

# ESTROMATOLITOS

## Hugo Beraldi , Posgrado en Ciencias Biológicas

Los estromatolitos son, por definición, estructuras organo-sedimentarias laminadas (principalmente de  $\text{CaCO}_3$ ) adheridas al sustrato, producto de la actividad metabólica de microorganismos (principalmente cianobacterias o algas cyanoprokariotas), aunque también las clorofitas participan en la precipitación de carbonatos. Entre la microflora también se pueden encontrar diatomeas, hongos, crustáceos, insectos, esporas, polen, rodofitas y fragmentos y sedimentos de todo tipo. La variedad orgánica dependerá del tipo de ambiente en que estén creciendo: hipersalino, dulceacuícola, intermareales, submareales, etc. Son estructuras rocosas y porosas, de superficie rugosa-gelatinosa, producto de las secreciones mucilaginosas. Sobre la superficie van creciendo las algas, al tiempo en que van precipitando carbonatos y atrapando sedimentos, que después de años se consolidarán como roca. De esta manera la estructura aumenta en tamaño, vertical y/u horizontalmente. Los estromatolitos pueden tener muchas formas distintas: columnares, domales hemiesféricos, en forma de cabezal, en forma de "cama" o de twinkly wonder (ja!), en forma de cono o en forma de arbusto, pueden ser cónicos, alveolados o con combinaciones de forma. Existen estromatolitos en cualquier era geológica (desde el Precámbrico), incluso actualmente siguen creciendo en muchos lugares del mundo. En México pueden encontrarse estromatolitos actuales en la laguna de Alchichica, Pue., en Las Huertas, Mor., en Cuatrociénegas, Coah., y en otras localidades de Oaxaca, Yucatán y San Luis Potosí (por mencionar sólo los que conozco). Los estromatolitos tienen 5 aspectos que los hacen sumamente importantes dentro de la geología y la biología:

### **1. Son la evidencia de vida más antigua que se conoce en la Tierra.**

Las rocas ígneas más antiguas de la Tierra están en Groenlandia y tienen 3800 millones de años. Los estromatolitos más antiguos son de Warrawoona, Australia y tienen unos 3600 millones de años (Precámbricos). La edad de la Tierra como planeta independiente se calcula en 4800 millones de años. La teoría dice que, dadas las condiciones en esa época, los primeros habitantes de la Tierra debieron ser organismos unicelulares, procariontes, heterótrofos y anaerobios, pero no hay registro fósil de ello.

### **2. Son organismos que han mantenido hasta hoy su línea evolutiva.**

Dentro del registro fósil existen organismos pancrónicos, es decir que no se han extinguido desde su aparición. Algunos ejemplos son el pez celacanto (*Coelacanthus* sp.), el árbol ginko (*Ginko* sp.), las cícadas y los estromatolitos (incluidos microorganismos).

Gracias a ello, pueden conocerse los cambios morfológicos, ecológicos e incluso fisiológicos que han tenido los microorganismos constructores a través del tiempo, ayudando así a la inferencia de paleoclimas, paleoambientes, etc.

### **3. Son los primeros recicladores del carbono.**

El ciclo del carbono es fundamental en los procesos atmosféricos (concentración de  $\text{CO}_2$ , conversión de ozono, formación de carbonatos, etc.), climáticos (efecto invernadero) y biológicos (como base principal de moléculas orgánicas). Es un elemento que se recicla constante y perpetuamente en la

Tierra. Una manera de entrar al ciclo del carbono es fijándolo en forma de sal (como el carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$ ), como hacen las algas que fabrican estromatolitos.

#### 4. Son los primeros oxigenadores de la atmósfera.

Los organismos constructores de estromatolitos son fotosintéticos oxigénicos, es decir que al hacer fotosíntesis, liberan oxígeno a la atmósfera. El incremento de este oxígeno está evidenciado geológica y biológicamente. Actualmente el 98% de los organismos eucariontes prescinde del oxígeno para llevar a cabo funciones metabólicas vitales.

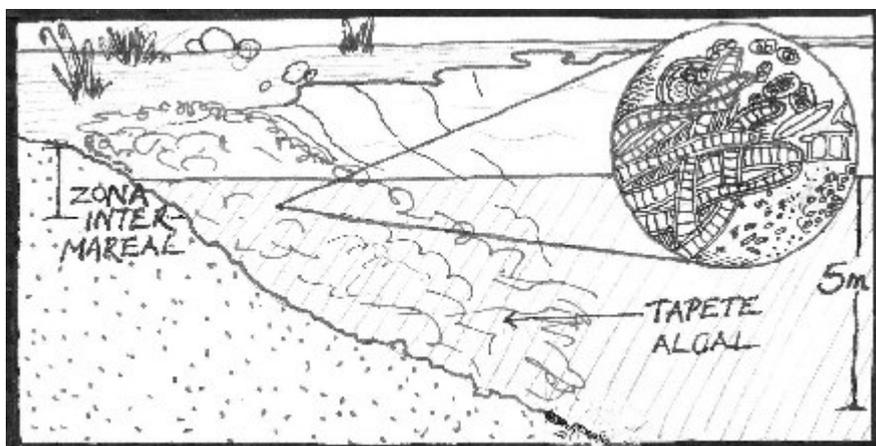
#### 5. Son los primeros formadores de zonas arrecifales.

El tipo de crecimiento de los estromatolitos está siempre ligado a cuerpos de agua (salinos, salobres y dulceacuícolas), y el crecimiento óptimo se da en zonas no más profundas de 15 m. Al crecer en masa, forman arrecifes, que ofrecen un ecosistema distinto para miles de especies, ofrecen alimento, refugio, aguas tranquilas (ideal para la reproducción de peces, moluscos, crustáceos, etc.), sustrato para organismos rastreros o para otras algas, evitan el arrastre del sustrato por embate de las olas. Al crear nuevos ecosistemas, promovieron la especiación de muchos grupos taxonómicos a través de millones de años.

## SECUENCIA DEL DESARROLLO DE ESTROMATOLITOS

### 1. SE ESTABLECEN COLONIAS ALGALES BENTÓNICAS

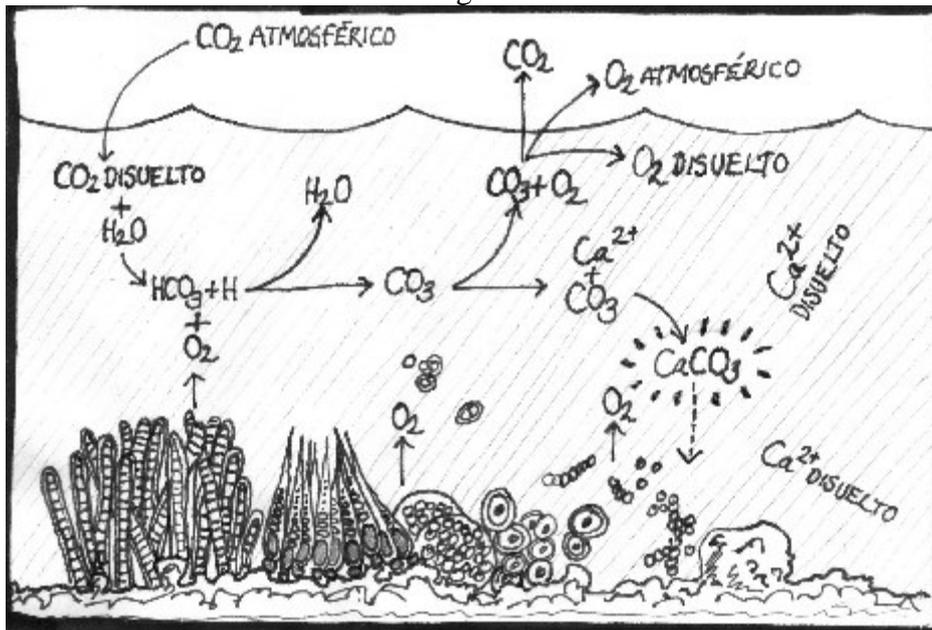
El cuerpo de agua puede ser hipersalino ( $>35$  ppm), salino (35 ppm), salobre ( $<35$  ppm) o dulceacuícola ( $<8$  ppm). Las algas se ubican en la zona fótica (hasta unos 200 m en zonas marinas). Se ha visto que el crecimiento óptimo en cuerpos acuáticos de mediana transparencia es de aproximadamente 10 m, que es la profundidad máxima en la que las condiciones fisicoquímicas favorecen al crecimiento de los estromatolitos. No todas las especies colonizan al mismo tiempo, y la formación de estromatolitos puede realizarse con pocas o muchas especies. Pronto comienza la estratificación y la sucesión generacional. Este tipo de organización ecológica permanece aún durante la fabricación del estromatolito.



## 2. CONDICIONES FISICOQUÍMICAS DEL MEDIO

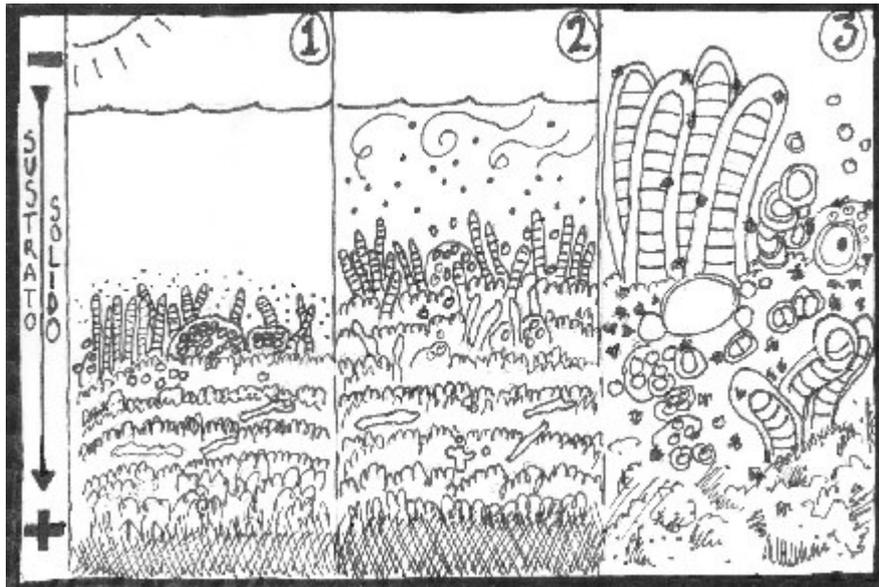
Los estromatolitos se forman en condiciones de buena luminosidad, alta concentración de sales y nutrientes.

La competencia por espacio con otras algas eucariontes, plantas acuáticas, organismos constructores de arrecifes (ostras, corales, braquiópodos, etc.), la competencia por minerales contra metazoarios que metabolizan calcio para sus esqueletos (peces, moluscos, equinodermos, algas, etc.) y la destrucción por organismos erosionadores y bacterias endolíticas, impiden el crecimiento constante de estromatolitos. La precipitación de carbonatos (en este caso de calcio  $\text{CaCO}_3$ ) puede ocurrir con o sin la presencia de organismos fotosintéticos (precipitación abiótica por desecación o evaporación), pero al existir éstos, se ve favorecida gracias a la acumulación del  $\text{O}_2$  que se va disolviendo en el agua.



## 3. CAPTACIÓN DE PARTÍCULAS CEMENTANTES

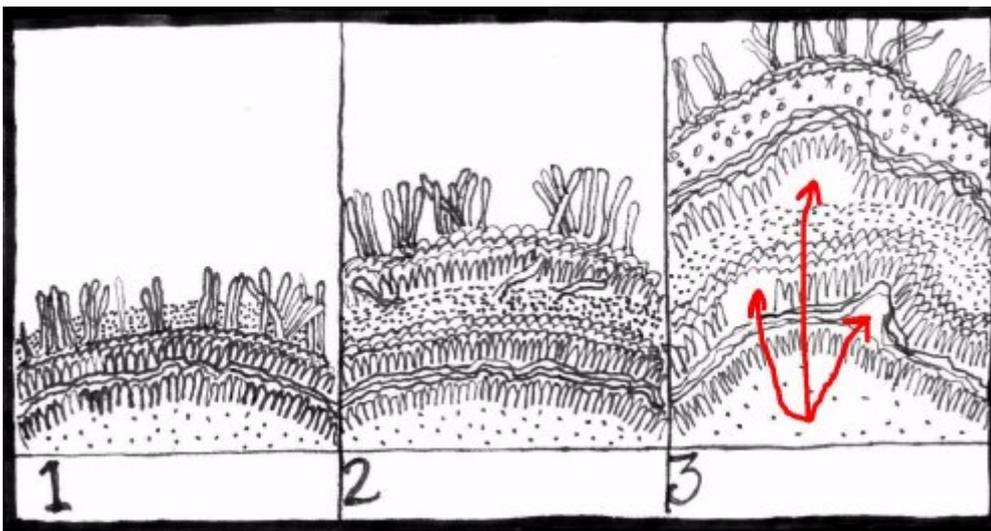
Mediante las colonias algales van creciendo y extendiéndose sobre la superficie calcárea que ellas mismas van formando, precipitan carbonatos (1), lo cual se lleva a cabo muy cerca de las algas en la superficie del estromatolito, cuando por fotosíntesis se despiden  $\text{O}_2$ . Muchos sedimentos transportados por remoción se depositan sobre el tapete algal (2), donde se fijan al sustrato gracias al mucílago secretado. Otros sedimentos transportados por corrientes, se filtran entre las redes pegajosas de filamentos mucilaginosos (3), quedando adheridos a éstos (manchas negras). Las partículas, sin importar la manera en que son captadas, van constituyendo al sustrato sobre el que crecen las algas, que es cementado de manera laminar. La superficie suele ser blanda y se va solidificando desde la base. Entre más tiempo pasa, más sólido se vuelve. Algunas algas van quedando atrapadas y sepultadas en la laminación, pero la mayoría se desplaza hacia la superficie, donde continúa el ciclo:



1. precipitación, 2. deposición, 3. entrampamiento

#### 4. LAMINACIÓN

Desde el comienzo de la construcción del estromatolito, los microorganismos se estratifican en micro-nichos ecológicos, según sus necesidades. Por ejemplo, bacterias anaerobias suelen vivir debajo del tapete algal, donde hay condiciones anóxicas y no llega mucha luz; los filamentos suelen situarse en la superficie, donde llega más luz y hay más espacio para crecer. Las algas van creciendo a través del sedimento que va solidificando (1). Muchos restos orgánicos como vainas filamentosas, colonias completas, fragmentos de plantas, frústulas, polen, esporas, etc., van quedando sepultados como parte de la laminación (2). Al ser sepultadas, las algas constructoras liberan individuos que recolonizan la superficie. La materia orgánica sepultada se descompone con el tiempo, dando lugar a huecos (flechas) que serán rellenados con sedimento, lo que puede conferirle al estromatolito una textura porosa (3).

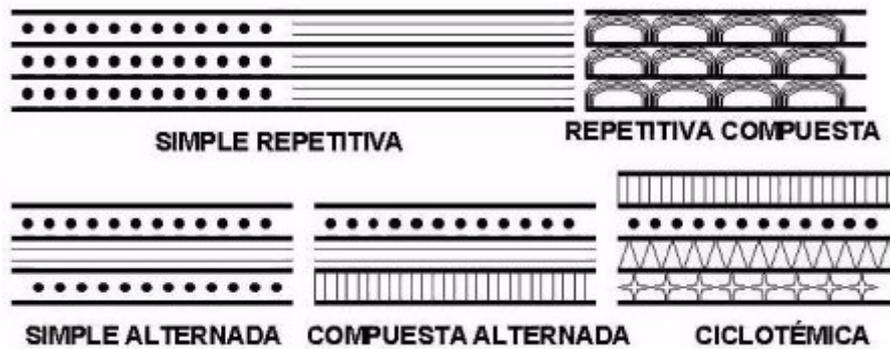


#### 5. TIPOS DE LÁMINA

- ∅ SIMPLE REPETITIVA: el mismo patrón se cumple para todos los horizontes
- ∅ REPETITIVA COMPUESTA: laminación compleja pero similar en todos los horizontes

- ∅ SIMPLE ALTERNADA: un patrón simple se intercala entre los horizontes
- ∅ COMPUESTA ALTERNADA: patrones complejos intercalados al azar
- ∅ CICLOTÉMICA: patrones complejos que dependen de la discontinuidad, superposición y mineralización de cada horizonte

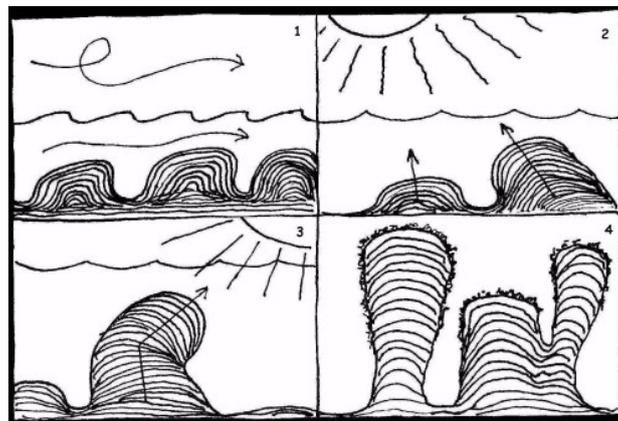
La laminación depende de las estaciones climáticas, tipo de terrígenos que arrastran los ríos, desecación, evaporación, tipo de algas constructoras, velocidad de sedimentación y tipo de sales y/o partículas cementantes.



Tomado de: Monty, C. 1977

## 6. DINÁMICA DE CRECIMIENTO

El crecimiento direccional del estromatolito depende en gran medida del tipo de algas constructoras, pero además puede ser influenciado por otros factores, como las corrientes de agua (1). Otro fenómeno es el heliotropismo, por el cual el crecimiento algal y por tanto del estromatolito, se dirige hacia el Sol (2 y 3). El Sol cambia de posición estacionalmente, lo mismo que el crecimiento de los estromatolitos. Gracias a ello se ha podido medir la variación del Sol y la duración de las estaciones en el Precámbrico (2000 m.a.), concluyendo que los años duraban 435 días (Awramik, S.M. y Vanyo, J.P. 1986). En sitios tranquilos, sin corriente y con aporte continuo de sales y partículas, los estromatolitos pueden crecer verticalmente (4), como en las Bahamas. El tamaño del estromatolito es independiente de la morfología; son otros factores los que lo regulan. Puede haberlos columnares de 10 cm o de 1 m.



## HISTORIA DEL ESTUDIO DE LOS ESTROMATOLITOS

**1649** - P. Borel reporta estructuras calcáreas laminadas llamadas "Priapolithes", formadas por algas, conocidas hoy en la Formación Eocénica francesa "Calcaire de Castre".

**1669** - Nicolaus Steno publica "Prodromus", la primera publicación que hace de la Geología una ciencia distintiva.

**1763** - Petri Borelli define la palabra "Priapolithes" en un diccionario de fósiles (tal vez el primero de ellos), término que sería desechado a finales del siglo XIX y reemplazado por los términos "nódulo", "concreción", "Knollen" y otros.

**1825** - J. Steel reporta por primera vez detalles de estructuras sedimentarias laminadas y calcáreas, provenientes del Cámbrico temprano de Nueva York.

**1835** - Adam Sedwick publica una clasificación de los tipos de roca, en las que indica que las rocas más antiguas quedan estratigráficamente por debajo de aquellas que contienen fósiles.

**1858** - Autores de distintos países reportan la presencia de estructuras calcáreas laminadas, proponiéndolas como de origen orgánico; entre ellos, W. Logan nombra Eozoon canadense a una estructura que resultará ser una concreción mineral de forma caprichosa.

**1872** - L. Bailey y G. Matthew reportan estructuras estromatolíticas (aún no nombradas como tales), las primeras del Precámbrico, y las nombran Eozoon, sin proponer todavía una nomenclatura taxonómica estricta.

**1883** - James Hall propone un origen biótico de los estromatolitos (aún sin nombre) estudiados por Steel, ilustrando a los constructores de zonas arrecifales y proponiendo el primer nombre científico "Cryptozoon proliferum". C.D. Walcott reporta organismos del "sub-Cámbrico" del Gran Cañón del Colorado, donde incluye estructuras tipo estromatoporoides.

**1885** - En Europa y Norte América comienza a haber gran interés por los estudios sedimentológicos que involucran estructuras de origen biológico y se vuelve necesaria una nomenclatura Linneana, sobre todo con rocas cámbricas y precámbricas. Los diferentes autores entienden a las estructuras estromatolíticas como "plantas marinas", relacionadas a musgos, hongos, algas rojas e incluso gusanos tubícolas y colonias de protozoarios.

**1890** - Siguiendo el ejemplo de Hall, Matthew renombra las estructuras precámbricas de Eozoon a Archeozoon acadiense, acoplándose así a la nueva nomenclatura taxonómica.

**1895** - C.D. Walcott relaciona biota del Precámbrico del Gran Cañón con el Criptozoon de Hall en Nueva York, asentando así a los estromatopóridos más antiguos del Cámbrico.

**1896** - Con Henri Becquerel se revoluciona la tecnología del espectrómetro de masas radiactivo, con el cual se podrán fechar secuencias estratigráficas y darles un valor cronológico numérico, descubriendo que los metazoarios más antiguos tenían unos 680 m.a.

**1906** - G. Gürich publica por primera vez un detallado estudio petrográfico sobre organismos que construyen estructuras calcáreas, poniéndose en contra de la corriente científica que toma a los estromatopóridos como concreciones inorgánicas, demostrando que podían ser formados por esponjas, hidrozoarios, algas y protozoarios. Propone el orden Spongiostromaceae, con una sola familia, 5 géneros y 14 especies. Su contribución es importante por ser la primera en describir y

nombrar "microestructuras estromatolíticas" (granulares, vermiculares, nodulares, vesiculares, esponjosas, sinuosas, etc.), términos retomados por A. Rothpletz en 1913, J. Pia en 1927 y J. Johnson en 1961, aunque aún no fuera asentado el nombre de "estromatolito".

**1908** - Acontecen nuevas propuestas sobre el origen inorgánico de los "estromatolitos". Los geólogos conocen muchas estructuras laminadas que son evidentemente inorgánicas, como las espeleotemas (estalactitas y estalagmitas), geyséritas (que después se comprobaría que sí hay organismos involucrados en su construcción), ooides, estromatoporoides y concreciones amorfas laminadas. Entre los geólogos a favor de esta propuesta destacan O. Reis (1908), G. Linck (1909) y A. Voss (1928).

E. Kalkowsky propone por primera vez el término "Stromatolith" y "Stromatoid" para designar a la estructura final y a porciones de la laminación (tapete algal superficial), que después serían incorporados y homogeneizados al lenguaje de la comunidad científica como "Stromatolites" (estromatolitos). Fue el primero en dar al clavo con el origen orgánico producto de la precipitación de carbonatos por "organismos vegetales". Su reporte fue altamente criticado por aquellos que no compartían la idea del origen biótico de los estromatolitos, sobre todo geólogos.

**1914-15** - Comienzan a proponerse orígenes algales para los estromatolitos (L. Sommermeier, 1914; K. Berz, 1915), aunque sin relación con las descripciones de Kalkowsky. G. Wieland (1914) propone que todas las estructuras hasta ahora consideradas como "estromatoporoides" (incluidos los estromatolitos) fueron formados por "algas primitivas", y que el Precámbrico, el Cámbrico y el Ordovícico fueron periodos dominados por las algas.

**1915** - Comienzan a evolucionar los conceptos en sedimentología, geología y paleontología, sobre todo en América. Se hacen recopilaciones de la información generada desde 1890 acerca de concreciones calcáreas concéntricamente laminadas, asociadas a ambientes marinos, lacustres, ribereños, termales y salobres, aunque sin relación con investigaciones botánicas ni paleontológicas. C.D. Walcott describe e ilustra por primera vez cadenas de células cocoides Proterozoicas (1100 m.a. aprox.), manifestando así la evidencia de vida precámbrica y dando comienzo a una nueva rama de la ciencia dedicada al estudio de la vida en ese periodo, al mismo tiempo en que solidificaba la idea del origen de los estromatolitos a partir de microorganismos algales.

**1918** - E. Moore describe a microorganismos cocoides y filamentosos (que propone como cianobacterias) asociados a estromatolitos precámbricos y concluye que los estromatolitos son formados por microorganismos algales, producto de su acción metabólica y no de origen puramente sedimentario.

**1928** - Con J. Pia toma fuerza la teoría de que los estromatolitos tienen origen orgánico, y comienza a desaparecer la corriente de aquellos que los consideraban de origen inorgánico.

**1933** - J. Pia propone que los estromatolitos se pueden considerar como un solo organismo, ya que las colonias algales, a pesar de ser muy distintas, se comportan homogéneamente, dando al estromatolito un patrón de crecimiento y una arquitectura determinada mediante van creciendo. C. Fenton y M. Fenton publican un estudio detallado sobre la plasticidad morfológica de los estromatolitos precámbricos, abriendo más el panorama sobre la distribución y frecuencia estratigráfica de éstos.

**1934** - M. Black describe tapetes algales en la Bahamas y anuncia que las concreciones calcáreas no sólo son producto de la precipitación, sino gran parte por la sedimentación y entrapamiento de partículas sobre la superficie mucilaginosas del tapete algal.

**1938** - Se pulen los términos de "tapete algal", "arrecife algal" o "calcretas algales" y se hace más frecuente el término "estromatolito". Los conceptos geológicos y biológicos van adquiriendo una visión mucho más amplia, aunque muchos investigadores siguen atados a ideas ortodoxas.

**1954-58** - R. Ginsburg hace un estudio sistemático sobre la microestructura de la laminación estromatolítica y los factores bióticos y abióticos involucrados en los ejemplares de las Bahamas, información que fue extrapolada a estromatolitos del Golfo Pérsico y Australia.

**1961** - B. Logan describe por primera vez los estromatolitos de Shark Bay en Australia. El descubrimiento de esta localidad marcó la historia de los estromatolitos, pues permitió confirmar el origen orgánico éstos y desmitificó ideas que restringían el tipo de ambiente, la profundidad óptima de crecimiento y el proceso de construcción (laminación, morfología, comportamiento de las colonias algales, factores bióticos y abióticos, escenarios ecológicos, etc.), permitió conocerlos en vida, medirlos, identificar a los organismos constructores y estudiar procesos de automantenimiento del microecosistema.

**1968** - Continúan las disertaciones: los estromatolitos se restringen a zonas submareales o pueden ser supra y sub mareales ? crecen sólo en zonas de litoral ? qué características deben cumplir los cuerpos de agua: deben ser marinos, dulceacuícolas, salobres, termales ? Se hace necesaria las investigaciones sobre fisiología algal y la búsqueda de nuevos ambientes para los estromatolitos.

**1969** - H. Hofmann pone fin al desacuerdo entre los postulados de formación de los estromatolitos por precipitación y sedimentación, proponiendo que ambos procesos están involucrados. P. Playford y A. Cockbain describen estromatolitos columnares que crecieron en el talud de un arrecife del Devónico a una profundidad de al menos 45 m, lo cual no embonaba con la "restricción" de sólo crecimientos inetrmareales o no más profundos de 10 m, dadas las condiciones de luz y disponibilidad de carbonato de calcio.

**1970-76** - A pesar de la incredulidad de muchos investigadores, queda confirmado el rango de crecimiento de cianobacterias a grandes profundidades (1000m), así como la existencia de estromatolitos en aguas profundas en el pasado (más de 50 m)... ¿ existirán estromatolitos actuales que crezcan en las profundidades ?

**1976-2000** - Una gran cantidad de información se genera a partir de los estromatolitos. De ellos pueden inferirse paleoclimas, paleoambientes, aspectos ecológicos, limnológicos, astrofísicos, geotectónicos, fisicoquímicos, etc., siendo entonces "herramientas" para conocer la historia de la Tierra (incluso del sistema solar!) casi desde sus comienzos.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Aitken, J.D. 1967. Classification and environmental significance of cryptalgal limestones and dolomites. Jour. Sediment. Petrol. 37: 1163-1178.
- Amaya-Martínez, R. y González, M.M. 1993. Las rocas volcánicas de la Formación

Tarahumara y su relación con las secuencias volcano sedimentarias en la porción centro-oriental del Estado de Sonora. Memorias del II Simposio de la Geología de Sonora y Áreas adyacentes, Sonora 1993. Hermosillo, Sonora.

- Anagnostidis, K. y Komárek, J. 1988. Modern approach to the classification system of Cyanophytes. 3, Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 71, Algological Studies 50/53. Stuttgart, 327-472.
- Awramik, S.M. 1971. Time-Stratigraphic significance of stromatolites: reflection of blue-green algal evolution. Geol. Soc. Am., Abstract program 3(7): 496.
- Awramik S.M. 1981. The pre-Phanerozoic biosphere: Three billion years of crises and opportunities. en: Nitecki, M. & Raup, D. 1981. Biotic Crises in Ecological and Evolutionary Time. New York Academic press, Cap. 9: 83-102
- Awramik, S.M. y Barghoorn, E.S. 1977. The Gunflint microbiota. Precambrian Res. 5: 121-142.
- Awramik, S.M. y Vanyo, J.P. 1986. Heliotropism in modern stromatolites . Science 231: 1279-1281.
- Barash, M. S. 1985. Reconstrucción de las paleotemperaturas oceánicas en el cuaternario sobre la base de los foraminíferos del plancton. Métodos de reconstrucción de los paleoclimas. Nauka, Moscú.
- Barghoorn, E.S. 1974. Two billion years of prokaryotes and the emergence of eucaryotes. Taxon 23: 259.
- Batten, D.J. y Lister, J.K. 1988. Early Cretaceous dinoflagellate cysts and chlorococcalean algae from freshwater and low salinity palynofacies in the English Wealden. Cretaceous Research, 9: 337-367.
- Beraldi-Campesi, H., Chacón-Baca, E. y Cevallos Ferriz, S.R.S. 1997. Microfossils of an Upper Cretaceous (Campanian) volcano-sedimentary sequence in Sonora, Mexico. American Journal of Botany, 86: 4 (Abstract).
- Beraldi-Campesi, H. y Cevallos-Ferriz S.R.S. 1998. Microalgas fósiles de Sonora. VII Congreso Latinoamericano de Botánica; XIV Congreso Mexicano de Botánica. Libro de Resúmenes. Asociación Latinoamericana de Botánica, RLB, Sociedad Botánica de México.
- Beraldi-Campesi, H. 2000. Microfósiles permineralizados asociados a estromatolitos Cretácicos de Sonora. Tesis licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México.
- Bold, H. y Wynne, M. 1985. Introduction to the algae. Prentice Hall, New Jersey.
- Bondesen, E., Rausgaard, P. y Jorgensen, O. 1967. Precambrian organisms and the isotopic composition of organic remains in the Ketilidian of southwest Greenland. Meddel. Gronl. 164(4): 1-41.
- Bourrelly, P. 1972. Les Algues d'eau douce. Les algues vertes. Éditions N. Boubée & Cie, Paris.
- Branco C.W. y Senna, P.A. 1996. Phytoplankton composition, community structure and seasonal changes in a tropical reservoir (Paranoa Reservoir, Brazil). Archiv Fuer Hydrobiologie Supplementband, 114: 69-84.
- Brock, T.D. 1973. Lower pH limit for the existence of blue-green algae: Evolutionary and ecological implications. Science, 179: 480-483.
- Brock, T.D. 1976. Environmental microbiology of living stromatolites, en: Walter, M.R. 1976. Stromatolites. Elsevier Scientific Publishing Co. New York.
- Budyko, M.I., Ronov, A.B. y Yanshin, A.L. 1985. Istoria Atmosfery (Historia de la Atmósfera). Gidrometeoizdat, Leningrado.
- Caudwell, C., Delcourt A., Lang, J. y Pascal, A. 1997. Biocenosis and induration of freshwater Rivularia stromatolites in a temperate climate. Geomicrobiol. J. 14: 285-298.
- Cevallos-Ferriz, S.R.S. 1981. Observaciones preliminares de estromatolitos Precámbricos de la zona de Caborca, Sonora, México. Tesis Licenciatura. UNAM.

- Chacón-Baca, E. y Cevallos-Ferriz, S.R.S. 1995. Microbial sediments and their biological contents of the Tarahumara Formation, Sonora, Mexico . *American Journal of Botany*, 82 (6): 84 (Abstract).
- Cloud, P.E. 1968. Atmospheric and hydrospheric evolution on the primitive earth. *Science*, 160: 729-736.
- Cloud, P.E. y Morrison, K. 1979. New microbiotas from the Animikie and Baraga Groups (+2 Gyr old), north Michigan. *Geol. Soc. Am. Abstr. Progr.* 11(5): 227.
- Desikachary, T.V. 1959. *Cyanophyta*. Indian Council of Agricultural Research. New Delhi.
- Drouet, F. 1938. The Oscillatoriaceae of southern Massachusetts. Reprinted from *Rhodora*, 40: 221-273.
- Drouet, F. 1963. Ecophenes of *Schizothrix calcicola*. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, 115(9): 261-281.
- Dunlop, J.S.R. 1978. Shallow water sedimentation at North Pole, Pilbara, Western Australia. en: Glover, J.E. & Groves, D.I. 1978. Archean cherty metasediments: their sedimentology, micropalaeontology, biogeochemistry and significance to mineralization. Perth University, Western Australia Special Publication, Caps. 7, 8, 10, 11, 2: 30-38
- Edgell, H.S. 1964. Precambrian fossils from the Hamersley range, Western Australia, and their use in stratigraphic correlation. *Jour. Geol. Soc. Austr.*, 11: 235-262.
- Evitt, W.R. 1963. A discussion and proposals concerning fossil dinoflagellates, hystrichospheres and acritars. I. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 49: 158-164.
- Ferrusquía-Villafranca, I. 1997. Geología de México: una sinopsis, en: Ramamoorthy, T.P., Bye, R., Lot, A. y Fa, J. 1997. Biodiversidad Biológica de México, orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM. México.
- Flügel, E. 1977. *Fossil Algae, recent results and developments*. Springer-Verlang, Berlin.
- Fott, B. y Karim, M. 1973. *Spirulina* plankton community in a lake in Sudan . *Arch. Protistenk*, 43: 228-245.
- Francis, S., Margulis, L., Caldwell, W. y Barghoorn, E.S. 1976. Laboratory silicified blue-green algae compared with Precambrian microfossils. *Botanical Museum Leaflets*, Vol. 25. Harvard Univ. Press. Harvard.
- Gebelein, C.D. 1967. Origin and growth rate of subtidal algal stromatolites, Bermuda. *Geol. Soc. Am. Special paper*, 115: 75-76.
- Gebelein, C.D. 1969. Distribution, morphology and accretion rate of Recent subtidal algal stromatolites, Bermuda. *Jour. Sed. Petrology*, 39: 49-69.
- Gebelein, C.D. 1974. Biologic control of stromatolite microstructure: Implications for Precambrian time stratigraphy. *Am. Jour. Sci.* 274: 575-598.
- George, A. 1999. Deep water stromatolites, Canning Basin, Northwestern Australia. *Palaios*, 14: 493-505.
- Glaessner, M.F. 1968. Biological events and the Precambrian time scale. *Canad. Jour. Earth Sci.*, 5: 585-590.
- Golubic, S. 1976a. Organisms that build stromatolites, en: Walter, M.R. 1976. *Stromatolites*. Elsevier Scientific Publishing Co. New York.
- Golubic, S. 1976b. Taxonomy of extant stromatolite-building Cyanophytes , en Walter, M.R. 1976. *Stromatolites*. Elsevier Scientific Publishing Co. New York.
- Grobler, N.J. y Emslie, D.P. 1967. Stromatolitic limestone and chert in the Ventersdrop Supergroup at the T'Kuip Hills area and surroundings, Bristown district, South Africa. *Geol. Soc. S. Afr. Trans.* 79: 49-52.
- Gruner, J.W. 1922. Organic matter and the origin of the Biwabik iron-bearing formation of the Mesabi Range. *Econ. Geol.* 17: 407-460.

- Harold, H. 1980. Introduction and guide to the marine blue-green algae . Prentice Hall, New Jersey.
- Henderson, J.B. 1975. Archean stromatolites in the northern Slave province, Northwest territories, Canada. *Can. Jour. Earth Sci.* 12: 1619-1630.
- Hernández-Castillo, G.R. 1998. Plantas fósiles permineralizadas del Cretácico Superior de Sonora, México. Tesis Maestría. UNAM.
- Hoffman, H.J. 1971. Precambrian fossils, pseudofossils and problematica in Canada. *Geol. Surv. Can. Bull, Caps.* 8, 9, 11, 14. 189.
- Hoffman, H.J. 1973. Stromatolites: characteristics and utility. *Earth Science Review*, 9(4): 339-373.
- Hoffman, H.J. y Jackson G.D. 1969. Precambrian (Aphebian) microfossils from Belcher Islands, Hudson Bay. *Can. Jour. Earth Sci.* 6: 1137-1144.
- Huber-Pestalozz, G. 1983. Das Phytoplankton des Süßwassers, Systematik und Biologie. *Die Binnengewässer*, vol. XVI. Stuttgart.
- Jackson, T.A. 1971. Carbonaceous inclusions, sulfides and fossil gas bubbles of presumably biologic origin associated with rafted erratics in Huronian (Precambrian) glacial-like argillites. *Jour. Sed. Petrol*, 41: 313-315.
- Kar, R.K. y Saxena, R.K. 1976. Algal and Fungal microfossils from Matanomadh Formation (Paleocene), Kutch, India. *The Paleobotanist*, vol. 43: 1-19.
- Knoll, A.H. y Barghoorn, E.S. 1976. A Gunflint-type microbiota from the Duck Creek Dolomite, Western Australia. *Origins of Life*, 7: 417-423.
- Knoll, A.H. y Barghoorn, E.S. 1977. Archean microfossils showing cell division from the Swailand System of South Africa. *Science*, 198: 396-398.
- Komárek, J. 1987. Species concept in coccal green algae. *Algological Studies*, 45: 437-471.
- Komárek, J. y Anagnostidis, K. 1986. Modern approach to the classification systematics of Cyanophyta. 2, Chroococcales. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 73, 2. *Algological Studies* 43: 157-226.
- Kovácik, L. 1975. Taxonomic review of the genus *Tetraedron* (Chlorococcales). *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 46, *Algological Studies*, 23. Stuttgart, 354-391.
- LaBerge, G.L. 1967. Microfossils in Precambrian iron-formations. *Geol. Soc. Am. Bull.* 78: 331-342.
- Lee, R.E. 1989. *Phycology*, 2nd Edition. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lowe, D.R. 1980. Archean sedimentation. *Ann. Rev. Earth Planet. Science*, 8: 145-167.
- MacGregor, A.M. 1941. A Precambrian algal limestone in Southern Rhodesia. *Geol. Soc. S. Afr. Trans.* 43: 9-15.
- Mason, T.R. y Von Brunn, V. 1977. 3-Gyr-old stromatolites from South Africa. *Nature*, 266: 47-49.
- McDowell, F.W., Roldán-Quintana, J., Amaya, M.C. y González, C.M. 1994. The Tarahumara Formation, a neglected component of the Laramide magmatic arc in Sonora. *Geos*, 14: 76-77 (Abstract)
- McMenamin, M., Awramik, S. y J.H. Stewart. 1983. Precambrian-Cambrian transition problem in western North America: Part II. Early Cambrian skeletonized fauna and associated fossils from Sonora, Mexico. *Geology*, 11: 227-230.
- Monty, C. 1977. Evolving concepts on the nature and the ecological significance of stromatolites, en: Flügel, E. 1977. *Fossil Algae, recent results and developments*. Springer-Verlag, Berlin.
- Monty, C. 1981. *Phanerozoic Stromatolites, case histories*. Springer-Verlag, New York.

- Muir, M.D. 1974. Microfossils from the Middle Precambrian McArthur Group, Northern Territory, Australia. *Origins of Life*, 5: 105-118.
- Muir, M.D. 1978. Occurrence and potential uses of Archean microfossils and organic matter. en: Glover, E.J. & Groves, D.I. 1978. Archean cherty metasediments: their sedimentology, micropalaeontology, biogeochemistry and significance to mineralization. Perth University, Western Australia Special Publication, Cap. 9, 2: 11-21.
- Norris, K. R. 1991. General biology, en: Commonwealth Scientific & Industrial Research Organization. 1991. *The insects of Australia*. 2nd Edition, Vol. 1. Melbourne Univ. Press, Melbourne.
- Oehler, D.Z. 1976. Biology, mineralization and biostratigraphic utility of microfossils from the mid-Proterozoic Balbirini Dolomite, McArthur Group, N.T., Australia. Abstracts, 25th International Geol. Congress (Sydney, Australia), 1, Sect. 1a: 34-35.
- Ortega-Gutiérrez, F., Mitre-Salazar, L. M., Alaniz-Alvarez, S. A., Roldán-Quintana, J., Aranda-Gómez, J.J., y Morán-Zenteno, D. J. 1991. Geologic provinces of Mexico - A new proposal and bases for their definition. Universidad Nacional Autónoma de México, Universidad Autónoma de Hidalgo, Sociedad Mexicana de Mineralogía y Secretaría de Educación Pública. Convención sobre la evolución geológica de México y Primer Congreso Mexicano de Mineralogía, Pachuca, Hgo. Memorias: 143-144.
- Ortega-Gutiérrez, F., Mitre-Salazar, L. M., Roldán-Quintana, J., Aranda-Gómez, J.J., Morán-Zenteno, D. J., Alaniz-Alvarez, S. A., y Nieto-Samaniego, A. F. 1992. Texto explicativo de la quinta edición de la Carta Geológica de la República Mexicana escala 1:2'000,000 . Instituto de Geología-Instituto de Geofísica-Consejo de Recursos Minerales. México.
- Ouyang, S. 1979. Ultramicro and microfossils from the Anshan Group and the Liaohe Group in eastern Liaoning, northeastern China. en: Selected works for a symposium on Iron Geology of China, Sponsored by Academia Sinica, 1977, Beijing, Science Press, 1-30.
- Pals, J.P., Van Geel, B. y Delfos, A. 1980. Paleoecological studies in the Klokkeweel bog, near Hoogkarspel (Prov. Of Noord-Holland). *Review of Paleobotany and Palinology*, 30: 371-418.
- Patrick, R. 1977. The ecology of freshwater diatoms and diatom communities , en: Werner, D. 1977. *The Biology of Diatoms*. University of California Press, Berkeley.
- Pennisi, E. 1994. Static Evolution. Is pond scum the same now as billions of years ago?. *Science News*, vol. 145.
- Pflug, H.D. 1966. Structured organic remains from the Fig Tree Series of the Barberton Mountain Land. Univ. Witwatersrand Econ. Geol. Res. Unit info. Circ. 28, Johannesburg.
- Pratt, B.R. 1979. Early cementation and lithification in intertidal cryptalgal structures, Boca Jewfish, Bonaire, Netherlands Antilles. *Journal of Sedimentary Petrology*, 49 (2): 379-386.
- Prescott, G.W. 1970. *The freshwater algae*. 2nd Ed. C. Brown Co. Pu. USA.
- Read, J.F. 1976. Calcretes and their distinction from stromatolites, en: Walter, M.R. 1976. *Stromatolites*. Elsevier Scientific Publishing Co. New York.
- Ricalde-Moreno, O.S. 1994. Anatomía de ejes vegetativos de palmeras fósiles del norte de México. Tesis Licenciatura. UNAM.
- Riding, R. 1977. Skeletal Stromatolites, en: Flügel, E. 1977. *Fossil Algae, recent results and developments*. Springer-Verlang, Berlin.
- Schidlowski, M. 1969. Critical remarks on a postulated relationship between Precambrian thucolite and boghead coal. en: Schenek, P.A. & Havenaar, I. 1969. *Advances in organic geochemistry*. New York, Pergamon, Cap. 9: 579-592.
- Schopf, J.W. 1976. How old are the Eukaryotes?. *Science*, 193: 47-49.

- Schopf, J.W. 1983. Earth's earliest biosphere. Its origin and evolution. Princeton Univ. Press. New Jersey.
- Schopf, J.W. y Blacic, J.M. 1971. New microorganisms from the Bitter Springs Formation (Late Precambrian) of the North-Central Amadeus Basin, Australia. Jour. of Paleontology. 45, 6: 925-961.
- Schopf, J.W. y Walter, M.R. 1980. Archean microfossils and microfossil-like objects: a critical appraisal. en: Glover, J.E. & Groves, D.I. 1980. 2nd International Archean Symposium. Perth, Canberra, Australia. Science, Abstracts, Cap. 9: 23-24.
- Starmach, K. 1966. Cyanophyta-since, Glaucophyta-glaucophity, Flora slodkow. Polski 2: 1-808, PWN Warszawa.
- Starr, R.G. 1955. A comparative study of Chlorococcum meneghini and other spherical, Zoospore-Producing genera of the Chlorococcales. Indiana University Publications, Science Series, 20.
- Tappan, H. 1980. The Paleobiology of Plant Protists. Freeman. San Francisco.
- Thurton, P.C. y Jackson, M.C. 1978. Confederation Lake area, District of Kenora (Patricia portion). Ontario Geol. Surv. Geol. Ser. Prelim. Map P. 1975, Cap. 8, Ap. I.
- Timofeev, B.V. 1959. The oldest flora of Prebaltica and its stratigraphic significance. Trudy Vsesoy. Neft. Nauchno-Issledov. Geolog. Inst. (VNIGRI) 129.
- Timofeev, B.V. 1969. Sferomorfidy proterozoya (Proterozoic Sphaeromorphida). Leningrad, Nauka, Inst. Geol. Geokhron. Dokembriya, Akad. Nauk SSSR.
- Timofeev, B.V. 1979. Microfossils from the Pechenga Series. en: Sokolov, B.V. 1979. Paleontology of the Precambrian and Early Cambrian. Leningrad, Nauka.
- Van den Hoek, C., Mann, D.G. y Jahns, H.M. 1995. Algae, an introduction to phycology. Cambridge University Press. Cambridge.
- Walter, M.R. 1972. Stromatolites and the stratigraphy of the Australian Precambrian and Cambrian. Spec. pap. Palaeont. 11, London.
- Walter, M.R. 1976. Stromatolites. Elsevier Scientific Publishing Co. New York.
- Walter, M.R., Bauld, J. y Brock, T.D. 1976. Microbiology and morphogenesis of columnar stromatolites (Conophyton, Vacerrilla) from Hot Springs in Yellowstone National Park. en: Walter, M.R. 1976. Stromatolites. Elsevier Scientific Publishing Co. New York.
- Wang, C., Xiao, Z., Shi, F., Xu, H y Li, Z. 1980. Sinian Suberathem in the Ming Tombs, Beijing. EN: Wang, Y. 1980. Research on Precambrian Geology, Sinian Suberathem in China, Tianjin. Tianjin Sci. Technol. Press, Tianjin.
- Winsborough, B.M. y Golubic, S. 1987. The role of diatoms in stromatolite growth: two examples from modern freshwater settings. Jour. Phycol. 23: 195-201.
- Zubakov, V.A. y Borzenkova, I.I. 1990. Global Climate during the Cenozoic. Elsevier Publ. comp. New York.

## GLOSARIO

<b>abiogénico</b>	Que no es de origen biológico
<b>abiótico</b>	Se refiere al medio o a los factores no biológicos
<b>acineto</b>	Estructura reproductora y de resistencia de muchas cianobacterias
<b>acritarco</b>	Cualquier microfósil de hasta 250 micras que no pueda ser identificado
<b>aerobio</b>	Que prescinde del oxígeno para vivir

<b>afloramiento</b>	Sitio geográfico en el que rocas de cierta edad son superficiales
<b>alóctono</b>	Que procede de otro sitio
<b>ambiente geotectónico</b>	Relativo a la forma, disposición y estructura de las rocas en los terrenos que constituyen la corteza terrestre
<b>anaerobio</b>	Que no necesita oxígeno para vivir
<b>anóxico</b>	Medio carente de oxígeno
<b>arenisca</b>	Roca formada por granos de cuarzo cementados con silíce, arcilla, carbonato u óxidos de hierro
<b>arrecife</b>	Montículo de rocas o esqueletos calcáreos adheridos al sustrato y elevados, hasta o cerca, de la superficie de un cuerpo acuático, generalmente marino
<b>artrópodo</b>	Animales invertebrados con simetría bilateral, cuerpo segmentado, exoesqueleto y patas articuladas; insectos, arácnidos, crustáceos, miriápodos, ácaros y merostomados
<b>autóctono</b>	Originario del sitio en que se encuentra
<b>autospora</b>	Estructura reproductora sin flagelos
<b>autótrofo</b>	Organismo que produce su propio alimento
<b>bentónico</b>	Que vive en contacto o adherido al fondo de ambientes acuáticos
<b>bivalvo</b>	Moluscos con 2 valvas
<b>bioherma</b>	Cualquier zona arrecifal (estromatolítica, coralina, artificial, de ostras, rocosa, etc.)
<b>biostroma</b>	Conjunto de organismos sedentarios que forman barreras o "camas" generalmente perpendiculares a la corriente
<b>biótico</b>	Todo lo que involucra vida
<b>caliptra</b>	En algas: pieza terminal de un filamento producto de una secreción, una célula muerta y contraída o un engrosamiento de la pared celular
<b>caliza</b>	Roca formada principalmente por carbonato de calcio (CaCO <sub>3</sub> )
<b>cenobio</b>	Conjunto de células de la misma generación
<b>cianobacteria</b>	Organismos procariontes fotosintéticos (pueden ser considerados algas y/o bacterias)
<b>cianofita</b>	Nombre común de los organismos pertenecientes a la División Cyanoprokaryota (ver cianobacterias)
<b>citoplasmático</b>	Concerniente al citoplasma celular (todo lo que está de la membrana hacia adentro)
<b>clorofita</b>	Nombre común de los organismos de la División Chlorophyta; eucariontes fotosintéticos
<b>cloroplasto</b>	Organelo celular donde se lleva a cabo la fotosíntesis
<b>cococido o cocoidal</b>	Tipo celular con morfología esférica o semiesférica
<b>colonial</b>	Conjunto de células de distintas generaciones
<b>columna estratigráfica</b>	Representación ordenada de los estratos dentro de una Formación
<b>concreción</b>	Agregado mineral

<b>conglomerado</b>	Tipo de roca con una matriz cementante que embebe a distintos tipos de clastos de distintos tamaños y procedencias
<b>conidio</b>	Estructura reproductora fúngica
<b>Cretácico</b>	Periodo geológico que va de los 66.4 a los 144 millones de años
<b>criptobionte</b>	Organismo que no está expuesto (que vive en grietas, dentro de la matriz rocosa, etc.)
<b>cysto</b>	Estructuras de dispersión, resistencia y reproductoras de dinoflagelados
<b>diagénesis</b>	Proceso de cambio morfológico y estructural que sufren los fósiles y los minerales a través del tiempo a partir de su depositación
<b>diatomea</b>	Organismo fotosintético unicelular con valvas de sílice
<b>dinoflagelado</b>	Organismo unicelular eucarionte, heterótrofo o autótrofo, generalmente planctónico (causante de la "marea roja")
<b>diversidad</b>	variedad (biodiversidad: organismos distintos entre sí)
<b>dubiofósil</b>	Cualquier cosa que semeje a un fósil pero sin poder asegurar un origen biológico
<b>dulceacuícola</b>	Concerniente a cuerpos de agua dulce (sin sal) u organismos que viven ahí
<b>ecosistema</b>	Medio natural definido por sus características y los organismos que viven en él
<b>edáfica</b>	Concerniente al suelo continental
<b>endolítica</b>	Especie que vive dentro de una roca (gracias a previas perforaciones) o en suelos litificados
<b>Eon</b>	Período de tiempo indefinido e incomputable (la historia de la Tierra se compone de 2 Eones: Precámbrico y Fanerozoico)
<b>epifítica o epífita</b>	Especie vegetal, algal o fúngica que vive encima de otra
<b>espora</b>	Estructura reproductora (puede referirse a helechos, algas, hongos, plantas vasculares, briofitas, etc.)
<b>esporopolenina</b>	Sustancia compleja constituyente de la pared celular de algas, dinoflagelados, granos de polen y ciertas esporas
<b>esporulación</b>	Liberación de esporas
<b>estero</b>	Brazos o ramificaciones de los ríos, en la porción de la desembocadura al mar
<b>estrato</b>	Paquete de rocas que tienen un límite diferenciado por otro tipo de rocas
<b>estrato sedimentario</b>	Paquete de rocas de origen sedimentario (importantes para la búsqueda de fósiles)
<b>estromatolito</b>	Estructura organosedimentaria, calcárea, laminada y adherida al sustrato
<b>estuario</b>	Laguna costera con variaciones de salinidad a lo largo del año
<b>eucarionte</b>	Organismo uni o multicelular constituido por células con núcleo
<b>eutroficación</b>	Fenómeno del incremento de nutrientes en un cuerpo de agua, que produce crecimientos desmesurados de algas y protozoarios, con el advenimiento del decremento en oxígeno
<b>eutrófico</b>	Cuerpo de agua sometido a eutroficación
<b>exubia</b>	Exoesqueleto de artrópodo, producto de una muda o la muerte del mismo

<b>facies</b>	Conjunto de características que indican las condiciones ambientales en las que se formó una roca
<b>ficoflora</b>	Diversidad de algas en un ambiente determinado
<b>filamento</b>	Conjunto de células seriadas y su respectiva vaina envoltoria
<b>filamento uniseriado</b>	Filamento que no se ramifica
<b>Formación</b>	Conjunto de rocas o masas minerales que presentan patrones geológicos y paleontológicos comunes
<b>fósil</b>	Cualquier evidencia de vida en el pasado (arbitrariamente se toman de los 10 mil años hacia atrás)
<b>fotosintético</b>	Organismo autótrofo que usa luz y agua para producir energía
<b>geyserita</b>	Tipo de estromatolito en el que los principales constructores son bacterias termofílicas
<b>hábito</b>	Características ambientales y ecológicas en que un organismo lleva a cabo su ciclo de vida
<b>heliotrópico</b>	Fenómeno en donde el Sol determina la dirección del crecimiento de organismos fotosintéticos
<b>heterocito</b>	Célula diferenciada en cianobacterias, capaz de usar Nitrógeno como fuente de energía
<b>heterótrofo</b>	Organismo que nno produce su propio alimento
<b>hialina</b>	Translúcida, transparente, sin color
<b>hifa</b>	Filamento(s) fúngico(s), pueden o no tener ramificaciones y septos
<b>hormogonio</b>	Fragmento de un filamento algal que lleva células vivas y sirve como dispersor y reproductor de nuevos filamentos
<b>intemperismo</b>	Fenómeno por el cual la superficie terrestre es erosionada (involucra erosión fluvial, pluvial, eólica, biológica, fricción, reacciones químicas, descargas eléctricas y gravedad)
<b>intemperizado</b>	Que ha sufrido intemperismo
<b>kerógeno</b>	Materia orgánica químicamente alterada (conspicua en rocas sedimentarias)
<b>limnología</b>	Ciencia que estudia las características físicas, químicas y biológicas de un cuerpo de agua continental
<b>limolita</b>	Tipo de roca constituida por óxidos e hidróxidos de hierro
<b>litificación</b>	Proceso por el cual los sedimentos se conforman como roca sólida (cementación, compactación y desecación pueden ocurrir simultáneamente)
<b>litofacie</b>	Suma de las características litológicas y paleontológicas existentes en una roca sedimentaria, por las cuales pueden inferirse las condiciones ambientales en las que se formó
<b>litología</b>	Ciencia que estudia a las rocas (origen, composición, ubicación, clasificación, etc.)
<b>litoral</b>	Zona de aguas someras costeras o ribereñas (se subdivide en supralitoral, eulitoral y sublitoral, incluye a las zonas intermareales, submareales y supramareales)
<b>luniliforme</b>	Con forma de media luna

<b>lutita</b>	Roca formada por limo y arcilla
<b>macrofósil</b>	Fósil visible sin necesidad de lupas o microscopios
<b>macroorganismo</b>	Cualquier organismo mayor a medio milímetro
<b>magnetita</b>	Mineral con propiedades magnéticas, puede ser de origen mineral o metabolizado por organismos
<b>marino</b>	Referente a zonas marinas
<b>merística</b>	Referente a las medidas o tallas de algo
<b>metazoario</b>	Cualquier animal multicelular, eucarionte macroscópico (pocas excepciones son microscópicas)
<b>microalga</b>	Alga microscópica
<b>microambiente</b>	Ambiente con características particulares que se diferencian de las características generales del ecosistema en que se encuentra
<b>microflora</b>	Todas las algas, hongos, pólenes y esporas microscópicas pertenecientes a un ambiente determinado
<b>microfósil</b>	Cualquier fósil microscópico (algas, polen, esporas, dientes, fragmentos de algo, foraminíferos, artrópodos, etc.)
<b>microorganismo</b>	Cualquier organismo microscópico
<b>moniliforme</b>	En forma de collar de perlas (bolitas unidas y seriadas)
<b>mononucleado</b>	Con un solo núcleo
<b>morfología</b>	Referente al aspecto y la forma física
<b>morfometría</b>	Conjunto de parámetros dados por la forma y el tamaño
<b>morfotipo</b>	Organismo u objeto definido y/o clasificado por su forma
<b>mucílago</b>	Secreción de mucopolisacáridos de muchos organismos, entre ellos las cianobacterias (sustancia gelatinosa, hialina, a veces pegajosa)
<b>nicho</b>	Papel ecológico que desempeña una especie dentro de un ecosistema
<b>oligotrófico</b>	Referente a cuerpos de agua carentes de nutrientes, aguas cristalinas y oxigenadas
<b>oncolito</b>	Estructura organosedimentaria, laminada, calcárea, no adherida al sustrato (generalmente no mayor a 15 cm de diámetro)
<b>orgánico</b>	Cualquier cosa que esté formada constitutivamente por Carbono, Hidrógeno, Oxígeno y Nitrógeno (no necesariamente organismos vivos)
<b>paleoambiente</b>	Ambiente del pasado
<b>paleobotánica</b>	Rama de la paleontología que estudia plantas, hongos, algas fósiles
<b>palinomorfo</b>	Cualquier organismo que tenga esporopolenina o forma tipo polen
<b>pedernal</b>	Roca constituida por sílice en un 90%
<b>pedunculada</b>	Que tiene un pié o pedúnculo que lo une a un sustrato
<b>permineralización</b>	Proceso de fosilización en donde el mineral (sílice, carbonato, pirita, etc.) se deposita en los espacios ocupados por el agua o el aire y en ocasiones sustituye a la materia orgánica.

	Petrificación en donde la materia orgánica se conserva
<b>pirenoide</b>	Organelo de algunos organismos fotosintéticos en donde se almacenan las sustancias de reserva (asociados siempre al cloroplasto)
<b>piroclasto</b>	Fragmento de roca volcánica generada en una erupción
<b>planctónico</b>	Que vive en la superficie del agua
<b>polen</b>	Estructura reproductora de plantas vasculares (Angiospermas y Gymnospermas)
<b>Precámbrico</b>	Periodo de tiempo que empieza desde el comienzo de la Tierra (4800 m.a.) hasta los 570 m.a. (aprox).  Se subdivide en Hadeano, Arqueano y Proterozoico
<b>procarionte</b>	Organismo carente de núcleo (bacterias y cianobacterias)
<b>protozario</b>	Organismo eucarionte heterótrofo y unicelular
<b>pseudofilamento</b>	Falso filamento
<b>radiometría</b>	Método usado para determinar la antigüedad de algo por medio del decaimiento de los isótopos de la muestra
<b>rafe</b>	Estría longitudinal de algunas diatomeas Pennales
<b>riolita</b>	Tipo de roca volcánica
<b>salobre</b>	Cuerpo de agua con un grado intermedio de salinidad entre agua marina y la dulce
<b>secuencia estratigráfica</b>	Sucesión de los estratos dentro de una Formación que reflejan la historia geológica de la región
<b>septo</b>	Pared que separa a unas células de otras en un filamento
<b>sincenobio</b>	Conjunto de cenobios
<b>subaérea</b>	Fuera del agua
<b>supermareal</b>	Por encima del límite superior de mareas
<b>supramareal</b>	Por debajo del límite inferior de mareas
<b>taxonomía</b>	Ciencia que trata de los principios, métodos y fines de la clasificación de especies dentro de la biología
<b>textura deposicional</b>	Textura que se aprecia por el grado de compactación y el orden de aparición de ciertos minerales en una roca
<b>toba</b>	Roca ligera, de consistencia porosa, formada por la acumulación de cenizas u otros volcánicos pequeños elementos
<b>tricoma</b>	En ficología, conjunto de células que conforman a un filamento algal
<b>vaina</b>	Capa o secreción que cubre a un filamento
<b>vaina estratificada</b>	Varias capas diferenciadas que cubren a un filamento
<b>volcanismo</b>	Rama que estudia a los volcanes; acción o actividad de un evento volcánico,

	desde el origen hasta la inactividad total del mismo
<b>volcanosedimentario</b>	Ambiente sedimentario que involucra eventos alternados de volcanismo y depósito de sedimentos
<b>zona arrecifal</b>	Cualquier área con arrecifes
<b>zona fótica</b>	Columna de un cuerpo de agua en donde la luz penetra lo suficiente como para que exista fotosíntesis (hasta 200 m aprox)
<b>zona transicional</b>	Zona de cambio entre un ambiente y otro

\* American Geological Institute. 1976. Dictionary of Geological Terms. Anchor Books, New York

\* Lincoln, R., Boxshall, G. & Clark, P. 1998. A Dictionary of Ecology, Evolution and Systematics. 2nd Ed. Cambridge University Press. Cambridge.

## VÍNCULOS

<http://128.171.207.10/faculty/webb/> : página del Dr. David T. Webb. Incluye aspectos personales y de diversidad evolutiva, interacción coevolutiva, generalidades de botánica y links

<http://bilbo.bio.purdue.edu/www-cyanosite/> : una excelente página con información sobre cianofitas y otras algas, links, fotos, etc.

<http://biotype.biology.dal.ca/biotype/1998/dec98/coral.html>: corales de aguas profundas

<http://cerezo.pntic.mec.es/~jarsuaga/>: una página bonita y sencilla sobre la evolución del hombre

<http://ellipse.inhs.uiuc.edu/INHSCollections/>: bases de datos con información taxonómica de mamíferos, peces, reptiles, anfibios, moluscos, crustáceos y plantas vasculares

<http://floridamarine.org/>: sobre biología marina del instituto de investigación marina de Florida

<http://geopubs.wr.usgs.gov/>: publicaciones geológicas de Estados Unidos, por estado o por año. Algunos artículos muy buenos, incluyen mapas y fotos.

<http://micol.fcien.edu.uy/atlas/Inicio-atlas.html>: galería de imágenes de varios grupos vegetales

<http://pbil.univ-lyon1.fr/Ecology/Ecology-WWW.html>: una página llena de links sobre ecología, evolución y otras áreas

<http://perso.club-internet.fr/favarelp/>: estromatolitos y oncolitos

<http://phylogeny.arizona.edu/tree/phylogeny.html>: el árbol de la vida

<http://seds.lpl.arizona.edu/nineplanets/nineplanets/nineplanets.html>: excelente página con información sobre el sistema solar, el sol, cada uno de los planetas, sus lunas, fotos, links, etc.

<http://vishnu.glg.nau.edu/rcb/>: página geológica de Ronald Blakey. Incluye mapas de los continentes en el tiempo, información estratigráfica y links muy interesantes

<http://www.abaforum.es/users/1743/barrera.htm>: algo sobre arrecifes y estromatolitos

<http://www.astrobiology.ucla.edu/ESS116/L15/L15.html>: links de páginas sobre astronomía, paleobiología, procariontes, estromatolitos, acritarcos y yacimientos minerales

<http://www.bact.wisc.edu/Bact303/MajorGroupsOfProkaryotes>: información sobre procariontes

<http://www.banrep.gov.co/blaavirtual/letra-f/fen/texto/hongos/hongos.htm>: una excelente página dedicada al reino Fungi (hongos)

<http://www.bornet.es/>: excelente revista de divulgación científica

<http://www.boulder.swri.edu/>: del departamento de estudios espaciales de San Antonio, Texas. Tiene una amplia gama temática, con páginas de fotos de cosas raras, astrobiología, links, etc.

<http://www.brookes.ac.uk/geology/8313/reflect3.html>: la historia de los arrecifes a través del tiempo

<http://www.calacademy.org/>: página de la academia de ciencias de California. Contiene excelentes bases de datos, ciencias naturales e información taxonómica y biológica en general

<http://www.ciudadfutura.com/dinosaurios/periodo.html>: descripción general de eventos ocurridos en cada una de las eras geológicas

<http://www.dme.wa.gov.au/ancientfossils/wa.html>: información somera sobre estromatolitos (sobre todo australianos) y otros fósiles

<http://www.ecoserve.ie/projects/coral/dist.html>: distribución geográfica de los corales de aguas profundas, incluye mapa

<http://www.esri.com/data/online/geobrowse.html>: excelente página de mapas, con varios tipos de acercamientos, opción a consultas temáticas, etc.

<http://www.fmri.usf.edu/>: página de conservación para la vida silvestre y recursos marinos. Contiene información muy interesante de grupos biológicos acuáticos, incluyendo algas, fotos, etc.

<http://www.geo.arizona.edu/geo3xx/308/taxonomy.html>: taxonomía de grupos fósiles de la universidad de Arizona

<http://www.geo.lsa.umich.edu/>: ciencias geológicas

<http://www.geol.uni-erlangen.de/>: excelente página con muchos links geológicos, bases de datos (Georef), mapas paleogeográficos, etc.

<http://www.geotech.org/survey/geotech/dictiona.html>: diccionario de términos geológicos

<http://www.horta.uac.pt/>: universidad de los Azores, departamento de oceanografía y pesca. Contiene información detallada sobre especies marinas

<http://www.igeologico.sp.gov.br/ig5.htm>: museo de ciencias geológicas de Sao Paulo, Brasil

<http://www.indiana.edu/~diatom/branch.html>: diatomeas y paleolimnología

[http://www.interbook.net/personal/aymasl/atlas\\_m.htm](http://www.interbook.net/personal/aymasl/atlas_m.htm): atlas de microorganismos

<http://www.lineone.net/dictionaryof/difficultwords/>: diccionario para palabras poco comunes

<http://www.marbot.gu.se/sss/SSShome.htm>: contiene links e información sobre fitoplancton

<http://www.micropress.org/0799bim.htm>: sobre micropaleontología

<http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/paleovu-win.html>: software de paleoclimatología

<http://www.ngu.no/engelsk/geologi/>: glosario y diccionario geológico

<http://www.nps.gov/wica/speleoth.htm>: información somera sobre espeleotemas (estalactitas, estalagmitas y puentes)

<http://www.paisvirtual.com/ciencia/naturaleza/molina/intro.htm>: portal de paleontología. Información variada

[http://www.resa.net/nasa/mars\\_life\\_gifossil.htm](http://www.resa.net/nasa/mars_life_gifossil.htm): algo sobre fósiles y la vida en Marte

[http://www.resa.net/nasa/origins\\_life.htm](http://www.resa.net/nasa/origins_life.htm): sobre el origen de la vida

[http://www.rz.uni-frankfurt.de/~schauder/mats/microbial\\_mats.htm](http://www.rz.uni-frankfurt.de/~schauder/mats/microbial_mats.htm): sobre tapetes microbianos

<http://www.science.ubc.ca/~geol202/>: página muy recomendable sobre petrología, clasificación de carbonatos, etc. De la universidad de Columbia Británica

<http://www.talkorigins.org/>: sobre el origen de la vida, meteoritos, estromatolitos, la edad de la Tierra, links y demás

<http://www.tyrrellmuseum.com/index.htm>: página del Royal Tyrrell Museum, incluye una interesante enciclopedia de fósiles

<http://www.ugs.state.ut.us/sites.htm>: muchos links sobre petrología, geología, geofísica, paleontología, arqueología, volcanismo, museos y ciencias en general.

<http://www.uky.edu/KGS/>: página con mucha información geológica y paleontológica. Universidad de Kentucky

<http://www.umanitoba.ca/geoscience/paleolim/jopl.html>: journal canadiense de paleolimnología. Tiene algunos links

<http://www.umich.edu/>: página de la universidad de Michigan. Contiene apartado de diatomeas: (<http://www.umich.edu/~phytolab/GreatLakesDiatomHomePage/groups/Araphidlist.html>), con fotografías, evolución humana y más

<http://www.unb.br/ig/exte/museu.htm>: instituto de geociencias, universidad de Brasilia, Brasil

<http://www.wf.carleton.ca/Museum/stromatolites/CONTENTS.htm>: más sobre estromatolitos

<http://www.petrifiedseagardens.org/>: los jardines marinos petrificados de Nueva York, un arrecife estromatolítico de hace 500 millones de años

<http://www.wmnh.com/wmel0000.htm>: información somera sobre la vida temprana en la Tierra

[http://www.calm.wa.gov.au/national\\_parks/hamelin\\_pool\\_evolution.html](http://www.calm.wa.gov.au/national_parks/hamelin_pool_evolution.html): sobre la formación de los estromatolitos de Hamelin Pool, Australia

[http://www.baronmoss.demon.co.uk/WA\\_pictures\\_07.html](http://www.baronmoss.demon.co.uk/WA_pictures_07.html): página personal de Helen Stephenson con fotos de estromatolitos australianos

<http://www.ucmp.berkeley.edu/bacteria/cyanofr.html>: registro fósil de cianobacterias

<http://www.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s4/stromatolites.html>: generalidades sobre estromatolitos (en francés)

<http://homepages.go.com/~klebois/Fossils/stromato.htm>: los estromatolitos de Michigan

<http://www.stlcc.cc.mo.us/fv/geology/text/paleo.html>: portal de paleontología en general (incluye algo de estromatolitos)

<http://www.ucmp.berkeley.edu/index.html>: museo de paleontología de Berkeley, California

<http://bio.bu.edu/~golubic/index.html>: pagina personal del Dr. Stjepko Golubic, excelente académico dedicado a la microbiología, algas, ecología, paleoecología y estromatolitos

<http://www.dc.peachnet.edu/~pgore/geology/geo102/precamb.htm>: información sobre el Precámbrico

<http://www.turnpike.net/~mscott/walcott.htm>: microbiografía sobre Charles Doolittle Walcott, el primero en evidenciar el origen biológico de los estromatolitos

<http://www.mesozoic.demon.co.uk/stromas.htm>: un poco de discusión sobre el origen biótico-abiótico de los estromatolitos

<http://www.mnh.si.edu/>: museo nacional de historia natural del Smithsonian Institute

<http://homepages.go.com/~klebois/Fossils/Stromatolites.htm>: portal de fósiles, rocas y colecciones paleontológicas

<http://www.uni-muenster.de/GeoPalaeontologie/Palaeo/Palbot/seite1.html>: página de la universidad de Münster, con fotos de microfósiles, estromatolitos y links

[http://www.kaibab.org/geology/gc\\_layer.htm](http://www.kaibab.org/geology/gc_layer.htm): excelente página con la estratigrafía del gran cañón del colorado, Arizona