



## Crónica Forestal y del Medio Ambiente

Universidad Nacional de Colombia

Centro de Publicaciones

[RECROFMA@PERSEUS.UNALMED.EDU.CO](mailto:RECROFMA@PERSEUS.UNALMED.EDU.CO)

ISSN 0122-0152

COLOMBIA

2001

Luis Norberto Parra S. / María Teresa Flòrez M.

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN MORFOLOGICA PARA LOS  
FITOLITOS ALTOANDINOS COLOMBIANOS

*Crónica Forestal y del Medio Ambiente*, diciembre, vol. 16, número 1

Universidad Nacional de Colombia

Colombia

pp. 35-66



Red de Revistas Científicas de América Latina y El Caribe

Ciencias Sociales y Humanidades

<http://redalyc.uaemex.mx>

# Propuesta de clasificación morfológica para los fitolitos altoandinos colombianos

Luis Norberto Parra S.<sup>1</sup>  
María Teresa Flórez M.<sup>2</sup>

Fecha de recepción: julio 09 de 2001.

Fecha de aceptación: noviembre 25 de 2001.

## Resumen

*Los caracteres morfológicos de los fitolitos son más o menos constantes en la respectiva especie vegetal, y sus tejidos cumplen funciones de sostén, resistencia o defensa. Diversos investigadores han propuesto clasificaciones para los fitolitos Ehrenberg (1854), Pratt (1932), Bertoldi de Pomar (1971), Ellis (1979), Mulholland (1986), Piperno (1988), Pearsall & Dinan (1992), Mulholland & Rapp (1992), Twiss (1992), Deflandre (1963), Piperno & Pearsall (1998) y Zucol (1995, 1998). De estos trabajos se resaltan tres tendencias generales para la clasificación de los fitolitos: 1) Según el origen botánico del fitolito; 2) Según la morfología del fitolito, y 3) Combinaciones de ambos enfoques.*

*La clasificación aquí propuesta, esta basada estrictamente en los caracteres morfológicos de los fitolitos no articulados y sigue parcialmente los lineamientos trazados por Bertoldi de Pomar (1971). De los atributos de los fitolitos, la forma es quizás el elemento más conspicuo y aunque se trata de cuerpos tridimensionales de caras múltiples no siempre regulares y con sus dimensiones distintas, en la mayoría de los casos, ellos se dejan asimilar a formas geométricas ideales ya reconocidas y nombradas y por ello este criterio se ha utilizado ampliamente en el estudio de los fitolitos. Por su parte la ornamentación superficial de los fitolitos, es también fácilmente observable y ya existe una terminología de amplio uso para denominar los distintos tipos existentes en otros microfósiles, especialmente clara es su aplicación en la palinología.*

*El fitolito no articulado se toma como la entidad fundamental de la propuesta sistemática, la cual posee sólo tres categorías; el rango de morfógenero (form-genera) es la unidad básica y se construye con la forma y la ornamentación; se utiliza de manera in-*

---

<sup>1</sup> Ingeniero Geólogo, MSc. Geología y Ciencia del Carbón, Candidato a PhD. Instituto de Ciencias Naturales y de Ecología (ICNE), Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. e-mail: lnparra@perseus.unal-med.edu.co

<sup>2</sup> Ingeniera Geóloga, MSc. Geomorfología y Suelos. Candidata a PhD. Centro de Investigaciones Ambientales y de Ingeniería (CIA), Universidad de Antioquia. e-mail: mtflorez@udea.edu.co

*formal, solo una supra-categoría para agrupar los morfogéneros aceptando el nombre de morfotribu propuesto por Bertoldi de Pomar (1971) y se reserva una infra-categoría para permitir en el futuro acomodar las especies. Mediante esta propuesta se establecieron 19 morfotribus y 77 morfogéneros.*

**Palabras claves:** fitolito, clasificación, taxonomía, morfotribu, forma-género, vegetación altoandina, Colombia.

## Abstract

*Morphological characteristics of phytoliths are more or less constant in the respective vegetative species, and their tissues serve functions of support, resistance, or defense. Many investigators have proposed classifications for the phytoliths: Ehrenberg (1854), Pratt (1932), Bertoldi de Pomar (1971), Ellis (1979), Mulholland (1986), Piperno (1988), Pearsall & Dinan (1992), Mulholland & Rapp (1992), Twiss (1992), Deflandre (1963), Piperno & Pearsall (1998) y Zucol (1995, 1998). In these publications three general tendencies for the classification of phytoliths are evident: 1) according to the botanical origin of the phytolith; 2) according to the morphology of the phytolith, and 3) combinations of both approaches.*

*The classification proposed here is based strictly on morphological characteristics exhibited by unarticulated phytoliths and partially follows the categories of Bertoldi de Pomar (1971). Of the attributes of the phytoliths, the form is perhaps the most conspicuous element and even though this involves three dimensional bodies with sometimes irregular multiple faces and distinctive dimensions, in the majority of cases, they tend to resemble known and named idealized geometrical forms, and for this reason this characteristic has been amply used in the study of phytoliths. Similarly, the superficial ornamentation of phytoliths is also easily observed and there already exists a widely employed terminology for naming the distinct types present in other microfossils, with its use in palinología especially clear.*

*The unarticulated phytolith is taken as the fundamental entity in this systematic proposal which only contains three categories: the range of form-genera is the basic unit and is based upon the form and ornamentation; it is employed informally only as a supra-category for grouping the morphogenera, accepting the nomenclature of morphotribes proposed by Bertoldi de Pomar (1971) and infra-categories are reserved to permit the future accommodation of the species. Through this proposal, 19 morphotribes and 77 morphogenera are established.*

**Keywords:** phytoliths, classification, morfological, morfotribes, form-genera, high Andean vegetation, Colombia.

## Introducción

Se designa con el nombre de fitolito a todo cuerpo de naturaleza inorgánica que ha sido originalmente producido por el metabolismo de las células vegetales (Metcalfe 1960). Los caracteres morfológicos de estas entidades, son más o menos constantes en cada especie vegetal, en cuyos tejidos cumple funciones de sostén, resistencia o defensa.

Desde los estudios pioneros de Ehrenberg (1854), Douval-Jouve (1872), Holm (1899), se conoce que no todas las plantas son capaces de absorber y concentrar la sílice en sus tejidos, pero en aquellas que si lo hacen, dichos fitolitos adquieren un valor taxonómico indudable. Por otro lado, la

naturaleza sílicea les asegura un apreciable grado de perdurabilidad luego de la muerte del organismo madre, por lo que usualmente ellos se hallan como fósiles en los materiales sedimentarios.

Este artículo presenta una propuesta de clasificación de los fitolitos de acuerdo a lo observado en suelos y plantas de la vegetación altoandina. No se pretende que esta propuesta sea definitiva, pero sí que sea útil como sistema de clasificación para organizar estos cuerpos síliceos.

## Metodologías

Las bases de la presente propuesta se hallan tanto en la literatura publicada como en los estudios que sobre los fitolitos actuales de la vegetación altoandina han realizado los autores en los Páramos de Frontino y de Belmira en el departamento de Antioquia y en el Páramo de San Félix en el departamento de Caldas (Flórez & Parra 1999, 2001). Debe anotarse que gran parte de los géneros de la flora altoandina que se han estudiado, es compartido por similares ecosistemas de otras regiones de Colombia, Ecuador, Venezuela y Costa Rica.

En diversas zonas de los páramos mencionados se recolectaron varios individuos de cada una de las especies vegetales de interés, las cuales fueron clasificadas y depositadas en el herbario Gabriel Gutiérrez Villegas-MEDEL de la Universidad Nacional, Sede Medellín. A otros ejemplares se les extrajo la parte media de las laminas foliares maduras, se lavaron bajo desintegrador ultrasónico con el fin de evitar tierra, restos orgánicos u otras partículas que pudieran introducir ambigüedades en las observaciones, y luego se calcinaron a 550°C durante dos horas. Por último, los fitolitos fueron montados en portaobjetos utilizando como medio de fijación el Entellan.

La descripción microscópica de cada uno de ellos, y las fotografías ópticas que se reportan en el artículo, fueron tomadas por los autores utilizando para ello 400 aumentos de un microscopio óptico de investigación marca Nikon. Para las fotografías en microscopio electrónico se utilizó un equipo de Barrido Electrónico de propiedad de la Universidad de Antioquia.

Los fitolitos de los suelos fueron extraídos por calcinación a 550°C, montados en Entellan y documentados en la misma forma que para el caso de las plantas.

## Antecedentes

Los intentos de diseñar un sistema de clasificación para los fitolitos son bastante antiguos y gran parte de los diferentes enfoques con que se ha enfrentado esta temática se derivan de su existencia como fósiles y como material actual. Esta dualidad como objeto de estudio, no es nueva ni única, ya que muchos organismos o restos de ellos se encuentran en una situación similar; basta citar como ejemplo el polen. En estos casos, lo usual es emplear una terminología común para los descriptores morfológicos tanto de los fósiles como de los organismos actuales, pero conservando un sistema nomenclatural distinto para cada uno de ellos.

La siguiente revisión, aunque no es exhaustiva de la literatura, si pone de presente las principales líneas de pensamiento respecto a la clasificación de los fitolitos y permite adelantar algunas conclusiones al respecto:

Ehrenberg (1854), al estudiar los fitolitos preservados en sedimentos continentales, suelos, sedimentos marinos, diatomitas, turbas y polvo atmosférico, fue el primer proponente de una clasificación artificial para estos cuerpos fósiles llegando a catalogar 89 tipos.

Grob (1896), citado por Bertoldo de Pomar (1971), publicó el primer trabajo de importancia sobre la anatomía de la epidermis de las Gramíneas, profusamente ilustrado, estudiando 209 especies, para las cuales estableció cinco tipos de fitolitos típicos, que caracterizan a las tribus. Con esta misma visión, Douval-Jouve (1872) y Holm (1899), estudiaron la sistemática de las Cyperaceae.

Pratt (1932) clasifica los fitolitos epidérmicos de las Poaceae y distingue siete tipos de fitolitos de acuerdo a su forma como: 1) redondeados, 2) alargados longitudinalmente, 3) en forma de doble hacha, 4) en forma de cruz, 5) en forma de halterio longitudinal o pesa de gimnasia, 6) en forma de silla de montar y, 7) en forma de halterio transversal.

Metcalf (1960) trabaja con Poaceae y define 20 tipos morfológicos; toma algunos nombres definidos por Pratt (1932) y establece otros para variantes. Entre ellos: nodular, cúbicos, oblongos, tipo *Oryza*, y aparece un aspecto propio de la ornamentación: los sinuosos.

Bertoldi de Pomar (1971, 1975), estudiando los procesos de formación de los silicofitolitos, su identificación en las plantas y su perdurabilidad en los suelos y sedimentos, propone una clasificación estrictamente morfológica de todos los tipos de silicofósiles hasta esa fecha conocidos; en ella se establecen 13 morfotribus con 70 variantes, agrupadas según sus dimensiones en dos grupos principales: Microsilicofitolitos (estrobilolita, doliolita, bacilolita, petasusita, braquiolita, nuxolita) y Macroilicofitolitos (prismatolita, aculeolita, flabellulita, longolita, proteolita). En esta clasificación incluye fitolitos derivados de gramíneas, palmas, Podostemaceae, bambúes, Cyperáceas, Equisetáceas y consideró estas familias como las principales proveedores de fitolitos entre los vegetales (en cantidad); no incluyó otras familias porque en ellas, la sílice constituye sólo corpúsculos intracelulares y no relleno total de la célula.

Ellis (1979) establece una clave jerárquica diferenciando los cuerpos verticalmente elongados, equidimensionales y horizontalmente elongados y dentro de éstos incluye algunas formas previamente definidas por otros autores como la pesa de gimnasia, sillas de montar, en forma de cruz, etc. Define 40 tipos asociados en 19 clases. Twiss *et al.* (1969), diferencian 26 tipos morfológicos agrupados en cuatro clases; esta clasificación establece una relación entre morfotipos y sistemática de los vegetales proveedores.

Brown (1986), con base en el trabajo de clasificación de Twiss *et al.* (1992), agrupa los fitolitos en siete clases: tricoma, doble contorno, silla de montar, trapezoidal, bilobado, polilobulado y en cruz. Mulholland (1986) realiza, sobre la base de los tipos de células de origen, una clasificación en donde diferencia nueve categorías. Rapp (1992) clasifica fitolitos de Poaceae y los agrupa en ocho formas mayores: triangular, rectangular, pentagonal, en cruz, sinuoso, pesa de gimnasia, redondeado, y silla de montar.

Piperno (1988) realiza una clave que combina un enfoque ortotaxonómico con el morfológico y diferencia siete clases: pelos segmentados, pelos no segmentados, bases de pelos, cistolitos, tejido epidérmico o subepidérmico, fitolitos epidérmicos y de origen tisular desconocido.

Pearsall & Dinan (1992) describen el sistema taxonómico utilizado desde 1985 en el Laboratorio de Paleobotánica de la Universidad de Missouri, en el cual se establece una clasificación mediante índices y una organización jerárquica. Clasifican los diversos tipos de fitolitos observados en sedimentos y dicen que éstos son producidos en diversos tejidos de plantas, incluyendo la epidermis; los fitolitos que se encuentran en la epidermis pueden ser células cortas o largas, buliformes, en forma de pelos o bases de los pelos y aguijones o espinas; éstos se pueden agrupar en diez grupos así: cuadriláteros epidérmicos, no epidérmicos, células cortas, apéndices dérmicos, células buliformes, de origen anatómico no conocido, en forma de panal, de forma esférica, otros tipos de

sílice biogenética, cistolitos y esclereidas. Cada uno de estos grupos tiene a su vez otras subdivisiones.

Mulholland & Rapp (1992) clasifican formas síliceas en Poaceae y proponen siete categorías con base al tipo de celda, así: 1) tricomas, pelos y papilas que pueden ser cilíndricos, de base hueca y forma cónica; 2) complejos estomáticos, generalmente de forma ovoide; 3) células bulliformes; 4) matriz de células epidérmicas no especificadas; 5) en forma de barra, fibra, esclereidas, células del xilema u otras células cilíndricas; 6) cuadradas y rectangulares; 7) otras formas, cilíndrica, cónica, piramidal, etc.

Twiss (1992) modifica y amplía la clasificación realizada en 1969, y añade las clases: Fan-shaped y Point-shaped (Kondo & Atkinson 1994). A las Festucoid las denomina Poid, las restantes clases las deja iguales. Deflandre (1963) revisa el trabajo de Ehrenberg y mantiene el enfoque morfológico.

Zucol (1995) plantea que un enfoque parataxonómico permite un más fácil manejo y brinda mayores posibilidades de diferenciación de las formas de los fitolitos, pero que la clasificación a la que se debe aspirar es aquella que integre los enfoques botánico y morfológico. En una publicación realizada por este autor en 1998, separa dos grandes grupos: uno de formas aisladas y otro de formas asociadas. Dentro de las formas asociadas separa los elementos subepidérmicos, elementos buliformes, células cortas, agujones, aparatos estomáticos y fitolitos no identificados. Dentro de las formas aisladas separa la clase Pooide, Panicoide, elongados, abanicos y poliedros, aguzados y no identificados. Retoma de autores anteriores algunos nombres, y asigna otros nombres particulares en los cuales asocia formas, ornamentación y frecuencia.

Piperno & Pearsall (1998) trabajan en la taxonomía de los cuerpos síliceos de gramíneas tropicales, y en el establecimiento de las metodologías para su tratamiento y descripción.

Runge (1999) ha propuesto una clasificación con base en la forma de los fitolitos recuperados de suelos y sedimentos africanos; su clasificación comprende siete categorías y varias subcategorías.

De acuerdo con los anteriores antecedentes de clasificación, se pueden discernir algunas consecuencias:

Existen dos grandes tendencias para la clasificación de los fitolitos:

1. *Según el origen botánico del fitolito*: Dicha escuela se ha desarrollado extrayendo los fitolitos de la vegetación actual y es la preferida por botánicos y fisiólogos; se fundamenta en el hecho de que los fitolitos son moldes o partes de órganos específicos de las plantas. De acuerdo con esta línea, al fitolito se le asigna un nombre siguiendo alguno de los siguientes criterios:

- Dando prioridad al órgano del cual proviene el fitolito y en este caso toma el nombre de dicho órgano; por ejemplo, apéndices dérmicos, estomas, tricoma, etc.

- Empleando alguna de las jerarquías taxonómicas, por ejemplo, bambusoide o panicoide.

2. *Según la morfología del fitolito*. Esta aproximación es la preferida por los paleontólogos y toma como unidad fundamental el fitolito individual no articulado y sus parámetros morfológicos como el criterio principal de clasificación. En esta escuela, los fitolitos extraídos de plantas actuales se emplean sólo como una base de referencia para asignarle una analogía botánica al fitolito fósil, ya que a mayor antigüedad del taxón, menor es la posibilidad de lograr una asignación taxonómica cierta.

Las propuestas de clasificación de diversos autores, en realidad combinan estas dos tendencias en mayor o menor grado como se presentan en Metcalfe (1960), Bertoldi de Pomar (1971), Piperino (1988), Pearsall & Dinan (1992), y se diferencian en el peso relativo que se le debe dar a cada criterio y en el nivel jerárquico que este determina en la clasificación.

La búsqueda de un sistema de clasificación unificado para taxa actuales y fósiles se considera altamente deseable, pero ninguna de las propuestas anteriores ha llegado a ser un referente estandarizado de uso internacional.

## Propuesta de clasificación

El objetivo de todo sistema de clasificación es ordenar con base en los atributos más relevantes que poseen las entidades. La clasificación aquí propuesta para los fitolitos, está basada estrictamente en los caracteres morfológicos de los fitolitos no articulados y sigue parcialmente los lineamientos trazados por Bertoldi de Pomar (1971), tratando de mejorar algunas de las limitaciones de su sistema, especialmente en lo relativo a la asignación y utilización de las jerarquías de las clases y de sus nombres.

De los atributos de los fitolitos, la forma es quizás el elemento más importante y conspicuo, y aunque se trata de cuerpos tridimensionales de caras múltiples no siempre regulares y con sus dimensiones distintas, en la mayoría de los casos y excluyendo la ornamentación, ellos se dejan asimilar a formas geométricas ideales ya reconocidas y nombradas y por ello este criterio se ha utilizado ampliamente en el estudio de los fitolitos. En el estado actual, es necesario continuar avanzando en el conocimiento sobre las morfologías exhibidas por los fitolitos de la vegetación viviente, ya que una gran parte de familias no es conocida a este nivel, debido a que gran parte del trabajo se ha concentrado en gramíneas y ciperáceas; este proceso se debe complementar con la observación de fitolitos fósiles y debe culminar al menos con una terminología estable y estándar para describir la morfología, y de ser posible, con una nomenclatura única. Rovner & Russ (1992), han demostrado la utilidad de análisis morfométricos más avanzados de los fitolitos.

La ornamentación superficial de los fitolitos, es el carácter que le sigue en importancia a la forma, siendo fácilmente observable y ampliamente empleado en la descripción. Adicionalmente, existe una terminología de amplio uso en la botánica y en la palinología que puede ser utilizada igualmente en el estudio de los fitolitos para referirse a los distintos tipos de ornamentación existentes.

Los fitolitos también exhiben otros caracteres secundarios que no tienen valor para la clasificación, tales como la coloración, las inclusiones y los anillos de meteorización; igual consideración se puede hacer de los fitolitos que se encuentran articulados con o sin restos de los tejidos huéspedes. Estos caracteres ayudan a establecer el origen o evolución posdeposición del fitolito.

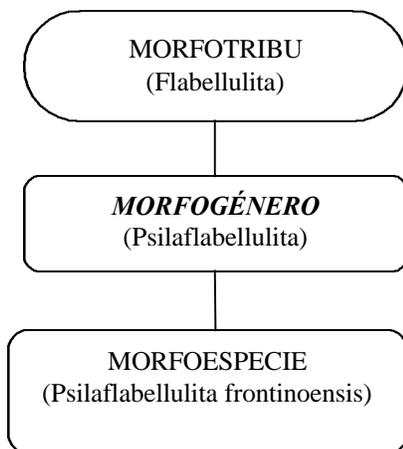
## Clases

Debido a que las clasificaciones se fundamentan en clases debidamente denominadas y jerarquizadas, en este trabajo se propone un sistema basado en tres niveles: la morfotribu, el morfogénero y la morfoespecie. El concepto de morfotribu es una supra-categoría y se acepta tal como ha sido propuesto por Bertoldi de Pomar (1971); el rango de morfogénero (form-genera) constituye la unidad básica del sistema, como es lo usual para los parataxas (ICBN 1997) y se reserva una infra-categoría con la denominación de morfoespecie para permitir en un futuro acomodar taxa con un rango similar a las especies.

La denominación de los fitolitos así considerados, debe ser compatible o tolerada por el Internacional Code of Botanical Nomenclature, ICBN (1997) y, en particular, con el apartado 3.3:

*“ Because of the fragmentary nature of the specimens on which the species of some fossil plants are based, the genera to which they are assigned are not assignable to a family, although they may be referable to a taxon of higher rank. Such genera are known as form-genera (forma-genera).”*

La unidad básica es por lo tanto el morfogénero (form-genera) y no siendo tolerable su asignación a una familia, se requieren supra e infracategorías propias del sistema de clasificación.



## Normas

Debido a que toda clasificación requiere no sólo explicitar los métodos y los principios de ordenación en clases, sino que también debe proporcionar un sistema flexible, preciso, simple y estable de nomenclatura para nombrar a los objetos, se proponen las siguientes normas, algunas de las cuales son un poco más restrictivas que las del ICBN:

### Norma 1. Objeto de la clasificación

El objeto central de la clasificación son los fitolitos no articulados y su nomenclatura se basa estrictamente en los atributos morfológicos; de esta manera, los nombres asignados al fitolito son independientes del organismo del cual forman parte, de su papel fisiológico o funcional.

### Norma 2. Latinización

En esta propuesta los nombres de las clases y de los fitolitos que sean asignados a ellas, deben estar latinizados. Por ejemplo, en el caso de ser creada la morfoespecie "Psiloflabellulita frontinoensis" se deben emplear nombres latinizados y debe existir un holotipo de tal taxón. Obsérvese la analogía con el sistema tradicional de nominación de los organismos actuales. Algunos de los taxa de Erhenberg (1854) han sido nombrados siguiendo esta tradición.

### **Norma 3. Formación de nombres**

En el caso del morfogénero que es la unidad central de trabajo, su nombre será una sola palabra compuesta de tres partículas; un prefijo que hace referencia a la ornamentación, a continuación la(s) sílaba(s) que indica(n) la forma, y por último, el sufijo ito, ita o ites para aludir a un cuerpo inorgánico. Las partículas iniciales que se refieren a la ornamentación son tomadas principalmente de las empleadas en la palinología y en la botánica en su forma latinizada, por ejemplo psila de psilado; a continuación, se le une la palabra que hace referencia a la forma, por ejemplo globulo de globular, y finalmente el sufijo que indica que se trata de un cuerpo natural inorgánico endurecido, por lo que, para el caso del ejemplo, quedaría finalmente conformado el nombre del morfogénero, "Psilaglobulolita".

### **Norma 4. Morfotribus**

Las morfotribus derivan su nombre únicamente de la forma característica y constan de una sola palabra donde las primeras letras hacen referencia a la forma y las últimas corresponden a uno de los sufijos ..ita, ..ites, ..ito, tal como ha sido usado por Bertoldi de Pomar (1971). En la mayoría de los casos se prefiere como nombre, aquél que le corresponde a la forma geométrica más similar, por ejemplo, prismatolita, globulolita, etc.; en otros casos, el fitolito guarda una estrecha similitud de forma con otro cuerpo fácilmente reconocible, por ejemplo en pesa de gimnasia o halterio (halteriolita) o en espiral (espiralita). Sin embargo, en caso de formas más complejas se puede emplear el nombre de un órgano vegetal o animal que mantiene siempre su composición geométrica; por ejemplo, un estoma conserva siempre una composición geométrica fácilmente reconocible, y por lo tanto, el uso aquí de la palabra estomatolita tiene un sentido morfológico.

Un caso especial son aquellos fitolitos que no se pueden asimilar a una forma conocida y para los cuales también se debe prever una nominación a efectos de generar un sistema que pueda contener todos los fitolitos; para estos cuerpos se ha creado la morfotribu amorfolita.

### **Norma 5. Afinidad**

Los fitolitos extraídos de especies vegetales actuales también se pueden nombrar siguiendo esta nomenclatura, ya que lo usual en estos casos es la producción por parte de una misma especie (e incluso sólo de sus hojas) de diversos morfogéneros y en distintas proporciones.

En el caso de fitolitos fósiles, los atlas de fitolitos actuales se emplean sólo como una base de referencia para asignarle al fitolito una afinidad botánica; dicha afinidad se puede hacer al nivel de especie o de cualquier otro rango taxonómico vegetal válido, al nivel de órgano o combinada.

### **Ventajas**

Las ventajas de un sistema artificial puramente morfológico se derivan del aprovechamiento de las principales propiedades que poseen los fitolitos, como su forma y ornamentación, y en el hecho de proporcionar una clasificación útil, fácil de aplicar y sencilla a personal de otras disciplinas no especialmente familiarizados o interesados en la taxonomía y en la morfología vegetal.

Un sistema basado en atributos morfológicos no tiene limitaciones de aplicabilidad ya que cubre tanto los fitolitos recientes como fósiles, y en aquellos casos donde sea deseable conocer o ya sea conocida la procedencia botánica del fitolito, se puede indicar este hecho a través del concepto de afinidad; esto es especialmente valioso, si se tiene en cuenta que en un mismo taxón suelen existir

fitolitos con multiplicidad de formas y también que una misma morfología de fitolito puede ser producida por taxa vegetales de rangos muy diferentes.

El poder asignar un nombre a los fitolitos, sin tener que conocer el órgano vegetal que los ha producido, facilita el trabajo estratigráfico; en el caso de fitolitos fósiles, la forma y ornamentación observada bien pudo ser adquirida o modificada por los procesos edáficos y/o diagenéticos, de tal manera que una asignación botánica cierta se hace aún más difícil o imposible.

La latinización de los nombres evita la dependencia de los idiomas locales y facilita la comunicación y comprensión internacional de los fitolitos.

## Descripción taxonómica

De acuerdo con las normas ya expuestas y estudiando tanto los fitolitos reportados en la literatura como los encontrados hasta el momento en la vegetación y los suelos altoandinos, se han considerado como más relevantes las siguientes morfotribus y morfogéneros a los que se acompaña de la descripción y documentación gráfica (Figuras 1-9). En los casos donde no se dispuso de una ilustración local, se ha citado la gráfica y la fuente original. Las morfotribus Flabellulita, Aculeolita, Prismatolita, Estrobilolita, Braquiolita, Halteriolita, Doliolita, Petasusita, Globulolita, Longolita, se toman de Bertoldi de Pomar (1971, 1975) en forma textual o modificada, pero en otros casos, se crean y describen nuevas morfotribus.

### 1. Morfotribu: FLABELLULITA, Bertoldi de Pomar (1971)

Se deriva del latín flabellum (abanico), y por ello se enmienda el nombre utilizado por Bertoldi de Pomar como Flabelolita. Con ella, se hace referencia a fitolitos con forma general de abanico, o sea con una zona convexa hasta semicircular opuesta a un ápice y ambos conectados por caras laterales. Las caras pueden tener desarrollo simétrico o asimétrico respecto al plano longitudinal y suelen ser cóncavas, pero se pueden presentar planas, o excepcionalmente más complejas. La zona convexa puede ser simétrica o presentar más desarrollo o concavidad en uno de sus lados, incluso puede alcanzar una forma semicircular; por su parte, el ápice puede ser en ángulo agudo, en "U" con fondo truncado, biselado, curvo e incluso convexo (Twiss 1992, Fig. 5i). La ornamentación es variable o ausente y se puede presentar en toda la superficie del grano o localizada por ejemplo en los bordes del cuerpo. En esta morfotribu se tienen los siguientes morfogéneros:

#### 1. Verrugoflabellulita

Son abanicos cuyas superficies contienen pocas o muchas verrugas, hecho que produce un aspecto irregular, con salientes y entrantes pronunciados y ligeramente redondeados los cuales se observan mejor en los bordes de estos cuerpos síliceos (Figura 1: 1, 2). Común en *Paepalanthus pilosus*.

#### 2. Psiloflabellulita

Abanicos con superficies lisas, lo mismo que los bordes (Figura 1: 3, 4). Común en *Chusquea tessellata*.

### 3. Unduloflabellulita

Abanico con uno o todos los bordes muy o levemente ondulados o sinuosos (Figura 1: 5). Común en *Chusquea tessellata*.

### 4. Foveoflabellulita

Abanicos cuya superficie posee abundantes foveos o huecos pequeños de diversos tamaños y formas (Figura 1: 6, 7). Común en *Chusquea* cf. *landoniae*.

## **2. Morfotribu: ACULEOLITA, Bertoldi de Pomar (1971)**

Son fitolitos de forma cónica provistos o no de una base que derivan su nombre de la similitud con espinas y agujones. La parte cónica, por lo general, es redondeada y atenuada hacia el ápice y suele ser parcialmente sólida y más o menos amplia o angostamente ovalada, circular o ensanchada sobre la que se desarrolla un cuerpo más o menos en gancho y diversamente proyectado en forma de agujón. Algunos se han desarrollados a modo de pico de loro, con base pequeña y prominente, plana o semicircular, desarrollada a modo de cuerno, a veces retorcido; o como un cuerpo cilíndrico más adelgazado en un extremo. Puede tener alguna terminación aguda, en forma de punta o ligeramente ovalada. La base, por lo general, es alargada con terminación en forma de punta corta, o es ovalada, y en este caso, rematada en forma de gancho corto. Muchas aculeolitas son similares a un diente o clavo con la base plana y bordes semicirculares, ápices ligeramente agudos o ligeramente redondeados; bordes lisos o irregulares. En esta morfotribu se tienen los siguientes morfogéneros:

### 1. Verrugoaculeolita

Con superficies verrugosas y bordes lisos (Figura 1: 8, 9). Común en *Gnaphalium paramunum*.

### 2. Psiloaculeolita

Superficies y bordes lisos (Figura 1: 10, 11). Común en *Juncos bogotensis*.

### 3. Foveoaculeolita

En las superficies se observan foveos de diversos tamaños y distribuidos sin ningún arreglo, abundantes o escasas (Figura 1: 12, 13). Común en *Poacea* sp.

## **3. Morfotribu: PRISMATOLITA, Bertoldi de Pomar (1971)**

Cuerpo prismático aplanado con aristas laterales lisas, onduladas, denticuladas, aserradas o dendriformes; caras terminales superior e inferior planas o ligeramente cóncavas, pueden ser simétricos o asimétricos con vértices levemente angulosos o curvos. Pueden estar o no ornamentados y en algunos casos esta ornamentación corresponde a huecos, protuberancias en forma de "verru-gas", máculas o pliegues en forma de domo.

### 1. Psiloprismatolita

Presenta superficies y bordes lisos (Figura 2: 1, 2). Común en *Juncos effusus*.

## 2. Maculaprismatolita

Prisma largo con aristas y superficies lisas y diminutas manchas circulares o alargadas, distribuidas irregularmente (Figura 2: 3, 4). Común en *Cortadeira bifida*.

## 3. Foveoprismatolita

Prisma que tiene las superficies con foveos de todas las formas y diámetros, distribuidas en todo el cuerpo sin ninguna orientación preferencial (Figura 2: 5, 6). Común en *Paephalanthus colombiensis*.

## 4. Crateroprismatolita

Prisma largo que presenta en su superficie huecos grandes y redondeados, a modo de cráteres que en ocasiones alcanzan un diámetro de casi la mitad del cuerpo produciendo un aspecto “cavernoso” (Figura 2: 7, 8). Común en *Plantago rigida*.

## 5. Catenoprismatolita

Prisma largo, con más de dos cinturas o istmos, y cuatro o más lóbulos dispuestos en forma de catena; éstos pueden ser muy alargados o muy curvos, amplios o estrechos, profundos o superficiales (Figura 2: 9-12). Común en *Jamesonia bogotensis*.

## 6. Espinoprismatolita

Prisma más largo que ancho con superficies lisas de las que emanan pequeñas espinas muy angulosas (Figura 2: 13, 14). Común en *Oritrophyum peruvianum*.

## 7. Dentinolateprismatolita

Prisma largo, simétrico, con bordes en forma de dientes ligeramente agudos, muy densos o menos densos o ligeramente curvos. Generalmente pertenecen a traqueidas (Figura 2: 15). Común en *Espeletia frontinoensis*.

## 8. Undolaprismatolita

Prisma con bordes crenados u ondulados en uno o en los dos lados más largos; esta crenación es suave o fuertemente curvada, poco a muy densa, profunda o muy superficial (Figura 3: 1-12). Común en *Carex pichincensis*.

## **4. Morfotribu: ESTROBILOLITA, Bertoldi de Pomar (1971)**

Cuerpo en forma de cono o estróbilo truncado y lateralmente comprimido o en forma de hacha; secciones basales desde subcirculares hasta ovaladas y muy alargadas; relación base:altura variable; diámetro de la base mayor a la altura o muy simétrica. A veces, puede tener un pie muy elongado y más estrecho con respecto a la base mayor; los ángulos son muy pronunciados o de vértices agudos. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

### 1. Psiloestrobilolita

Cuerpo cónico, simétrico por lo general; bordes y superficies lisas y muy suaves (Figura 4: 1-3). Común en *Braccharis tricuneata*.

### 2. Foveoestrobilolita

Cuerpos en forma de “hacha” y superficies con abundantes foveos que producen bordes irregulares (Figura 4: 4). Común en *Papepahantus colombiensis*.

### 3. Undolaestrobilolita

Cuerpos cónicos, simétricos, con vértices ligera o profundamente curvos, crenados o muy similares a ondas (Figura 4: 5a y 5b). Común en *Paspalum cf. trianae*.

## **5. Morfotribu: BRAQUIOLITA**

Cuerpo geométrico corto, con caras rectangulares, bordes lisos o levemente ondulados; ángulos curvos, semicurvados o rectos, a veces con salientes angulosos en alguno de sus vértices, y por lo general simétricos, con o sin ornamentación. La relación largo:ancho es de 2:1 o ligeramente mayor. Puede o no presentar “pliegues” mal definidos; algunos presentan en sus superficies foveos, espinas, verrugas, retículas o figuras esculpidas. En esta morfotribu se tienen los siguientes formágenos:

### 1. Foveobraquiolita

Prisma corto con pocos o abundantes foveos de diversos diámetros y formas (Figura 4: 6). Común en *Myrteola nummularia*.

### 2. Espinobraquiolita

Prisma corto con pequeñas espinas que sobresalen ligeramente, bordes irregulares, lisos o suavemente ondulados; estas tres formas pueden estar presentes en un mismo ejemplar (Figura 4: 7). Común en *Hesperomeles obtusifolia*.

### 3. Verrugobraquiolita

Prisma corto, con superficies ligeramente verrugosas (Figura 4: 8). Común en *Gailtheria erecta*.

### 4. Psilobraquiolita

Prisma corto, por lo general pequeño y simétrico, bordes lisos o ligeramente irregulares, superficies lisas y suaves (Figura 4: 19). Común en *Disterigma alaternoides*.

### 5. Sculptubraquiolita

Prisma corto con formas esculpidas por la meteorización que son fácilmente reconocibles (Figura 4: 10). Común en *Hieracium avilae*.

#### 6. Reticubraquiolita

Prisma corto con superficies que exhiben varios retículos que conservan la forma que los alberga pero dispuestos irregularmente como un "rompecabezas" o "balón de fútbol" (Figura 4: 11). Común en *Gnaphalium* sp.

#### 7. Undolabraquiolita

Prisma corto con bordes sinuosos en uno, dos o todos los lados, muy o levemente pronunciados (Figura 4: 12, 13). Común en *Hypericum larifolium*.

#### 8. Sulcabraquiolita

Prisma corto con pronunciados pliegues dispuestos perpendiculares a la longitud mayor, muy profundos e irregulares, de aspecto "dómico" (Figura 4: 14). Común en *Diplostephium* cf. *revolutum*.

### **6. Morfotribu: ELIPSOIDITA**

Cuerpo aplanado o cilíndrico con caras frontales redondeadas o muy curvas de extremos amplios o estrechos, algunos ligeramente angulosos y por lo general, asimétricos. Con superficies verrugosas, foveoladas, arrugadas o lisas. Puede tener uno de sus lados más largo, ligeramente aplanado y sus extremos ligeramente agudos o con una protuberancia o saliente. Los bordes pueden ser lisos, arqueados o sinuosos. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

#### 1. Undulaelipsoidita

Cuerpo cilíndrico con bordes sinuosos similares a óndulas u ondas (Figura 5: 1). Común en *Plantago rigida*.

#### 2. Psiloelipsoidita

Cuerpo cilíndrico de superficies y bordes lisos (Figura 5: 2). Común en *Halenia foliosa*.

#### 3. Crateroelipsoidita

Cuerpo cilíndrico que presenta en sus superficies grandes cráteres que a veces ocupan todo el cuerpo (Figura 5: 3). Común en *Sisyrrinchum* cf. *micranthum*.

#### 4. Alatoelipsoidita

Cuerpo cilíndrico con alas sinuosas en todo el contorno (Figura 5: 4). Común en *Nertera granadensis*.

#### 5. Verrugoelipsoidita

Cuerpo cilíndrico con superficies verrugosas (Figura 5: 5, 6). Común en *Paspalum trianae*.

#### 6. Foveoelipsoidita

Cuerpo cilíndrico, en ocasiones con extremos redondeados muy amplio o robusto y otras a veces más estrecho. Tienen aspecto rollizo (Figura 5: 7). Común en varios géneros de *Poaceae*.

## **7. Morfotribu: HALTERIOLITA, Bertoldi de Pomar (1971)**

Cuerpo prismático en forma de halterio o barra de gimnasia, compuesto por dos cabezuelas redondeadas simétricas o asimétricas que están unidas entre sí, por un tronco delgado o grueso, largo o muy corto. Las superficies pueden presentar foveos, verrugas, manchas, cráteres o ser completamente lisas. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

### 1. Psilohalteriolita

Cuerpo con pequeños lóbulos terminales, superficies y bordes lisos (Figura 5: 8, 9). Común en *Calamagrostis densiflora*.

### 2. Verrugohalteriolita

Cuerpos simétricos y asimétricos con verrugas aisladas en las superficies, muy redondeadas (Figura 5: 12). Común en *Equisetum bogotensis*.

## **8. Morfotribu: BILOBULITA**

Cuerpo prismático en forma bilobulada o de dumbel; está conformado por dos cabezuelas redondeadas simétricas o asimétricas unidas por un istmo de ancho variable, con lóbulos más o menos convexos, algunos similares a testos, de modo que aparecen bilocados. Los extremos pueden ser muy curvos o ligeramente rectos y la cintura puede ser muy estrecha o apenas insinuada; puede tener un lado muy desarrollado y completamente hundido y el otro plano o semicurvo. Las superficies pueden presentar foveos, verrugas, manchas, cráteres o ser completamente lisas. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

### 1. Psilobilobulita

Cuerpo con pequeños lóbulos terminales, superficies y bordes lisos (Figura 5: 10, 11). Común en *Eriosorus aff. flexuosus*.

### 2. Verrugodumbellita

Cuerpos simétricos y asimétricos con verrugas aisladas en las superficies, muy redondeadas (Figura 5: 13). Común en *Gunnera sp.*

### 3. Foveobilobulita

Cuerpo asimétrico con istmo muy ensanchado y contornos casi lineales y rectos; superficies con foveos irregulares y densas (Figura 5: 14). Común en *Gunnera sp.*

### 4. Maculabilobulita

Cuerpos cuyas superficies presentan abundantes maculas, generalmente circulares y de tamaño pequeño (Figura 5: 15,16). Común en *Viburnum anabaptista*.

### 5. Espinobilobulita

Cuerpo con forma similar a un riñón, con pequeñas espinas en las superficies (Figura 5: 17). Común en *Bartzia laxiflora*.

### **9. Morfotribu: DOLIOLITA, Bertoldi de Pomar (1971)**

Cuerpo con bordes cóncavos, redondeados o rectos, formando ángulos agudos en los puntos de los lados, poli-lineales; a veces ligeramente redondeados, pero por lo común muy rectos. Dimensiones variables, a veces muy rectangulares o muy cuadrados. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

#### 1. Psilodoliolita

Cuerpos pequeños con vértices muy angulosos y lados cóncavos; superficies y bordes lisos (Figura 6: 1). Común en *Calamagrostis efusa*.

#### 2. Craterodoliolita

Cuerpos pequeños con cráteres en las superficies, en ocasiones ocupando más de la mitad del cuerpo (Figura 6: 2, 3). Común en *Bomarea linifolia*.

#### 3. Foveodoliolita

Cuerpo con numerosos foveos de diversos diámetros y formas dispuestos en las superficies (Figura 6: 4). Común en *Paspalum trianae*.

### **10. Morfotribu: CLAVAELITA**

Cuerpo prismático alargado con formas similares a clavav, maza o a un "guante de boxeo", constituido por un tronco del cual se desprende un globo de forma alargada, ancho y simétrico con respecto al cuerpo. Los lados pueden ser rectos o ligeramente cóncavos pero siempre paralelos. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

#### 1. Psiloclavaelita

Semejante a una clava o una espátula con terminación muy circular, superficies y bordes lisos (Figura 6: 7, 8, 12). Común en *Halenia foliosa*.

#### 2. Undoclavaelita

Cuerpo en forma de clava o guante de boxeo, con cráteres superficiales y bordes ondulados en el globo (Figura 6: 9). Común en *Bomarea linifolia*.

#### 3. Foveoclavaelita

Semejante a una clava o guante de boxeo; globo ligeramente deformado; superficies con foveos muy circulares y de tamaño pequeño (Figura 6: 10). Común en *Valeriana bracteata*.

#### 4. Verrugoclavaelita

Cuerpo semejante a una clava, maza o a un guante de bóxeo, con las superficies verrugosas (Figura 6: 11). Común en *Bomarea linifolia*.

## **11. Morfotribu: PETASUSITA**

Cuerpo en forma de sombrero de ala ancha, con un lado cóncavo y el otro convexo, bordes curvos, con reborde anular liso u ornamentado, o ausente; aplastado, agudo o simétrico; cupuliforme, o semi-hemisférico, con bordes lisos o irregulares y superficies con foveos, maculas, verrugas, cráteres o simplemente lisas, bordes por lo general lisos o irregulares. Fue definido por Bertoldi de Pomar como Pileolita, pero aunque con este nombre también quería hacer referencia a un sombrero, en latín, pileo significa birrete, que es un sombrero redondo con una bola en la parte superior, similar al utilizado por los estudiantes en su graduación o por los jueces, mientras que sombrero en latín es petasus. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

### **1. Psilopetasusita**

Cuerpo pileoforme, con reborde anular en forma de ala lisa, sin ornamentación; bordes y superficies lisas (Figura 6: 13). Común en *Miconia tinifolia*.

### **2. Foveopetasusita**

Con foveos irregulares dispuestos en las superficies, muy abundantes (Figura 6: 14, 15). Común en *Sisyrinchium cf. micrantum*.

### **3. Crateropetasusita**

Cuerpo pileoforme bien desarrollado y cráteres superficiales; localmente huecos pequeños (Figura 6: 16). Común en *Luzula gigantea*.

### **4. Maculapetasusita**

Algunas manchas dispuestas sobre la parte central del cuerpo de color negro y ligeramente circulares, borde con o sin ondulación (Figura 6: 17, 18). Común en *Valeriana bracteata*.

### **5. Undulapetasusita**

Cuerpo síliceo con bordes undulantes o crenados, a veces sólo alguno de ellos, en otras, sólo un lado (Figura 6: 19, 20). Común en *Hesperomeles obtusifolia*.

### **6. Verrugopetasusita**

Cuerpo síliceo con superficies verrugosas (Figura 6: 20). Común en *Valeriana bracteata*.

## **12. Morfotribu: GLOBULOLITA, Bertoldi de Pomar (1971)**

Cuerpos esféricos o elipsoidales, con o sin ornamentación en las superficies o bordes; huecos como un anillo de paredes gruesas o como un círculo totalmente lleno; de bordes lisos, irregulares o sinuosos. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

### **1. Psiloglobulolita**

Cuerpos esféricos con bordes y superficies lisas sin ningún tipo de ornamentación (Figura 7: 1). Común en *Disterigma alaternoides*.

## 2. Maculaglobulolita

Cuerpos muy redondeados con abundantes manchitas, generalmente negras, localizados en la parte central de su superficie (Figura 7: 2, 3). Común en *Niphogeton chirripoi*.

## 3. Verrugoglobulolita

Cuerpos esféricos o elipsoidales muy anchos, con bordes irregulares o lisos y superficies verrugosas (Figura 7: 4, 5). Común en *Viburnum anabaptista* y *Luzula gigantea*.

## 4. Foveoglobulolita

Cuerpos esféricos, asimétricos, con abundantes foveos que pueden llegar a agrandarse y ocupar una buena parte del cuerpo (Figura 7: 6). Común en *Geranium multiceps*.

## 5. Annuloglobulolita

Cuerpo esférico con una perforación en el centro de más o menos la mitad de su diámetro mayor, lo que le proporciona un aspecto de estructura en anillo (Figura 7: 7, 8). Común en *Viburnum anabaptista* y *Arcytophyllum nitidum*.

## 6. Stomaglobulolita

Cuerpo esférico que hace parte de un aparato estomático silicificado (Figura 7: 9, 13). Común en *Bomarea hirsuta*.

## 7. Undolaglobulolita

Cuerpo esférico muy abultado con bordes suaves o densamente sinuosos (Figura 7: 10, 14). Común en *Oreopanax cf. ruizii*.

## 8. Alatoglobulolita

Cuerpo generalmente esférico, con superficies lisas y en los bordes protuberancias delgadas similares a "alas" (Figura 7: 11, 12). Común en *Halenia foliosa*.

## **13. Morfotribu: LONGOLITA, Bertoldi de Pomar (1971)**

Cuerpo fusiforme, clavado o elongado, ligeramente abultado por el vientre; terminaciones agudas o ligeramente redondeados y con contorno haviculoide o sin el; relación largo:ancho 3:1, con ornamentación o sin ella, de bordes lisos o irregulares. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

### 1. Psilolongolita

Cuerpo fusiforme, elongado, con terminaciones sin ornamentación (Figura 8: 1, 2). Común en *Lycopodium alopecuroides*.

### 2. Undulongolita

Cuerpos fusiformes con bordes ondulados (Figura 8: 6, 7). Común en *Hesperomeles obtusifolia*.

### 3. Verrugolongolita

Cuerpo fusiforme con superficies verrugosas, éstas semiesféricas sin ninguna disposición preferente (Figura 8: 3). Común en *Hupertzia cruenta*.

### 4. Larvalongolita

Cuerpos fusiformes con forma de larva de gusano (Figura 8: 5). Común en *Schefflera decagyna*.

### 5. Craterlongolita

Cuerpo fusiforme con cráteres en sus superficies que a veces llegan a ocupar todo el cuerpo (Figura 8:4). Común en *Clusia elliptica*.

## **14. Morfotribu: CYMBAITA**

Cuerpo cimbiforme similar a un barco o a una silla de montar invertida; con la unión de los lados y la cresta muy amplia y curva, que se une a los lados doblemente cóncavos y ligeramente curvos; en algunos de estos cuerpos síliceos se observa una cresta ligeramente angulosa; tanto las crestas como los lados forman un pliegue completo; dichos cuerpos puede tener o no ornamentación. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

### 1. Psilocymbaita

Cuerpo síliceo en forma de silla de montar o de nave con superficies sin ornamentación, muy lisas (Figura 8: 8). Común en *Plantago rigida*.

### 2. Verrugocymbaita

Cuerpo síliceo en forma de silla de montar o de nave con superficies verrugosas (Figura 8: 9). Común en *Myrsine dependens*.

## **15. Morfotribu: CYLINDRITA**

Cuerpo síliceo en forma de cilindro o tubo, ligeramente poligonal, de paredes gruesas muy redondeadas de aspecto rollizo; puede estar abierto en un lado y cerrado en el otro, estar ornamentado o ser completamente liso. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

### 1. Verrugocylindrita

En forma de cilindro hueco y con abundantes verrugas dispuestas en las superficies (Figura 8 10). Común en *Viburnum anabaptista*.

### 2. Psilocylindrita

En forma de cilindro hueco muy redondeado; superficialmente es completamente liso. Común en varios géneros de la familia Orquidaceae.

## **16. Morfotribu: TRIANGULITA**

Cuerpos síliceos de forma triangular, con vértices salientes muy agudos o ligeramente curvos; simétricos o asimétricos; con o sin ornamentación; de bordes lisos o irregulares. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

### 1. Psilotriangulita

Cuerpo síliceo de forma triangular con superficies y bordes lisos (Figura 9: 5). Común en *Viburnum anabaptista*.

### 2. Verrugotriangulita

De forma triangular con verrugas abundantes en su superficie, característica que le confiere a los bordes un aspecto irregular (Figura 9: 6). Común en *Gnaphalium spicatum*.

### 3. Foveotriangulita

Cuerpo síliceo de forma triangular con superficies foveoladas (Figura 9: 7, 8). Común en *Diplostephium revolutum*.

### 4. Craterotriangulita

De forma triangular; en la superficie presenta uno o varios cráteres circulares y prominentes (Figura 9: 9). Común en *Hypericum jaramilloi*.

### 5. Reticutriangulita

De forma triangular con superficies semejantes a una redecilla, de escaso relieve (Figura 9: 10). Común en *Viburnum anabaptista*.

## **17. Morfotribu: CAPILUSITA**

Son cuerpos síliceos que presentan forma alargada, con terminación cónica y de ángulo agudo; su forma general es la de un pelo, con ornamentación o sin ella, de bordes irregulares o lisos, coloreado o no. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

### 1. Psilocapilusita

Cuerpos síliceos con la forma de un pelo largo y completamente liso tanto en la superficie como en los bordes (Figura 8: 11). Común en *Rhynchospora macrochaeta*.

### 2. Denticapilusita

Cuerpos síliceos con la forma de un pelo corto, con los bordes finamente dentados (Figura 8: 12). Común en *Lomariopsis* sp.

### 3. Estriacapilusita

Cuerpo síliceo con la forma de un pelo y con superficies trenzadas o estriadas similares a una espiga de trigo (Figura 8: 13). Común en *Oxalis albicans*.

**18. Morfotribu: FLORISITA**

Cuerpo síliceo constituido por una parte central más o menos esférica, a veces ligeramente elíptica, y una periférica constituida por numerosos cuerpos esféricos o petaloides más pequeños que se disponen alrededor de la parte central formando una especie de estructura floral. En esta morfotribu se tienen los siguientes forma-géneros:

1. Psiloflorisita

Cuerpo síliceo constituido por una parte central más o menos esférica, sin ninguna ornamentación, con superficies y bordes lisos (Figura 9: 1- 4). Común en *Gaiadendron punctatum*.

**19. Morfotribu: AMORFOLITA**

Cuerpos síliceos que no tienen una forma definida o que son partes pequeñas de formas preexistentes que han sido parcialmente destruidos y de los cuales no es posible obtener la forma original. También obedecen a estructuras síliceas que están parcialmente recubiertas por óxidos e hidróxidos de hierro, lo que impide agruparlos dentro de una de las formas conocidas o reportadas. Pueden ser también *incertis sedis* pero se vinculan con las morfologías anteriores. Este grupo carece de caracteres (Figura 9: 5- 8).

En la Tabla 1, se presenta un resumen de todos las morfotribus y forma-géneros considerados en esta primera aproximación de clasificación de los fitolitos hallados en la vegetación y algunos suelos altoandinos de Colombia.

**Tabla 1.** Síntesis de la clasificación propuesta para los fitolitos en Colombia.

Morfotribus	Esquema de la forma	Forma-Géneros
1. Flabellulita		1) Verrugoflabellulita, 2) Psiloflabellulita, 3) Undolaflabellulita, 4) Foveoflabellulita.
2. Aculeolita		1) Verrugoaculeolita, 2) Psiloaculeolita, 3) Foveoculeolita.
3. Prismatolita		1) Psiloprismatolita, 2) Maculaprismatolita, 3) Foveoprismatolita, 4) Crateroprismatolita, 5) Catenoprismatolita, 6) Espinoprismatolita, 7) Dentinoprismatolita, 8) Undolaprismatolita.
4. Estrobilolita		1) Psiloestrobilolita, 2) Foveoestrobilolita, 3) Undolaestrobilolita.
5. Braquiolita		1) Foveobraquiolita, 2) Espinobraquiolita, 3) Verrugobraquiolita, 4) Psilobraquiolita, 5) Sculptubraquiolita, 6) Reticulobraquiolita, 7) Undolabraquiolita, 8) Sulcabraquiolita.
6. Elipsoidita		1) Unduloelipsoidita, 2) Psiloelipsoidita, 3) Crateroelipsoidita, 4) Alataelipsoidita, 5) Verrugoelipsoidita, 6) Foveoelipsoidita.
7. Halteriolita		1) Psilohalteriolita, 2) Verrugohalteriolita.
8. Bilobulita		1) Psilobilobulita, 2) Craterobilobulita, 3) Verrugobilobulita, 4) Foveobilobulita, 5) Macubilobulita, 6) Espinobilobulita.

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN ...

Morfotribus	Esquema de la forma	Forma-Géneros
9. Doliolita		1) Psilodoliolita, 2) Craterodoliolita, 3) Foveodoliolita.
10. Clavaelita		1) Psiloclavaelita, 2) Foveoclavaelita, 3) Undoclavaelita, 4) Verrugoclavaelita.
11. Petasusita		1) Psilopetasusita, 2) Foveopetasusita, 3) Maculapetasusita, 4) Crateropetasusita, 5) Undulapetasusita, 6) Verrugopetasusita.
12. Globulolita		1) Psiloglobulolita, 2) Maculaglobulolita, 3) Verrugoglobulolita, 4) Foveoglobulolita, 5) Annuloglobulolita, 6) Undoglobulolita, 7) Alatoglobulolita.
13. Longolita		1) Psilolongolita, 2) Undolalongolita, 3) Verrugolongolita, 4) Larvalongolita, 5) Craterolongolita.
14. Cymbaita		1) Psiloecymbaita, 2) Verrugocymbaita.
15. Cylindrita		1) Verrugocylindrita, 2) Esferocylindrita.
16. Triangulita		1) Psilotriangulita, 2) Verrugotriangulita, 3) Foveotriangulita, 4) Craterotriangulita, 5) Reticutriangulita.
17. Capilusita		1) Psilacapilusita, 2) Denticapilusita, 3) Estriacapilusita.
18. Florisita		1) Psiloflorisita.
19. Amorfolita		Sin forma aparentemente conocida o parte de una forma no muy clara.

### Agradecimientos

Los autores desean expresar un profundo agradecimiento al COMITÉ DE INVESTIGACIÓN CODI, UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA y al INSTITUTO DE CIENCIAS NATURALES Y ECOLOGÍA ICNE, UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Medellín, por proporcionar los recursos para el desarrollo de la investigación; a los biólogos CESAR A. VELÁSQUEZ y DARIO SÁNCHEZ por su acompañamiento en el trabajo de campo y la clasificación taxonómica de las especies vegetales; a la auxiliar de investigación ALEJANDRA VASCO GUTIÉRREZ, estudiante de Biología de la Universidad de Antioquia, por su trabajo en campo y en el laboratorio.

### Referencias bibliográficas

- BERTOLDI DE POMAR, E. 1971. Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana*, 8(3-4): 317-328.
- \_\_\_\_\_. 1975. Los sicofitolitos: sinopsis de su conocimiento. *Darwiniana*, 19(2-4): 173-206.

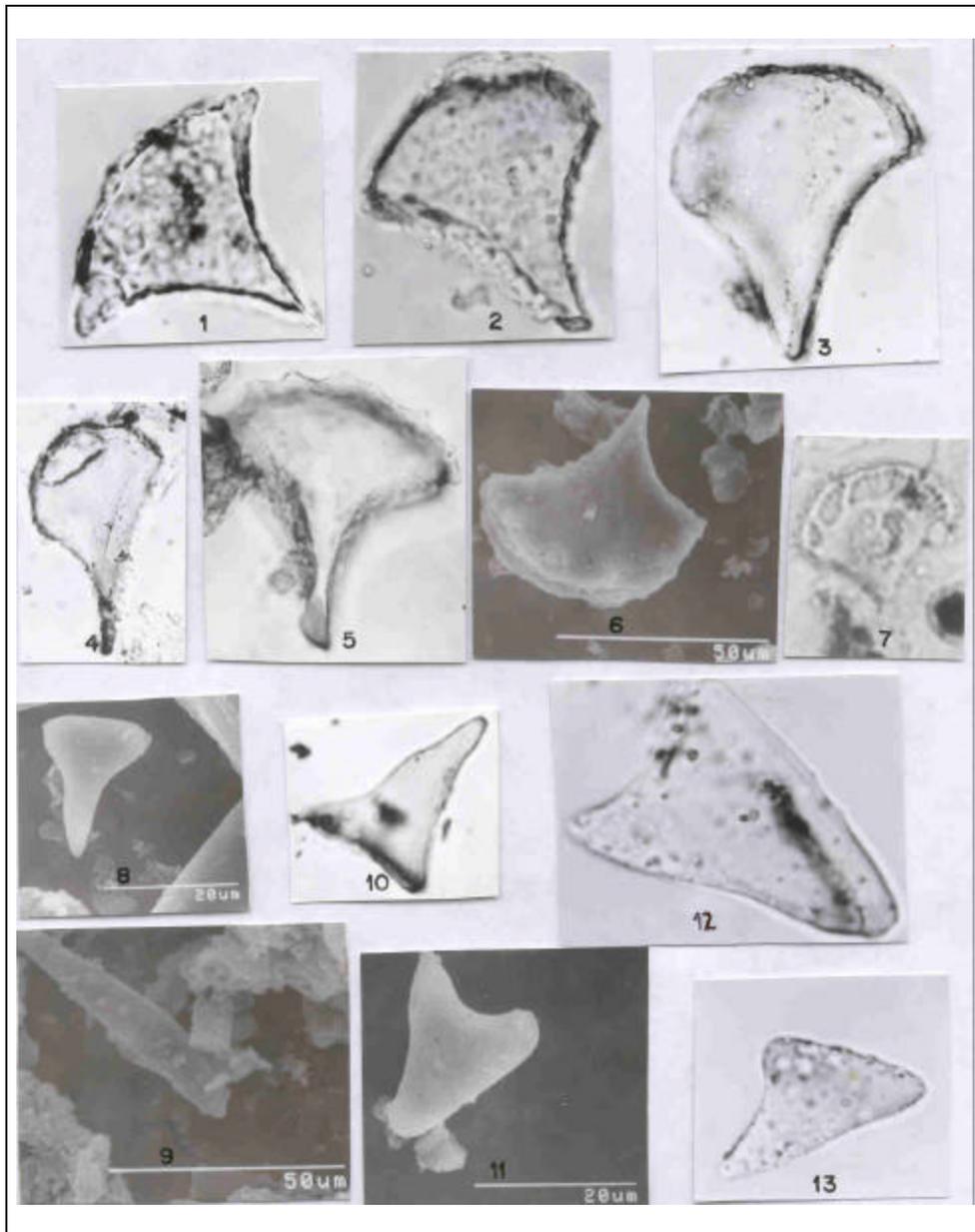
- BROWN, D. 1986. Taxonomy of a midcontinent grasslands phytolith key. p. 89-102. En: Rovner, I. (ed.). Plant opal phytolith analysis in archeology and paleoecology. Raleigh, NC.
- INTERNACIONAL CODE OF BOTANICAL NOMENCLATURE, ICBN. 1997. Tokio code. International Association for Plant Taxonomy. URL: [www.bgbm.fu-berlin.de/iapt/nomenclature/code/tokyo-e/Contents.htm](http://www.bgbm.fu-berlin.de/iapt/nomenclature/code/tokyo-e/Contents.htm). Fecha de consulta: Noviembre 13 de 2002. Fecha de actualización: Septiembre 25 de 1997.
- DOUVAL-JOUVE, M.J. 1872-1875. Sur une forme de cellules épidermiques qui paraît propre aux Cypéacées. p. 371-372. En: Comptes-Rendus Hebdomadaires des Seances de l'Academie des Sciences, Paris, Series d, Sciences Naturelles 75 (French).
- DEFLANDRE, G. 1963. Les phytolithaires (Ehrenberg). En: Nature et signification micropaléontologique, pédologique, et géologique. *Protoplasma*, 57: 234-259. Viena.
- EHRENBERG, C.G. 1854. Mikrogeologie. Vol. 2. Leopold Voss. Leipzig. 374p.
- ELLIS, R.P. 1979. A procedure for standarizing comparative leaf anatomy in the Poaceae. II. En: The epidermis as seen in surface view. *Bothalia*, 12(4): 641-671. Pretoria.
- FLÓREZ M.T. & PARRA S.L. 1999. Atlas de fitolitos de la vegetación altoandina en los páramos de Belmira y Frontino, Antioquia. p. 3-41. En: Flórez, M.T. & Lozano, G. (eds.). Revista de Silicofósiles Altoandinos. Colciencias, Universidad Nacional, Universidad de Antioquia.
- \_\_\_\_\_. 1999: Fitolitos en paleosuelos Andicos altoandinos, San Félix, departamento de Caldas. p. 42-56. En: Flórez, M.T. & Lozano, G. (eds.). Revista de Silicofósiles Altoandinos. Colciencias, Universidad Nacional, Universidad de Antioquia.
- HOLM, T. 1899: On the anatomy of some North American Species of Scleria. *Amer. J. of Sci.*, 7:5-12.
- METCALFE, C.R. 1960. Anatomy of Monocotyledons. I. Gramínea. Oxford. Clarendon Press. 731p.
- MULHOLLAND, S. 1986. Classification of grass silica phytoliths. p. 41-52. En: Rovner, I. (ed.). Plant opal phytolith analysis in archeology and paleoecology: Raleigh, NC.
- \_\_\_\_\_. & RAPP, G. 1992. A morphological classification of grass silica-bodies. p. 37-64. En: Rapp, G. & Mulholland, C. (eds.). Phytolith systematics; Emerging Issues. *Advances in Archeological and Meseum Science*. Vol. 1.
- PEARSALL, D.M. & DINAN, E.H. 1992. Developing a phytolith classification system. p. 66-146. En: Rapp, G. & Mulholland, C. (eds.). Phytolith systematics; Emerging Issues. *Advances in Archeological and Meseum Science*. Vol. 1.
- PIPERNO, D. 1988. Phytolith Analysis. An Archacological and Geological Perspectives. London. Academic Press, Inc. 280p.
- \_\_\_\_\_. & PEARSALL, M. 1998. The silica bodies of tropical American grasses: morphology, taxonomy, and implications for grass systematics and fossil phytolith identification. *Smithsonian contribution to Botany*, No. 85. 40p.
- PRATT, H. 1932. l'épiderme des Graminées. *Annales des Sciences Naturalles-Botanique-Series 10*, 14:117-324.
- RAPP, G. & MULHOLLAND, C. (eds.). 1992. Phytolith systematics; Emerging Issues. *Advances in Archeological and Museum Science*. Vol. 1. 348p.
- ROVNER, I. & RUSS, J.C. 1992. Darwin and design in phytolith systematics: morphometric methods for mitigation redundance. p. 253-276. En: Rapp, G. & Mulholland, C. (eds.). Phytolith systematics; Emerging Issues. *Advances in Archeological and Meseum Science*. Vol. 1.
- RUNGE, F. 1999, The opal phytolith inventory of soils in central Africa - Quantities, shapes, classification, and spectra. *Rev. Paleobotany Palynology*, 107: 23-53.

PROPUESTA DE CLASIFICACIÓN ...

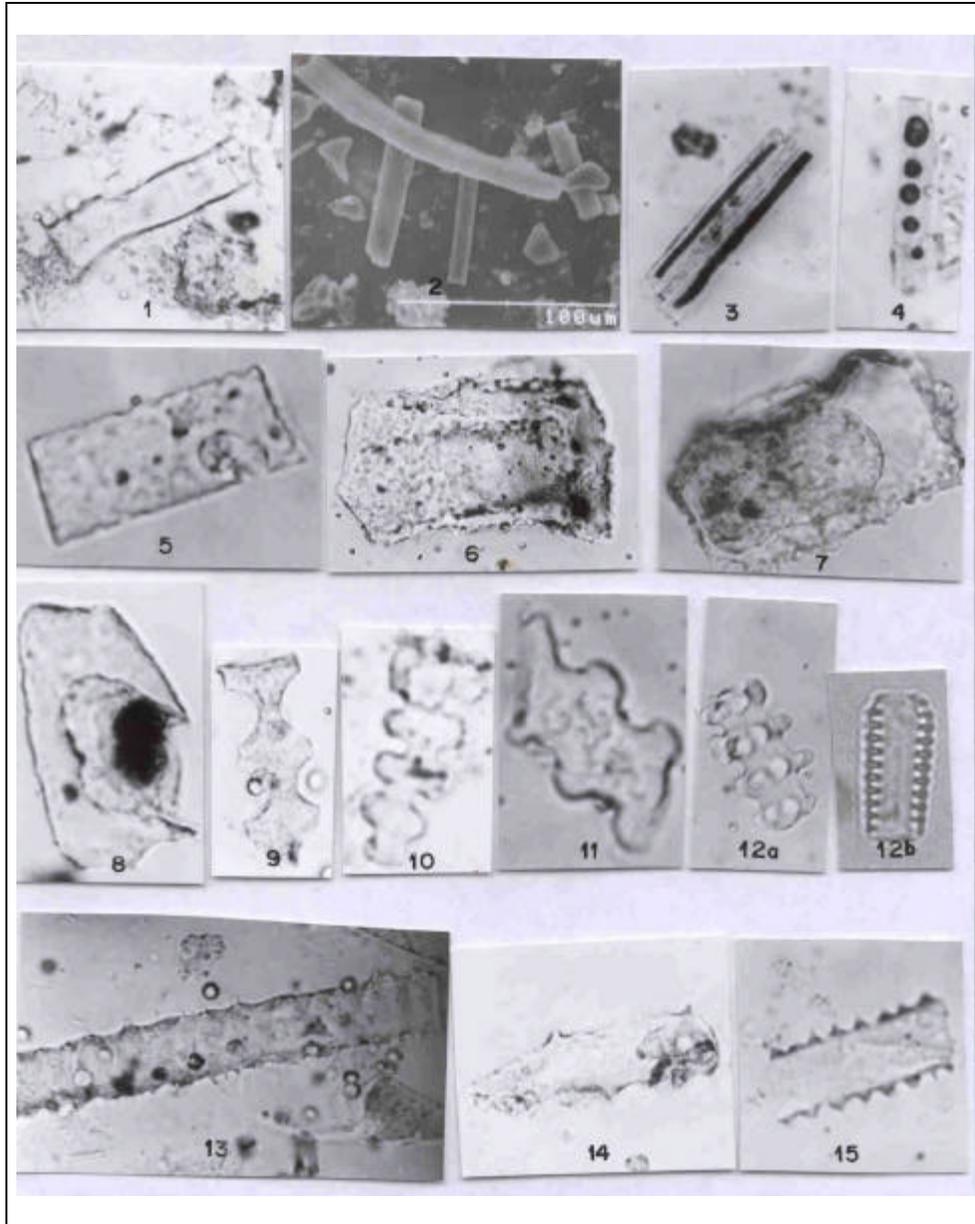
TWISS, P.C. 1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. *Soil Sci. Soc. Of Am. Proc.*, 33: 109-115. Baltimore.

ZUCOL, A. 1995. Fitolitos: II. Análisis de las clasificaciones. *Ameghiniana*, 32(3): 243-248. Buenos Aires.

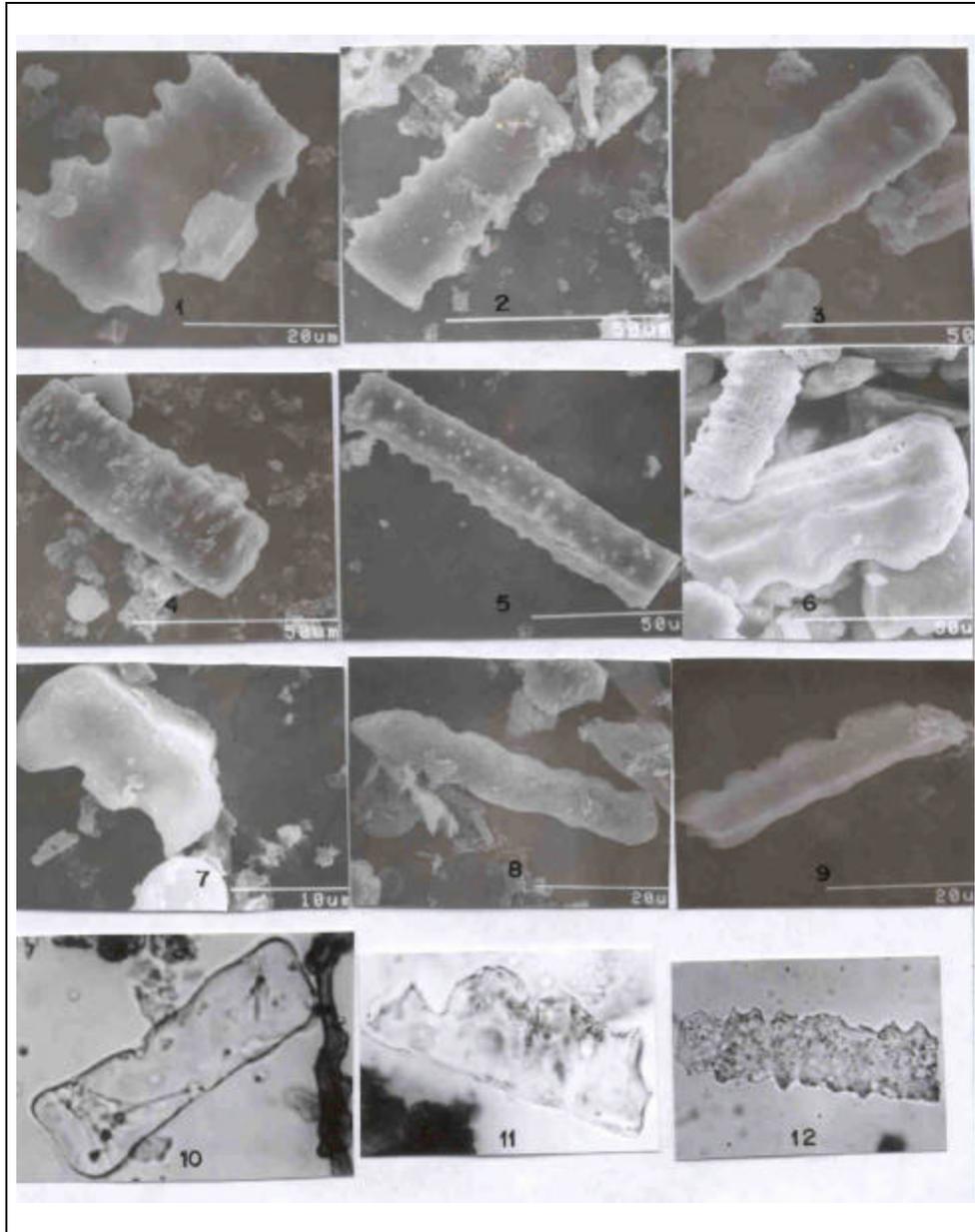
\_\_\_\_\_. 1998: Fitolitos de las Poaceae Argentinas: II. Fitolitos foliares de algunas especies del género *Panicum* (Poaceae, Paniceae) de la provincia de Entre Ríos. *Darwiniana*, 36(1-4): 29-50.



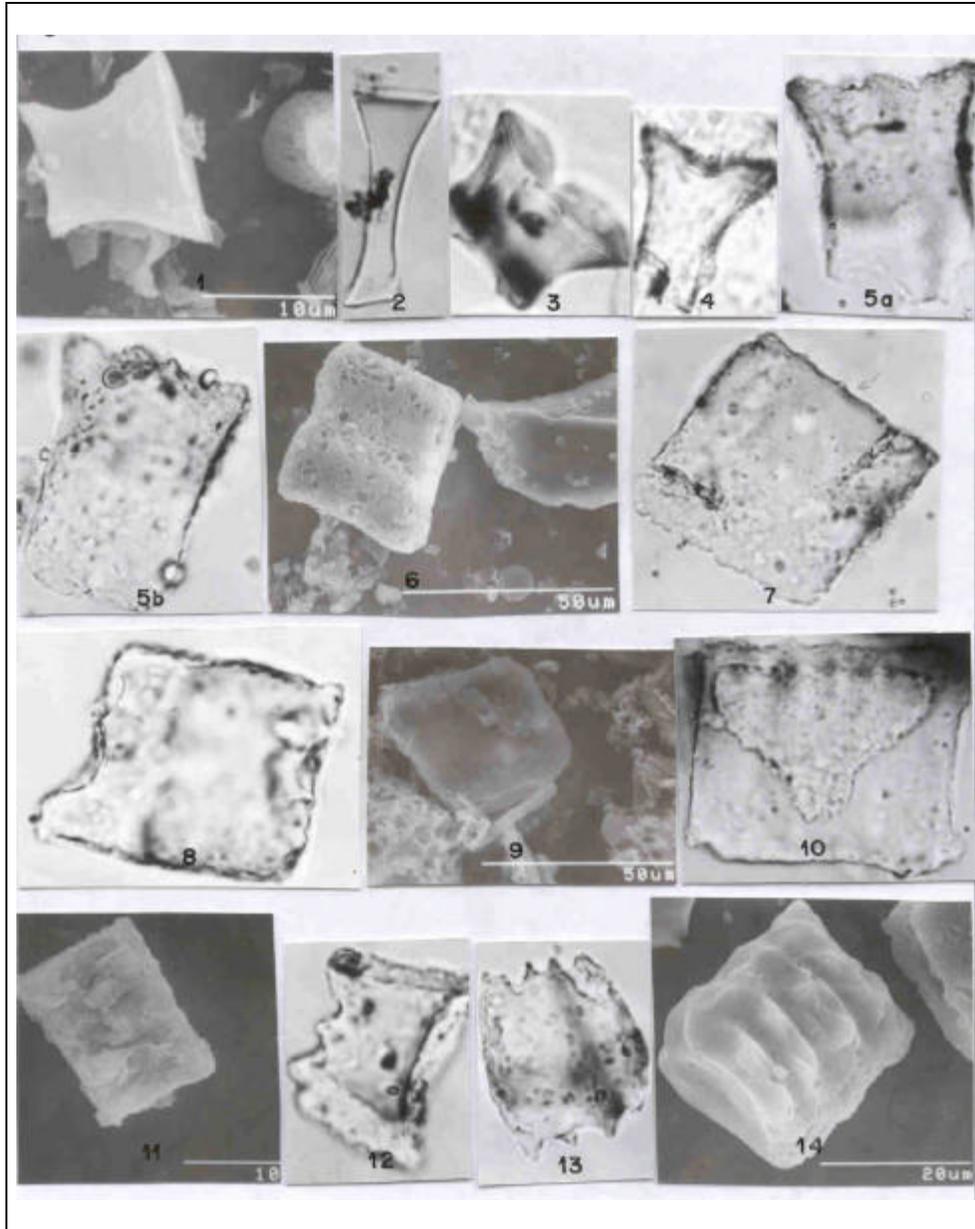
**Figura 1.** FLABELLULITA: 1, 2: Verrugoflabellulita; 3, 4: Psiloflabellulita; 5: Undolaflabellulita; 6, 7: Foveoflabellulita. ACULEOLITA: 8, 9: Verrugoaculeolita; 10, 11: Psiloaculeolita; 12, 13: Foveoaculeolita.



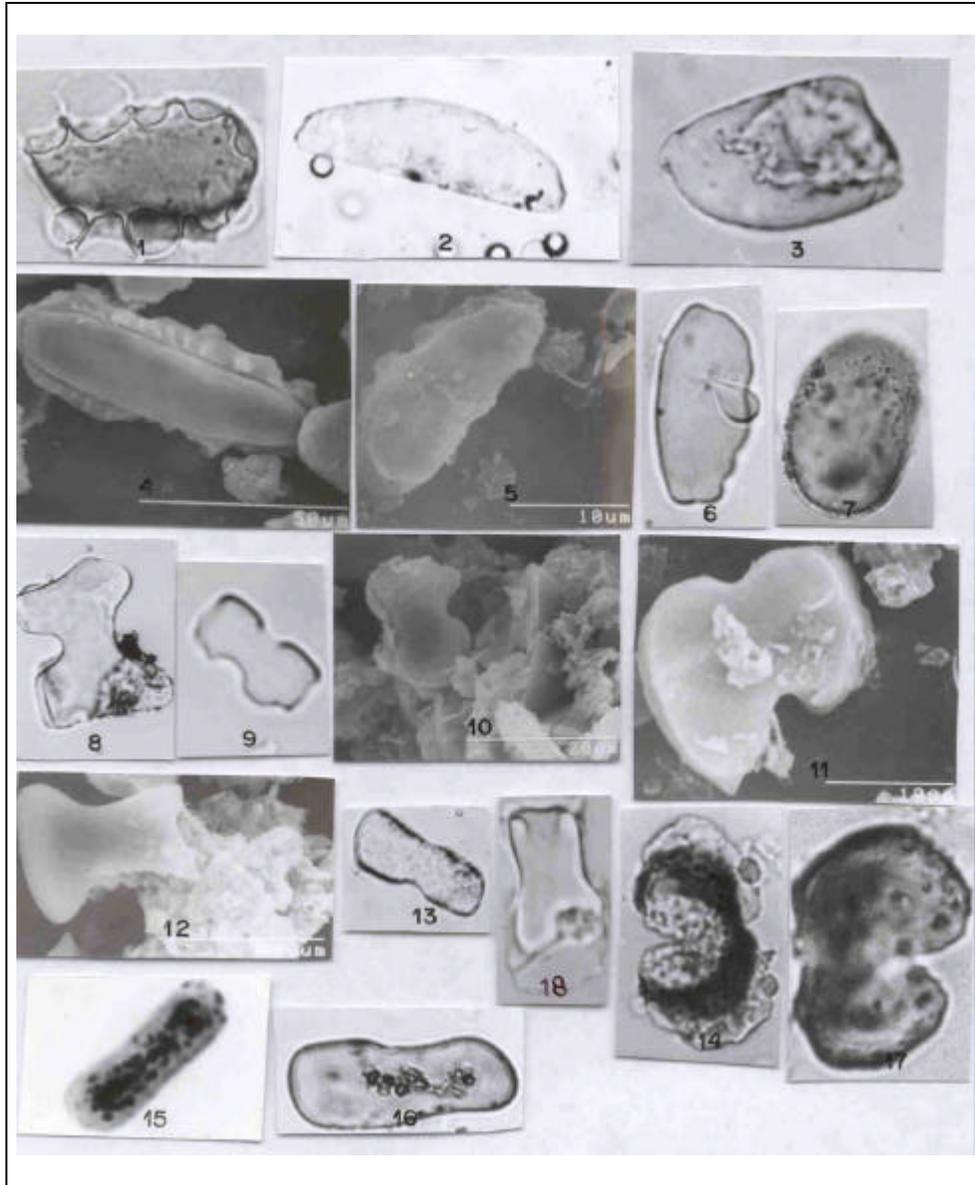
**Figura 2.** PRISMATOLITA: 1, 2: Psiloprismatolita; 3, 4: Maculaprismatolita; 5, 6: Foveoprismatolita; 7, 8: Crateroprismatolita; 9-12: Catenoprismatolita; 13, 14: Espinoprismatolita; 15: Dentinola-teprismatolita.



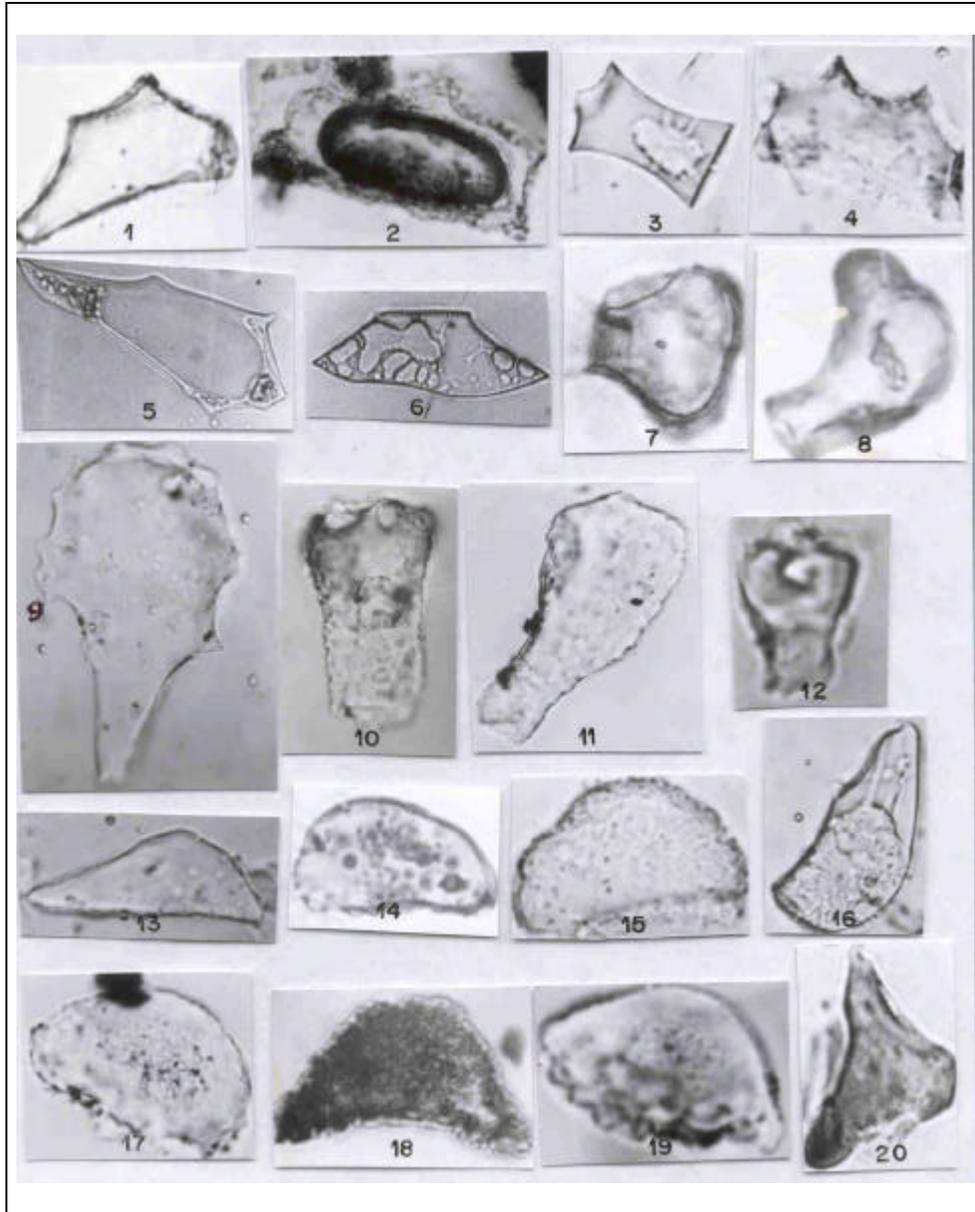
**Figura 3.** PRISMATOLITA: 1-12: Undolaprismatolita.



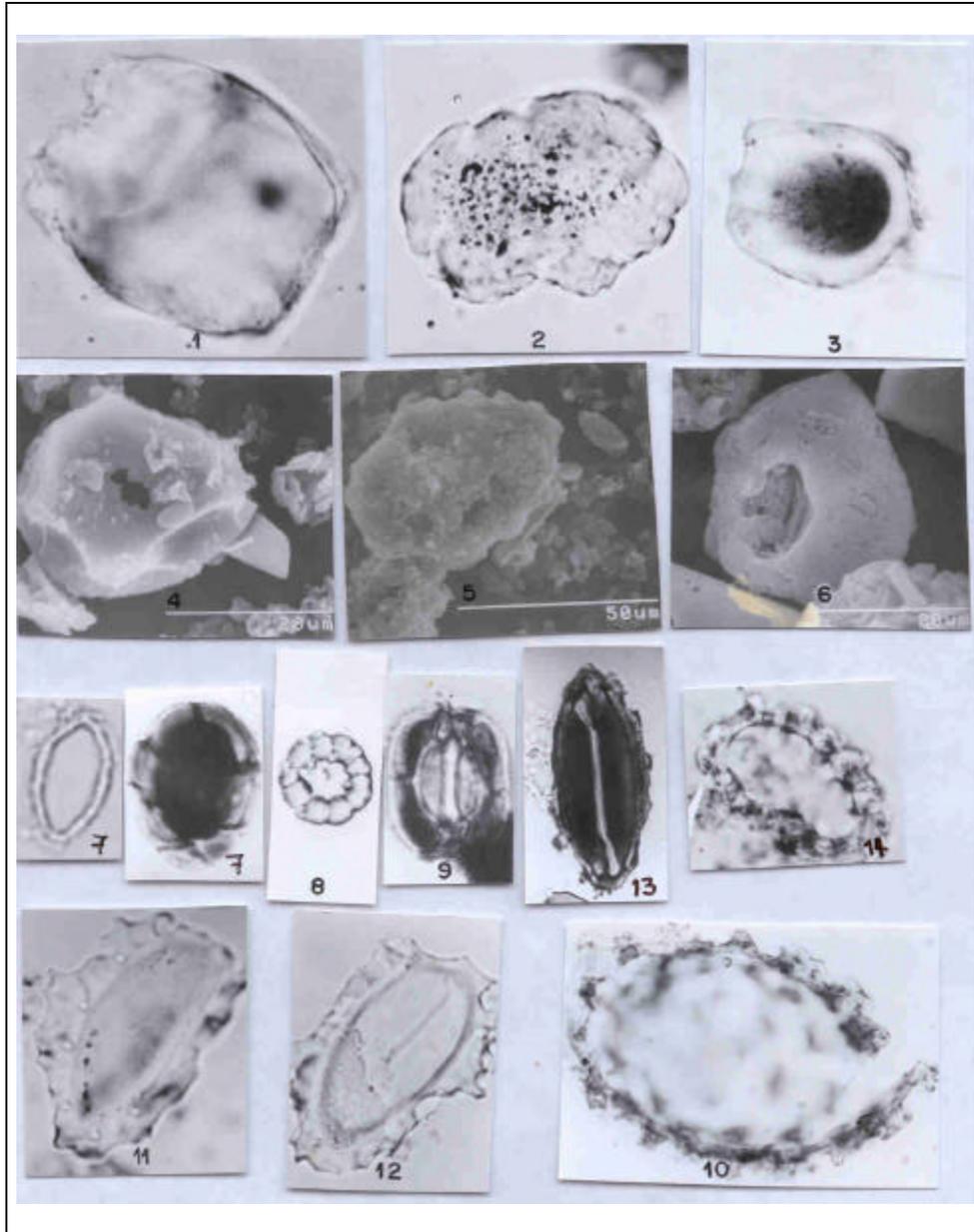
**Figura 4.** ESTROBILOLITA: 1-3: Psiloestrobilolita; 4: Foveoestrobilolita; 5a, b: Undolaestrobilolita. BRAQUIOLITA: 6: Foveobraquiolita; 7: Espinobraquiolita; 8: Verrugobraquiolita; 9: Psilobraquiolita; 10: Sculptubraquiolita; 11: Reticubraquiolita; 12, 13: Undolabraquiolita; 14: Sulcabraquiolita.



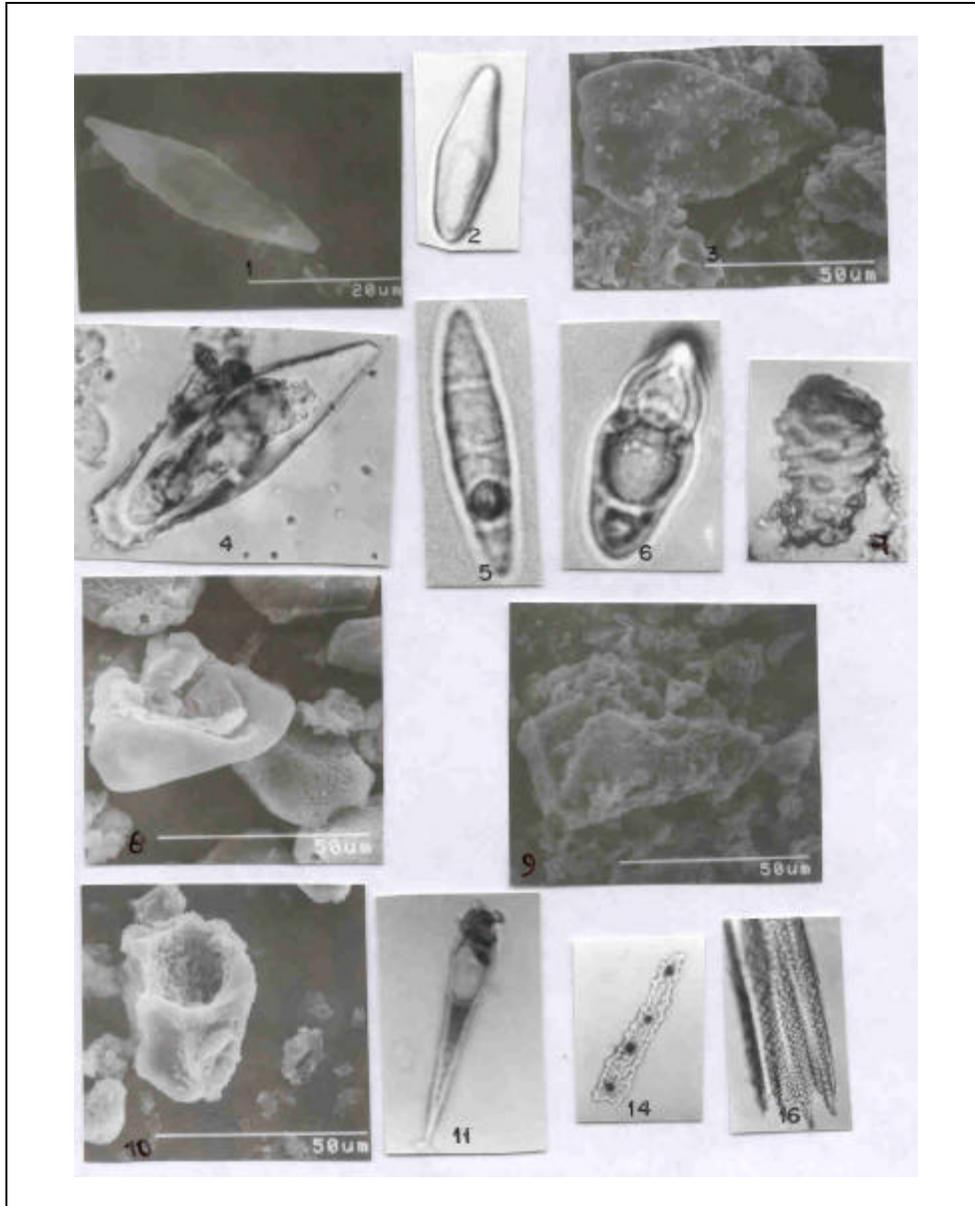
**Figura 5.** ELIPSOIDITA: 1: Undulaelipsoidita; 2: Psiloelipsoidita; 3: Craterelipsoidita; 4: Alatoelipsoidita; 5, 6: Verrugoelipsoidita; 7: Foveoelipsoidita. BILOBULITA: 8, 9: Psilobilbulita; 10, 11: Verrugobilbulita; 13, 14: Foveobilbulita; 15, 16: Maculabilbulita; 17: Espinobilbulita. HALTERIOLITA: 12: Verrugohalteriolita; 18: Psilohalteriolita.



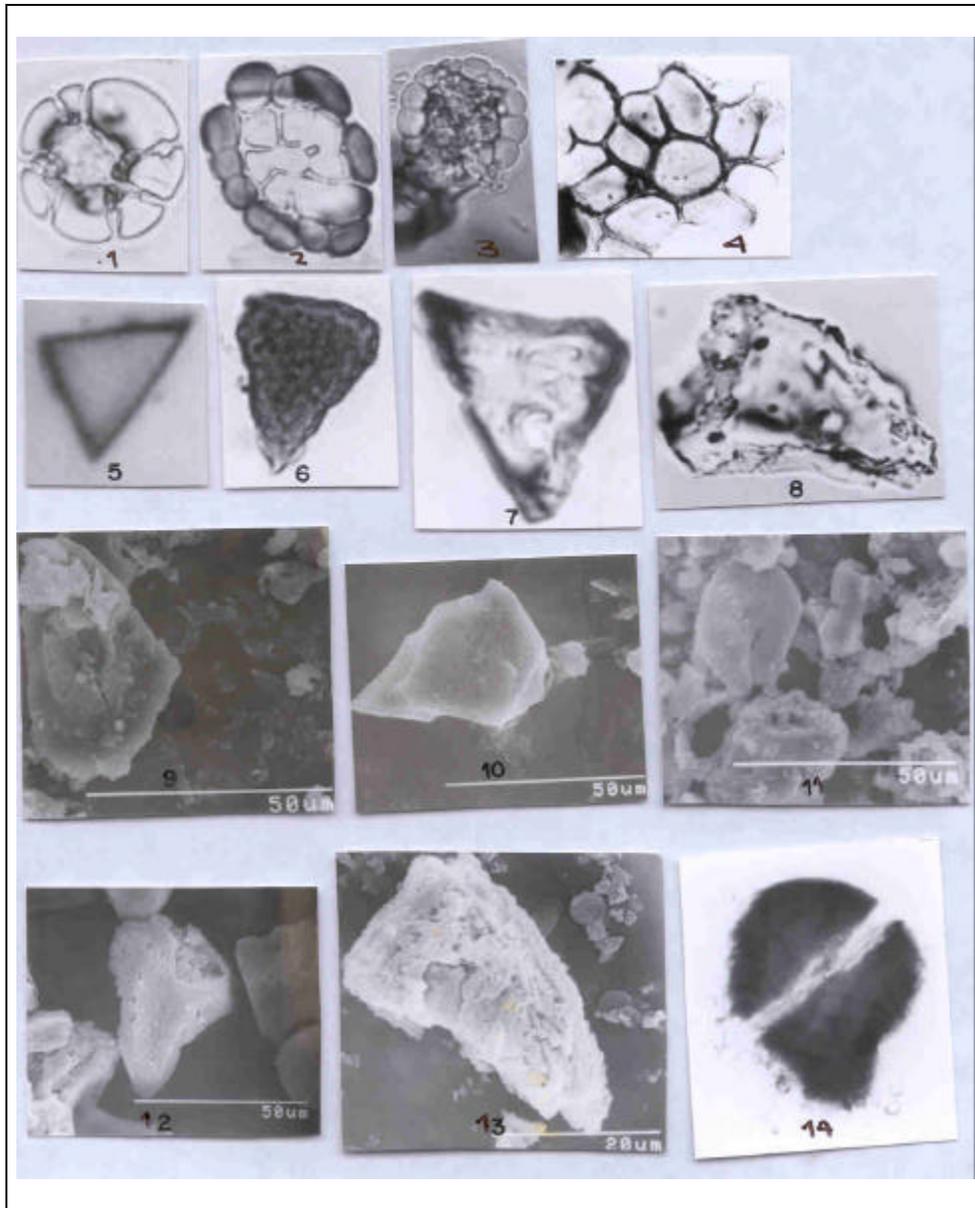
**Figura 6.** DOLIOLITA: 1: Psilodoliolita; 2, 3: Craterodoliolita; 4: Foveodoliolita; 5, 6: Esculptodoliolita. CLAVAEOLITA: 7, 8, 12: Psiloclavaelita; 9: Undolaclavaelita; 10: Foveoclavaelita; 11: Verrugoclavaelita. PETASUSITA: 13: Psilopetasusita; 14, 15: Foveopetasusita; 16: Crateropetasusita; 17, 18: Maculapetasusita; 19: Undolapetasusita, 20: Verrugopetasusita.



**Figura 7.** GLOBULOLITA: 1: Psiloglobulolita; 2, 3: Maculaglobulolita; 4, 5: Verrugoglobulolita; 6: Foveoglobulolita; 7, 8: Annulaglobulolita; 9: Stomaglobulita; 10, 14: Undolaglobulolita; 11, 12: Alatoglobulolita.



**Figura 8.** LONGOLITA: 1, 2: Psilolongolita; 3: Verrugolongolita; 4: Craterlongolita; 5, 6: Larvalongolita; 7: Undulalongolita. CYMBAITA: 8: Psilocymbaita; 9: Verrugocymbaita. CYLINDRITA: 10: Verrugocylindruta. CAPILUSITA: 11: Psilocapilusita; 12: Denticapilusita.



**Figura 9.** FLORISITA: 1-4. TRIANGULITA: 5: Psilotriangulita; 6: Verrugotriangulita; 7, 8: Foveotriangulita; 9: Craterotriangulita; 10: Reticutriangulita. AMORFOLITA: 11-14.