

## FILAMENTOS FÓSILES EN CALIZA DE LA FORMACIÓN AGUA NUEVA Y SU RELACIÓN CON ACTIVIDAD MICROBIANA

Alberto Blanco-Piñón<sup>a</sup>, Silvia Patricia Ambrocio Cruz<sup>a</sup>, José Cruz Escamilla Casas<sup>a</sup>, Enrique Cruz Chávez<sup>a</sup>, Luis Enrique Ortiz Hernández<sup>a</sup>, Adriana Fosado Cázares<sup>a,b</sup>.

<sup>a</sup>Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Carretera Pachuca-Tulancingo km. 4.5. Mineral de la Reforma, Hidalgo  
[ablanco@uaeh.edu.mx](mailto:ablanco@uaeh.edu.mx)

<sup>b</sup>Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza. Venustiano, Carranza, Puebla. Av. Tecnológico S/N. Col. El Huasteco. Villa Lázaro Cárdenas, Venustiano Carranza, Puebla.

### RESUMEN

En este trabajo se documentan filamentos de origen microbiano en caliza de la Formación Agua Nueva (Cenomaniano/Turoniano: Cretácico Superior) en el área de Xilitla, San Luis Potosí, México central. Esta unidad consiste en caliza decimétrica laminada y no laminada que alterna con capas centimétricas de lutita, la cual ocasionalmente exhibe horizontes de 5 cm de espesor de bentonita verde. Los filamentos están presentes principalmente en la caliza laminada, la cual presenta una coloración gris oscuro, alto contenido de carbono orgánico ( $C_{org} > 1.0$  wt%) y peces fósiles con diferentes grados de preservación. Observaciones en lámina delgada revelan la presencia de una matriz micrítica que exhibe láminas onduladas y subparalelas de color claro formadas por la aglutinación de aloquímicos de origen biogénico, así como láminas onduladas de color oscuro, que se extienden de forma continua a discontinua y subparalela al plano de estratificación. Dentro de la matriz micrítica, se observan tres tipos principales de filamentos: 1) filamentos traslúcidos con estructuras apicales y estructura lamelar interna o bien, con septación aparente, 2) filamentos rojos septados, 3) filamentos rojos no septados. De acuerdo a su estructura interna, se asigna un origen diverso a estos filamentos. Filamentos traslúcidos con ápices son similares a formas reportadas previamente para bivalvos, mientras que aquellos con septación sugieren un origen bacteriano. Filamentos rojos septados y no septados presentan morfologías muy similares a estructuras filamentosas reportadas para diversos tipos de algas protistas. Algunos filamentos se encuentran embebidos en las láminas oscuras siguiendo el mismo arreglo ondulatorio de las mismas, lo que sugiere que estos organismos pudieron estar involucrados en la producción de la materia orgánica presente en la caliza laminada de la Formación Agua Nueva, además de otras fuentes que aportaron materia orgánica en suspensión y disuelta.

### 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es conocido que diferentes tipos de microorganismos, especialmente bacterias, son capaces de imprimir nuevas características físicas en sedimentos de diferentes ambientes continentales y marinos [19]. En ambientes marinos, existen diversos tipos de microorganismos que están relacionados con la formación de estructuras sedimentarias, entre los ejemplos más conocidos se encuentran cianobacterias, bacterias sulfato reductoras [22] y algas rojas microscópicas [23], las cuales ocasionalmente quedan preservadas como filamentos. Hoy en día, el registro de actividad microbiana

en la formación de rocas calcáreas también está ampliamente documentado [11] tanto en capas del Precámbrico [3, 12, 13, 14, 24] como del Fanerozoico [2, 7, 10, 11, 23].

En México, existen pocos trabajos que reportan bioformas microscópicas fósiles ligadas a bacterias o a algas microscópicas en caliza. Duque *et al.* reportan microsferoides de origen bacteriano (cianobacterias) en rocas de la Formación Indidura (Coahuila); Blanco *et al.* [5] y Ángeles-Trigueros *et al.* [1] describen de manera preliminar estructuras bacterianas en pirita sedimentaria de la Formación Agua Nueva en Xilitla, San Luis Potosí, México. En el presente trabajo se documentan y se describen estructuras filamentosas posiblemente de origen bacteriano y/o algal en capas de la Formación Agua Nueva (Cenomaniano/Turoniano: Cretácico Superior) que permita reconocer la colonización de estos microorganismos en el sedimento durante la acumulación de los carbonatos de esta unidad litoestratigráfica [8, 9].

El municipio de Xilitla (N 21°20' y 21°25', W 99°00' y 99°10') se encuentra en el sureste de San Luis Potosí, México. En esta localidad la Formación Agua Nueva consiste en caliza laminada gris oscura de espesor decimétrico (10cm–50cm), intercalaciones de lutita café-anaranjado a café-amarillento de espesor centimétrico (2cm–8cm) y capas intermitentes de entre 2cm y 4cm de espesor de bentonita verde. Algunas capas de caliza presentan laminación primaria fina a escala milimétrica (1–2mm), bandas de pedernal negro de aproximadamente 5 cm de espesor y lentes de pirita sedimentaria. Blanco *et al.* [4, 18] reportan en las calizas de esta unidad valores de carbono orgánico superiores al 2% (ocasionalmente hasta 8%) lo que indica un alto contenido de materia orgánica. Los filamentos aquí reportados, provienen de capas de caliza laminada con contenidos altos de materia orgánica.

### 2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Los filamentos en la caliza de la Formación Agua Nueva fueron observados a través de láminas delgadas bajo microscopio petrográfico de luz transmitida estándar marca Olympus BX41, en el Área Académica de Ciencias de la Tierra y Materiales (AACTyM) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Éstos fueron agrupados de acuerdo a características morfológicas y texturales tales como color, presencia y o ausencia de estructuras internas tales como lamelas y septación.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tres tipos de filamentos fueron observados de la caliza laminada de la Formación Agua Nueva en la localidad de Xilitla, San Luis Potosí. Cada tipo de filamento se describe a continuación.

**Filamentos con coloración blanquecina-traslucida (Figura 1):** Este tipo de filamentos consiste en estructuras de color blanquecino-traslucido. Éstos se disponen de forma paralela a subparalela al plano de estratificación y presentan longitudes que varían de 125  $\mu\text{m}$  a 1 mm. Su espesor no excede las 10  $\mu\text{m}$ . Presentan morfologías rectas a ligeramente curvadas o irregulares. Ocasionalmente, este tipo de filamentos exhiben una estructura en forma de un ápice triangular. La mayoría de estos filamentos no presentan estructura interna aparente, sin embargo, algunas formas tienen un arreglo de tipo lamelar que es consistente por lo reportado por Scholle y Ulmer-Scholle [20], para filamentos de origen metazoario (bivalvos). Un aspecto que refuerza esta hipótesis es la presencia de filamentos que se desprenden de cuerpos calcáreos mayores (posiblemente bivalvos), tal como lo reporta Negra *et al.* [16] para rocas del Cenomaniano/Turoniano de Túnez. Por último, y menos común, algunos filamentos presentan divisiones internas dispuestas de forma perpendicular al filamento muy similares a los septos presentes en filamentos de origen bacteriano, lo que sugiere que este tipo de filamentos podría tener un origen procariote más que metazoario.

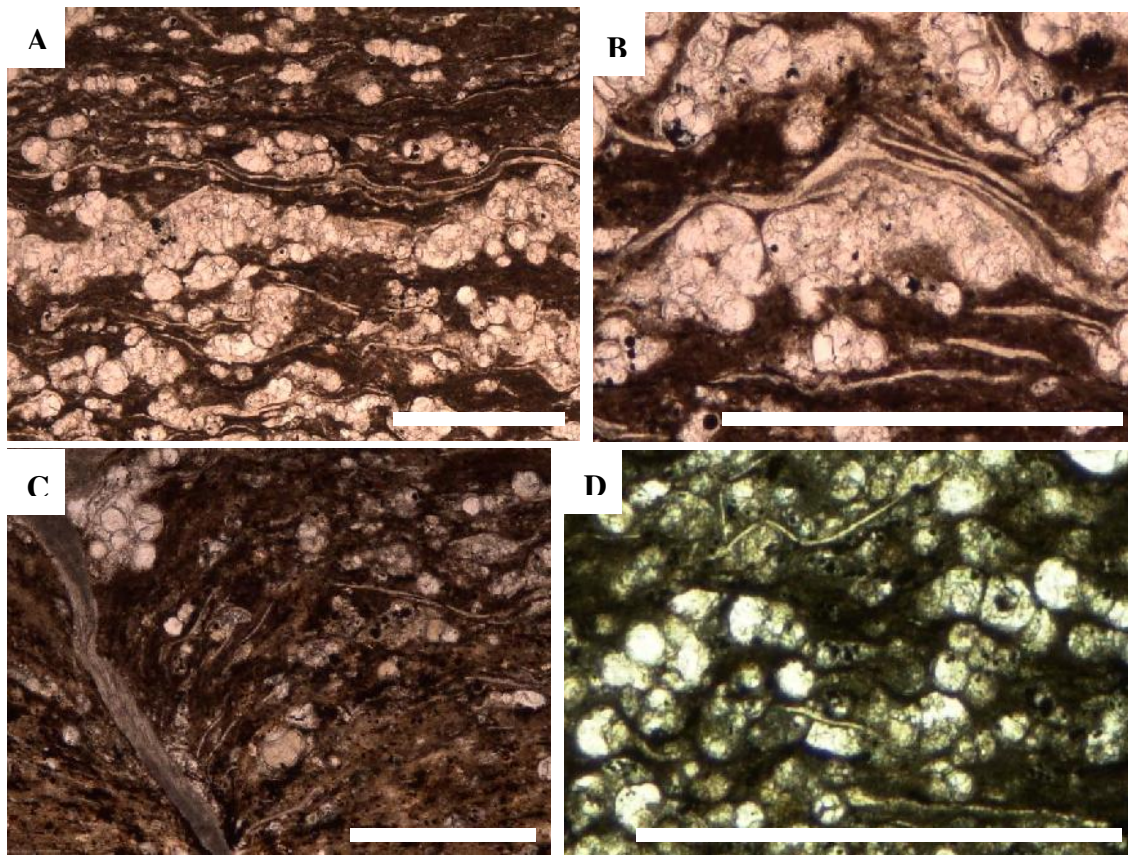


Figura 1. Filamentos translúcidos. A) Vista general. B) Estructuras con ápice. C) Formas que se desprenden de estructura calcárea mayor. D) Filamentos con estructura interna de tipo lamelar. Barra de escala= 0.5mm

**Filamentos rojos septados. (Figura 2):** Este grupo consiste en filamentos de color rojo que presentan una división interna en pequeños segmentos, también conocida como septación. Éstos se extienden de forma paralela o subparalela al plano de estratificación. Su tamaño varía entre 500  $\mu\text{m}$  y 1 mm de longitud y presentan morfologías que varían de recta y ligeramente curvada a irregular. La mayoría de estas bioformas presentan una septación de tipo no indentada, es decir, los septos están divididos entre sí por una línea visible que recorre el ancho total de cada septo; los septos pueden ser de forma rectangular a cuadrangular. Por otra parte, algunas formas presentan septación indentada, exhibiendo septos de forma ovalada o redondeada unidos entre sí por una parte de sus extremos. Tanto en los filamentos no indentados como indentados, se observan dos tipos de septación la cual varía desde homogénea, la cual refiere a una equidad en el tamaño de cada septo, así como heterogénea, la cual alude a que el tamaño de los septos dentro del filamento no es igual. Actualmente, diferentes tipos de algas (Rhodophyta o algas rojas, Chlorophyta, o algas verdes y Phaeophyta o algas cafés, entre otras) pueden presentar filamentos con septación similar a la observada en las bioestructuras de Xilitla, aunque debido a la ausencia de características distintivas es difícil asignar a estos filamentos a un grupo microbiano determinado.

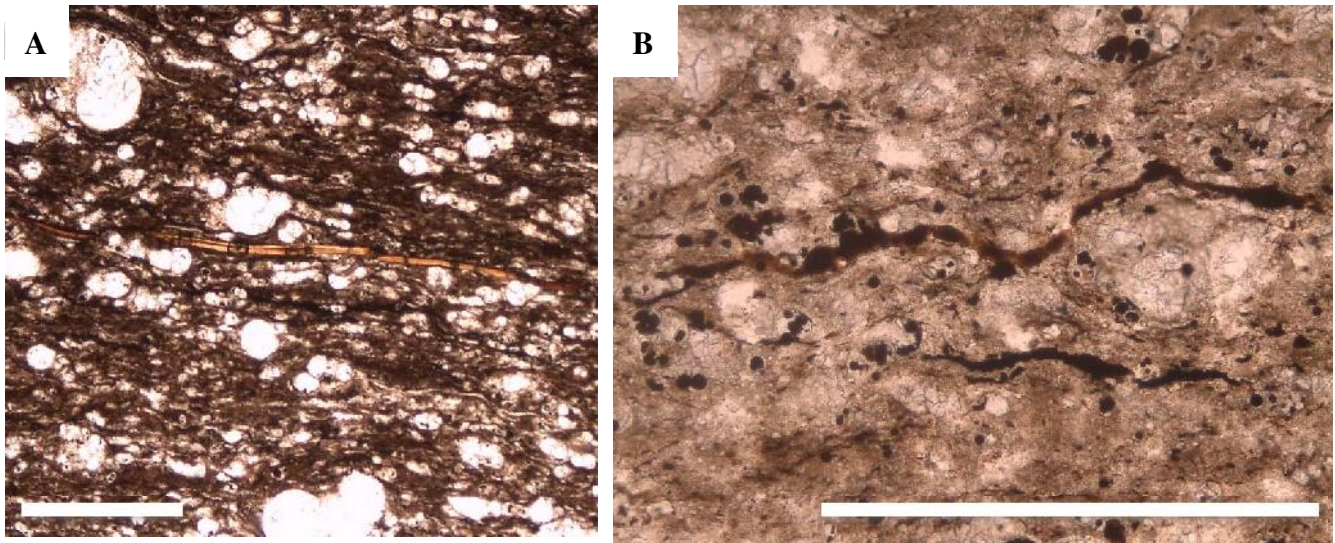


Figura 2. Filamentos rojos septados. A) Septación no indentada. B) Septación indentada. Barra de escala 0.5mm

**Filamentos de color rojo aparentemente no septados o septación poco notoria. (Figura 3):** Este tipo de filamentos de color rojo no septados se extienden de una forma paralela o subparalela al plano de estratificación, con longitudes que varían de 900  $\mu\text{m}$  y de 2.2 mm de longitud, no excediendo las 40  $\mu\text{m}$  de espesor. Estos se presentan principalmente de una forma recta, ligeramente curvado a irregular y que pueden presentar dos tipos de bordes, ya sean en forma de ápice o redondeados. De acuerdo con Konhauser [15], la ausencia aparente de septos puede ser explicada por la presencia de una envoltura o funda que puede cubrir al filamento original ocultando total o parcialmente la septación. En algunos especímenes, se han observado divisiones internas muy poco conspicua en una magnificación de 40X, lo que sugiere que la septación está presente y es parcialmente ocultada por la posible presencia de dichas fundas o envoltura

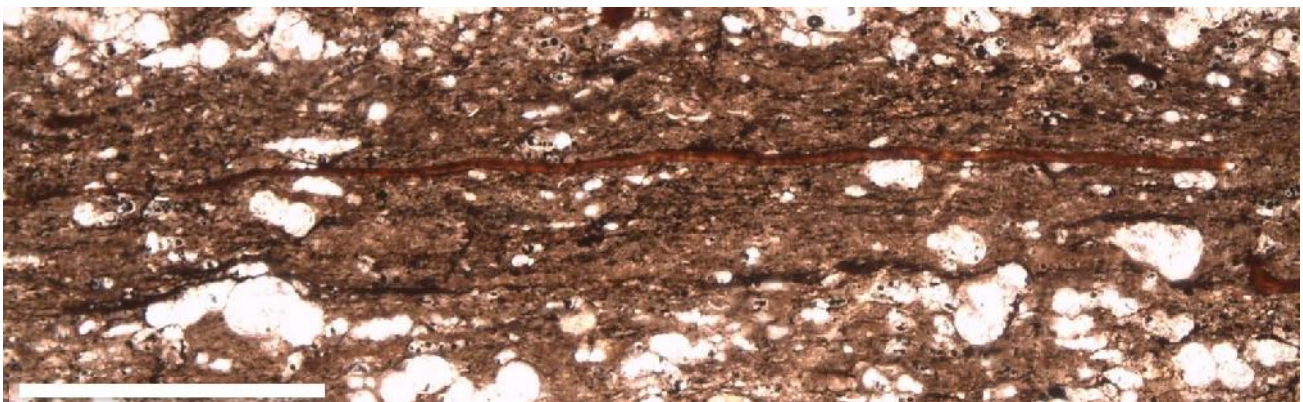


Figura 3. Filamento no septados, sobre laminas de material orgánica Barra de escala 0.5mm

Finalmente, algunos filamentos septados y no septados se encuentran embebidos no sólo en la matriz micrítica como la mayoría, sino que también se les puede observar embebidos en bandas o láminas de color oscuro a rojizo, lo que contrasta claramente a la matriz encajonante. Sur et al., [21] sugiere que dichas láminas (que ocasionalmente se aglutinan en bandas) podrían representar materia orgánica. Schieber [19], y Pacton et al. [17] y Bontognali et al. [6] sugieren que este tipo de láminas y bandas onduladas de materia orgánica con filamentos en su interior podrían representar evidencias de colonización de carpetas bacterianas en el sedimento.

### CONCLUSIONES

La abundancia de varios tipos de filamentos microscópicos en la caliza de la Formación Agua Nueva en la localidad de Xilitla, estado de San Luis Potosí, sugiere la presencia de microorganismos de naturaleza algal y posiblemente bacteriana en la columna de agua durante la acumulación de esta unidad. Además, la ocurrencia de láminas onduladas ricas en materia orgánica, algunas con filamentos en su interior, sugiere que estos microorganismos constituyeron una fuente importante de materia orgánica, al menos como consecuencia de sus actividades metabólicas, o incluso durante su descomposición tras su muerte. Por lo tanto, la materia orgánica previamente reportada en la caliza laminada de la Formación Agua Nueva en Xilitla, podría, además de provenir de materia suspendida o disuelta en la columna de agua, tener un origen microbiano.

### BIBLIOGRAFÍA

1. S. A. Ángeles-Trigueros, A. Blanco-Piñón, J. Hernández-Ávila, F. J. Zavala-Díaz de la Serna, “Bioformas microscópicas en piritita sedimentaria y sus implicaciones astrobiológicas”, VIII Reunión de la Sociedad Mexicana de Astrobiología: Cuernavaca, Mor., México, Sociedad Mexicana de Astrobiología y Universidad Autónoma del Estado de Morelos, 2012, pp. 59-62.
2. G. Arp, A. Reimer, J. Reitner, 2001, “Photosynthesis-induced biofilm calcification and calcium concentrations in Phanerozoic oceans”, *Science*, new series, Vol. 292, 5522, pp.1701-1704.
3. S. M. Awramik, “Ancient stromatolites and microbial mats”, in *Microbial Mats: Stromatolites* (Alan R. Liss Inc., New York, NY, 1984) pp. 1-22
4. A. Blanco-Piñón, F. J.-M. R. Maurrasse, A. Rojas-León, F. Duque-Botero, “Cyanobacteria/Foraminifera Association from Anoxic/Dysoxic Beds of the Agua Nueva Formation (Upper Cretaceous - Cenomanian/Turonian) at Xilitla, San Luis Potosi, Central Mexico”, *Eos Trans of the Amer. Geophys. Union*, The meeting of the Americas: Fort Lauderdale, Fl, USA, vol. 89, 23, Jt. Assem. Suppl., 2008, Abstract pp. 24, A-04.
5. A. Blanco, F. J. Zavala, J. Hernández-Ávila, F. Maurrasse, F. Duque-Botero, M. Ramírez-Cardona, Microbial preservation in sedimentary pyrite from Cretaceous organic matter-rich carbonate mudstone: a preliminary report: Lunar and Planetary Sci Conference, 2010, pp. 2487.
6. T. R. R. Bontognali, A. L. Sessions, A. C. Alwood, W. W. Fischer, J. P. Grotzinger, R. E. Summons, J. M. Eiler, J. M., “Sulfur isotopes of organic matter preserved in 3.45-billion-year-old stromatolites reveal microbial metabolism”, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 109, 38, 2012, pp. 15146-15151.
7. S. Bose, H. S. Chafetz, “Morphology and distribution of MISS: a comparison between modern siliciclastic and carbonate settings”, in *Microbial mats in siliciclastic depositional systems through time* (Society for Sedimentary Geology, Tulsa, 2011), pp. 3-14.

8. F. Duque-Botero, "Paleoenvironmental implications of the Indidura Formation (Cenomanian/Turonian), Northeastern Mexico: a high resolution stratigraphic study", Miami-Dade, Florida, U.S.A., Florida Internacional University, tesis doctoral, 2006, pp. 172.
9. F. Duque-Botero, F., J-M. R. Maurrasse, "Cyanobacterial productivity, variations in the organic carbón, and facies of the Indidura Formation (Cenomanian-Turonian), Northeastern Mexico" *J. Iberian Geol.* Vol. 31, 1, 2005, pp. 85-98.
10. Q. Feng, Y. M. Gong, R. Riding, "Mid-late Devonian calcified marine algae and cyanobacteria, South China", *J. Paleont.*, Vol. 84, 2, 2010, pp. 569-587.
11. R. L. Folk, H.S. Chafetz, "Bacterially induced microscale and nanoscale carbonate precipitates", In *Microbial Sediments* (Springer, Berlin, 2000), pp. 40-49.
12. J. Kaźmierzak, W. Alterman, "Neoarchean mineralization by benthic cyanobacteria", *Science* Vol. 298, 2002, pp. 2351
13. J. Kaźmierzak, M. Coleman, M. Gruszczynski, S. Kempe, "Cyanobacterial key to the génesis of micritic and peloidal limestone in ancient seas" *Acta Paleont. Pol.*, Vol. 41, 1996, pp. 319-338.
14. J. Kaźmierzak, S. Kempe, W. Alterman, "Microbial origin of Precambrian carbonates: lessons from modern analogues" in *The Precambrian Earth: Tempos and Events, Developments in Precambrian Geology* (Elsevier, Amsterdam, 2004), pp. 545-564.
15. K. Konhauser, "*Introduction to Geomicrobiology*" (Blackwell Publishing, Oxford, 2007), pp. 425.
16. M. H. Negra, M. F. Zagrarni, A. Hanini, "The filament event near the Cenomanian-Turonian boundary in Tunisia: filament origin and environmental signification" *Bul. Soc. Géol. de France*, Vol. 182, 6, 2011, pp. 507-519.
17. M. Pacton, G. E. Gorin, N., Fiet, "Unraveling the origin of ultralaminae in sedimentary organic matter: the contribution of bacteria and photosynthetic organisms", *J. Sedimen. Res.*, Vol 78, 2008, pp. 654-667.
18. A. Rojas-León, A. Blanco-Piñón, F. J-M., R. Maurrasse, J. Hernández-Ávila, "Contenido de materia orgánica en los sedimentos de la Formación Agua Nueva. (Cenomaniano/Turoniano) en Xilitla, San Luis Potosí y su relación con el OAE2": *Actas Inageq*, Vol.18, 2008, pp. 55-57
19. J. Schieber, "Microbial mats in terrigenous clastics: the challenge of identification in the rock record", *Palaios*, Vol. 14, 1999, pp. 3-12.
20. A. P. Scholle, D. S. Ulmer-Scholle, "*A color guide to the petrography of carbonate rocks: grains, textures, porosity, diagénesis*", (American Association of Petroleum Geologist Publications, Tulsa, 2003) pp. 457.
21. S. Sur, J. Schieber, S. Barnerjee, "Petrographic observations suggestive of microbial mats from Rampur Shale and Bijaigarh Shale, Vindhyan basin India", *J. Earth Syst. Sci.*, Vol. 115,1, 2006, pp. 61-66.
22. D. J. Tang, X-Y., Shi, G. Jiang, X. Q. Wang, "Morphological association of microbially induced sedimentary structures (MISS) as a paleoenvironmental indicator: an example from the proterozoic succession of the southern North China Platform" in *Microbial mats in siliciclastic depositional systems through time* (Society of Sedimentary Geology, Tulsa, 2011), pp. 3-14.
23. M. E. Tucker, V. P. Wright, in *Carbonate sedimentology* (Blackwell Science, Cambridge, 1990), pp. 482.
24. M. R. Walter, J. Bauld, D. J. Des Marais, J. W. Schopf, "A general comparison of microbial mats and microbial stromatolites: Bringing the gap between the modern and the fossils", in *The Proterozoic Biosphere: an interdisciplinary study*, (Cambridge University Press, New York, NY, 1992) pp. 335-338.