

FITOLITOS: III. UNA NUEVA METODOLOGÍA DESCRIPTIVA. ASOCIACIONES FITOLÍTICAS DE *PIPTOCHAETIUM MONTEVIDENSE* (STIPEAE, POACEAE)

ALEJANDRO FABIÁN ZUCOL¹

Summary: Phytoliths: III. A New Descriptive Methodology. Phytolith Assemblages Of *Piptochaetium montevidense* (Stipeae, Poaceae). The classification of phytoliths usually treats these bodies as isolated morphological entities (Parataxonomic approach) or subordinated to taxonomic categories of living plant (Ortotaxonomic approach). A new descriptive methodology of phytoliths which contemplates both approaches is here outlined, based on the sclerite-scleritome concept and their treatment through sciotaxa categories. Some guidelines for a new classification system are also presented. *Piptochaetium montevidense* Parodi phytolith assemblages are described to illustrate this new methodology. The leaf, culm, inflorescence and root assemblages are compared with the assemblage of the complete plant. Cluster analysis (UPGMA) and ordination by principal component analysis (PCA) were performed on the data of 49 morphological characters from the five phytolith assemblages. The results agree in the formation of two groups: 1. Formed by the root phytolith assemblage. 2. Formed by the culm and inflorescence assemblages subgroup and the leaf and the complete plant assemblages subgroup. The assemblage of the complete plant has close relationship with the leaf assemblage, and is less related to the culm and inflorescence assemblages. All phytolith assemblages, of *Piptochaetium montevidense* show Arundinoideae affinity.

Key words: Phytolith, descriptive methodology, *Piptochaetium montevidense*, Poaceae.

Resumen: Las clasificaciones de fitolitos normalmente tratan a estos cuerpos como entidades morfológicas aisladas (enfoque parataxonómico) o subordinadas a las categorías taxonómicas de las plantas vivientes (enfoque ortotaxonómico). En la presente contribución se aplica una nueva metodología descriptiva, que contempla ambos enfoques; basada en el concepto de esclerito/esclerítomo y su tratamiento en categorías de esciotaxa. También se presentan algunas pautas para un nuevo sistema de clasificación. Con la finalidad de ejemplificar esta nueva metodología, se describen las asociaciones fitolíticas de *Piptochaetium montevidense* Parodi. Se comparan las asociaciones de hoja, tallo, inflorescencia y raíz con la asociación fitolítica de la planta completa. Sobre un total de 49 caracteres morfológicos de las 5 asociaciones fitolíticas se realizaron análisis de agrupamiento (UPGMA) y análisis de los componentes principales (PCA). Los resultados muestran la formación de dos grupos: 1. Conformado por la asociación de raíz. 2. Formado por el subgrupo de las asociaciones de tallo e inflorescencia, y por el subgrupo compuesto por las asociaciones de hoja y planta completa. La asociación de planta completa tiene una estrecha relación con la asociación foliar, y en menor medida se relaciona con las asociaciones de tallo e inflorescencia. Todas las asociaciones fitolíticas estudiadas de *Piptochaetium montevidense* muestran una afinidad Arundinoideae.

Palabras clave: Fitolitos, metodología descriptiva, *Piptochaetium montevidense*, Poaceae.

INTRODUCCIÓN

En esta serie de artículos se han analizado los antecedentes y la terminología utilizada en Fitolitología (Zucol, 1992), y las diferentes clasificaciones que se han postulado para el tratamiento de los fitolitos (Zucol, 1995). En la presente contribución se propone una nueva metodología descriptiva, que brinda a las descripciones morfológicas

de fitolitos un contexto de las condiciones mesológicas, fenológicas y fitogeográficas del vegetal que los originó. Por otra parte, esta metodología permite un tratamiento de los fitolitos en unidades de asociación o esclerítomos, formados por los distintos tipos morfológicos existentes en un determinado ortotaxon.

Con el fin de ejemplificar esta metodología que el autor ha aplicado en estudios previos (Zucol, 1996, 1998, 1999a, 2000), se han analizado las asociaciones fitolíticas de raíz, caña, inflorescencia y hoja de *Piptochaetium montevidense* Parodi, las que fueron comparadas con la asociación fitolítica de la planta completa.

¹Miembro de la Carrera del Investigador CONICET. Laboratorio de Paleobotánica, CICYTTP-Diamante (CONICET), Materi y España SN, (3105) Diamante, Entre Ríos, Argentina.
E-mail: afzucol@ceride.gov.ar

Terminología Previa

Definir inicialmente las acepciones que se utilizan en este trabajo se hace necesario para obtener una mayor precisión y evitar interpretaciones ambiguas.

Taxon se define como “término que se aplica al grupo de organismos considerado como unidad de cualquier rango en un sistema clasificatorio” (Crisci, 1978 :53). Sobre esta base, se puede definir a un *ortotaxon* (eutaxon *sensu* Meyen, 1987), como “el taxon conceptual perteneciente al sistema taxonómico que forma el núcleo de la sistemática biológica” (Bengtson, 1985: 1354). A su vez un *parataxon* es “el taxon conceptual perteneciente a un sistema taxonómico, que por decisión formal, es ajeno al sistema ortotaxonómico que abarca al mismo grupo de organismos; difiere del orto y esciotaxon en que está basado sobre un tipo particular de material” (Bengtson, 1985). Ambos conceptos son utilizados en las clasificaciones ortotaxonómicas y parataxonómicas respectivamente (Zucol, 1995).

Para la realización de un sistema clasificatorio integral abierto, se hace necesario incluir un nuevo término, que es el de *esciotaxon*, el cual se define como “(orto)taxon conceptual que representa tanto al mismo taxon real, como a otro (orto)taxon conceptual, basado en material de diferente naturaleza” (Bengtson, 1985: 1354). La necesidad de incluir este término radica en que posibilita la integración, entre formas similares de diferente naturaleza (tratamiento utilizado en las clasificaciones parataxonómicas) con la clasificación ortotaxonómica.

Los fitolitos -los objetos de clasificación- son cuerpos líticos originados en un eutaxon (*sensu* Meyen, 1987) u ortotaxon (*sensu* Bengtson, 1985). Un mismo tipo morfológico de estos cuerpos puede ser hallado en diferentes ortotaxa, mientras que un mismo ortotaxon puede poseer distintos tipos morfológicos en sus tejidos. Este fenómeno fue descrito por Rovner (1971) y Rovner & Russ (1992) y definido en dos conceptos: la *multiplicidad* (que es consecuencia de la presencia de diferentes tipos morfológicos en un mismo ortotaxon) y la *redundancia* (que surge de la presencia de similares tipos morfológicos en diferentes ortotaxa). A su vez, los fitolitos pueden encontrarse en forma aislada (un único elemento celular mineralizado o parte del mismo) o en forma articulada (cuando varios elementos celulares se mineralizaron en forma conjunta).

Por otra parte, pueden ser hallados para su estudio en conexión orgánica en los tejidos de organismos actuales, o dispersos en muestras edafológicas, arqueológicas, sedimentológicas, etc. Por ello, cabe también definir previamente la terminología utilizada para hacer referencia a las distintas asociaciones fitolíticas.

Bengtson (1985) define al componente individual de un esclero-esqueleto compuesto como *esclerito* -término que, antiguamente, en botánica se ha utilizado para hacer referencia a las astroesclerideas (Font Quer, 1977)-, y *esclerítomo*, como el conjunto de escleritos presentes en un organismo. Bajo la denominación de esclerito se incluyen conceptos más especializados como *elementos* en conodontes y *espículas* en espongiarios; y bajo la denominación de esclerítomo a *aparato* en conodontes y *esqueleto espicular* en espongiarios.

La terminología general definida por Bengtson, puede ser utilizada en trabajos fitolíticos, sin ocasionar ambigüedades con respecto a las definiciones botánicas previas; si bien cabe aclarar la terminología específica utilizada. Al respecto, se ha adoptado la denominación de *fitolito* (Zucol, 1992: 357, denominado en este artículo como microfítolito²) para referirse a los distintos componentes individuales de una asociación; y de *asociación fitolítica* para el conjunto de fitolitos presentes en una unidad de asociación que se deberá especificar, sea de un organismo, de una especie (*phytolith assemblages sensu* Piperno, 1988: 60 y Mulholland *et al.*, 1988: 2002), de una comunidad, etc.

Propuesta Metodológica Descriptiva

La propuesta metodológica se orienta al tratamiento descriptivo de ortotaxa, en especial, para las categorías inferiores a la genérica. Se incluyen, además de los caracteres morfológicos de los fitolitos, información sobre su posición sistemática, origen anatómico y fitogeográfico, la relación existente entre las distintas formas y su ilustración mediante dibujos o fotografías que permitan su registro.

² Con el fin de evitar una terminología ambigua, se ha adoptado este nuevo término en reemplazo de microfítolito, por sugerencia de la Dra. H. Bertoldi de Pomar, quien con anterioridad a estos trabajos (Bertoldi de Pomar, 1971), definió como microsilicofítolitos al grupo de fitolitos cuyas dimensiones no superan los 40 µm.

En forma sintética, se puede enunciar dicha metodología mediante el desarrollo de los siguientes puntos:

A.- Posición sistemática: La descripción debe constar de las referencias taxonómicas del material estudiado y su sistemática.

B.- Material estudiado: Cita de los ejemplares estudiados, no solo en lo que respecta a la colección en donde es posible hallarlos, sino también al lugar y fecha de recolección, y características florísticas y mesológicas de los ejemplares, siempre que ello sea posible de establecer.

C.- Órgano/s utilizado/s en la descripción: El estudio de la morfología de los fitólitos puede realizarse a partir de un organismo, de un conjunto de organismos, o bien, de una parte de un organismo; en este último caso, puede tomarse cada uno de sus órganos por separados o un conjunto parcial de órganos. Estos estudios brindarán la posibilidad de obtener asociaciones fitolíticas diferentes, ya sea por las formas existentes o por sus frecuencias relativas. Razón por la cual, deberá establecerse el/los órgano/s utilizado/s para la obtención de la asociación descripta. Por igual motivo, será conveniente incluir en este ítem toda otra característica del vegetal proveedor que posibilite establecer el rango de variabilidad intra-taxon, como por ejemplo, la etapa fenológica en que fue recolectado.

D.- Descripción de los fitólitos: Para definir una asociación fitolítica se debe tener en cuenta cada tipo morfológico presente, sus frecuencias relativas y el estado en que se presentan (en forma aislada o articulada). En la descripción de las morfologías de cada fitolito pueden utilizarse alguna de las clasificaciones ya establecidas (Zucol, 1995); no obstante, cada morfología descripta deberá estar acompañada de una ilustración y/o fotografía que permita una objetiva comparación.

E.- Definición de la asociación fitolítica: Mediante los elementos descriptos en el ítem D.- y sus relaciones de abundancia, puede definirse la asociación fitolítica (esciotaxon fitolítico) que caracteriza a un órgano de un organismo, a un organismo, a una población o a una comunidad. Así se define la asociación tipo de los fitólitos estudiados, que permitirá una mejor comparación con asociaciones fitolíticas provenientes de muestras sedimentológicas, edafológicas, arqueológicas, o asociaciones obtenidas de ejemplares actuales.

F.- Observaciones, comparaciones y/o discusión: Las formas descriptas y las asociaciones definidas generarán diferentes discusiones para cada caso en estudio. Su comparación, ya sea con otras clasificaciones como con otras descripciones realizadas, resulta de vital importancia para lograr una mayor coherencia en la información obtenida.

Considerada dentro de un marco fitolítico integral, la metodología aquí expuesta hace hincapié en su aplicación en estudios neontológico, si bien puede ser aplicada a estudios paleontológicos (Zucol, 1999b). La integración de los enfoques parataxonómicos y ortotaxonómicos (Zucol, 1995), mediante la utilización de esciotaxa (definidos como esclerítomo o conjunto de escleritos), permite un mismo tratamiento para fitólitos que provengan de muestras sedimentológicas, edafológicas, arqueológicas, o de ejemplares actuales.

La implementación de una metodología común en los distintos campos de aplicación de la Fitolitología, es el paso previo que se debe realizar para llegar a una clasificación integral de los fitólitos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de los preparados fitolíticos se ha seguido la técnica de Labouriau (1983), que consiste en una carbonización del material, un posterior tratamiento con ácido clorhídrico y una calcinación final (Pearsall, 2000). Las cenizas obtenidas fueron montadas en glicerina gelatina, aceite de cedro y bálsamo de Canadá; y las observaciones e ilustraciones fueron realizadas con un microscopio Wild con tubo de dibujo. El procesamiento de cada muestra fue acompañado por un ensayo en blanco, según lo propuesto por De Campos & Labouriau (1969).

En las descripciones de las formas aisladas se utilizó la clasificación propuesta por Twiss *et al.* (1969) en su versión corregida (Twiss, 1992).

Se analizaron diez ejemplares por cada órgano en estudio, y los porcentajes relativos de cada clase morfológica se calcularon mediante el recuento de 400 estructuras por zona del vegetal, lo cual resulta un número muestral superior al de la muestra mínima obtenida por recuentos progresivos de frecuencias fitolíticas relativas.

Las abundancias relativas se han considerado en clases de frecuencia distribuidas en una escala que abarca desde la ausencia de los fitólitos de una de-

terminada clase morfológica, a su presencia en forma rara, escasa, frecuente o muy frecuente. Los límites de dichas clases se obtuvieron teniendo en cuenta que:

1. La ausencia está representada por el 0% de frecuencia relativa.

2. El valor máximo de la escala (D) es igual al valor de la clase morfológica que posee la mayor frecuencia relativa de la asociación.

3. Raros se han considerado a los fitolitos cuyas clases morfológicas poseen valores de frecuencias relativas superiores al 0% y que no superan el límite A, siendo $A = 0,1 \times D$.

4. Escasos se han considerado a los fitolitos cuyas clases morfológicas poseen valores de frecuencias relativas iguales o superiores a A y que no superan el límite B, siendo $B = 0,3 \times D$.

5. Frecuentes se han considerado a los fitolitos cuyas clases morfológicas poseen valores de frecuencias relativas iguales o superiores a B y que no superan el límite C, siendo $C = 0,6 \times D$.

6. Muy frecuentes se han considerado a los fitolitos cuyas clases morfológicas poseen valores de frecuencias relativas entre C y D.

Los datos recabados para el tratamiento numérico son del tipo multiestado cuantitativos continuos (frecuencias relativas).

El tratamiento numérico como las descripciones, se realizaron sobre 49 elementos morfológicos, los cuales se enumeran en el Apéndice I.

Las frecuencias relativas de todas las asociaciones fitolíticas, se detallan en el Apéndice II, y son los valores que se tomaron para la confección de la matriz básica de datos (MBD), sobre la que se efectuaron los análisis numéricos.

La MBD fue estandarizada por caracteres, con el fin de expresar los valores de los mismos en unidades de desviación estándar. Se utilizaron dos técnicas de análisis numérico multivariado, para saber a partir de esta MBD estandarizada el grado de afinidad entre las asociaciones fitolíticas o unidades taxonómicas operacionales (OTUs): el análisis de agrupamiento y el análisis de componentes principales.

En el análisis de agrupamiento, se utilizó el método de los pares ordenados no ponderados usando la media aritmética (UPGMA) (Sokal & Sneath, 1963); para lo cual se obtuvo dos matri-

ces de similitud: una mediante el coeficiente de distancia "Manhattan distance" (Sneath & Sokal, 1973) y otra mediante el coeficiente "momento producto de Pearson" (Sneath & Sokal, 1973). En ambos casos se obtuvieron sendos fenogramas que muestran la relación de similitud y correlación entre la totalidad de OTUs. La distorsión de los fenogramas con respecto a la matriz de similitud que lo originó, se midió mediante el coeficiente de correlación cofenético (Sokal & Rohlf, 1962), considerándose a 0,80 como el límite inferior de la distorsión aceptable.

Como método de ordenación se aplicó el análisis de componentes principales (Clifford & Stephenson, 1975), para ello se calculó a partir de la MBD estandarizada una matriz de correlación mediante la utilización del coeficiente "momento producto de Pearson" entre cada par de caracteres (Crisci & López Armengol, 1983). El análisis de componentes principales se efectuó sobre esta matriz de correlación entre caracteres, extrayéndose los tres primeros componentes.

Estas técnicas de análisis fueron desarrolladas en un ordenador personal, mediante el sistema de programas NTSYS-PC versión 1.70 (Rohlf, 1992).

La metodología descriptiva y terminología utilizada ha sido desarrollada en los párrafos previos.

Material estudiado: De todos los ejemplares citados se han obtenido muestras por separado de: raíz, hoja, caña e inflorescencia para la obtención de las asociaciones fitolíticas parciales, y mediante el conjunto de las muestras se obtuvo la asociación de la planta entera

ARGENTINA. Prov. Entre Ríos: Dpto. Federación, Ciudad de Federación, 19/IX/92 (fl y fr), A. F. Zucol 203 (SI); Balneario de Santa Ana, 19/IX/92 (fl y fr), A. F. Zucol 126 (SI). Dpto. Concordia, Península Soler, 18/IX/92 (fl y fr), A. F. Zucol 120 (SI); 17/IX/92 (fl y fr), A. F. Zucol 167 (SI); Puerto Yerúa, 22/IX/92 (fl), A. F. Zucol 199 (SI); 12/IX/92 (fl y fr), A. F. Zucol 214 (SI). Dpto. Uruguay, campos cercanos a la ciudad de Concepción del Uruguay, 25/IX/92 (fl y fr), A. F. Zucol 160 (SI); 25/IX/92 (fl y fr), A. F. Zucol 200 (SI). Dpto. Gualeguaychú, Ruta 14, en las cercanías de la ciudad de Gualeguaychú, 25/IX/92 (fl y fr), A. F. Zucol 159 (SI); Puerto Unzué, 25/IX/92 (fl y fr), A. F. Zucol 215 (SI).

RESULTADOS

Posición sistemática:

Piptochaetium montevidense (Sprengel) Parodi. *Revista Fac. Agron. Veterin.* 7 (1): 163. 1930. *Caryochloa montevidensis* Sprengel, *Syst. Veget. cur. poster.*: 30. 1827. Stipeae: Poaceae.

Especie perenne, cespitosa, densa y baja, de 10-60 cm alt.; cuya distribución geográfica abarca Argentina, Bolivia, Sur de Brasil, Chile central, Paraguay y Uruguay, difundida en campos altos (preferentemente naturales) y montes subxerófilos.

Órganos utilizados en la descripción:

Para la realización de la descripción de la asociación fitolítica de *P. montevidense* se han definido previamente las asociaciones de: 1. Raíz, 2. Lámina foliar y vaina (incluida hoja bandera), 3. Caña y 4. Inflorescencia, con el fin de dilucidar que aporte realiza cada una de ellas a la asociación fitolítica de la planta completa (5).

Todos los ejemplares muestreados se encontraban en floración y fructificación y en algunos casos únicamente en floración.

Descripción de los fitólitos:

1. Raíz (Fig. 1 A, B)

Formas articuladas

Elementos subepidérmicos: escasos, compuestos por elementos individuales de formas irregulares y en algunos casos formados por elementos elongados, más o menos rectangulares, de tamaño variable.

Fitólitos no identificados: Dentro de este ítem se han incluido fitólitos originados en tejidos de conducción, ya que Twiss (1992) no los describe en sus clases morfológicas. Estos fitólitos se encuentran en forma muy frecuente, formados por elementos tubulares de paredes lisas o con engrosamientos, perforadas o no; asociados entre sí en número variable de elementos o bien con elementos elongados.

Formas aisladas

Clase Pooide: Rectangulares frecuentes, de tamaño variable.

Clase Elongados: Elongados lisos escasos. *Clase en Abanicos y Poliédricos:* En Abanicos lisos escasos, de contorno no muy bien definidos, en al-

gunos casos algo irregulares; Poliédricos lisos frecuentes, de tamaño variable. *Clase Aguzados:* Ápicos de formas aguzadas raros. Formas triangulares raras.

Fitólitos no identificados: Espacios intercelulares raros. Elementos del tejido de conducción muy frecuentes, de forma tubular, con paredes de grosor variable, principalmente lisas y perforadas, menos frecuentemente con engrosamientos y sin perforaciones, de tamaño variable.

2. Hoja (Fig. 2 A, B)

Formas articuladas

Elementos subepidérmicos: escasos, de forma isodiamétrica, irregular o algo alargada, asociados entre sí exclusivamente o con células largas. *Elementos buliformes:* escasos, redondeados, más o menos isodiamétricos o alargados, asociados principalmente entre sí o con algunas células largas.

Células largas: muy frecuentes, de paredes lisas, onduladas o levemente sinuosas; asociadas entre sí o con elementos subepidérmicos, buliformes, células cortas, ganchos, aguijones y aparatos estomáticos. *Células cortas:* muy frecuentes, en general halteriformes de centro cóncavo o corto y final convexo o recto, menos frecuentemente de centro largo o nodular; asociadas principalmente con células largas y por medio de éstas con ganchos, aguijones y aparatos estomáticos. *Aguijones:* frecuentes, de tamaño mediano, superficie basal elíptica y barba robusta; asociados a células largas y en menor frecuencia a células cortas. *Ganchos:* frecuentes, de superficie basal isodiamétrica, y barba mediana cuya longitud no supera el diámetro de la superficie basal; asociados a células largas y cortas. *Aparatos estomáticos:* frecuentes, en aparatos aislados o asociados a células largas, cortas y ganchos, de componentes enteros o menos frecuentemente fragmentados.

Fitólitos no identificados: Se han hallado fitólitos asociados cuyos componentes son más o menos isodiamétricos, de contorno anguloso, los cuales pueden ser identificados como elementos subepidérmicos pero dada su particular morfología no se los ha incluido en esa clase.

Formas aisladas

Clase Pooide: Rectangulares frecuentes, de contorno liso o ligeramente ondulado; Trapezoidales escasos de menor tamaño que los rectangulares. *Clase*

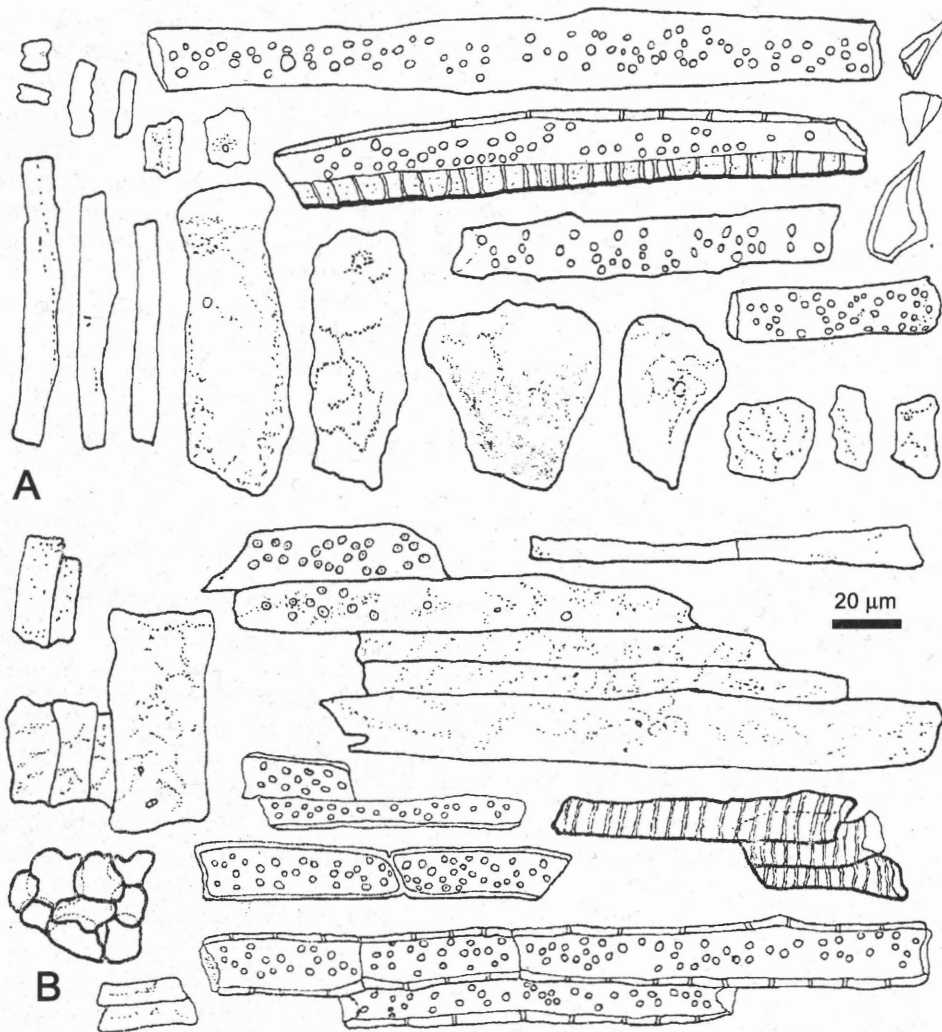


Fig. 1. Asociación fitolítica de raíz. A: Formas articuladas. B: Formas aisladas.

se Panicoide: Halteriformes de centro cóncavo o corto y final convexo, muy frecuentes; de centro corto o largo y final recto o convexo frecuentes; de centro nodular, escasos y Halteriformes complejos y regulares, escasos, todos estos fitolitos son pequeños y en muchos casos se hace difícil su diferenciación.

Clase Elongados: Elongados lisos frecuentes, en su mayoría delgados; Elongados sinuosos escasos, de contorno suavemente ondulado o bien sinuosos con una longitud de onda de la sinuosidad mucho más pequeña que en las onduladas. *Clase en Abanicos y Poliédricos*: en Abanicos lisos frecuentes, de tamaño y forma variada; en Abanicos crenados escasos, de forma más irregulares que los lisos; Poliédricos lisos

frecuentes, de tamaño variable; Poliédricos crenados escasos, de similar tamaño y forma que los Poliédricos lisos. *Clase Aguzados*: Ápices de formas aguzadas muy frecuentes, de tamaño muy variable; Porciones medias de pelos raros, de diámetro variable; Ganchos frecuentes, de superficie basal isodiamétrica y barba aguzada; Agujones frecuentes, de superficie basal elíptica, paredes gruesas y barba de longitud variable; Formas triangulares muy frecuentes, en general son tenues y de tamaño pequeño.

Fitolitos no identificados: Se han hallado en forma rara elementos tubulares de paredes lisas, gruesas y perforadas, que pueden ser asignados a porciones de elementos del tejido de conducción.

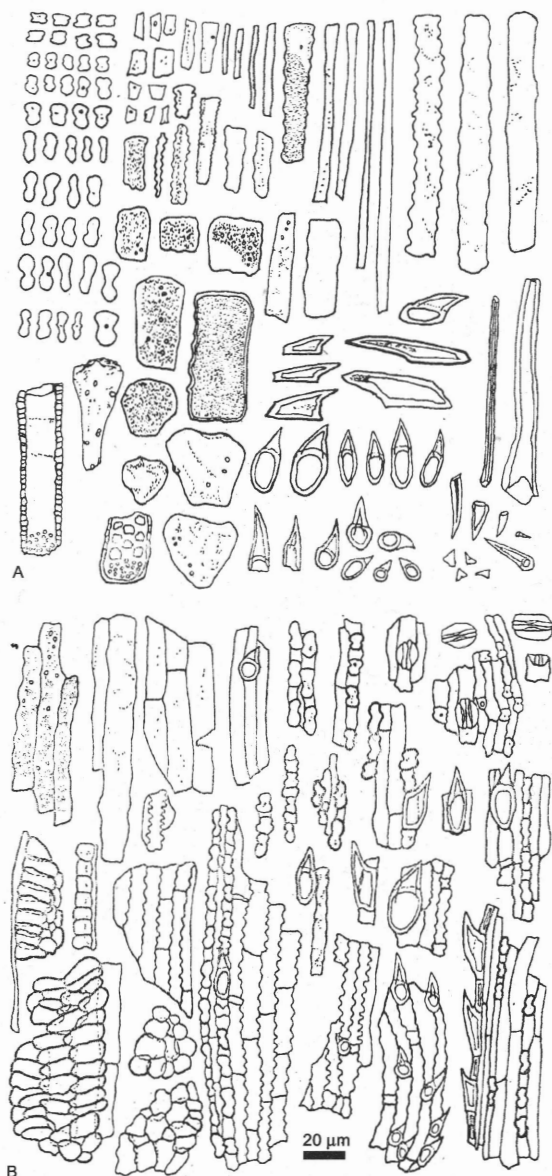


Fig. 2. Asociación fitolítica de hoja. A: Formas articuladas. B: Formas aisladas.

3. Caña (Fig. 3 A, B)

Formas articuladas

Elementos subepidérmicos: escasos, pequeños, de forma redondeada asociados en escaso número de elementos, o de forma irregular algo isodiamétricos asociados en un número elevado de elementos, en ambos casos asociados exclusivamente entre sí.

Células largas: muy frecuentes, de paredes

anticlinales longitudinales lisas, onduladas o sinuosas en "□" con longitud de onda corta, asociadas con células cortas, agujijones, ganchos y aparatos estomáticos. *Células cortas*: muy frecuentes, irregulares, crenadas y oblongas, algo redondeadas o halteriformes de centro cóncavo y final convexo; asociadas a células largas, y por medio de éstas con ganchos y aparatos estomáticos. *Aguijones*: raros, de superficie basal elíptica, barba aguda, de longitud variable; asociados a células largas principalmente a las del tipo de paredes lisas. *Ganchos*: muy frecuentes, de superficie basal isodiamétrica y barba mediana; asociados con células largas principalmente de paredes sinuosas, y muy raramente con las de paredes onduladas. *Aparatos estomáticos*: frecuentes, de componentes enteros, asociados a células largas de paredes lisas u onduladas y menos frecuentemente en aparatos aislados.

Fitolitos no identificados: Se han hallado elementos rectangulares, pequeños, asociados entre sí exclusivamente, cuyo origen no ha podido ser establecido.

Formas aisladas

Clase Pooide: Rectangulares escasos, de contorno liso a ligeramente ondulado; Redondeados raros, pequeños, a veces algo irregulares; Crenados y oblongos escasos; Trapezoidales frecuentes. *Clase Panicoide*: Halteriformes de centro cóncavo y final convexo, frecuentes.

Clase Elongados: Elongados lisos y sinuosos escasos, pequeños. *Clase en Abanicos y Poliédricos*: en Abanicos lisos escasos, pequeños, de contorno variado; Poliédricos lisos frecuentes. *Clase Aguzados*: Ápices de formas aguzadas escasos, en general pequeños; Ganchos escasos, similares a los descriptos para las formas articuladas, si bien en forma rara se han hallado ganchos de superficie basal más o menos isodiamétrica cuyo tamaño es intermedio entre la de los ganchos anteriormente descriptos y la de los agujijones; Agujijones, raros, de superficie basal elíptica y paredes gruesas; Formas triangulares, frecuentes, tenues, de forma y tamaño variable.

Fitolitos no identificados: Se han hallado fitolitos similares a los de la Clase en Abanicos y Poliédricos, si bien en parte de su contorno presentan formas irregulares que no pueden ser tomadas como crenadas.

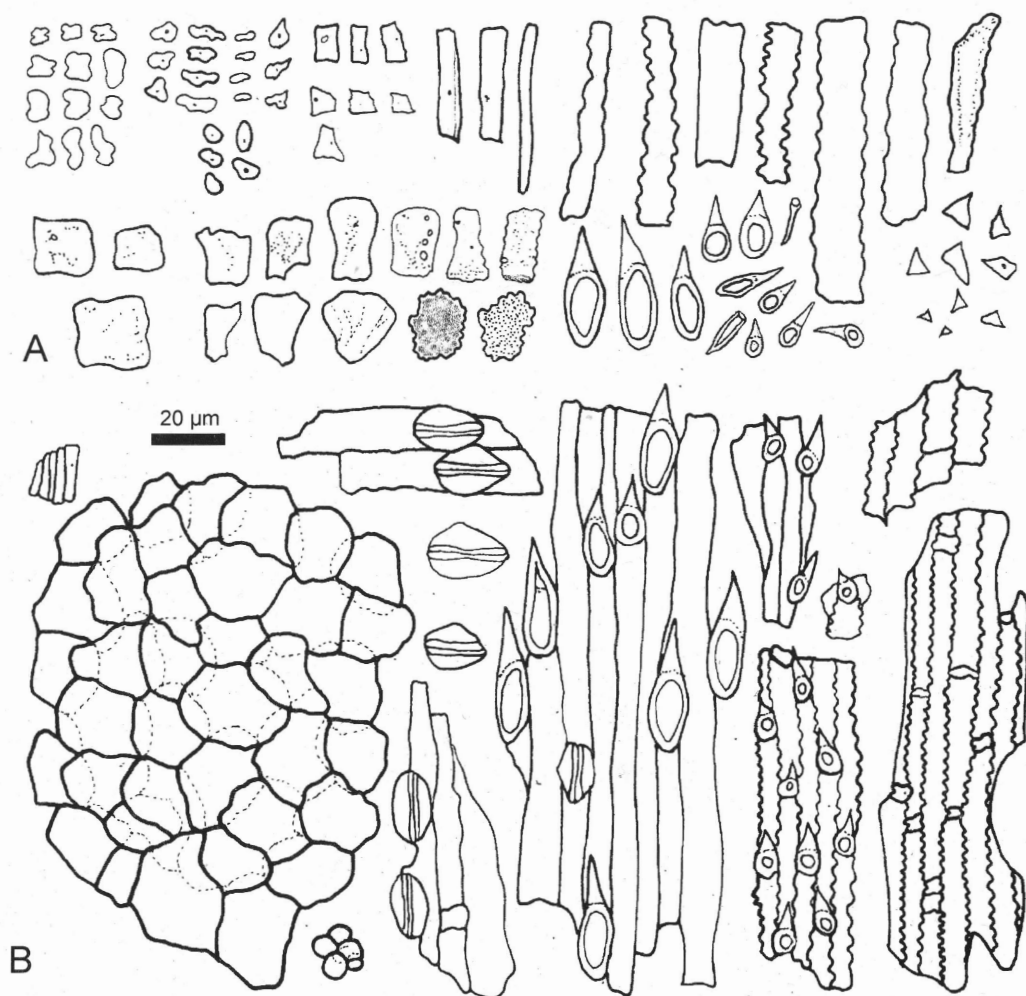


Fig. 3. Asociación fitolítica de caña. A: Formas articuladas. B: Formas aisladas.

4. Inflorescencia (Fig. 4 A, B)

Formas articuladas

Elementos subepidérmicos: escasos, con elementos pequeños bastante isodiamétricos; asociados exclusivamente entre sí o menos frecuentemente con células largas. *Elementos buliformes*: raros, con elementos de forma elongada o algo poliédrica; asociados entre sí o con células largas de superficie irregularmente engrosada.

Células largas: muy frecuentes, de formas y asociaciones variadas, se han hallado: Células largas de paredes anticlinales lisas y superficie irregularmente engrosada, que se intercalan con bandas de elementos cortos en superficie similares a los descritos para los elementos buliformes, y que se encuentran también asociadas

a aguijones de paredes robustas y a conjuntos de células en grupos diferenciados por su forma y el grosor de sus paredes. Células largas de paredes anticlinales longitudinales lisas o levemente onduladas, que se asocian a células cortas, ganchos, aguijones y aparatos estomáticos. Células largas de paredes anticlinales longitudinales sinuosas de longitud y ancho variables, asociadas principalmente entre sí o en menor medida con ganchos, aguijones y células cortas. *Células cortas*: escasas, alargadas y angostas, y menos frecuentemente halteriformes de centro cóncavo y final convexo; asociadas a células largas de paredes lisas, onduladas o sinuosas. *Aguijones*: frecuentes, de superficie basal levemente elíptica y barba larga; asociados a células largas. *Ganchos*: escasos, pequeños, de superficie basal isodiamétrica y barba corta y aguda. *Aparatos*

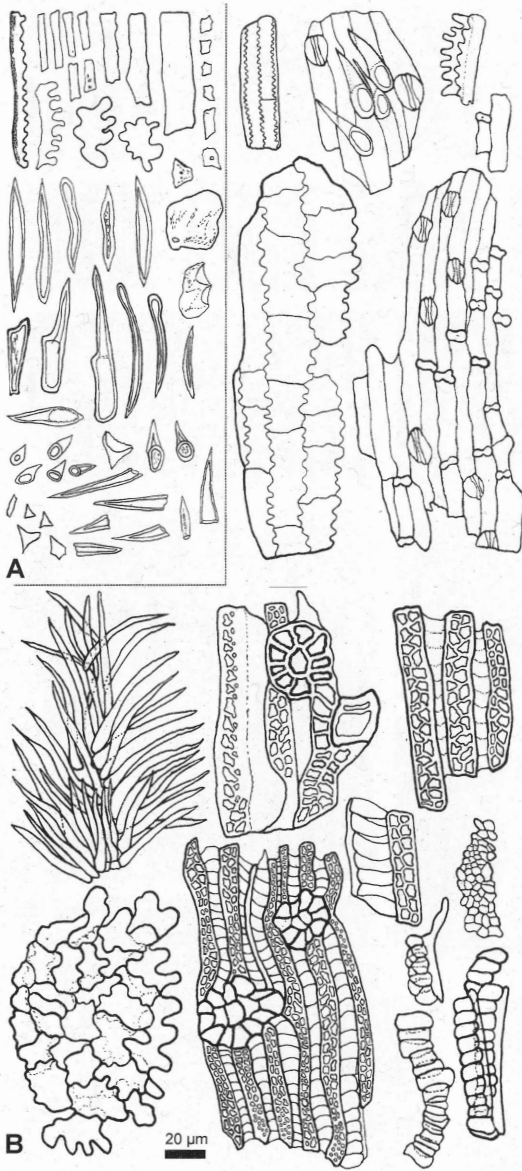


Fig. 4. Asociación fitolítica de inflorescencia. A: Formas articuladas. B: Formas aisladas.

estomáticos: escasos, de componentes enteros, asociados a células largas, principalmente de paredes anticlinales longitudinales lisas u onduladas.

Fitólitos no identificados: Dentro de las formas no identificadas figuran: elementos rectangulares de superficie engrosada irregularmente y elementos elongados de superficie lisa asociados entre sí. Elementos lobulados asociados entre sí en número variable de componentes o menos frecuentemente con elementos elongados. Fitólitos conformados por ele-

mentos aguzados de base abultada o no y longitud variable, que no se los ha considerado como agujones ni pelos asociados, por su dudoso origen tisular.

Formas aisladas

Clase Pooide: Rectangulares escasos, de contorno liso; Trapezoidales frecuentes, pequeños, en algunos casos algo irregulares.

Clase Elongados: Elongados lisos escasos, de tamaño variable. *Clase en Abanicos y Poliédricos*: en Abanicos lisos y Poliédricos lisos escasos. *Clase Aguzados*: Ápices de formas aguzadas muy frecuentes, de tamaño y origen variable; Ganchos escasos, pequeños, de superficie basal isodiamétrica y barba corta y aguda; Agujones muy frecuentes, se han hallado los de superficie basal elíptica y barba corta y robusta, y los de superficie basal no tan claramente delimitada y barba larga y tenue, ambos tipos, si bien diferenciados por su origen -como fuera descrito para las formas articuladas- han sido considerados conjuntamente ante la imposibilidad de delimitarlos cuando se presentan en forma aislada; Formas triangulares escasos, de contorno variado.

Fitólitos no identificados: Dentro de los fitólitos no identificados se han considerados: Elementos irregulares cuyas superficies copian el contorno de los elementos celulares adyacentes resultando formas que no pueden ser asignadas a las clases morfológicas anteriormente descritas. Fitólitos de contorno lobulado ya sea en la totalidad del fitolito o bien solo en una porción del mismo, los cuales se relacionan con los descritos en las formas articuladas. Fitólitos en forma de huso, que pueden considerarse como elementos aislados de las porciones de origen incierto descritas en las formas articuladas, y que se diferencian de los elementos incluidos en los Agujones de la Clase Aguzados en que no poseen zona basal diferenciada.

5. Planta completa

Formas articuladas

Elementos subepidérmicos: (Fig. 5 Q) frecuentes, formados por elementos individuales irregulares, isodiamétricos o elongados; asociados entre sí o con células largas, de tamaño variable. *Elementos buliformes*: raros, redondeados, ligeramente alargados o poliédricos; asociados entre sí o con células largas.

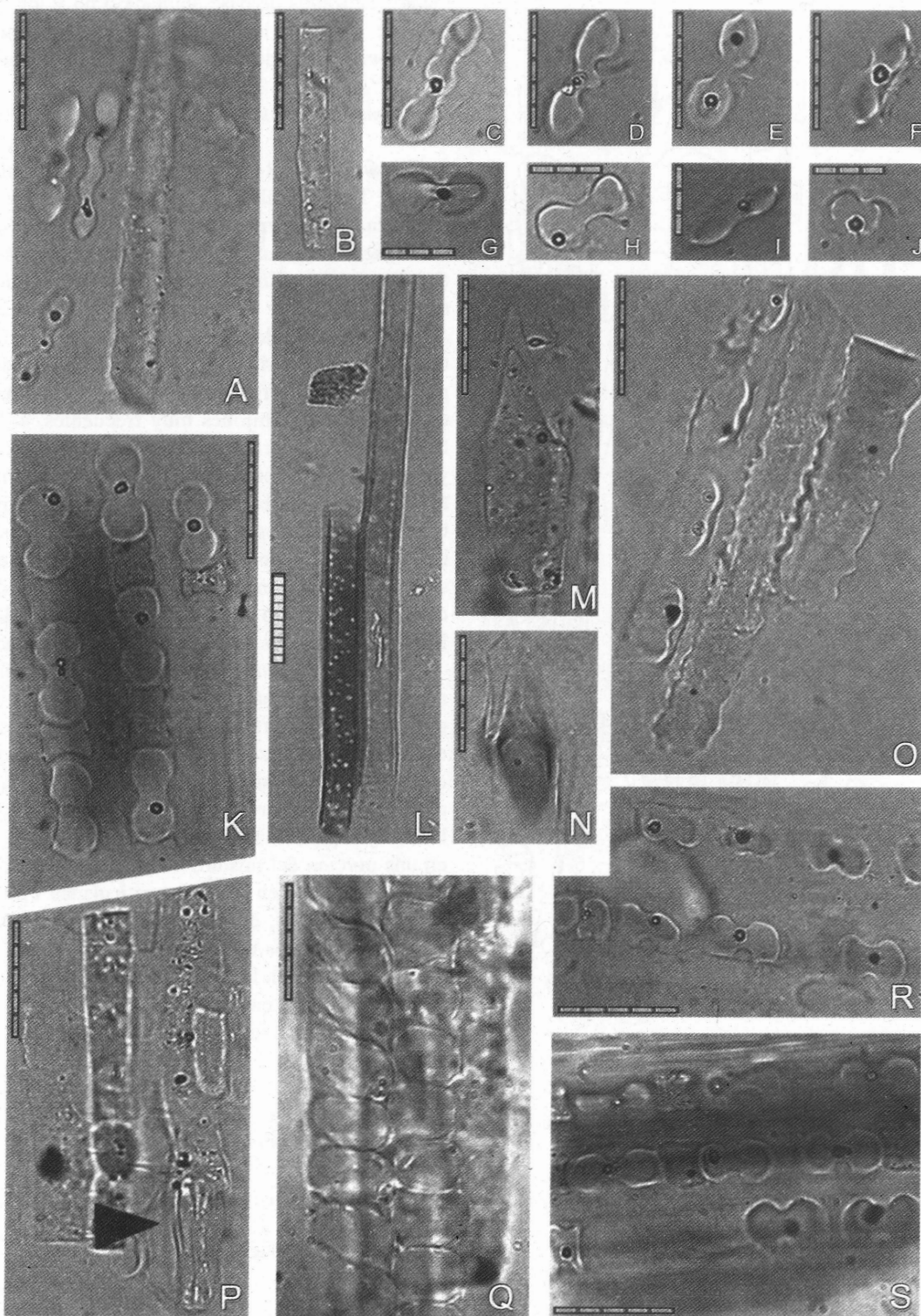


Fig. 5. Asociación fitolítica de planta completa. **A y C:** Halteriformes complejos y regulares. **B:** Elongado liso. **D:** Halteriforme de centro nodular. **E-J:** Halteriformes de centro corto o largo y final convexo o recto. **K, R y S:** Células cortas articuladas. **L:** Fitolito articulado no identificado (tipo 1). **M y N:** Agujones articulados. **O:** Células largas articuladas. **P:** Aparato estomático articulado (▴). **Q:** Elementos subepidérmicos articulados. Escalas: **A-F, K, M-S**=20 μ m; **G-J**=12 μ m; **L**=40 μ m.

Células largas: (Fig. 5 O) muy frecuentes, de paredes lisas, onduladas o sinuosas, de tamaño muy variable; asociadas entre sí, con elementos subepidérmicos, buliformes, células cortas, ganchos, aguijones y aparatos estomáticos. Dentro de estos fitólitos debe destacarse la presencia de células largas de superficie irregularmente engrosada como las observadas en la asociación fitolítica de inflorescencia. *Células cortas:* (Fig. 5 K, R, S) muy frecuentes, halteriformes de centro cóncavo y final convexo, en menor frecuencia las de centro corto y final convexo o recto, de centro largo o nodular, largas y angostas, crenadas y oblongas, irregulares o redondeadas; asociadas con células largas y por medio de éstas con aguijones, ganchos y aparatos estomáticos. *Aguijones:* (Fig. 5 M, N) frecuentes, de superficie basal elíptica a levemente elíptica, de barba robusta, corta a mediana; asociados a células largas, cortas y ganchos, y muy raramente a aparatos estomáticos. *Ganchos:* frecuentes, de superficie basal isodiamétrica y barba aguda, corta a mediana; asociados a células largas, cortas, aguijones y aparatos estomáticos. *Aparatos estomáticos:* (Fig. 5 P) frecuentes, con componentes enteros o menos frecuentemente fragmentados, principalmente asociados a células largas, cortas, ganchos o aguijones y menos frecuentemente aislados.

Fitólitos no identificados: dentro de este ítem se han incluido: 1. Elementos asociados de fragmentos del tejido conductor (Fig. 5 L), como los observados en la asociación fitolítica de raíz. 2. Fitólitos formados por elementos más o menos isodiamétricos, de contorno anguloso, como los observados en la asociación fitolítica de hoja. 3. Fitólitos formados por elementos rectangulares pequeños asociados entre sí exclusivamente. 4. Fitólitos formados por elementos rectangulares de superficie irregularmente engrosada y por elementos elongados de superficie lisa, los cuales se asocian entre sí. 5. Fitólitos conformados por elementos lobulados, asociados entre sí o menos frecuentemente con elementos elongados. 6. Fitólitos formados por elementos aguzados de base abultada o no y longitud variable.

Formas aisladas

Clase Pooide: Redondeados raros; Rectangulares frecuentes; Crenados y oblongos raros; Trapezoidales frecuentes. *Clase Panicoide:* Halteriformes de centro cóncavo y final convexo frecuente; de centro corto o largo y final convexo o

recto escasos (Fig. 5 E – J), en algunos casos del tipo *Stipa* (*sensu* Fredlund & Tieszen, 1994); de centro nodular raros (Fig. 5 D); Halteriformes complejos y regulares raros (Fig. 5 A, C).

Clase Elongados: Elongados lisos frecuentes (Fig. 5 B); Elongados sinuosos raros. *Clase en Abanicos y Poliédricos:* en Abanicos lisos frecuentes; en Abanicos crenados raros; Poliédricos lisos frecuentes; Poliédricos crenados raros. *Clase Aguza-* dos: Ápices de formas aguzadas muy frecuentes; Porciones medias de pelos raros; Ganchos escasos; Aguijones frecuentes; Formas triangulares frecuentes.

Fitólitos no identificados: 1. Elementos irregulares cuyas superficies copian el contorno de los elementos celulares adyacentes. 2. Elementos de conducción de forma tubular, paredes de grosor variable, lisas, perforadas o con engrosamientos. 3. Fitólitos de contorno lobulado, ya sea en la totalidad del fitolito o bien solo una porción del mismo. 4. Fitólitos en forma de huso.

Definición de las asociaciones fitolíticas:

1. Asociación fitolítica de raíz

Asociación definida por la presencia en elevada frecuencia de elementos del sistema de conducción en sus formas articuladas y aisladas. En forma frecuente también están presentes los fitólitos rectangulares y los poliédricos lisos.

2. Asociación fitolítica de hoja

Asociación definida por la elevada frecuencia de células largas y cortas entre las formas articuladas y de fitólitos halteriformes con centro cóncavo o corto y final convexo, ápices de formas aguzadas y formas triangulares. De modo frecuente se presentaron los fitólitos articulados con aguijones, ganchos y aparatos estomáticos, y formas aisladas como los fitólitos rectangulares, halteriformes de centro largo y final convexo, de centro corto y final recto, fitólitos elongados lisos, en abanicos lisos, poliédricos lisos, ganchos y aguijones.

3. Asociación fitolítica de caña

Asociación definida por la elevada frecuencia de formas articuladas con células largas, células cortas y ganchos. En forma frecuente se presentan los aparatos estomáticos, fitólitos trapezoidales, halteriformes de centro cóncavo y final convexo, poliédricos lisos y formas triangulares.

4. Asociación fitolítica de inflorescencia

Asociación definida por la presencia de células largas articuladas, ápices de formas aguzadas y aguijones aislados, en forma muy frecuente; y aguijones articulados y fitolitos trapezoidales dentro de las formas frecuentes.

5. Asociación fitolítica de planta completa

La asociación de la especie se define por la elevada frecuencia de fitolitos articulados de células largas y cortas y fitolitos de ápices de formas aguzadas. Son frecuentes en esta asociación elementos subepidérmicos, aguijones, ganchos y aparatos estomáticos dentro de las formas articuladas; y fitolitos rectangulares, trapezoidales, halteriformes de centro cóncavo y final convexo, elongados lisos, en abanicos lisos, poliédricos lisos, aguijones y formas triangulares, dentro de las formas aisladas.

DISCUSIÓN

En la asociación fitolítica de raíz, dentro de la Clase Aguzados (formas aisladas) se han observado, elementos cuyo origen podría asignarse a aguijones, si bien por su morfología no se los tomó como pertenecientes a esta clase morfológica ya que al ser observados con mayor detalle son similares a los fitolitos descriptos por Bertoldi de Pomar (1971) para la Submorfotribu Nasoprismatolita, también descriptos por Parry & Smithson (1964 y 1966) en hoja e inflorescencia de *Nardus stricta* L. En lo que respecta a las formas triangulares de la misma clase, estos son elementos algo irregulares y difieren de las formas triangulares halladas en hoja, caña e inflorescencia por su tamaño y morfología.

Las formas aisladas como las articuladas de la asociación fitolítica de hoja, presentan células cortas bastantes pequeñas, lo cual en algunos casos hace muy difícil la diferenciación de los morfotipos halteriformes.

La asociación fitolítica de caña presenta entre las células largas articuladas, una marcada diferencia no solo en lo que a sus paredes anticlinales longitudinales respecta, sino en lo referente a su tamaño y elementos con que se asocian; así las células largas de paredes anticlinales longitudinales lisas y onduladas son comparativamente mayores en sus dimensiones que las de paredes sinuosas, a su vez las células largas de paredes lisas se encontraron asociadas a aguijones y

en menor medida a aparatos estomáticos, mientras que las de paredes onduladas se presentaron asociadas a aparatos estomáticos y células cortas grandes, largas y angostas, y muy raramente halteriformes; por último, las células largas de paredes sinuosas se asocian con ganchos y células cortas pequeñas halteriformes de centro cóncavo y final convexo y menos frecuentemente largas y angostas.

Dentro de las células cortas articuladas no se han observado largas hileras continuas de células como las observadas en las zonas costales foliares.

En lo referente a la asociación fitolítica de inflorescencia, las células largas articuladas presentan una gran variabilidad, lo cual se encuentra en relación con el origen de éstas células. Se observaron células largas de paredes lisas, onduladas o sinuosas similares en tamaño y morfología a las descriptas para la asociación fitolítica de caña, células largas de paredes anticlinales longitudinales onduladas o sinuosas comparativamente mayores que las anteriores y por lo general asociadas exclusivamente entre sí, y células largas de paredes lisas y superficie irregularmente engrosada asociadas a elementos buliformes, aguijones de paredes gruesas y a grupos de células de forma irregular y paredes de mayor grosor que las existentes en las células largas adyacentes.

Dentro de las asociaciones fitolíticas parciales, pudo observarse que la asociación de raíz se diferencia claramente de las restantes; las asociaciones de caña e inflorescencia se han diferenciado también de la asociación de hoja, si bien en menor escala.

En lo que respecta a su comparación con la asociación fitolítica de la planta completa, en los análisis de agrupamientos se observó una elevada correlación entre las asociaciones de hoja y la de planta completa por una parte, y las asociaciones de caña e inflorescencia por otra (Fig. 6 A, B); estos mismos agrupamientos y su diferenciación de la asociación fitolítica de raíz, se presentaron también en el análisis de componentes principales (Fig. 6 C).

A la separación de la asociación fitolítica de raíz de las restantes (inclusive la de planta completa), contribuyeron las frecuencias relativas de los fitolitos no identificados asociados, los elementos subepidérmicos articulados y de los fitolitos rectangulares, en abanicos lisos, poliédricos lisos, ganchos aislados, formas triangulares y espacios intercelulares.

Mientras que a la separación de las asociaciones de hoja y de planta completa de las asociaciones de caña e inflorescencia, contribuyen las frecuencias

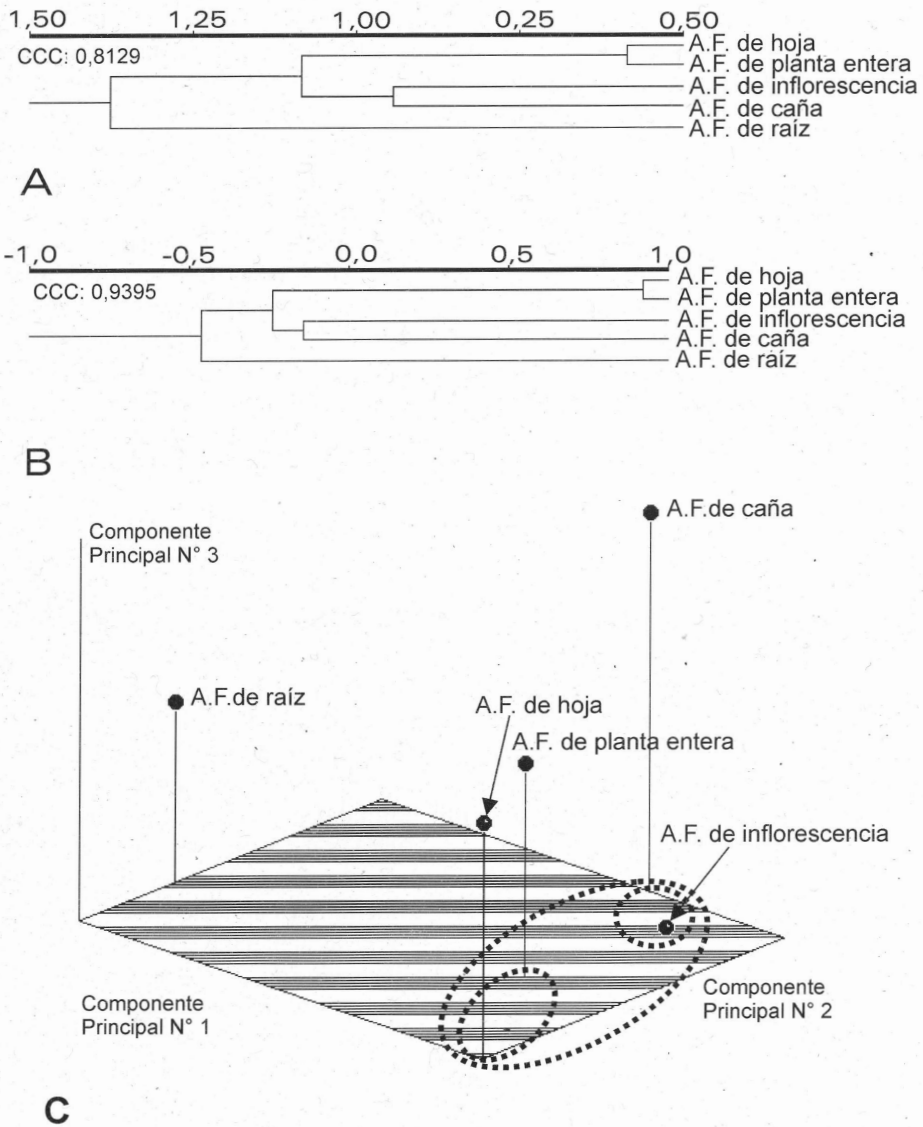


Fig. 6. Relaciones entre las Asociaciones Fitolíticas (A. F.) resultantes del análisis de agrupamientos (UPGMA): **A:** Fenograma de distancia (Manhattan distance). **B:** Fenograma de correlación (coeficiente momento producto de Pearson). **CCC:** coeficiente de correlación cofenética. **C:** Gráfico de las relaciones entre las asociaciones fitolíticas resultantes de los análisis de componentes principales (PCA). Diagrama tridimensional de los componentes principales 1, 2 y 3 (99,99% de traza).

relativas de fitolitos articulados con células largas, cortas y ganchos, y las frecuencias relativas de fitolitos redondeados, crenados y oblongos, trapezoidales, halteriformes de centro cóncavo, corto y largo y final convexo o recto y de centro nodular, como así también los complejos y regulares, fitolitos elongados sinuosos, en abanicos y poliédricos crenados, porciones medias de pelos, ápices de formas aguzadas y agujones enteros aislados.

Se presentaron tres grupos de caracteres, con similar aporte de variabilidad a los componentes principales, el primero de ellos formado por las abundancias relativas de fitolitos articulados no identificados y de fitolitos rectangulares; otro formado por las abundancias relativas de fitolitos redondeados y crenados y oblongos; y el formado por las abundancias relativas de fitolitos elongados, en abanicos y poliédricos crenados, halteriformes de centro corto

o largo y final convexo o recto, de centro nodular, complejos y regulares y fitolitos de porciones medias de pelos.

En los análisis numéricos se han eliminado previamente los caracteres que se comportaron en forma invariable para el conjunto de asociaciones fitolíticas estudiadas (caracteres 7, 10, 11, 14, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 28, 30, 31, 34, 35, 36, 39, 42 y 45 del Apéndice I).

En lo que respecta al aporte que cada órgano realiza a la asociación fitolítica de la planta completa, la asociación de raíz contribuye mediante su elevada frecuencia de fitolitos no identificados asociados cuya morfología se ha relacionado con elementos de los tejidos de conducción, y en menor frecuencia fitolitos rectangulares y poliédricos lisos. La asociación de hoja contribuye en la mayoría de las formas fitolíticas descriptas para la planta entera. Mientras que las asociaciones de caña e inflorescencia contribuyen en su conjunto mediante fitolitos trapezoidales y con distintos tipos de células largas asociadas; la asociación de inflorescencia contribuye por su parte con fitolitos de aguijones asociados y aislados, y ápices de formas aguzadas; y la asociación de caña, contribuye además con fitolitos asociados de células cortas, ganchos y aparatos estomáticos y fitolitos aislados halteriformes de centro cóncavo y final convexo, poliédricos lisos y formas triangulares.

CONCLUSIONES

De los análisis realizados sobre las diferentes asociaciones fitolíticas, puede concluirse que la hoja es el órgano que más ha contribuido a la asociación fitolítica de la planta entera, en un segundo nivel, la caña ha contribuido también a ésta asociación; mientras que la inflorescencia aporta fitolitos que en la asociación de planta completa son bastantes peculiares y característicos de éste órgano; de igual modo pero en menor frecuencia, la raíz también contribuye con fitolitos peculiares.

En lo que respecta a la afinidad sistemática de esta especie, la tribu Stipeae ha sido incluida según los distintos autores en la subfamilia o como afin a la subfamilia Bambusoideae (Wheeler *et al.*, 1982; Dahlgren *et al.*, 1985), a la subfamilia Pooideae (Gould & Shaw, 1983; Clayton & Renvoize, 1986) o a la subfamilia Arundinoideae (Watson *et al.*, 1985;

Barkworth & Everett, 1987; Watson & Dallwitz, 1992).

En lo que respecta a sus fitolitos, Twiss (1992) caracteriza a la subfamilia Bambusoideae por la presencia de cuerpos silíceos del tipo olyroide, en cruces, en silla de montar y en pesas de gimnasia elongadas verticalmente en las zonas costales foliares y rectangulares y células largas de paredes sinuosas en la zona intercostal.

Para la subfamilia Pooideae, este autor reconoce la presencia de cuerpos silíceos elongados horizontalmente, oblongos, elípticos, circulares, en luna creciente, rectangulares, nodulares y células largas intercostales fusiformes o rectangulares de paredes rectas o sinuosas. En esta subfamilia están ausentes los cuerpos silíceos en silla de montar tipo chloridoide o en pesas de gimnasia o cruces del tipo panicoides.

La subfamilia Arundinoideae posee una difícil caracterización por medio de sus fitolitos, pudiéndose encontrar en sus componentes cuerpos silíceos cuadrados, rectangulares, trapezoidales cortos, redondeados, oblongos, crenados, en silla de montar, en cruces, en pesa de gimnasia y elongados horizontalmente (Twiss, 1992).

Según lo observado en la asociación fitolítica descripta para esta especie, como así también las definidas por el autor para otras Stipeae (Zucol, 1996), todas estas asociaciones se caracterizan por la ausencia de fitolitos del tipo olyroide y los halteriformes elongados verticalmente característicos de la subfamilia Bambusoideae. La presencia de diferentes tipos de fitolitos halteriformes diferencia a estas asociaciones de la subfamilia Pooideae. Por lo cual, las asociaciones descriptas presentan una gran afinidad con la asociación tipo definida por Twiss (1992) para la subfamilia Arundinoideae, en concordancia con lo fundamentado por Barkworth, Everett, Watson y Dallwitz, quienes asignan la tribu Stipeae a la subfamilia Arundinoideae.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer a Z. Rúgolo de Agrasar, A. E. Artabe, M. O. Manceñido, O. Morrone y F. O. Zuloaga por la lectura crítica del manuscrito y el apoyo brindado durante la realización de este trabajo, y a los árbitros que mediante sus sugerencias permitieron en su conjunto mejorar el presente artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- BARKWORTH, M. E. & J. EVERETT. 1987. Evolution in the Stipeae: identification and relationships of its monophyletic taxa. In: SODERSTROM, T. R. et al. (eds.), *Grass systematics and evolution*, pp. 251-264. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.
- BENGSTON, S. 1985. Taxonomy of disarticulated fossils. *J. Paleont.* 59: 1350-1358.
- BERTOLDI DE POMAR, H. 1971. Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana* 7: 317-328.
- CLAYTON, W. D. & S. A. RENVOIZE. 1986. Genera Graminum. Grasses of the world. Royal Botanic Gardens, Kew, London.
- CLIFFORD, H. T. & W. STEPHENSON. 1975. *An introduction to numerical classification*. Academic Press, New York.
- CRISCI, J. V. 1978. Clasificación biológica: Naturaleza, objetivos, fundamentos. *Revista Mus. La Plata (Obra del Centenario)* 4: 51-61.
- CRISCI, J. V. & M. F. LOPEZ ARMENGOL. 1983. *Introducción a la teoría y práctica de la taxonomía numérica*. OEA, Washington, D.C.
- DAHLGREN, R. M. T., H. T. CLIFFORD & P. F. YEO. 1985. *The families of Monocotyledons*. Heidelberg, Berlin, New York & Tokyo.
- DE CAMPOS, A. C. & L. G. LABOURIAU. 1969. Corpos silicosos de Gramíneas dos Cerrados. II. *Pesq. agropec. bras.* 4: 143-151.
- FONT QUER, P. 1977. *Diccionario de botánica*. Labor, Barcelona.
- FREDLUND, G. G. & L. T. TIESZEN. 1884. Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. *J. Biogeogr.* 21: 321-335.
- GOULD, F. W. & R. B. SHAW. 1983. *Grass systematics*. 2^o Ed. College Station Texas A. & M. University Press, College Station, Texas.
- LABOURIAU, L. G. 1983. Phytolith work in Brazil, A minireview. *The phytolitharien Newsletter* 2 (2): 6-11.
- MEYEN, S. V. 1987. *Fundamentals of Paleobotany*. Chapman & Hill. London, New York.
- MULHOLLAND, S. C., G. RAPP & A. L. OLLENDORF. 1988. Variation in phytoliths from corn leaves. *Canad. J. Bot.* 66: 2001-2008.
- PARRY, D. & F. SMITHSON. 1964. Types of opaline silica depositions in the leaves of British grasses. *Ann. Bot.* 28 (109): 169-185.
- PARRY, D. & F. SMITHSON. 1966. Opaline silica in the inflorescences of some British grasses and cereals. *Ann. Bot.* 30 (119): 527-537.
- PEARSALL, D. M. 2000. *Paleoethnobotany. A handbook of procedures*. 2nd Ed. Academic Press, San Diego.
- PIPERNO, D. F. 1988. *Phytolith analysis. An archaeological and geological perspective*. Academic Press, San Diego.
- ROHLF, F. J. 1992. *NTSYS-pc Numerical taxonomy and multivariate analysis system*. Version 1.70. Exeter-Software Publication, New York.
- ROVNER, I. 1971. Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction. *Quatern. Res.* 1: 345-359.
- ROVNER, I. & J. C. RUSS. 1992. Darwin and design in phytolith systematics: morphometric method for mitigating redundancy. In: RAPP, G. & S. C. MULHOLLAND (eds.), *Phytolith Systematics*, pp. 253-276. Plenum Press, New York.
- SNEATH, P. H. & R. R. SOKAL. 1973. *Numerical taxonomy. The principles and practice of numerical classification*. W.H. Freeman, San Francisco.
- SOKAL, R. R. & F. J. ROHLF. 1962. The comparison of dendrograms by objective methods. *Taxon* 11: 33-40.
- SOKAL, R. R. & P. H. SNEATH. 1963. *Principles of numerical taxonomy*. Freeman & Co., San Francisco & London.
- TWISS, P. C. 1992. Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths. In: RAPP, G. & S. MULHOLLAND (eds.), *Phytolith Systematics*, pp. 113-128. Plenum Press, New York.
- TWISS, P. C., E. SUESS & R. M. SMITH. 1969. Morphological classification of grass phytolith. *Soil Sci. Soc. Amer., Proc.* 33: 109-115.
- WATSON, L., H. T. CLIFFORD & M. J. DALLWITZ. 1985. The classification of Poaceae subfamilies and supertribes. *Aust. J. Bot.* 33: 433-484.
- WATSON, L. & M. J. DALLWITZ. 1992. *Grass genera of the world: Descriptions, Illustrations, Identification, and Information Retrieval; including Synonyms, Morphology, Anatomy, Physiology, Phytochemistry, Cytology, Classification, Pathogens, World and Local Distribution, and References*. <http://biodiversity.uno.edu/delta/>. Version: 18th August 1999.
- WHEELER, D. E. B., S. W. L. JACOBS & B. E. L. NORTON. 1982. *Grass genera of New South Wales*. Monograph 3. University of New England Publishing Unit, Armidale.
- ZUCOL, A. F. 1992. Microfitólitos: I. Antecedentes y terminología. *Ameghiniana* 29: 353-362.
- ZUCOL, A. F. 1995. Microfitólitos: II. Análisis de las clasificaciones. *Ameghiniana* 32: 243-248.
- ZUCOL, A. F. 1996. Microfitólitos de las Poaceae argentinas: I. Microfitólitos foliares de algunas especies del género *Stipa* (Stipeae: Arundinoideae), en la provincia de Entre Ríos. *Darwiniana* 34: 151-172.
- ZUCOL, A. F. 1998. Microfitólitos de las Poaceae argentinas: II. Microfitólitos foliares de algunas especies del género *Panicum* (Paniceae: Panicoideae: Poaceae), en la provincia de Entre Ríos. *Darwiniana* 36: 29-50.
- ZUCOL, A. F. 1999a. Fitólitos de las Poaceae argentinas: IV. Asociación fitolítica de *Cortaderia selloana* (Danthonieae: Arundinoideae), de la provincia de Entre Ríos. *Natura Neotropicalis* 30: 25-33.
- ZUCOL, A. F. 1999b. Fitólitos: hacia un sistema clasificatorio. *Primer Encuentro Argentino de Investigaciones Fitolíticas, Actas*: 9-10.
- ZUCOL, A. F. 2000. Fitólitos de las Poaceae argentinas: III. Fitólitos foliares de algunas especies del género *Paspalum* (Paniceae: Panicoideae: Poaceae), en la provincia de Entre Ríos. *Darwiniana* 38: 11-32.

Recibido el 14 de Julio de 2000, aceptado el 29 de Septiembre de 2000.

Apéndice I. Elementos morfológicos

Formas Articuladas

1. Elementos subepidérmicos.
2. Elementos buliformes.
3. Células largas.
4. Células cortas.
5. Aguijones.
6. Ganchos.
7. Pelos enteros o fragmentados.
8. Aparatos estomáticos.
9. Fitólitos no identificados.

Formas Aisladas

Clase Pooides

10. En luna creciente.
11. Circulares.
12. Rectangulares.
13. Redondeados.
14. Elípticos.
15. Crenados y oblongos.
16. De doble contorno.
17. Trapezoidales.

Clase Chloridoide

18. Chloridoide normal.
19. Chloridoide delgado.
20. En silla de montar.

Clase Panicoide

21. Cruz gruesa.
22. Cruz delgada.
23. Halteriformes de centro cóncavo y final convexo.
24. Halteriformes de centro corto y final convexo.
25. Halteriformes de centro largo y final convexo.
26. Halteriformes de centro corto y final recto.
27. Halteriformes de centro nodular.
28. Halteriformes de centro espinoso.
29. Halteriformes complejos y regulares.
30. Halteriformes complejos e irregulares.
31. Halteriformes crenados.

Clase Elongados

32. Elongados lisos.
33. Elongados sinuosos.
34. Elongados espinosos.
35. Elongados espinosos con piso.
36. Elongados de final cóncavo.

Clase en Abanicos y Poliédricos

37. En abanicos lisos.
38. En abanicos crenados.
39. En abanicos con piso.
40. Poliédricos lisos.
41. Poliédricos crenados.
42. Poliédricos con piso.

Clase Aguzados

43. Porciones medias de pelos.
44. Ápices de formas aguzadas (pelos, aguijones o ganchos).
45. Pelos unicelulares enteros.
46. Aguijones enteros.
47. Ganchos enteros.
48. Formas triangulares.
49. Espacios intercelulares.

Apéndice II. Matriz básica de datos.

Caracteres	Hoja	Raíz	Inflorescencia	Caña	Planta entera
1	2,48	9,81	4,59	2,14	3,57
2	1,03	0	1,38	0	0,77
3	9,09	0	16,97	17,17	11,67
4	8,26	0	1,83	17,17	8,10
5	5,16	0	9,17	0,43	4,43
6	2,89	0	4,59	10,73	4,72
7	0	0	0	0	0
8	3,09	0	2,29	8,58	3,86
9	0	36,03	0	0	3,86
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0
12	3,92	13,51	4,59	4,29	5,21
13	0	0	0	0,43	0,09
14	0	0	0	0	0
15	0	0	0	1,29	0,29
16	0	0	0	0	0
17	2,06	0	6,88	5,58	3,66
18	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0
23	6,19	0	0	6,44	4,34
24	7,23	0	0	0	3,37
25	4,13	0	0	0	1,93
26	4,13	0	0	0	1,93
27	1,03	0	0	0	0,48
28	0	0	0	0	0
29	0,62	0	0	0	0,29
30	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0
32	5,16	7,21	1,83	3,86	4,43
33	1,44	0	0	0	0,67
34	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0
37	4,13	9,01	1,83	2,14	3,76
38	1,03	0	0	0	0,48
39	0	0	0	0	0
40	3,09	10,81	2,29	6,44	4,53
41	1,44	0	0	0	0,67
42	0	0	0	0	0
43	0,41	0	0	0	0,19
44	6,19	1,80	18,35	3,43	7,71
45	0	0	0	0	0
46	5,16	0	13,76	1,29	5,59
47	3,92	0	4,59	2,14	3,28
48	6,19	9,01	4,59	6,40	6,27
49	0	3,60	0,46	0	0,48