

# FITOLITOS

## INFORMACIÓN ESCONDIDA DE LOS MINERALES DE ORIGEN VEGETAL

Georgina Erra\*

*La ciencia no resuelve todos los enigmas del universo, ni promete resolverlos algún día. Sin embargo, a veces puede arrojar alguna luz inesperada incluso sobre nuestros enigmas más profundos y probablemente irresolubles.*

**K. R. Popper**, "La selección natural y el surgimiento de la mente".



Los tejidos vegetales silicificados preservados en heces fosilizadas de dinosaurios, en vasijas pertenecientes a culturas pasadas o simplemente en suelos antiguos, como hendijas en el tiempo, nos permiten acercarnos a momentos impensados. Floras de épocas remotas, actividades realizadas por hombres que se dedicaban a la caza y dieta de animales prehistóricos pueden ser deducidas a partir del estudio de estas partículas microscópicas denominadas fitolitos.

En la naturaleza, son numerosos los casos de organismos que poseen algún tipo de estructura mineralizada, ya sea externa o de forma interna.

La cobertura rígida de los caracoles, la valva de ostras y almejas, el caparazón de las tortugas, el esqueleto óseo que nos sostiene y la cáscara exterior de los huevos de las aves, por mencionar solo algunos ejemplos, muchas veces llaman nuestra atención. Todas ellas son estructuras mineralizadas producidas por los organismos y pueden ser de carbonato cálcico, fosfato cálcico y sílice. Esta situación en que un animal vivo forma un sólido inorgánico

(biomineralización) se da también en ciertos vegetales y algas.

Como se desarrollará más adelante, la importancia del estudio de las biomineralizaciones producidas por ciertos vegetales, radica en diversos aspectos. Desde el de desentrañar cómo se constituían los ambientes pasados, cómo estaba formada la vegetación y qué condiciones climáticas reinaban, hasta cuáles fueron las plantas utilizadas por el hombre en épocas pasadas y qué uso les daban.

Las estructuras que estos últimos generan son microscópicas, por lo cual pasan inadvertidas. Al igual que el resto de los organismos más com-

plejos, los vegetales están formados por órganos (raíz, tallo, hojas), estos a su vez están formados por tejidos (epidermis, parénquima, tejidos de conducción) y los tejidos por células (unidad de todo ser vivo).

Las células son sistemas complejos que poseen una serie de elementos estructurales y funcionales. Además del ADN como material hereditario, poseen orgánulos celulares, enzimas y proteínas que de manera intrincada asisten a la formación y depositación de biominerales como componentes de algunos seres vivos.

Ya en 1854, el naturalista alemán Christian Ehrenberg (1795-1876),

zoólogo, botánico, anatomista, geólogo, microscopista y uno de los más famosos y productivos científicos de su época, fue quien observó la presencia de estas estructuras mineralizadas como integrantes de tejidos orgánicos. Las denominó “biolitos” y las diferenció según su procedencia. De este modo llamó “zoolitos” a las de origen animal, y “fitolitos” a aquellas provenientes de vegetales. Según la composición química del agente mineralizante también hizo una distinción en dos tipos principales: los “silicobiolitos” formados por sílice (silicofitolitos o silicozoolitos) y los “calcibiolitos” cuyo agente es una sustancia cálcica (calcifitolitos o calcizoolitos) (cuadro 1).

Los silicofitolitos (por lo común llamados simplemente “fitolitos”) son biomineralizaciones, generalmente formadas por sílice, de tamaño microscópico, producidos por muchas plantas. Si bien están presentes tanto en helechos como en coníferas, es el de las plantas con flores el grupo productor más prolífico y por lo tanto el más estudiado (cuadro 2).

### ¿Cómo se originan los fitolitos?

Los fitolitos se forman en el interior de las células o en el espacio existente entre varias células de los tejidos vegetales como depósitos de sílice amorfa hidratada (una estructura cristalina similar a la del ópalo). El silicio (Si) es absorbido por las raíces de la planta, de la solución del suelo y llega a su destino final, principalmente la epidermis de la raíz, el tallo, y las hojas; transportado por los tejidos de conducción especializados (Fig. 1).

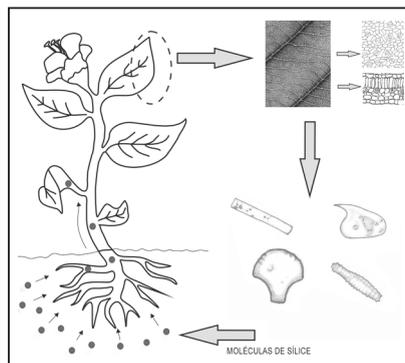
En general, estos depósitos silíceos toman la forma de la célula que los contiene ya que colman todo el espacio celular y dado que hay tipos celulares característicos de ciertas plantas, es posible asociar una forma fitolítica con una célula o con un

**Cuadro 1.** Biolitos.

		Según el tipo de organismo	
		Zoolitos (animal)	Fitolitos (vegetal)
Según el agente mineralizante	Silicobiolitos (Sílice)	<b>Silicozoolitos</b> En esqueletos de esponjas, de foraminíferos, y de radiolarios	<b>Silicofitolitos</b> En células de gramíneas, cubierta de diatomeas y quistes de ciertas algas
	Calcibiolitos (Calcio)	<b>Calcizoolitos</b> En esqueletos de esponjas y de foraminíferos	<b>Calcifitolitos</b> Acumulaciones en el interior de las células vegetales

**Cuadro 2.** Grupos productores de fitolitos.

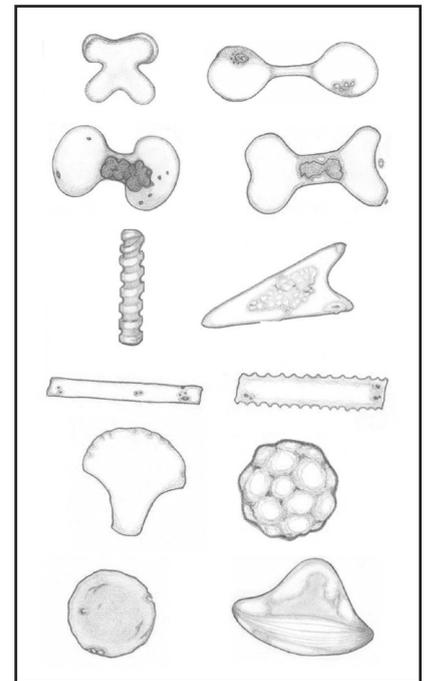
Algunos grupos productores de fitolitos	
Angiospermas (plantas con flores)	Gramíneas en general (el grupo más importante productor de fitolitos), ciperáceas (como el papiro y el paraguaita), leguminosas, palmeras, hierbas tales como ortiga, margarita, manzanilla, árboles como magnolia, olmo, mora, entre otras.
Gimnospermas (plantas que producen semillas pero no flores)	Coníferas como araucaria, ciprés y pino
Helechos	Gran variedad de helechos y también en equisetum



**Fig. 1.** Producción de fitolitos y parte del ciclo biogeoquímico de la sílice. Cómo llegan los fitolitos a formar parte del cuerpo del vegetal y luego son incorporados al suelo.

tejido y relacionarlo con el vegetal que lo produjo (Fig. 2).

Como existen numerosos estudios en que se ha señalado y demostrado la relación entre las formas fitolíticas y el vegetal que lo originó, es posible reconocer el vegetal del que formaron parte cuando se los encuentra aislados en suelos y sedimentos. Cuando la planta muere, una vez que los restos vegetales caen a la superficie del suelo, son sometidos a la desintegración y descomposición por acción de los descomponedores (hongos y bacte-



**Fig. 2.** Esquemas de algunas de las morfologías que pueden adoptar los fitolitos reproduciendo la forma de la célula que le dio origen. Se puede observar formas en cruz, en pesa de gimnasta, forma de hueso, aguzados, elongados de lados lisos y sinuosos, en forma de abanico, en forma de sombrero y esféricos lisos y con protuberancias entre otras.

rias) y los fitolitos que contenían sus hojas, tallos, raíces o inflorescencias son liberados al suelo. La acción

del fuego puede acelerar el proceso de descomposición de la materia vegetal y permitir la incorporación al suelo de grandes volúmenes de fitolitos en poco tiempo. También la intervención de los herbívoros puede contribuir a través de sus heces a la incorporación al suelo de los fitolitos de las plantas que consumen. Una vez liberados son integrados a la fracción mineral y pueden comportarse como el resto de las partículas minerales en los procesos formadores de suelo. Si bien existen determinadas condiciones (como de acidez o alcalinidad) que pueden llegar a disolver los fitolitos, lo común es que se preserven dada su composición silíceica que les otorga resistencia. Cuando la acidez o alcalinidad son excesivamente altas es que pueden diluirse para volver a ser absorbidos por las plantas como moléculas más simples o pasar a formar otros minerales silíceos, según el ciclo biogeoquímico de la sílice (Fig. 1).

### La información escondida

Resumiendo lo dicho anteriormente su composición silíceica les otorga resistencia, perdurabilidad en el tiempo y baja solubilidad, características que sumadas a la posibilidad de identificación de la planta productora permiten su utilización como indicadores de vegetaciones actuales y pasadas.

El análisis de los fitolitos es una de las disciplinas paleobotánicas utilizadas para la reconstrucción de la flora en tiempos pasados, ya que proporcionan un registro preciso de una parte de la vegetación en una área concreta y en un momento determinado.

De este modo se pueden describir las condiciones imperantes bajo las que vivían y se desarrollaban los vegetales que produjeron los fitolitos, estableciendo los parámetros ambientales que reinaron al momento de su génesis, como por ejemplo temperatura, humedad

## Forma y tamaño

Los fitolitos, al ajustarse a la forma de caja de la célula que les dio origen, toman formas tan variadas como las hay de tipos celulares presentes en los vegetales. Algunas de estas formas se muestran en la figura 2. Pueden ser esféricas, elipsoidales (con espinas o sin ellas o alguna otra ornamentación), cónicas, cilíndricas, rectangulares, cúbicas, dentro de las formas regulares, y dentro de aquellas irregulares, pueden tener forma de una barra de gimnasia (dos lóbulos separados por una cintura), de barril, alargadas, en abanico, en cruz, forma de sombrero, entre otras. Algunos morfotipos, como por ejemplo los esféricos con espinas, son característicos de las palmeras mientras que aquellos en forma de hueso o de barra de gimnasia, son propios de gramíneas. El tamaño también es muy variable ya que oscila entre los 8 y 250 micrones (1 micrón- $\mu\text{m}$ -es la milésima parte de un milímetro, o sea, 0,001 milímetro, o, 1000  $\mu\text{m}$  es lo mismo que 1 mm), por lo cual comúnmente se observan con aumentos de 400x. Si consideramos que la cabeza de un alfiler, mide aproximadamente 0,5 mm de diámetro (3,14 x 0,252, una superficie de 196  $\mu\text{m}$ ), en ella entrarían 392 fitolitos de 50  $\mu\text{m}$  de tamaño promedio cada uno.

y precipitaciones. Esto es posible debido a que existen vegetales que son propios de determinados ambientes.

Comprender las variaciones de los factores ambientales producidos a través del tiempo es muy importante, ya que de esta manera se podría contribuir a una mejor interpretación de los fenómenos actuales que nos afectan a diario, como son el cambio climático y el calentamiento global.

Asumiendo que las plantas cumplen un rol importante para la subsistencia humana, es que estos análisis también se aplican en estudios arqueobotánicos (la arqueobotánica es una disciplina que estudia la dinámica relación entre el hombre y las plantas en el pasado) siendo de utilidad en la identificación de restos vegetales en sitios arqueológicos, tanto obtenidos a partir de muestras de suelos, como del interior de cerámicas, morteros y demás artefactos utilizados por culturas pasadas.

La recuperación, determinación e interpretación de los vegetales y fitolitos recuperados de sitios arqueológicos aporta a la reconstrucción de aspectos generales de una sociedad, en especial para la comprensión de los procesos de

cambio social en relación a la transformación del paisaje. Su análisis provee de información específica para determinar patrones de subsistencia, dieta, desarrollo de técnicas agrícolas, y uso de plantas en forma medicinal.

### Un caso llamativo

En la India, a partir del estudio de heces o coprolitos de dinosaurios se obtuvieron fitolitos que arrojaron como resultado dos cuestiones fundamentales: (1) que algunos de los dinosaurios herbívoros eran pastadores, ya que los fitolitos que aparecieron en las muestras estudiadas correspondían a gramíneas y (2) que la aparición de las gramíneas en las floras tienen un registro más antiguo del que se creía. Si bien se tienen registros certeros de gramíneas para el período Paleógeno (Terciario temprano), este último hallazgo demuestra la existencia de esta familia ya en el período Cretácico (último período de la era Mesozoica) hace unos 100.000 millones de años.

Por otra parte la diversidad de especies hallada y determinada a partir del análisis de los fitolitos de la India, sugiere que el grupo basal de las gramíneas ya se habría diversificado y distribuido en la

porción meridional del gran supercontinente Pangea conocido como Gondwana, del que se desprendieron Sudamérica, África, Australia, India, isla de Madagascar y Antártida, antes de que la India quedara geográficamente aislada.

### Un poco de historia

A principios del siglo XVII, Nicholas Theodore de Saussure (1767-1845) naturalista y químico suizo que se encontraba abocado al estudio de los vegetales, en su trabajo *Recherches sur la végétation* en el año 1804, realizó la primera mención de presencia de células silíceas en los vegetales. Diez años más tarde, en 1814, es Sir Humphry Davy quien hace observaciones de este tipo de células en variedades de cereales y en *Equisetum* sp. Como ya mencionamos las primeras referencias sobre el estudio de fitolitos *per se* fueron proporcionadas por Christian Ehrenberg en 1841, considerado el pionero de la microbiología animal y vegetal. Ehrenberg los describió como cuerpos de naturaleza silícea que denominó “phytolitaria”, término griego que significa “planta piedra”. Hasta la primera mitad del siglo XIX las descripciones de los fitolitos observados se hacían en forma aislada y sin ningún tipo de orden clasificatorio. El mismo Ehrenberg fue quien 15 años después desarrolló y publicó el primer sistema de clasificación de fitolitos en su trabajo *Mikrogeologie*.

### En la Argentina

En nuestro país, las primeras referencias de estudios fitolíticos fueron también proporcionadas por el mismo Ehrenberg en el siglo XIX, quien estudia material coleccionado por el conocidísimo naturalista inglés Charles Darwin, en su viaje por América del Sur entre los años 1832-1836. Analizó sedimentos provenientes de Monte Hermoso (Bahía Blanca), limos

asociados a mamíferos fósiles (Bahía Blanca), superficies dentarias del mamífero Mastodon (Santa Fé) y raíces de plantas de Patagonia y Tierra del Fuego.

Años más tarde Joaquín Frenguelli, médico de profesión y naturalista, director del Instituto del Museo de la Universidad Nacional de La Plata (1935-1946) citó por primera vez la presencia de células silíceas de gramíneas en sedimentos terciarios, cuaternarios y recientes de la Argentina. En 1930 publicó su trabajo sobre *Partículas de sílice organizada en el loess y en los limos pampeanos. Células silíceas de gramíneas*, donde realizó un importante aporte al conocimiento de los fitolitos.

Sin embargo es Hetty Bertoldi de Pomar, discípula de Frenguelli, quien entre 1969 y 1983 desarrolla sus estudios en esta disciplina en temas geológicos, de suelos, limnológicos y botánicos, con varias publicaciones sobre estos temas, contribuyendo con la clasificación morfológica de los silicofitolitos. De esta manera, otros investigadores recibieron el impulso para continuar con esta tarea desde los campos de la arqueología, paleobotánica, botánica, ecología, entre otros.

### ¿Cómo se estudian los fitolitos?

Para poder estudiar los fitolitos es preciso aislarlos del sedimento que los contiene. Por ejemplo, para estudios de tipo paleoambiental se recoge en barrancas expuestas una muestra de sedimento del tamaño de un puño. La muestra es llevada al laboratorio donde se la somete a tratamientos químicos para eliminar los materiales que no nos interesan, como carbonatos, óxidos, arcillas y materia orgánica, entre otros. También se realiza una separación por tamaño de grano de las partículas (con tamices de diferentes medidas y tamaño de malla) eliminando las que son muy grandes y por último se las separa por densidad. De este

### Lecturas sugeridas

**Bertoldi de Pomar, H.** 1969. La micropaleontología continental en los estudios edafológicos. V Reunión Argentina de Ciencias del Suelo, Actas: 727-730.

1969. Partículas de sílice organizadas en sedimentos pampeanos de la llanura santafecina. IV Jornada Geológica Argentina, Actas. Mendoza.

1971. Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana*, 7(3-4): 317-328.

**Frenguelli, J.**, 1930. Partículas de sílice organizadas en el loess y en limos pampeanos. Células silíceas de Gramíneas. *Anales de la Sociedad Científica de Santa Fé*. 2: 64-109.

**Twiss, P.C., E. Suess y R. M. Smith.** 1969. Morphological classification of grass phytoliths. *Soil Science of America, Proceedings* 33:109-115.

modo se logra que al observarse con el microscopio óptico la muestra contenga la menor cantidad de partículas que “ensucien” el preparado. El montaje se realiza colocando una pequeña cantidad de la muestra tratada sobre el portaobjetos, con aceite de inmersión y cubriéndolo con el cubreobjetos. Se lo sella con esmalte de uñas y se lo deja secar unos minutos. Estas muestras así montadas tienen una perdurabilidad de muchos años.

\* *División Paleobotánica, Museo de La Plata. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Becaria del CONICET*