA CIÉNEGA Y LOCALIDADES CORRELACIONABLES

En los Cerros de La Ciénega y localidades correlacionables como el Cerro Clemente, Cerro San Agustín y Cerrito de la Milla (Figura 5), la secuencia comienza con estromatolitos columnares, descritos ampliamente en la región e identificados como *Conophyton*. El paleoambiente que se ha postulado para el desarrollo de este grupo es de energía baja y la presencia de paleocorrientes no es detectable, debido a que éstos crecen de manera vertical, aproximadamente, y además carecen de huellas de erosión o marcas de desecación. Con base en estas características, es posible ubicar el ambiente de estos estromatolitos por debajo del nivel de repercusión de las mareas. En los Cerros de La Ciénega, en el horizonte estromatolítico basal, la talla de éstos no es muy grande, su diámetro varía entre los 15 y 30 cm y su altura no sobrepasa los 60 cm.

Este horizonte fue localizado en el Cerrito de la Milla por Weber y Cevallos-Ferriz (1982), quienes observaron que hacia arriba el tipo de laminación de los estromatolitos cambia del cónico truncado típico de los *Conophyton* al domal de *Colonnella*. Las observaciones recientes permiten afirmar que hacia la parte superior de este nivel las formas domales, en ocasiones, se desarrollan de manera independiente respecto a las cónicas, lo cual marca la transición a otro horizonte estratigráfico, caracterizado por la presencia de estromatolitos columnares con laminación domal, *Colonnella* y formas semejantes a *Platella*, únicamente.

En este artículo las formas columnares son identificadas como *Colonnella*. Aceptando que la arquitectura de los estromatolitos sea reflejo del medio ambiente, esta transición obedece, sin duda, a un cambio del medio.

Las columnas de *Colonnella* no presentan tallas grandes; tienen un diámetro máximo de 15 cm y su altura máxima observada es de 45 cm; pueden presentarse co-

mo grupos tupidos, con el espacio que separa a las columnas variando desde 2 hasta 20 cm. Dos características de *Colonnella* permiten suponer un ambiente distinto del que moldeó a los *Conophyton* infrayacentes estratigráficamente. Primeramente, las columnas se encuentran rodeadas por lodo calcáreo y, en segundo término, los contornos de las columnas, juntas en corte transversal, forman una red de mallas angulares, explicadas como huellas de desecación.

Estas características demuestran que en el segundo nivel, los estromatolitos estuvieron expuestos, al menos parcialmente, a la desecación. Esto implicaría un decrecimiento en profundidad de la masa de agua, como resultado de un incremento en la tasa de sedimentación o de una regresión pequeña. Esta segunda propuesta es más viable, en virtud de que en asociaciones con *Colonnella* se ha encontrado estromatolitos semejantes a *Platella* (Figura 4, A). En esta última se ha demostrado la existencia de una orientación preferencial, a causa de paleocorrientes. Independientemente, Stewart y colaboradores (1984), con base en estudios sedimentológicos, afirmaron la presencia de paleocorrientes unidireccionales en sedimentos sub- y suprayacentes. Estas corrientes pudieron ser producto de la actividad de las mareas, mismas que moldearon también las estructuras semejantes a *Platella*, como lo propusieron Cevallos-Ferriz (1981) y Cevallos-Ferriz y Weber (1982).

La presencia de pedernal, como un tercer horizonte estratigráfico, sobre una secuencia de plataforma continental de aguas tan someras, parece no concordar; sin embargo, la presencia del pedernal estratificado en el Precámbrico ha sido explicada, en diferentes ocasiones, como depósito cratónico asociado con aguas carbonatadas someras o como depósito asociado a zonas evaporíticas o, al menos, depósitos hipersalinos (James, 1954; Eugster y Chou, 1973). Se considera remota la posibilidad de que en, este caso, se trate de pedernal de origen secundario, pues en él no se encuentra estructuras reemplazadas.

El hecho de que la formación del pedernal del Precámbrico se haya explicado como producto de depósito en ambiente cratónico somero y de que el ambiente que se está reconstruyendo sea de aguas poco profundas hace coherente tal suposición, aun cuando estos depósitos cratónicos están asociados, generalmente, con calizas que contienen numerosos nódulos de pedernal. En las calizas del área estudiada, estos nódulos sí se presentan, aunque de manera poco frecuente.

El espesor que alcanza esta unidad de pedernal es significativo, pues tiene 2 m, aproximadamente. Su presencia refleja un cambio marcado en las condiciones físico-químicas del medio ambiente, mismo que impidió el desarrollo de la microflora constructora de los estromatolitos. Lo anterior explica parcialmente porqué en el pedernal precámbrico de Sonora no se ha encontrado, hasta la fecha, indicio alguno de este material. Lo único que se ha encontrado es material contaminante, como traqueidas y células epiteliales de plantas xerófitas. Existen algunos hallazgos muy aislados que recuerdan células cocoidales y filamentosas; sin embargo, sería aventurado afirmar que éstos representen microflora

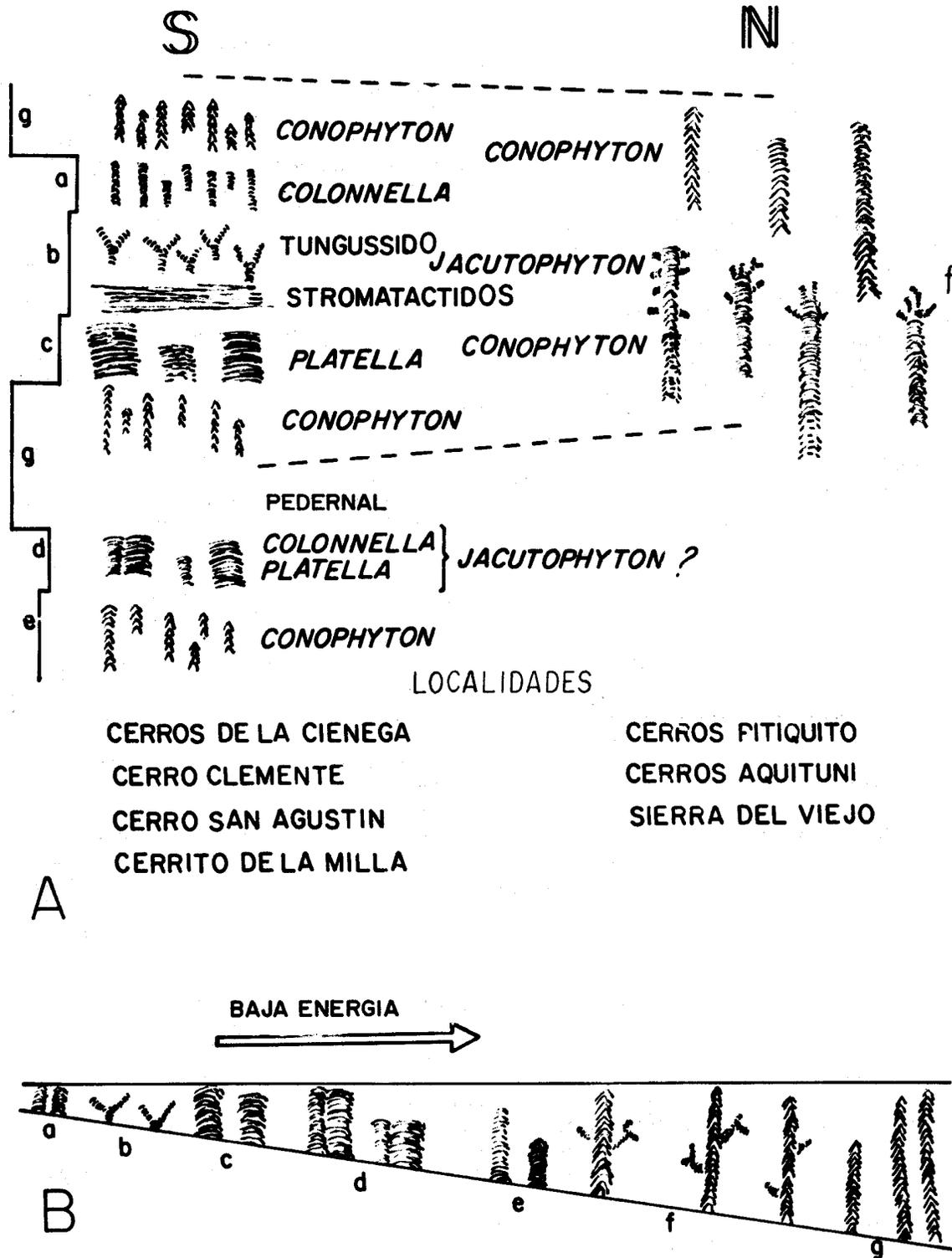


Figura 5.- Correlación de los Cerros de La Ciénega y Sierra del Viejo y sus localidades correlacionables, mostrando los movimientos que dieron lugar a los estromatolitos diferentes. Además, se muestra un perfil con la ubicación sugerida para las arquitecturas estromatolíticas distintas: a) *Colonnella*, b) *Tungussido*, c) formas semejantes a *Platella*, d) *Colonnella* + formas semejantes a *Platella* = *Jacutophyton*, e) *Conophyton*, f) *Conophyton* + *Baicalia*(?) = *Jacutophyton*, g) *Conophyton*.

sinsedimentaria.

Inmediatamente sobre el pedernal, en un cuarto horizonte estratigráfico, se restablece la secuencia carbonatada, con la presencia de los estromatolitos columnares cónicos del tipo *Conophyton*. En este nivel, el diámetro y la altura observables son mayores que en el pri-

mer horizonte. El diámetro llega hasta los 50 cm y rara vez es ligeramente menor que los 30 cm. Su altura sobrepasa, con frecuencia, un metro, aunque nunca se observó mayor que 1.50 m.

De acuerdo con lo anterior, para el depósito de este horizonte el mar debe haber transgredido, permitien-

do nuevamente la sedimentación biógena y la edificación de estromatolitos en aguas más profundas.

Suprayaciendo a los estromatolitos de tipo *Conophyton*, reaparecen los estromatolitos tabulares semejantes a *Platella* (Figura 4, A y B), explicados anteriormente como moldeados por la acción de las corrientes. En este horizonte no se les encuentra asociados con los estromatolitos columnares, por lo que el paleoambiente correspondiente debe haberse caracterizado por corrientes de energía mayor que en el horizonte inferior, donde se encuentra formas semejantes a *Platella*. En ocasiones, los elementos semejantes a *Platella* llegan a presentar aquí forma de "U".

Por encima de este nivel, con estromatolitos semejantes a *Platella*, se observa estromatolitos columnares aún no identificados, que marcan un horizonte estratigráfico adicional. Pueden ser referidos dentro del tipo Tungussido (Figura 4, E) y se presentan en forma de columnas que se bifurcan. En corte transversal se muestran circulares y un poco elongados, ocasionalmente, lo que permite afirmar que el nivel de energía en el medio había disminuido notablemente. Como consecuencia se desarrollaron columnas muy finas, cuyo diámetro promedio es de 3 cm.

En el séptimo nivel se encuentra estromatolitos del tipo *Colonnella*. Éstos no presentan tanto lodo calcáreo como aquéllos de la unidad dos y no desarrollan ramas. A partir de este nivel parece comenzar una fase nueva de transgresión.

Por encima de este horizonte reaparecen las columnas de *Conophyton* con diámetros que varían desde 30 hasta 50 cm y altura hasta de 1.50 m. Ellos indican que continuó la transgresión. Con el horizonte de *Conophyton* termina la secuencia de estromatolitos de las secciones referentes a localidades de la parte meridional del área.

SIERRA DEL VIEJO Y LOCALIDADES CORRELACIONABLES

Del Rancho Bámori hacia el norte y norponiente (Sierra del Viejo, Cerros Aquitani y Cerros Pitiquito; Figura 5), la Formación Gamuza presenta un conjunto de estromatolitos diferente (Weber *et al.*, 1979). Básicamente se distingue en él dos formas: *Conophyton* y *Jacutophyton*. En estos afloramientos no hay límites tan marcados entre una forma y la otra; sin embargo, es indudable que el desarrollo comienza con *Conophyton*. De acuerdo con Weber y colaboradores (1979), el diámetro de estas columnas es de 50 cm, aproximadamente. Posteriormente, en la Sierra del Viejo se midió diámetros aún mayores, en ocasiones cercanos a 1 m. En estos casos, la altura observable sobrepasa 1.50 m y con base en la forma de cálculo presentada por Weber y colaboradores (1979), estas formas en vida quizá llegaron a medir hasta 2.5 m de altura libre. Tales dimensiones no pudieron, obviamente, desarrollarse en alguno de los ambientes planteados en la reconstrucción anterior, sino que requerirían de un cuerpo de agua más profundo, sin corrientes que obstaculizaran el desarrollo vertical de dichas estructuras.

Otro tipo de estromatolito que se encuentra en es-

tas localidades es *Jacutophyton* (Figura 4, D), el cual se desarrolla una vez que se han establecido perfectamente las columnas cónicas de *Conophyton*. También está constituido por una columna de tipo *Conophyton* y ramas que recuerdan la diagnosis de *Baicalia*, desarrollándose a partir de ella. Para aceptar la presencia de *Baicalia* en el área, es necesario realizar reconstrucciones de algunos ejemplares. El desarrollo de estos biohermas, en las localidades mencionadas, termina con el restablecimiento de *Conophyton*.

En la Sierra del Viejo y localidades correlacionables, estas columnas tienen dimensiones bastante constantes, tanto en su distribución vertical como horizontal. Recientemente, Cevallos-Ferriz y colaboradores (1983) reportaron la presencia de otro estromatolito columnar ramificado, que puede distinguirse fácilmente del *Jacutophyton* descrito con anterioridad por Weber y colaboradores (1979), debido a que las ramas de éste último se orientan entre 45 y 90° respecto a la columna de *Conophyton*; mientras que el informe nuevo señala que se desarrollan casi perpendicularmente respecto a la misma columna (Figura 4, C). Este tipo nuevo se desarrolló en el mismo nivel estratigráfico que *Jacutophyton* y representa, posiblemente, una tercera forma dentro del grupo, en Caborca.

El hecho de que aproximadamente en la parte central de este bioherma se desarrollen formas diferentes de aquéllas que se observa en la base y cima, permite afirmar que también éstas muestran cambios en el ambiente y que fueron, posiblemente, menos drásticos que en los Cerros de La Ciénega.

RELACIÓN DE LAS DOS FACIES.

Aceptando que el ambiente físico es el principal, mas no el único, responsable de la arquitectura de los estromatolitos, debería hablarse entonces de comunidades sensibles a cambios físicos que permitieron la gran diversidad de formas que se observó en los sedimentos. Dichas comunidades deben ser entendidas como dinámicas, puesto que el porcentaje de microorganismos edificadores de los diferentes tipos de estromatolitos influye en el tipo estructural y no en la microestructura de láminas que se apilan para dar lugar a la construcción final. Entonces, si el ambiente físico es responsable de la selección porcentual de la comunidad edificadora y si el resultado de estos porcentajes distintos en la comunidad interviene en la formación de láminas cónicas, cóncavas, convexas, paralelas a la estratificación, etcétera, y su apilamiento da como resultado una arquitectura determinada, puede afirmarse que la macroestructura indica el ambiente en que se desarrollaron los estromatolitos. El hecho de que se observe diversos conjuntos estromatolíticos en localidades diferentes, permite afirmar que dentro de la cuenca sedimentaria de Caborca existieron distintas condiciones ambientales, las cuales permitieron el desarrollo de algunos estromatolitos.

La observación de los estromatolitos de la Formación Gamuza en Caborca y de algunas estructuras sedimentarias en la roca encajonante, permite hacer un zomeamiento de los estromatolitos de acuerdo con la pro-

fundidad, la cual se maneja como parámetro principal, ya que la ausencia o presencia de huellas de erosión o marcas de desecación, así como la participación de lodo calcáreo en la edificación de los estromatolitos y la falta de éstos, permiten hablar con bastante seguridad de ambientes de infra-, supra- o intermarea.

Aunque estos ambientes no se relacionan necesariamente con diferencias grandes de profundidad, sí producen cierta variación. Otros parámetros como la turbiedad, salinidad y penetración de la luz no son contemplados aquí, ya que serían especulativos, pero se acepta que tuvieron participación importante en la selección de las comunidades edificadoras.

El estromatolito más conspicuo en el área es *Conophyton* y es difícil situarlo dentro de un ambiente único; sin embargo, se puede afirmar que siempre se desarrolló en un cuerpo de agua que no permitió su exposición a la intemperie y que, a la vez, estuvo alejado de la zona de influencia de las mareas. El ambiente, por tanto, para éste es de inframarea o bien dentro de alguna laguna costera. Esta última posibilidad no parece muy probable si se considera el conjunto estromatolítico donde se desarrolla.

Los estromatolitos ramificados, en los que participa *Conophyton* como columna a partir de la cual crecen las ramas, debieron desarrollarse en un ambiente similar; sin embargo, el hecho de que se dieran las ramas es producto de un cambio en el ambiente. De acuerdo con las observaciones realizadas, las ramas crecieron activamente en todas direcciones, por ello se descarta la presencia de corrientes que hubiera ayudado a orientarlas de manera preferencial. Entonces, *Jacutophyton* se desarrolló también en el ambiente de inframarea, probablemente más cerca de la superficie del agua.

En el ambiente de intermarea, en Caborca, se desarrollaron los estromatolitos columnares con laminación domal. Esto lo indican el lodo calcáreo y las huellas de desecación con los que se asocia *Colonnella*. Además, la orientación preferencial en el estromatolito semejante a *Platella*, del segundo nivel estratigráfico de los Cerros de La Ciénega, permite afirmar la presencia de corrientes unidireccionales que bien pudieran ser las mareas.

Se sugiere un ambiente similar al mencionado antes, para las formas parecidas a *Platella* que se desarrollan solas. En este nivel no se observó lodo calcáreo y/o huellas de desecación; sin embargo, *Platella* fue interpretada por Korolyuk (1963) y Weber y Cevallos-Ferriz (1980) como índice de paleocorrientes. De acuerdo con la secuencia de la que forma parte, el ambiente de intermarea fue también aceptable para *Platella*; no obstante, ésta debió estar cerca del nivel de inframarea para evitar la exposición a la desecación.

Donde *Colonnella* se desarrolla sola, el ambiente también fue de intermarea, pero más cercano a la zona de inframarea; esto se demuestra, sobre todo, en su construcción isodiamétrica, que refleja poca acción de las corrientes sobre ella.

Por último, cabe señalar que el estromatolito Tungussido parece tener una posición intermedia entre las formas semejantes a *Platella* y *Colonnella*, cuando se desarrollan libremente, en virtud de presentar muy poca

elongación. Es importante mencionar que en la base de esta unidad estratigráfica con tungussidos, se encuentra un estromatolito estratiforme muy recristalizado, que en cierta forma recuerda a los estromatotáctidos o a las formas de crustificación de los depósitos minerales. Aquí se interpreta como un lodo con actividad biógena, en el que un estromatolito estratiforme no alcanza a desarrollarse correctamente, por lo cual quedaron huecos en que se ha producido recristalización, dando las apariencias mencionadas antes.

Comparando las secciones fosilíferas ya descritas en este artículo, es evidente que aquélla de los Cerros de La Ciénega representa facies más someras que la de la Sierra del Viejo (Cevallos-Ferriz *et al.*, 1982). En la primera se menciona cuerpos de agua menos profundos, lo cual no significa que se trate de la zona costera. Los datos presentados aquí permiten afirmar únicamente que se trata de una plataforma continental amplia, con dos zonas y con profundidades diferentes. Puede intuirse que los Cerros de La Ciénega y localidades correlacionables están cerca de la línea de costa, pero no existe, actualmente, evidencia alguna para que estas localidades sean consideradas así. Hay dos posibilidades para correlacionar estas secciones: la primera supone que durante el depósito del pedernal, cuando la profundidad del agua era más profunda, se desarrolló el *Jacutophyton* compuesto por *Conophyton* y la posible *Baicalia*. Sin embargo, el hecho de que los *Conophyton* que infra- y suprayacen el pedernal tengan dimensiones diferentes, mientras que el *Conophyton* en los Cerros Pitiquito tenga dimensiones bastante constantes, hace un poco débil la relación.

La segunda posibilidad sería ubicar a la sección septentrional del área entre los niveles estratigráficos cuatro y siete, portadores de *Conophyton* con dimensiones iguales y a su vez semejantes con aquéllos de la Sierra del Viejo (Cevallos *et al.*, 1982). Dentro de esta proposición, es interesante que los estromatolitos del tipo Tungussido se hayan desarrollado al mismo nivel, aproximadamente, que *Jacutophyton*, con ramas que también se bifurcan (*Baicalia*). Con base en estas observaciones, se optó por la segunda proposición, ya que relaciona estructuras semejantes.

En la Formación Gamuza, en la Sierra del Viejo (sección septentrional del área), existen diferencias litológicas por las cuales se supone que dentro de ésta existen también, cuando menos, dos facies distintas. La disimilitud de espesor y el hecho de que los sedimentos de la Formación Gamuza, en la porción meridional, tomen un color rojizo semejante, mas no igual en intensidad, al de los afloramientos de La Ciénega, señalados aquí como el área más somera, permiten creer que la porción septentrional de la Sierra del Viejo represente ambientes más profundos.

Es importante mencionar que en la Formación Papalote los estromatolitos también sugieren un cambio de facies. Así, el *Conophyton* de esta formación, en la Sierra del Viejo, puede alcanzar hasta un metro de altura libre observable, lo cual indica, nuevamente, un cuerpo de agua con profundidad mayor que el observado en los estromatolitos domales, identificados por Stewart y cola-

boradores (1984) como "semejantes a *Collenia*" en el Cerro Rajón. De esta manera, se sostiene lo señalado para la Formación Gamuza, en cuanto a que la zona meridional del área indica un ambiente más somero, mientras que la parte septentrional refleja ambientes con profundidad mayor, ambos dentro de una plataforma amplia.

CONCLUSIONES

Se puede afirmar que la variación de estromatolitos presentes indica que existen, cuando menos, tantos paleoambientes como grupos hay, aunque pudiera también existir un número superior de ambientes, porque el desarrollo de estromatolitos de un mismo grupo es posible en ambientes variados, como lo demuestra la presencia de dos o tres tipos de *Jacutophyton*, cada uno en un ambiente distinto.

Por otra parte, la repetición de la forma *Conophyton* en las secciones parece indicar, de manera indiscutible, la existencia de un fenómeno cíclico. Debido a que el contenido de las secciones entre dos niveles de *Conophyton* no es siempre el mismo, puede pensarse que no se trata de cambios de tipo climático sino, por el contrario, que el carácter cíclico se debe a movimientos tectónicos. Así, en una misma sección de la región meridional se observó ambientes diferentes de intermarea y en la sección de la región septentrional se observó formas de inframarea. La ciclicidad está representada por una alternancia de grupos columnares, con laminación cónica, típica de la zona de inframarea y el grupo columnar con laminación domal, característica de la zona de intermarea; estos últimos se pueden bifurcar o elongar según el lugar exacto que ocupen en esta zona.

Se puede afirmar que la macroestructura de los estromatolitos estuvo controlada físicamente por algunos factores, entre los cuales es muy importante el nivel de energía mecánica del medio donde se desarrollaron, por tanto, su macroestructura indica la posición que ocuparon sobre la plataforma continental. En el caso de Caborca, esta plataforma parece haber sido muy extensa y con una profundidad poco variable. Considerando la plataforma así, las localidades estudiadas permiten suponer que el lado meridional estuvo formado por estructuras semejantes a playas pequeñas (esto no quiere decir que representen la línea de costa) individualizadas relativamente, pero con características generales similares, por lo que todas las localidades presentan los mismos estromatolitos, aunque el espesor de los niveles estratigráficos y en cierta forma las características físicas de las rocas, varíen de un lugar a otro.

Es importante señalar que en el Cerrito de la Milla, aunque están presentes los mismos estromatolitos, el orden de la secuencia no es el mismo que en otras localidades. En este caso, numerosas fallas afectan la zona y su interpretación estratigráfica es muy compleja. En esta reconstrucción, se considera haber seguido el esquema típico de localidades más meridionales y que el orden de la secuencia estromatolítica se ha visto afectado por la tectónica del área.

Serebryakov (1971) y Serebryakov y colaboradores (1972) concluyeron que el análisis de los ciclos estroma-

tolíticos demuestra que éstos dependen de la variación de factores abióticos y que la composición del conjunto estromatolítico, en cada punto del ciclo, es de suma importancia para la subdivisión del Ríffico. Horodyski (1982) dio gran importancia a los factores físicos como responsables de la macroestructura.

Finalmente, se debe señalar la necesidad de estudiar la microestructura para obtener una visión mejor de las relaciones paleoambientales y estratigráficas de los estromatolitos, por lo que la reconstrucción presentada aquí debe ser considerada como preliminar e hipotética. El estudio sedimentológico de estas secuencias estromatolíticas es imprescindible para complementar el esquema paleoecológico y confirmar la interpretación referente a las fluctuaciones y profundidades de los diferentes grupos de estromatolitos.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Dr. Reinhard Weber y al M. en C. Jaime Roldán-Quintana, la discusión del contenido de este artículo, así como a los doctores John Stewart y Mark McMenamin sus comentarios al mismo. El trabajo fotográfico se realizó con la ayuda de los Biólogos Luis Roldán-Ramos y Héctor Hernández-Campos y los esquemas los llevó a cabo la Sra. Verónica de la Mora. El presente artículo se realizó como parte del proyecto 008 del Instituto de Geología de la UNAM, Estación Regional del Noroeste.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cevallos-Ferriz, Sergio, 1981, Observaciones sobre los estromatolitos del Precámbrico Tardío de las capas Gamuza de la región de Caborca, Estado de Sonora: México, D.F., Univ. Nal. Autón. México, Fac. Ciencias, tesis profesional, 29 p. (inérita).
- Cevallos-Ferriz, Sergio, y Weber, Reinhard, 1980 (1982), Arquitectura, estructura y ambiente de depósito de algunos estromatolitos del Precámbrico sedimentario de Caborca, Sonora: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 4, p. 97-103.
- Cevallos-Ferriz, Sergio, Salcido-Reyna, Alfonso, y Pelayo-Ledesma, Andrés, 1982, El registro fósil del Precámbrico, los estromatolitos de Caborca, Sonora: Soc. Geol. Mexicana, Notas Geológicas, v. 2, p. 2-6.
- 1983, Comentarios sobre una nueva sección del Precámbrico de Sonora; los estromatolitos y su importancia en estos estudios: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 5 p. 1-16.
- Cevallos-Ferriz, Sergio, Weber, Reinhard, Pelayo-Ledesma, Andrés, y Salcido-Reyna, Alfonso, en preparación, Estromatolitos proterozoicos, Formación Papalote de la región de Caborca, Sonora, México.
- Cevallos-Ferriz, Sergio, y Roldán-Quintana, Jaime, 1984, Comentarios bioestratigráficos a las correlaciones de estratigrafía física entre el Precámbrico de Caborca, Son., México, y el SW de Estados Unidos: Oaxtepec, México, Cong. Latinoam. Paleontología, 3, Mem., p. 1-9.
- Eugster, H. P., y Chou, I. M., 1973, The depositional environments of Precambrian banded iron-formations: Econ. Geology, v. 68, p. 1144-1168.
- Gamper, M. A., y Longoria, J. F., 1978 (1979), Sobre la ocurrencia de estromatolitos en la secuencia precámbrica del cuadrángulo Pitiquito-La Primavera, NW de Sonora: Univ. Sonora, Bol. Dept. Geología Uni-Son, v. 1, p. 95-104.
- Horodyski, R. H., 1982, Sedimentology and stromatolites of the Belt Supergroup, Glacier National Park, Montana: México, D. F., Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología Internal. Geol. Correl. Program, Development and interactions of Precambrian lithosphere, biosphere and atmosphere., Joint Meeting Projects 157 y 160, Abstr. p. 17 (resumen).
- 1983, *Baicalia-Conophyton* stromatolite cycles in the middle Proterozoic Siyeh limestone, northwestern Montana: Geol. Soc.

- America, Ann. Meeting, Abstr, p. 598 (resumen).
- James, H. L., 1954, Sedimentary facies of iron-formation: Econ. Geology, v. 49, p. 235-293.
- Korolyuk, I. K., 1963, Stromatolites of the Late Precambrian: *in* Keller, B. M., ed., Upper Precambrian stratigraphy of the USSR. Moscú, Gozgeoltekhizdat, v. 2, p. 479-498.
- Longoria, J. F., y González, M. A., 1979, Estudios estratigráfico-estructurales en el Precámbrico de Sonora; Geología de los Cerros Gamuza y El Arpa: Univ. Sonora, Bol. Dept. Geología Uni-Son, v. 2, p. 106-149.
- McMenamin, M. A. S., Awramik, S. M., y Stewart, J. H., 1983, Precambrian-Cambrian transition problem in western North America, Part II; Early Cambrian skeletonized fauna and associated fossils from Sonora, Mexico: Geology, v. 11, p. 127-230.
- Serebryakov, M. A., 1971, Stromatolites in the rhythmic strata of the Riphean: Moscú, Izv. Acad. Sci., Ser. Geol., v. 10, p. 127-134.
- Serebryakov, M. A., Komar, V. A., y Semikhatov, M. A., 1972, The dependence of the morphology of Riphean stromatolites on the conditions of their formation: Moscú, Izv. Acad. Sci., Ser. Geol., v. 7, p. 140-148.
- Stewart, J. H., McMenamin, M. A. S., y Morales-Ramírez, J. M., 1984, Upper Proterozoic and Cambrian rocks in the Caborca region, Sonora, Mexico; physical stratigraphy, biostratigraphy, paleocurrent studies and regional relations: U. S. Geol. Survey, Prof. Paper 1039, p.
- Weber, Reinhard, Cevallos-Ferriz, Sergio, López-Cortés, Alejandro, Olea-Franco, Adolfo, y Singer-Sochet, Silvia, 1979, Los estromatolitos del Precámbrico Tardío de los alrededores de Caborca, Estado de Sonora, I; Reconstrucción de *Jacutophyton* Schapovalova e interpretación paleoecológica preliminar: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 3, p. 9-23.
- Weber, Reinhard, y Cevallos-Ferriz, Sergio, 1980 (1982), El significado bioestratigráfico de los estromatolitos del Precámbrico sedimentario de la región de Caborca, Sonora: Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista, v. 4, p. 104-110.

Manuscrito presentado: 29 de julio de 1985.

Manuscrito corregido devuelto por el autor: 21 de enero de 1987.

Manuscrito aceptado: 5 de marzo de 1987.