

Espectros de fitolitos en tres suelos de la Planicie de Puente Largo, páramo de Frontino, departamento de Antioquia

María Teresa Flórez M.* y Luis Norberto Parra S.**
(Recibido el 12 de julio de 2001)

Resumen

Los fitolitos se obtuvieron de tres perfiles de suelos localizados en la Planicie de Puente Largo en el páramo de Frontino, clasificados como Typic Hapludands (perfiles 1 y 3) y Vitrandic Dystrudepts (perfil 2). En los perfiles se encuentran todas las morfotribus de fitolitos definidos por Flórez y Parra (2001), aunque las cantidades difieren entre ellos. La morfotribu más dominante es Prismatolita que está relacionada con *Sysyrinchium micranthum*, *Juncus effusus*, *Juncus bogotensis*, *Calamagrostis effusa*, *Poacea sp. (pubescente)*, *Cortadeira bifida*, *Plantago rígida*, mientras que la menos dominante fue Longolita, relacionada con *Hupertzia cruenta* y *Lycopodium alopecuroides*. La morfotribu Flabellulita domino en el horizonte superficial del perfil 1; en el perfil 2, dominaron Aculeolita, Estrobiolita, Halteriolita y Amorfolita, y en el perfil 3, todas las morfotribus fueron dominantes en el horizonte superficial nombrado como Ah. La cantidad de fitolitos no disminuye con la profundidad del perfil pero sí existe una acumulación importante en el horizonte superficial de estos suelos, hecho que plantea la posibilidad de utilizarlos en el reconocimiento de paleosuelos.

----- *Palabras clave:* fitolitos, perfiles, morfotribus, suelos.

Phytoliths spectra in three soils located in the plain of Puente Largo, Frontino paramo, department of Antioquia

Abstract

The phytoliths were obtained of three profiles of soils located in the Plain of Puente Largo in the Frontino, classified as Typic Hapludands (Profile 1 and 3) and Vitrandic Dystrudepts (Profile 2). In the profiles, all the morphotribus of phytoliths defined for Flórez and Parra (2001) were found, although the quantities differ among them. The most dominant morphotribu is Prismatolita that is related with *Sysyrinchium micranthum*, *Juncus effusus*, *Juncus bogotensis*,

* Centro de Investigaciones Ambientales y de Ingeniería (CIA). Facultad de Ingeniería. Universidad de Antioquia. mtflorez@udea.edu.co.

** Instituto de Ciencias Naturales y de Ecología (ICNE) Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. lnparra@perseus.unalmed.edu.co.

Calamagrostis effusa, *Poacea sp.* (pubescente), *Cortadeira bifida*, *Plantago rigida*, while the less dominant one was Longolita, related with *Hupertzia cruenta* and *Lycopodium alopecuroides*. The morphotribu Flabellulita dominated in the superficial horizon of the Profile 1; in the Profile 2, Aculeolita, Estrobiolita, Halteriolita and Amorfolita dominated and in the Profile 3, all the morphotribus dominant in the superficial horizon noted as Ah. The quantity of phytoliths doesn't diminish with the depth of the profile but in fact an important accumulation exists in the superficial horizon of these floors, fact that outlines the possibility to use them in the paleosoils recognition.

----- *Key words:* phytoliths, profiles, morfotribus, soils.

Introducción

Se designa con el nombre de fitolito a todo cuerpo de naturaleza inorgánica que hace parte integral de las células o tejidos y que ha sido producido por el metabolismo de un organismo. Los fitolitos se estudiaron en tres perfiles de suelos localizados en la Planicie de Puente largo en el páramo de Frontino, clasificados como Typic Hapludands (perfiles 1 y 3) y Vitrandic Dystrudepts (perfil 2).

La zona representa un medio altamente contrastado en sus parámetros climáticos por lo que su vegetación presenta características xerofíticas. En estos ecosistemas las condiciones ambientales son drásticas y opera un tipo de selección abiótica; los organismos que han logrado adaptarse a estas situaciones son condicionados por factores climáticos, edafológicos y geomorfológicos. Bioclimáticamente el ecosistema se caracteriza por condiciones ambientales extremas, gran influencia biológica, baja presión atmosférica, escasa densidad del aire, baja temperatura media pero con alta temperatura del aire y del suelo. El clima es típicamente intertropical, con pequeñas fluctuaciones de la temperatura diaria y con una distribución bimodal de la precipitación durante el año.

Área de estudio

El estudio sobre los fitolitos de la vegetación altoandina se realizó en el páramo de Frontino en el departamento de Antioquia. El páramo de Frontino se localiza en el eje de la cordillera Occidental a 20 km al Norte de la cabecera municipal de Urao. El acceso desde Urao se realiza siguiendo un carreteable hasta El Chuscal, para continuar por la quebrada Santa Barbara-El Quince y se continúa ascendiendo hasta llegar a las sabanas de Puente Largo-Llanogrande (véase figura 1).

Antecedentes

La presencia de fitolitos en nuestro medio ha sido reconocida en la fracción arena de algunos suelos actuales y también en materiales ligados a

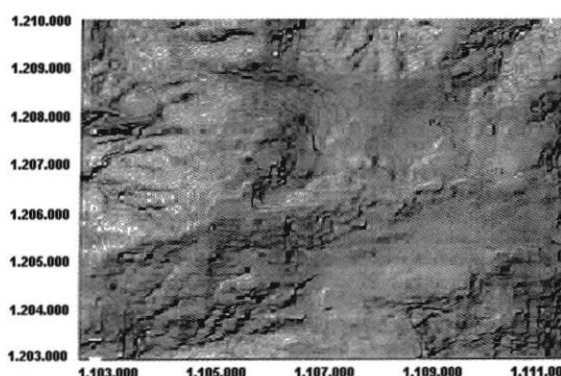


Figura 1 Localización del área de estudio

excavaciones arqueológicas. En los artículos escritos recientemente en la revista de silicofósiles, se reportan dos investigaciones relacionadas con fitolitos. En la primera, se han extraído y estudiado los fitolitos de la vegetación altoandina de los páramos de Belmira y Frontino en el departamento de Antioquia y se reportan las principales formas y características que tienen estos cuerpos síliceos en las plantas de la vegetación abierta y del matorral; por su parte, el segundo artículo, muestra los fitolitos fósiles, muy bien preservados, en paleosuelos derivados de cenizas volcánicas. En ambos se muestra el potencial que poseen estos materiales como indicadores de algunos procesos ocurridos en el ambiente edáfico, aunque sin desmerecer importancia para la reconstrucción de la vegetación antigua.

Este informe de investigación muestra el espectro de fitolitos en tres suelos del páramo y su importancia paleoecológica.

La presentación gráfica de resultados de investigaciones fitolíticas ha sido desde sus inicios hasta hoy, por medio de diagramas; en ellos, se presenta una columna con información pedostratigráfica de la perforación, un diagrama general y luego, diagramas individuales para cada taxón. El diagrama pone de manifiesto las variaciones verticales tanto a nivel de grupo como individuales de taxa. Dicho diagrama, se construye para mostrar las variaciones entre fitolitos en cada uno de los subhorizontes de los horizontes de suelo en cada perfil de suelos.

Los diagramas de taxones individuales representan frecuencias relativas respecto al número total de fitolitos contados por muestra de 300 granos y se elaboran con el fin de observar el comportamiento de cada taxón con la profundidad del perfil. Los diagramas generales muestran más específicamente las variaciones porcentuales para grupos de taxa y asociaciones, y reflejan mejor los cambios globales.

Materiales y métodos

La metodología empleada para la separación y extracción de los fitolitos fósiles en los suelos ándicos, es bastante diferente a la metodología que se emplea en la extracción de los fitolitos a partir de hojas de plantas recientes. Esta comprendió las siguientes actividades:

Trabajo de campo. Se hizo la descripción de los perfiles pedoestratigráficos en las planicies de Llanogrande, Sabanas y Rodas, siguiendo la metodología descrita en Flórez & Parra (1987) y Jaramillo (1999) y la clasificación taxonómica de los suelos de acuerdo con la "Soil Taxonomy Key" del Sistema Taxonómico Norteamericano (Soil Survey Staff, 1998).

En cada perfil de suelo se tomaron 2 muestras; una de todo el perfil utilizando una canaleta de aluminio y otra de 1 kilo de cada horizonte preservándolas en bolsas plásticas para análisis mineralógico y químico.

Trabajo de laboratorio. Las muestras para análisis químicos se trabajaron en el Laboratorio de suelos de la Universidad Nacional, Sede de Medellín, y se les determinó el porcentaje de Al, Fe, Si en oxalato y pirofosfato y el % de materia orgánica. Las muestras tomadas en la canaleta de cada perfil de suelos se fraccionaron en centímetros y a cada uno se aplicó método de *dry ashing*, descrito en Flórez & Parra (1999), para la obtención de los fitolitos.

Tratadas las muestras, lo obtenido de cada horizonte se montó en portaobjetos utilizando Entellan como medio de fijación, luego se observaron al microscopio y se determinaron los fitolitos más

representativos, más raros y los poco comunes dentro de cada uno de los subhorizontes que integraban cada perfil de suelos.

Conteo de componentes. Realizados los montajes, se procedió al conteo sistemático hasta completar 300 granos de fitolitos en cada placa, de acuerdo con el método indicado por Lorente (1986). Luego del conteo de los taxa que componen las muestras, se obtuvo la matriz de resultados con el número de veces que aparece cada taxón en ella y que constituye la información primaria, con la cual se elaborará el procesamiento tanto cualitativo como cuantitativo de los fitolitos.

Espectros de fitolitos. Los diagramas se realizaron a través del paquete Tilia y Tilia Grph. La matriz original de datos se realizó en Excel. En Conniss, se obtuvo el análisis cluster para los grupos o asociaciones.

Descripción de perfiles

Los tres perfiles de suelos para el análisis de espectros de fitolitos fueron levantados en la Planicie de Puente Largo, en Llanogrande (perfil 1), Sabanas (perfil 2) y Rodas (perfil 3); su localización se indica en la figura 1. Los perfiles 1 y 3 están desarrollados a partir de una morena y el perfil 2, a partir de un abanico aluvio-coluvial. Estos suelos, en general, no presentan un gran espesor, pero todos poseen algunas de las características típicas de los andisoles.

Dentro de los perfiles se encuentran horizontes cuyas relaciones de $(Al + \frac{1}{2} Fe) > 2$, pero la gran mayoría de éstos no cumple esta relación; sin embargo, no se descartan como andisoles o inceptisoles para el caso del perfil 2. En el anexo 1, se presenta la relación del % de Al y Fe en oxalato y pirofosfato, el contenido porcentual de Si y el de la materia orgánica. Para este último parámetro estimado, es importante observar las cantidades reportadas en el perfil 2, Sabanas, que son muy altas, en todos los horizontes del perfil, principalmente en los tres primeros; es probable que estos valores sean indicativos de la poca evolución que ha tenido este suelo y la falta de humificación de su materia orgánica.

A continuación se realiza la descripción pedoestratigráfica de cada uno de los perfiles, se analizan los contenidos milimétricos de fitolitos en cada uno de los subhorizontes de los tres perfiles, se establecen los espectros y sus respectivos análisis y por último se realiza la correlación de estos perfiles.

Perfil 1. Llanogrande: Typic hapludands

Localización: Llanogrande, páramo de Frontino.

Altitud: 3.000 msnm

Posición fisiográfica: parte media de un abanico aluvio-coluvial.

Pendiente: entre 7 y 12%.

Clima: frío.

Material parental: sedimentos aluvio-coluviales.

Material subyacente: Morrena.

Drenaje: moderadamente bien drenado.

Condiciones de humedad del suelo: húmedo.

Profundidad de la capa freática: muy profundo.

Evidencias de erosión: hídrica > 25%.

Profundidad efectiva: muy profundo.

Régimen de humedad: udico.

Régimen de temperatura: isomésico.

Cobertura vegetal: *Poaceae*, *Paepalanthus*, *Hypericum*, *Juncos*, *Ericaceas*, etc.

Espesor total: 0,76 cm.

Horizonte O: espesor 10 cm, color 10YR2/2, pardo muy oscuro. Textura arcillo-arenosa; estructura granular fina; consistencia firme en húmedo y plástico y pegajoso en mojado; abundantes raíces finas, poros finos y muy abundantes; límite claro y ondulado, pH 5,5. Contenido de materia orgánica 75,5%. La relación $(Alo + 1/2Feo) < 2$.

Horizonte Ah: espesor 10 cm, color 10YR2/1, negro. Textura franco-arcillo-arenosa; estructura

en bloques subangulares finos, consistencia firme en húmedo y plástico y pegajoso en mojado; raíces gruesas, finas y abundantes; poros finos y muy abundantes; límite claro y ondulado, pH 5,0. Contenido de materia orgánica 27,2%. La relación $(Alo + 1/2Feo) < 2$.

Horizonte AB: espesor 16 cm. Color 10YR2/2, pardo muy oscuro. Textura arcillo-arenosa; estructura en bloques subangulares finos; consistencia firme a muy firme en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente pegajoso en mojado; raíces finas y gruesas; poros finos y pocos; límite claro y ondulado, pH 6,0. Contenido de materia orgánica 16,5%. La relación $(Alo + 1/2Feo) > 2$.

Horizonte Bw: espesor 7 cm. Color 10YR3/3, pardo oscuro. Textura arcillo-arenosa; estructura bloques subangulares finos a medios, moderados; consistencia firme a muy firme en húmedo, plástico y ligeramente pegajoso en mojado; raíces gruesas; poros finos y pocos; límite claro y ondulado, pH 5,0. Contenido de materia orgánica 15,4%. La relación $(Alo + 1/2Feo) > 2$.

Horizonte Bwg₁: espesor 23 cm. Color 2,5R4/2, pardo grisáceo oscuro. Textura arcillo-arenosa; estructura bloques subangulares finos a medios, moderados; consistencia firme a muy firme en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente pegajoso en mojado; raíces gruesas y medias pero escasas; poros finos y pocos; límite claro y ondulado, pH 5,0. Contenido de materia orgánica 8,0%. La relación $(Alo + 1/2Feo) > 2$.

Horizonte Bwg₂: espesor 26 cm. Color 2,5Y3/4, pardo oliva. Textura franco arcillo-limosa; estructura bloques subangulares finos a medios, moderados; consistencia firme a muy firme en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente pegajoso en mojado; raíces gruesas y medias pero escasas; poros finos y pocos; límite claro y ondulado, pH 6,0. Contenido de materia orgánica 5,2%. La relación $(Alo + 1/2Feo) < 2$.

Perfil 2. Sabanas: Vitrandic Dystrudepts

Localización: Sabanas, Páramo de Frontino.

Altitud: 3.200 msnm

Posición fisiográfica: parte media de una Morrena.

Pendiente: entre 7 y 12%.

Clima: frío.

Material parental: Morrena.

Material subyacente: Morrena.

Drenaje: bien drenado.

Condiciones de humedad del suelo: húmedo.

Profundidad de la capa freática: muy profundo.

Evidencias de erosión: hídrica < 25%.

Profundidad efectiva: muy profundo

Régimen de humedad: udico

Régimen de temperatura: isomésico

Cobertura vegetal: *Poaceae*, *Paepalanthus*, *Gramineas*, *Puya*, *Polipodium*, *Plántago* y *Ericaceae*, *Jamesonia*.

Espesor total: 0,35 cm.

Horizonte O: espesor 8 cm, color 10YR3/2, pardo grisáceo muy oscuro. Textura limo-arenosa; estructura granular fina; consistencia firme en húmedo y ligeramente plástico y ligeramente pegajoso en mojado; abundantes raíces finas y gruesas; poros medios muy abundantes; límite claro y ondulado, pH 4,5. Contenido de materia orgánica 84,9%. La relación $(Alo + 1/2Feo) < 2$.

Horizonte Ah: espesor 7 cm, color 10YR2/1, negro. Textura limo-arenosa; estructura migajosa, consistencia firme en húmedo, no pegajoso en mojado; raíces abundantes; poros finos y abundantes; límite claro y ondulado, pH 4,8. Contenido de materia orgánica 69,2%. La relación $(Alo + 1/2Feo) < 2$.

Horizonte AB: espesor 10 cm. Color 10YR 2/1, negro, moteado de 7,5YR3/2, pardo oscuro. Textura limo-arenosa; estructura en bloques subangulares finos; consistencia firme a muy firme en húmedo, ligeramente plástico, ligeramente pegajoso en mojado; raíces finas y gruesas; po-

ros finos; límite claro y ondulado, pH 5,5. Contenido de materia orgánica 84,3%. La relación $(Alo + 1/2Feo) < 2$.

Horizonte Bwg: espesor 10 cm. Color 7,5YR3/2, pardo oscuro. Textura arenosa; estructura bloques subangulares finos a medios, moderados; consistencia muy firme en húmedo, no plástico y ligeramente pegajoso en mojado; raíces gruesas y pocas; poros medios; límite claro y ondulado, pH 5,0. Contenido de materia orgánica 14,4%. La relación $(Alo + 1/2Feo) < 2$.

Perfil 3. Rodas: Typic Hapludands

Localización: Rodas, páramo de Frontino.

Altitud: 3.000 msnm

Posición fisiográfica: parte lateral de una Morrena.

Pendiente: entre 7 y 12%.

Clima: frío.

Material parental: Morrena.

Material subyacente: rocas volcánicas.

Drenaje: moderadamente bien drenado.

Condiciones de humedad del suelo: húmedo.

Profundidad de la capa freática: muy profundo.

Evidencias de erosión: hídrica < 25%.

Profundidad efectiva: muy profundo.

Régimen de humedad: udico.

Régimen de temperatura: isomésico.

Cobertura vegetal: *Diplostephium*, *Hesperomeles*, *Miconia*, *Poaceae*, *Paepalanthus*, *Hypericum*, *Juncos*, *Ericaceas*, etc.

Espesor total: 0,72 cm.

Horizonte Ah: espesor 35 cm, color 10YR2/1, negro. Textura limosa; estructura grumosa, consistencia firme en húmedo y plástico y pegajoso en mojado; raíces finas; poros finos y abundantes; límite claro y ondulado, pH 4,5. Contenido

de materia orgánica 47,5%. La relación $(Alo + 1/2Feo) < 2$.

Horizonte AB: espesor 21 cm. Color 5Y2.5/1, negro, mezclado con 10YR2/2 pardo muy oscuro. Textura franco limosa; estructura granular fina; consistencia firme en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente pegajoso en mojado; raíces finas y pocas; poros finos y pocos; límite claro y ondulado, pH 5,5. Contenido de materia orgánica 30,6%. La relación $(Alo + 1/2Feo) < 2$.

Horizonte Bw: espesor 17 cm. Color 10YR 2/2, pardo muy oscuro. Textura franco arcillosa; estructura bloques subangulares finos a medios, moderados; consistencia firme en húmedo, muy plástico y muy pegajoso en mojado; raíces finas; poros finos; límite claro y ondulado, pH 4,5. Contenido de materia orgánica 16,0%. La relación $(Alo + 1/2Feo) > 2$.

Espectros de fitolitos

Los espectros de fitolitos son diagramas que muestran las relaciones y los comportamientos que tienen los fitolitos a través de cada uno de los subhorizontes y horizontes de los perfiles y las características del suelo; para ello se toma como base la clasificación taxonómica de los fitolitos propuesta por Flórez y Parra (2001), tabla 1, basada estrictamente en el carácter morfológico de éstos y en el sistema clasificatorio realizado por Bertoldi de Pomar (1971) en la cual se proponen 14 morfotribus y 82 morfogéneros.

En la figura 2, se muestran algunas fotografías al microscopio electrónico de fitolitos y en las figuras 3, 4 y 5 se presenta el comportamiento que estos tienen en los subhorizontes de los perfiles de suelos Llanogrande, Sabanas y Rodas.

1. Morfotribu: FLABELLULITA

En el perfil 1, Llanogrande, el contenido de este tipo de fitolitos aumenta con la profundidad, sin embargo, en el horizonte O se registra el mayor valor de todo el perfil de suelos. En los horizontes Ah y AB el contenido es muy similar, pero bajo: disminuye notoriamente en Bw

y en el techo de Bwg₁ no se reporta; hacia la parte media aumenta progresivamente hasta la base del perfil.

En el perfil 2, Sabanas, el contenido, al igual que en el perfil anterior, aumenta con la profundidad pero su comportamiento es más irregular, aumenta y disminuye sucesivamente. Los valores más bajos se observan en el horizonte AB y allí la curva envolvente forma una catena que aumenta en la base y en el techo y disminuye en la parte central. En el horizonte superior Ah, el comportamiento es contrario, lo mismo en el horizonte O y en Bwg.

En el perfil 3, Rodas, el contenido de fitolitos disminuye en el techo y en el piso y aumenta en la parte media, en términos generales. En el horizonte Ah el aumento se observa hacia la parte media: en el horizonte AB el contenido es más homogéneo; en el horizonte Bw aumenta relativamente en el techo pero disminuye hacia la base. No se observaron Flabellulitas en los subhorizontes C27 (horizonte Ah), C40 (horizonte AB) y en los subhorizontes C70 a C72 del horizonte Bw.

2. Morfotribu: BRAQUIOLITA

En el perfil 1, las cantidades en todos los horizontes son sensiblemente bajas, los mayores valores se registran en el horizonte O y en la base de todo el perfil, pero nunca llegan a exceder 50 granos por subhorizonte (contados en una base de 300 granos). En los horizontes O y Ah disminuyen en el techo y en la base, mientras que en el horizonte AB no se presentan en el techo y aumentan hacia la base. En Bw solo se observan en el techo; en Bwg₁ aumentan en el techo y disminuyen en la base y en Bwg₁ aumenta y disminuye sucesivamente y es donde se registran los mayores contenidos de todo el perfil.

En el perfil 2 se observa mayor regularidad que en el perfil anterior; en cuanto a contenidos, ningún subhorizonte excede los 60 granos. En el techo y en la base se registra un aumento ligero. En términos generales el comportamiento es regular, aumenta y disminuye continuamente. En

Tabla 1 Morfotribus y morfogéneros para los fitolitos en los suelos de la Planicie de Puente Largo, páramo de Frontino, Antioquia

<i>Morfotribus</i>	<i>Morfogéneros</i>		
1. Flabellulita	1. Verrugoflabellulita 4. Foveaflabellulita	2. Psiloflabellulita 6. Oculoflabellulita	3. Undolaflabellulita
2. Aculeolita	1. Verrugoaculeolita	2. Psiloaculeolita	3. Foveaculeolita
3. Prismatolita	1. Psiloprismatolita 4. Crateroprismatolita 7. Dentinoprismatolita	2. Maculaprismatolita 5. Catenoprismatolita 8. Undolaprismatolita	3. Foveaprismatolita 6. Espinoprismatolita
4. Estrobilolita	1. Psiloestrobilolita	2. Foveaestrobilolita	3. Undolaestrobilolita
5. Braquiolita	1. Foveabraquiolita 4. Psilobraquiolita 7. Undolabraquiolita	2. Espinobraquiolita 5. Sculptubraquiolita 8. Sulcabraquiolita	3. Verrugobraquiolita 6. Reticulobraquiolita
6. Botulita	1. Undulobotulita 5. Alatabotulita	3. Psilobotulita 6. Verrugobotulita	4. Craterobotulita 7. Foveabotulita
7. Halteriolita	1. Psilohalteriolita 4. Foveahalteriolita	2. Craterohalteriolita 5. Maculahalteriolita	3. Verrugohalteriolita 6. Espinohalteriolita
8. Doliolita	1. Psilodoliolita 4. Sculptudoliolita	2. Craterodoliolita	3. Foveadoliolita
9. Osiolita	1. Psiloosiolita 4. Verrugoosiolita	2. Foveaosiolita	3. Undolaosiolita
10. Pileolita	1. Psilopileolita 4. Crateropileolita	2. Foveapileolita 5. Undulapileolita	3. Maculapileolita 6. Verrugopileolita
11. Globulolita	1. Psiloglobulolita 4. Foveaglobulolita 7. Alatoglobulolita	2. Maculaglobulolita 5. Annulaglobulolita 8. Florisglobulita	3. Verrugoglobulolita, 6. Undolaglobulolita
12. Longolita	1. Psilolongolita 4. Larvalongolita	2. Undolalongolita 6. Craterolongolita	3. Verrugolongolita,
13. Atipolita	A) Coloreados D) Cylindrita: 1. Verrugocilindrita 2. Esferocilindrita	B) Incoloros E) Triangulita: 1. Psilotriangulita 2. Verrugotriangulita 3. Foveatriangulita 4. Craterotriangulita 5. Reticutriangulita	C) Ehippiulita: 1. Psiloehippiulita 2. Verrugoehippiulita F) Capilusita: 1. Longuscapilusita 2. Breviscapilusita 3. Aristacapilusita
14. Amorfolita	Sin forma aparentemente conocida o parte de una forma no muy clara.		

el horizonte Ah, y en la parte media del horizonte AB, prácticamente no existe.

El perfil 3 es el que más fitolitos de este tipo presenta y está mejor representado en el horizonte Ah y más o menos igual, pero en menor cantidad en los horizontes AB y Bw. No se pre-

senta en el subhorizonte C26 del horizonte Ah ni en C44 del horizonte AB.

3. Morfotribu: ACULEOLITA

El perfil 1 tiene presencia escasa, las cantidades nunca exceden los 20 granos por subhorizonte,

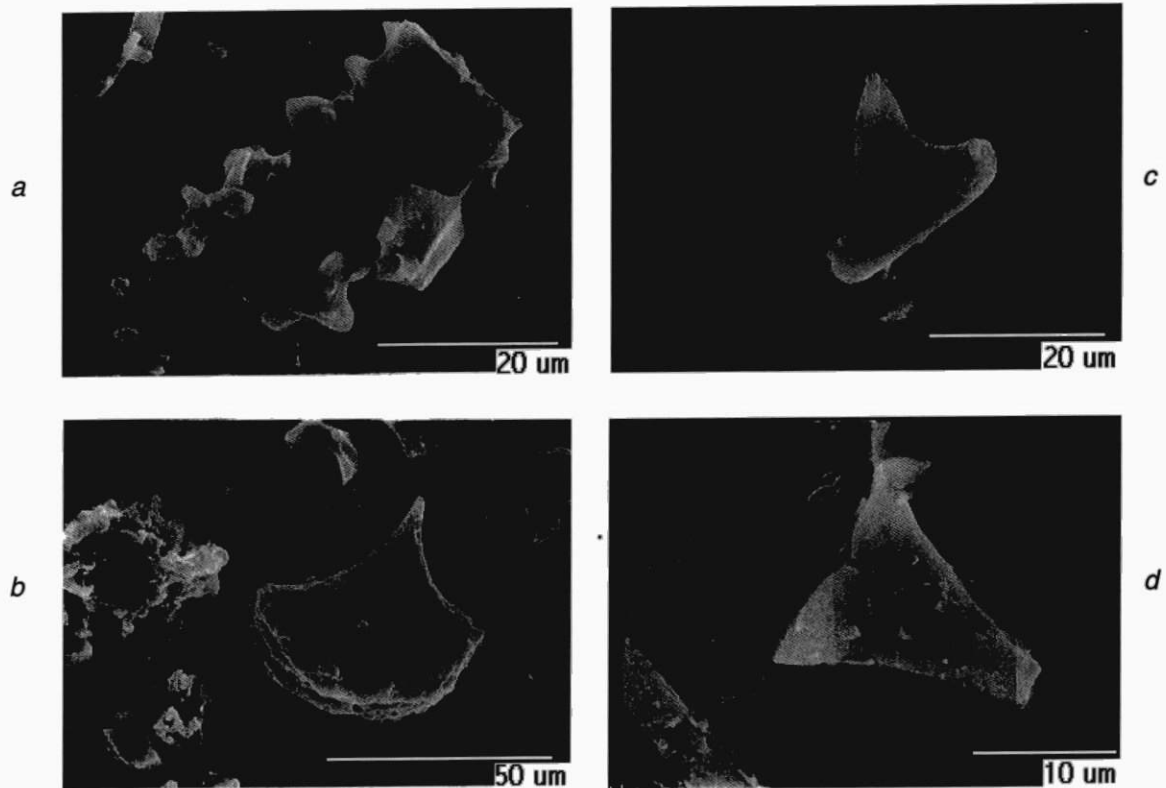


Figura 2 Fotografías al microscopio electrónico de fitolitos en los suelos

con base en 300 granos. En términos generales disminuye en el techo y en la base y está ausente en varios subhorizontes; en el horizonte Bwg_1 prácticamente no existe.

En el perfil 2 el contenido es relativamente escaso; el horizonte O es el que más fitolitos de este tipo contiene, no se observaron en el horizonte Ah ni en Bwg y en AB sólo existen en dos subhorizontes.

El perfil 3 presentó la mayor cantidad pero ésta nunca excedió los 80 granos en ningún subhorizonte. En el horizonte Ah el comportamiento es regular, disminuye y aumenta continuamente pero se mantienen aproximadamente constantes las cantidades. En el horizonte AB aumenta en el techo y disminuye hacia la base, mientras que en el horizonte Bw prácticamente no se observaron en el techo; allí aumentan un poco y disminuyen hacia la base.

4. Morfotribu: PRISMATOLITA

En el perfil 1, las cantidades en todo el perfil no exceden los 60 granos por subhorizonte; el comportamiento en todos éstos es irregular; aumenta y disminuye continuamente en todos los horizontes; en Bwg_2 es más homogéneo.

En el perfil 2, las cantidades de este tipo de fitolitos nunca exceden los 80 granos: el comportamiento es irregular; disminuye y aumenta continuamente en todo el perfil. No se observaron en la base del horizonte Ah y aumentaron notoriamente en la base de Bwg .

En el perfil 3, las cantidades no exceden los 250 granos; de los tres perfiles éste es el que mayor cantidad de este tipo de fitolitos presenta. En general, disminuyen con la profundidad; en todos los horizontes las cantidades son aproximadamente iguales; en el horizonte Ah aumentan hacia el techo.

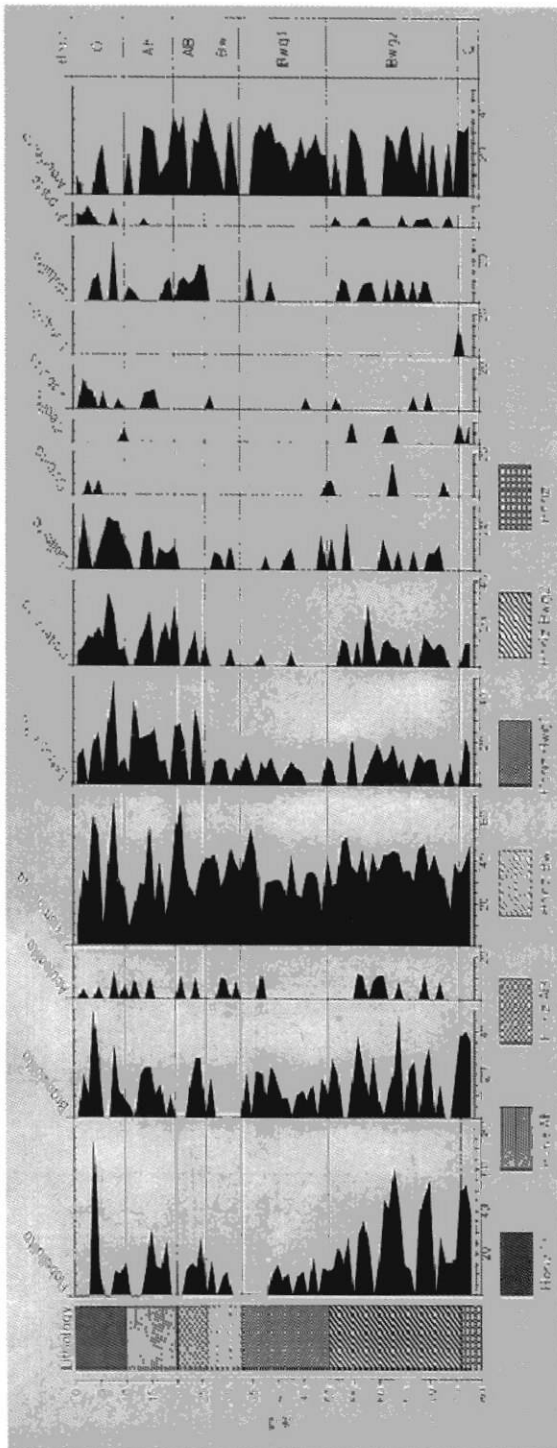


Figura 3 Espectros de fitolitos en el Llanogrande

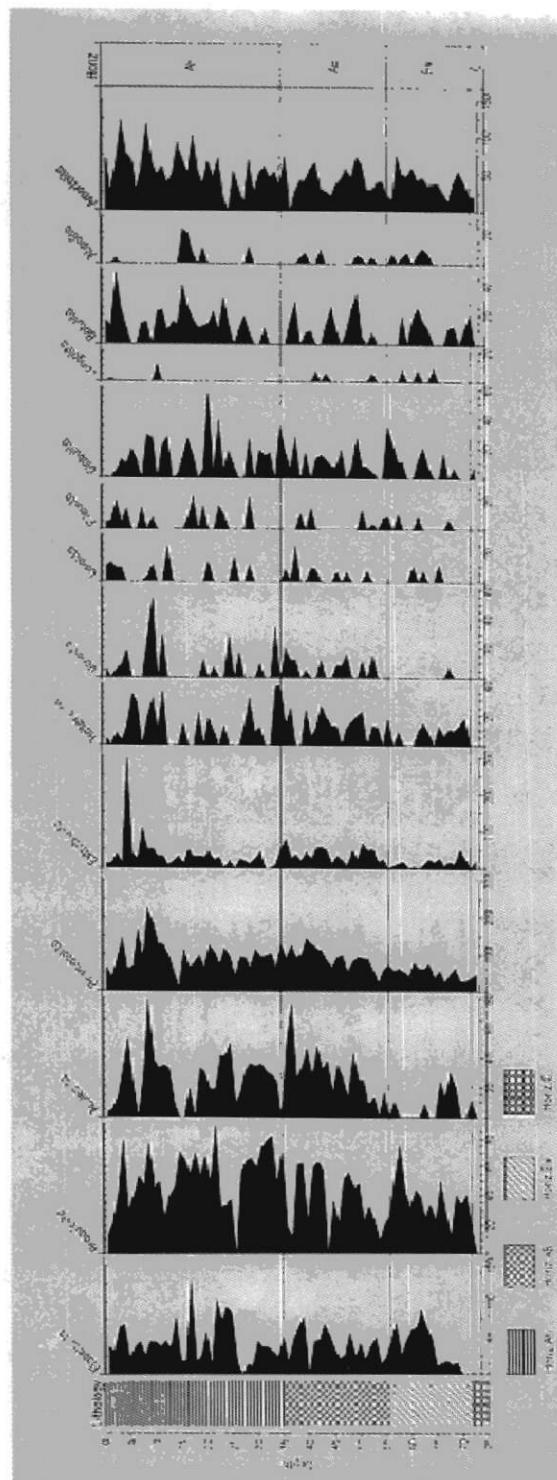


Figura 4 Espectros de fitolitos en Sabanas

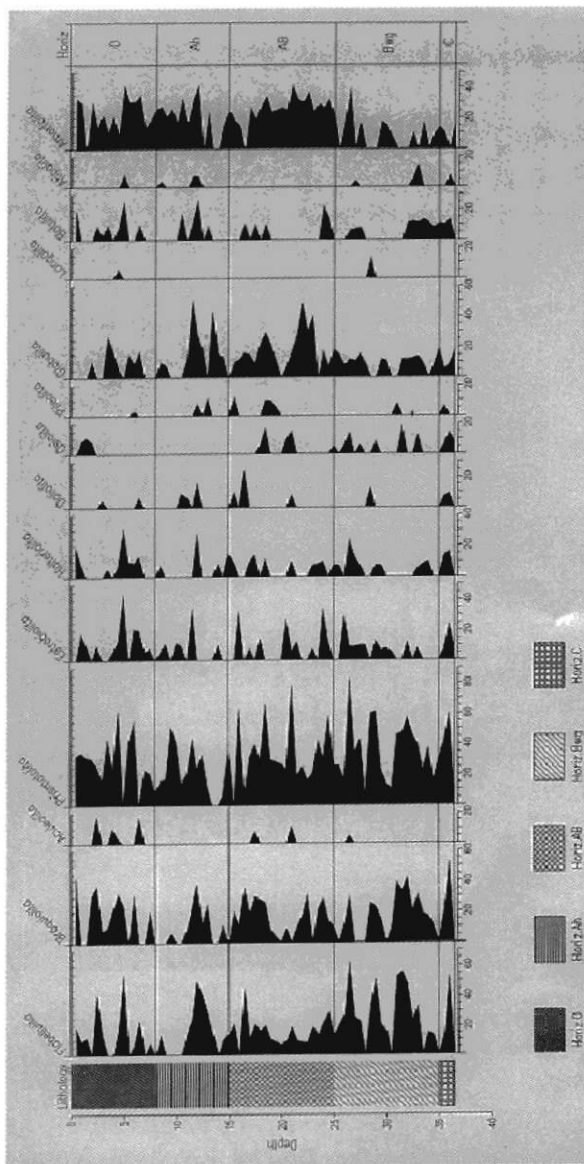


Figura 5 Espectros de fitolitos en Rodas

5. Morfotribu: ESTROBIOLITA

En el perfil 1, la cantidad no excede los 40 granos. El comportamiento en todo el perfil es irregular y discontinuo y falta en muchos subhorizontes: aumenta ligeramente en el techo y en la base del perfil.

El perfil 2 tiene un comportamiento muy similar al perfil anterior tanto en cantidad como en compor-

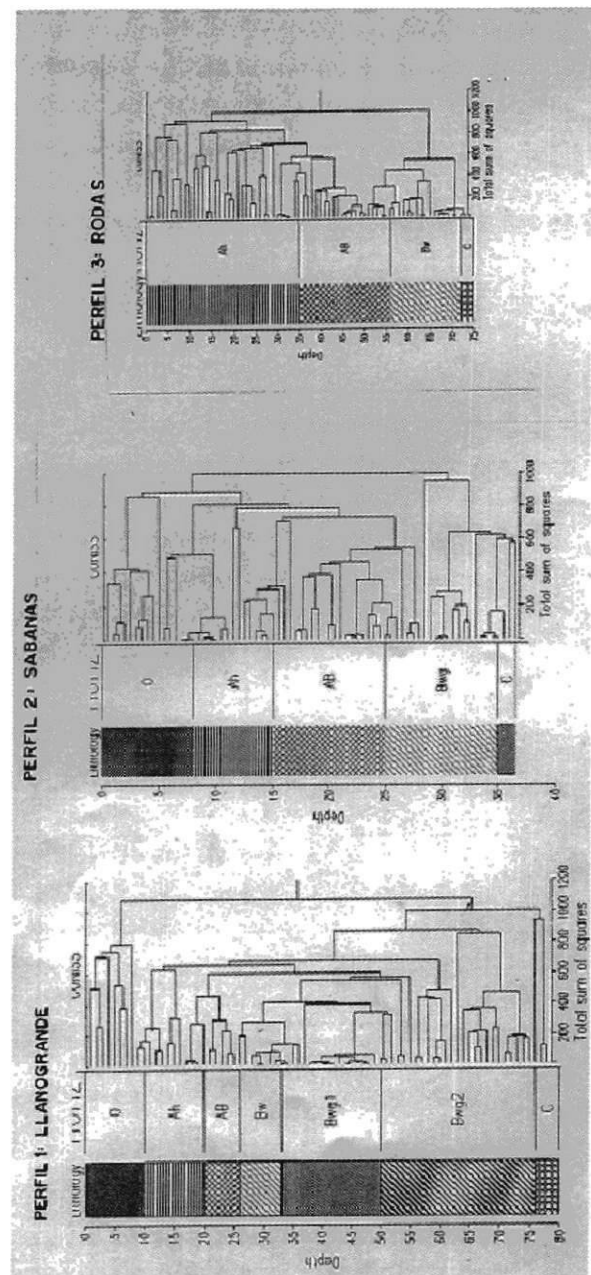


Figura 6 Análisis cluster para los perfiles de suelos

tamiento, pero se presenta más continuamente en casi todos los subhorizontes de los horizontes.

El perfil 3 tiene un comportamiento similar a los dos perfiles anteriores, pero es mucho más continuo y las cantidades son mucho mayores que en los perfiles anteriores.

6. Morfotribu: HALTERIOLITA

En el perfil 1, las cantidades no exceden los 40 granos, el comportamiento en todo el perfil es irregular y muy discontinuo, no está presente en muchos subhorizontes como en Bw y Bwg₁; en AB solo se encuentra en 2 subhorizontes. En el perfil 2, la cantidad no excede los 40 granos en ningún subhorizonte, el comportamiento es irregular y discontinuo y está ausente en algunos, como en el techo de Ah, parte media de AB y Bwg.

En términos generales, aumenta ligeramente en el techo y en la base. En el perfil 3, tiene un comportamiento muy similar al de los dos perfiles anteriores, pero aumenta en el techo y en la base de todo el perfil.

7. Morfotribu: DOLIOLITA

En el perfil 1, las cantidades no exceden los 20 granos en total. En términos generales, el comportamiento es irregular y discontinuo en todo el perfil, está ausente en muchos horizontes, principalmente en la base de Bwg₂ y en AB, en los demás horizontes es escaso.

Las cantidades en el perfil 2 no exceden los 20 granos al igual que en el perfil 1 y también como éste, presenta un comportamiento irregular y discontinuo en todo el perfil. En el horizonte O, sólo está presente en dos de sus subhorizontes, en Ah solo en tres, lo mismo que en AB, mientras que en el horizonte Bwg prácticamente no existe; sólo se observó muy limitadamente en la base.

En el perfil 3, las cantidades son mucho más altas que en los dos perfiles anteriores pero estas nunca exceden los 50 granos. El comportamiento es irregular y discontinuo; en Bw prácticamente no existe.

8. Morfotribu: OSIOLITA

En el perfil 1, la cantidad no excede los 20 granos; prácticamente no existe en ninguno de los horizontes del perfil, sólo en dos subhorizontes, uno en la parte media del horizonte O y en tres subhorizontes del horizonte Bwg₂.

En el perfil 2, también su cantidad no excede los 20 granos, no se observó en el horizonte Ah; en los demás horizontes, su comportamiento es irregular y discontinuo y muestra fuertes vacíos en el horizonte O en el que solo se observaron en el techo.

En el perfil 3, al igual que en los dos perfiles anteriores, la cantidad no excedió los 20 granos y aunque está ausente en varios subhorizontes, su comportamiento es más regular con amplia disminución en el techo y en la base del perfil.

9. Morfotribu: PILEOLITA

En el perfil 1, las cantidades no exceden los 20 granos y sólo se presentan de forma irregular y discontinua en el horizonte Bwg₂. En el perfil 2, las cantidades tampoco exceden los 20 granos, su comportamiento es irregular y discontinuo en todo el perfil; está prácticamente ausente en el techo y en la base de éste. En el perfil 3, la cantidad no excede los 20 granos, tiene un comportamiento más regular y continuo que los dos perfiles anteriores aunque no se presenta en todos los subhorizontes de los horizontes, sí existe en todos estos.

10. Morfotribu: GLOBULITA

En el perfil 1, la cantidad no excede los 20 granos y éstos se encuentran de manera preferencial en el techo del perfil; están ausentes en algunos subhorizontes y en todos los del horizonte AB y en los demás su presencia es muy irregular y discontinua.

En el perfil 2, la cantidad no excede los 60 granos y disminuye notoriamente en la base y en el techo del perfil; el comportamiento general es más irregular pero más continuo que en el perfil 1, aunque no se presenta en todos los subhorizontes.

En el perfil 3, la cantidad no excede los 60 granos y disminuye notoriamente en la base y en el techo del perfil y su comportamiento es muy similar al mostrado en el perfil 2.

11. Morfotribu: LONGOLITA

En el perfil 1, no se observó en ningún subhorizonte excepto en A76 del horizonte Bwg₂, pero su cantidad no excedió los 14 granos. En el perfil 2, solo se observó en el subhorizonte B9 del horizonte O y en el B56 del horizonte Bwg, pero las cantidades nunca excedieron los 20 granos. En los horizontes Ah y AB no se observó en ningún subhorizonte. En el perfil 3, se observó en todos los horizontes del perfil aunque no en todos los subhorizontes y en ellos las cantidades nunca excedieron los 20 granos.

12. Morfotribu: BOTULITA

En el perfil 1, la cantidad no excedió los 20 granos, su comportamiento es irregular y discontinuo en todo el perfil; en el horizonte O no se reportaron en el techo, en Bw prácticamente no se observaron y en Bwg₁ solo se encontraron en el techo; en Bwg₂ desaparecen hacia la base.

En el perfil 2, la cantidad no excede los 20 granos, su comportamiento en todo el perfil es irregular y discontinuo con disminución y aumento en cada horizonte, es decir, si en uno aumenta o disminuye hacia la base o hacia el techo, en el horizonte siguiente su comportamiento es contrario.

El perfil 3 muestra mayores contenidos de este tipo de fitolitos que los dos perfiles anteriores, pero su cantidad no excede los 40 granos, el comportamiento es irregular pero continuo exceptuando algunos subhorizontes en donde no se observaron fitolitos; ni en el techo ni en la base del perfil se observó disminución. El horizonte más regular fue Ah.

13. Morfotribu: ATIPOLITA

En el perfil 1, las cantidades no exceden los 20 granos en ningún horizonte; su comportamiento es muy irregular y no se observa en muchos subhorizontes y horizontes como en Bw o muy escasos como en Bwg₁ en donde sólo existen en 2 subhorizontes del techo. En Bwg₂ no se observaron ni en el techo ni en la base de este.

En el perfil 2, la cantidad no excede los 20 granos en todo el perfil, su comportamiento es irregular y discontinuo. En el horizonte O, sólo se observó en un subhorizonte (B10), localizado en la parte media de éste; en el horizonte AB no se observó y en Bwg solo se reportó en un subhorizonte del techo y tres de la base en cantidades muy pequeñas.

En el perfil 3, la cantidad no excedió los 20 granos; esta cantidad disminuyó notoriamente en el techo y en la base del perfil, el comportamiento a través de este fue irregular y discontinuo.

14. Morfotribu: AMORFOLITA

En el perfil 1, la cantidad no excedió los 40 granos; su comportamiento fue irregular y discontinuo pero en todos los subhorizontes en donde se reportó las cantidades fueron muy similares con disminución en el techo y con aumento en la base de todo el perfil.

En el perfil 2, la cantidad no excedió los 40 granos, su comportamiento fue muy similar al del perfil 1, pero mostró una fuerte disminución en el horizonte Bwg en la base.

En el perfil 3, al igual que en los dos anteriores, las cantidades no excedieron los 40 granos; se observaron en todo los horizontes excepto en el subhorizonte C25 del horizonte Ah y en el C37 del horizonte AB. En el horizonte Ah el comportamiento es irregular pero continuo; disminuye con la profundidad y con las mayores cantidades de este tipo de fitolitos; en los horizontes AB y BW el comportamiento y las cantidades son más regulares.

Análisis cluster

De acuerdo con la figura 5, en el perfil 1, en un primer nivel existen 2 grandes grupos, uno que separa el horizonte O y el otro conformado por los demás horizontes del perfil; en un segundo nivel, se forman dos subgrupos, uno conformado por el horizonte C y el otro, por los demás horizontes.

En un tercer nivel se forman 2 subgrupos uno conformado por la mitad hacia la base del horizonte Bwg₂, y otro, por la mitad hacia el techo de éste y los horizontes Bwg₁, Bw, AB, Ah, cada uno de los cuales se agrupan en niveles más inferiores claramente cada uno de los horizontes previamente definidos; a niveles más bajos se agrupan subhorizontes.

En el perfil 2, en un primer nivel se definen claramente dos grupos, uno conformado por los horizontes O, Ah, AB y el techo de Bwg y el otro conformado con la base del horizonte Bwg y el horizonte C. A un nivel más inferior se forman tres grupos, uno que separa el techo del horizonte O hasta su parte media otro, la base de éste y los horizontes Ah, AB y el techo de Bwg y otro que conserva el agrupamiento mostrado en el primer nivel.

A un nivel más inferior se forman dos grupos en el horizonte O, uno en techo y otro en la base; tres en el horizonte Ah, uno en el AB y techo de Bwg y a niveles más inferiores se observa agrupamiento de subhorizontes.

En el perfil 3, en un primer nivel se forman dos grupos, uno conformado por los horizontes Ah y AB y otro conformado por la base de Ah y el horizonte Bw y C; a un nivel más inferior se observan dos subgrupos uno definido por el techo del horizonte Ah y otro, por la parte media de éste y la base y el horizonte AB; a niveles más bajos se agrupan varios subhorizontes.

Asociaciones de fitolitos y la vegetación

Con base en el análisis de comportamiento de los fitolitos a través de los perfiles de suelo y el análisis cluster, se puede establecer las dominancias de cada morfogénero dentro de los horizontes de los suelos estudiados, las que se relacionan en la tabla 2.

Con base en los diagramas realizados para los tres perfiles de suelos que se levantaron en la Planicie de Puente Largo, en el páramo de Frontino, los análisis cluster y la tabla 2, se pueden resaltar las siguientes observaciones:

Tabla 2 Dominancia de fitolitos en los horizontes de los tres perfiles de suelos

<i>Morfogénero</i>	<i>Perfil 1, Llanogrande</i>	<i>Perfil 2, Sabanas</i>	<i>Perfil 3, Rodas</i>
Flabellulita	Horizonte O	Horizonte Bwg	Horizonte Ah
Braquiulita	Horizonte O	Horizonte Bwg	Horizonte Ah
Aculeolita	Horizonte Bwg ₁	Horizonte O	Horizonte Ah
Prismatolita	Horizonte O	Horizonte Bwg	Horizonte Ah
Estrobiolita	Horizonte O	Horizonte O	Horizonte Ah
Halteriolita	Horizonte O	Horizonte O	Horizonte Ah
Doliolita	Horizonte O	Horizonte AB	Horizonte Ah
Osiolita	Horizonte Bwg ₂	Horizonte Bwg	Horizonte Ah
Pileolita	Horizonte Bwg ₂	Horizonte AB	Horizonte Ah
Globulita	Horizonte O	Horizonte Ah	Horizonte Ah
Longolita	Horizonte Bwg ₂	Horizonte Bwg	Horizonte Ah
Botulita	Horizonte O	Horizonte Ah	Horizonte Ah
Atipolita	Horizonte O	Horizonte Bwg	Horizonte Ah
Amorfolita	Horizonte AB	Horizonte O	Horizonte Ah

1. En todos los perfiles se encuentran todas las morfotribus de fitolitos clasificados por Flórez y Parra (2001); aunque las cantidades difieren entre ellos, en algunos dominan una o varias morfotribus.
2. La morfotribu más dominante en todos los perfiles fue la Prismatolita, la que está relacionada con *Sysyrinchium micranthum*, *Juncos effusus*, *Juncos bogotensis*, *Calamagrostis efusa*, *Poacea sp. (pubescente)*, *Cortadeira bifida*, *Plantago rígida*, entre otras.
3. La morfotribu menos dominante en todos los perfiles fue la Longolita, que está relacionada con *Hupertzia cruenta* y *Lycopodium alopecuroides*.
4. Las morfotribus Botulita, asociada con *Plantago rígida*, y Flabellulita, asociada con *Paepalantus pilosus* y *Paepalantus karntenii*, *Chusquea tessellata*, *Blechnum colombiense* y *Disterigma empetripholliu*, aunque no se observaron en todos los subhorizontes de los tres perfiles, fueron reportadas en estudios anteriores Flórez y Parra (1999).
5. Dentro de los tres perfiles de suelos se observó dominancia de ciertas morfotribus. Por ejemplo, la Flabellulita dominó en los horizontes superficiales del perfil 1 y 3, mientras que en el perfil 2, dominaron las morfotribus Aculeolita, Estrobiolita, Halteriolita y Amorfolita y, como un caso muy particular, en el perfil 3, todas las morfotribus fueron dominantes en el horizonte superficial nombrado como Ah. La tabla 2, muestra la dominancia de cada morfotribu en el horizonte de cada uno de los perfiles estudiados.

Contrariamente a lo que han reportado otros investigadores sobre la presencia de fitolitos en perfiles de suelos y sedimentos.

...La concentración de fitolitos es normalmente más alta en el horizonte húmico de un suelo y disminuye rápidamente con la profundidad, permitiendo la identificación de superficies fósiles enterradas o de paleosuelos con base en la canti-

dad de fitolitos (Dormaar & Lutwick, 1969; Se Borger-Peter, 1971; Fredlund, 1986). Sin embargo, los fitolitos también pueden ser traslocados y acumularse irregularmente en un horizonte más profundo como consecuencia de procesos pedogénéticos como la bioturbación, ocurridos dentro del suelo...

En esta investigación se encontró que la cantidad de fitolitos no disminuye con la profundidad del perfil. Las cantidades contadas en cada horizonte permiten realizar gráficos que muestran diferentes tendencias; en unos casos disminuyen con la profundidad del horizonte o aumentan con ésta pero, en términos generales, el comportamiento es irregularmente constante sin que siga el patrón señalado de disminuir con la profundidad del perfil; por ejemplo, en el perfil 1, Llanogrande, aumentan con la profundidad las morfotribus Flabellulita, Braquirolita, Osiolita, Pileolita, Longolita, Atipolita y Amorfolita; en el perfil 2, Sabanas, lo hacen todas las morfotribus y en el perfil 3, Rodas, aumentan las morfotribus Braquirolita, Halteriolita, Longolita, Botulita y Atipolita.

Antes de considerar que los fitolitos aumenten o disminuyan con la profundidad del perfil y que sea el horizonte superficial el que mayor contenido de estos corpúsculos tenga, debe tomarse en cuenta que ellos están presentes en los suelos como marcadores paleoecológicos y son como las huellas de algunas de las plantas que se encontraban en el lugar cuando se comenzaron los procesos pedogénéticos formadores de los suelos. La presencia o ausencia dentro de un determinado subhorizonte de un horizonte de suelo o dentro de un horizonte completo puede deberse a varias razones:

1. La cantidad de fitolitos presentes dentro de cada suelo está relacionada con la producción intrínseca de fitolitos del ecosistema, con su grado de preservación dentro del horizonte y con el tiempo que dure su acumulación.
2. No todas las plantas son productoras de fitolitos; por tanto, es apenas normal que no todas las que existieron en un determinado mo-

mento en un área específica hayan dejado sus huellas o sus remanentes síliceos.

3. Es posible que, aunque muchas plantas productoras de fitolitos hayan dejado sus huellas en un determinado sitio, estos no se distribuyan homogéneamente dentro del suelo; por tanto, pueden estar ausentes o muy abundantes en un determinado sitio dentro del suelo; dicha acumulación obedece a los diversos procesos pedogenéticos ocurridos en los suelos durante su formación; uno de ellos, la translocación, inducida por la microfauna del suelo, puede crear acumulaciones o ausencias irregulares; otros procesos como la intemperización pueden ocasionar el deterioro y consecuentemente la pérdida del fitolito sin permitir que éste quede como un registro en el suelo y sean, entonces, reportados como ausentes o escasos sin ser ésta la realidad del fitolito.
4. Flórez y Parra (1991) reportan que muchos fitolitos presentan hidratación y corrosión intensa debido al ambiente pedogénico al que están sometidos, hecho que permite evidenciar su susceptibilidad al desgaste y posible desaparición como fitolito Flórez (2000) plantea que ellos al alterarse, participan en la formación de materiales amorfos de corto rango como los alófanos presentes en los andisoles.
5. No todos los fitolitos presentan una cadena degenerativa o reaccionan de igual forma al ataque químico o a los procesos de meteorización, estos fenómenos son más notorios en los fitolitos de las morfotribus Flabellulita y Braquiolititas y con menor efecto los de la morfotribu Prismatolita; el tamaño de los fitolitos influye notoriamente en su transformación y es más frecuente en fitolitos de menor tamaño y en los que tienen formas de láminas que los que son de formas más robustas y mayor tamaño.
6. En los perfiles de suelos estudiados se observó que la cantidad de fitolitos no disminuye con la profundidad del perfil pero sí existe una acumulación importante en el horizonte su-

perficial de los suelos, hecho que plantea la posibilidad de que esta acumulación pueda ser utilizada como criterio para el reconocimiento de un horizonte enterrado o un paleosuelo.

7. Los fitolitos constituyen una herramienta paleoecológica importante y aunque pueden ayudar a establecer el paleoclima, su conocimiento es aún muy incipiente para que ellos puedan constituirse como herramienta definitiva en la reconstrucción paleobotánica. El hecho de que una planta tenga diversas células que por su forma y funcionamiento son similares a las de otras plantas crea obstáculos por el hecho de que una vez éstas se conviertan en cuerpos síliceos, se acumulan en el suelo e impiden establecer a ciencia cierta cuáles de todos esos fitolitos pertenecen realmente a una determinada especie; es posible sin duda, determinarlo a partir de una hoja o raíz de una planta pero, una vez depositados en el suelo, su afinidad con una u otra especie es prácticamente imposible.

El conocimiento logrado hasta hoy por el grupo de trabajo en la vegetación y los suelos altoandinos, permite establecer grupos de morfotribus que podrían asociarse a determinadas especies vegetales y con ellas establecer grosso modo una interpretación paleoclimática o, por lo menos, establecer qué clima dominaba un determinado período.

El trabajo fitolítico en los suelos, con miras a establecer la paleovegetación, el paleoclima y el paleoambiente, debe ser complementado con el análisis polínico, el análisis de macrorrestos y el análisis de todos los demás constituyentes que puedan encontrarse en el suelo; así mismo, deberán estudiarse los procesos pedogenéticos dominantes en la formación de los suelos; sólo así se podrá garantizar y aprovechar la información que aporten las diversas herramientas utilizadas.

La ventaja principal de los fitolitos como microfósiles es su preservabilidad en los suelos y sedimentos en condiciones aeróbicas en donde el polen y esporas normalmente no sobreviven.

Además, estos tienen un especial valor e importancia en la reconstrucción de la historia de vegetación local. En relación con el grado de preservación se observa una gran variedad de morfógenos en el suelo.

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, sede Medellín, a los biólogos César A. Velásquez y Darío Sánchez, a Jorge Pérez, curador del herbario de la Universidad Nacional de Medellín y de manera especial a la auxiliar de investigación Alejandra Vasco Gutiérrez, estudiante de Biología de la Universidad de Antioquia.

Referencias bibliográficas

1. Bertoldi de Pomar, 1971 *Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos*. *Ameghiniana*: 8(3-4):317-328.
2. Borger-Peters, I., 1971. *Opalphytolithe*. Informationsblatt Nach-barwissenschaften Vor-u Frühgeschichte 2. Botanik 3, 1-3, 5.
3. Dormaar J.F. & Lutwick L.E., 1969: *Infrared spectra of humid acids and opal phytoliths as indicators of paleosols*. *Can. J. Sci.* 49, 29-37.
4. Flórez M, T., 2000. *Génesis de suelos y paleosuelos ándicos a partir del estudio de pedocomponentes*. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia. Sede de Medellín. Facultad de Ciencias. 229 p.
5. _____, & Parra S, L., 1999. *Atlas de fitolitos de la vegetación altoandina en los páramos de Belmira y Frontino, Ant.* En: *Revista de Silicofósiles Altoandinos*. pp. 3-41. Ed. Colciencias, Universidad Nacional, Universidad de Antioquia.
6. _____, 1999. *Fitolitos en paleosuelos ándicos altoandinos, San Félix, departamento de Caldas*. En: *Revista de Silicofósiles Altoandinos*. pp. 42-56. Ed. Colciencias, Universidad Nacional, Universidad de Antioquia.
7. _____, 1999. *Espectros de fitolitos en tres suelos ándicos del páramo de Frontino, departamento de Antioquia*, Codi, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional. En Prensa.
8. _____, 2001. *Propuesta de Clasificación Morfológica para los fitolitos en Colombia*. Codi, Universidad de Antioquia, Universidad Nacional. En prensa.
9. Fredlund, G.G., 1986. *A 620.000 year opal phytolith record from central Nebraskan loess*. In: Rovner, I. (Ed.), *Plant Opal Phytolith Analysis in Archaeology and Paleocology*. Occas. Pap. 1 of the Phytolitharien. North Carolina State Univ., Raleigh, pp. 12-23.
10. Jaramillo D. & Parra L., 1993. *Aspectos biofísicos generales del Páramo de Frontino*. *Revista ICNE* 4(2):81-96.
11. Parra, L., 1991. *Geología Glacial del Páramo de Frontino*. U. Nacional de Colombia, Medellín, 44 p. Inédito.
12. _____, & Jaramillo, A., 1996. *Palinología de las turbas del Páramo de Frontino*. *Revista ICNE* 5(1):51-66.
13. Rovner I., 1971. *Potencial of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction*. *Quaternary Research* 1, 343-359.



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1803

MOCION DE FELICITACIÓN

El **Consejo Académico de la Universidad de Antioquia**, en reunión de la fecha, acordó por unanimidad felicitar al Director y colaboradores de la **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, publicación de la Facultad de Ingeniería que ocupó un destacado puesto en la categoría B en la III Convocatoria para la Actualización del Index de Publicaciones Seriadadas Científicas y Tecnológicas Colombianas, certamen que fue auspiciado por COLCIENCIAS y el ICFES.

La Corporación al reconocer el gran esfuerzo y la constante abnegación del equipo de docentes que tienen a su cargo la importante tarea de difundir de manera regular esta revista, como expresión del trabajo intelectual del Claustro, también les manifiesta su voz de estímulo para que prosigan en tan noble empeño y contribuyan al mayor crecimiento de nuestra Alma Mater.

Medellín, 15 de agosto de 2001



Jaime Restrepo Cuartas
Presidente



Marta Nora Palacio Escobar
Secretaria



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

FACULTAD DE INGENIERÍA



RESOLUCIÓN DE FACULTAD NO. 200 14 DE DICIEMBRE DE 2001 ACTA 1429

Por la cual se hace una mención de felicitación a los miembros de la Facultad de Ingeniería

El Consejo de la Facultad de Ingeniería, en uso de sus atribuciones legales y reglamentarias, en especial las conferidas por el artículo 60, Literal ñ, del Estatuto General de la Universidad y

CONSIDERANDO


1. Que la Revista de la Facultad de Ingeniería constituye una excelente oportunidad de difusión de los trabajos académicos y científicos que realizan los profesores de la Facultad.
2. La calidad de los artículos, la permanencia de su publicación y el posicionamiento que ha logrado entre la comunidad científica le han valido para obtener el reconocimiento como Revista Categoría B en el indexado de Colciencias.

RESUELVE

- Artículo Primero:** Reconocer en la Revista de la Facultad de Ingeniería un excelente medio de divulgación del trabajo científico-académico de nuestros profesores.
- Artículo Segundo:** Reconocer la labor callada que realizan permanentemente los profesores Asdrúbal Valencia Giraldo, Carlos Jaime Noreña, Alvaro Wills, Alvaro Gaviria y Néstor Aguirre quienes conforman el Comité Editorial y Académico.
- Artículo Tercero:** Felicitar a los mismos profesores por el logro de posicionar a la revista en la Categoría B del Indexado de Colciencias.
- Artículo Cuarto:** Hacer entrega de esta Resolución en la Ceremonia pública que la Facultad realizará para entregar este merecido reconocimiento.

Dada en Medellín, el 20 de diciembre de 2001


JORGE HUMBERTO SIERRA CARMONA
Presidente


FABIO VÉLEZ MACÍAS
Secretario

INSTRUCCIONES PARA QUIENES DESEEN PUBLICAR ARTÍCULOS EN LA REVISTA FACULTAD DE INGENIERÍA

1. Presentar, en español, trabajos inéditos.
2. Los artículos no deben exceder de 25 páginas en tamaño carta y a doble espacio, con márgenes simétricas de 2.5 cm.
3. El título del artículo debe estar en inglés y en español.
4. Se debe acompañar el artículo con un resumen, abstract, no mayor de 15 renglones, en español e inglés, y una lista de palabras clave en español e inglés.
5. Se solicita la colaboración de los autores para la ambientación del artículo, mediante el aporte de fotografías e ilustraciones para acompañarlo, y la indicación de los cuerpos de texto que deban resaltarse.
6. Informar los datos del autor: nombre, número de fax o correo electrónico, nombre de la institución donde labora y cargo o función que desempeña, para el reconocimiento de los créditos respectivos.
7. Entregar una copia impresa del artículo, digitado en Word 95, y el disquete correspondiente debidamente marcado.
8. Instrucciones especiales para la digitación:
 - a) El texto debe digitarse sin formato, en letra Times New Roman de 12 puntos.
 - b) Los párrafos se alinean a la izquierda, sin justificación, sin dejar espacio entre los consecutivos y sin partir las palabras.
 - c) No dejar más de un espacio entre palabras; después de coma, punto y coma, dos puntos, paréntesis y punto y seguido, se debe dejar un solo espacio.
 - d) No incluir saltos de página o finales de sección.
 - e) Los guiones tipográficos deben ser largos y tocar la palabra adjunta: —, pero el que se usa entre palabras y números es el del teclado, y sin dejar espacios, ejemplo: físico-químico, 1999-2000.
 - f) Los títulos se digitan como un párrafo cualquiera, antecediéndolos de los símbolos #0, #1, #2, de acuerdo con su nivel jerárquico; el #0 es para el de mayor importancia.
 - g) Las ecuaciones se levantan en el procesador incluido en Word, en letra Times New Roman de 12 puntos.
 - h) Los símbolos de las constantes, variables y funciones, en letras latinas o griegas, incluidos en las ecuaciones, deben ir en cursiva; los símbolos matemáticos y los números no van en cursiva. Se deben identificar los símbolos inmediatamente después de la ecuación.
 - i) Si se desean resaltar palabras o frases del texto, no usar letra negrita sino cursiva.
 - j) Las figuras deben ir nombradas y referenciadas en el artículo, en estricto orden.
 - k) El título de las figuras se digita como un párrafo ordinario fuera de la figura.
 - l) No se presentan cuadros sino tablas y éstas no incluyen formatos.
 - m) Los decimales se deben señalar con coma (,) y no con punto; y los millares y millones con punto.
 - n) Se deben utilizar las unidades, dimensiones y símbolos del sistema internacional, SI.
 - o) No usar colores ni en gráficos ni en figuras.

9. Las citas, referencias bibliográficas y hemerografías se incluyen al final del artículo, en la siguiente forma:
- a. Las referencias bibliográficas y notas deben numerarse en forma ascendente, de acuerdo con su aparición en el texto, e incluir el apellido y el nombre del autor, el título de la obra en cursiva, el lugar de edición, la editorial, el año de edición y las páginas de referencia. Ejemplo:
 1. Foucault, Michael. *Un diálogo sobre el poder*. Madrid. Alianza.1981. p. 135.
 - b. Presentar las referencias hemerográficas en el siguiente orden: el apellido y el nombre del autor, el título del artículo entre comillas, el nombre de la revista o periódico en cursiva, el volumen, el número, el lugar de edición, la fecha de publicación y las páginas de referencia. Ejemplo:
 2. Salcedo, Salomón. "Política agrícola y maíz en México: hacia el libre comercio norteamericano". En: *Comercio Exterior*. Vol. 43. No. 4. México D. F. Abril, 1993.
 - c. En caso de que las referencias bibliográficas o las hemerográficas tengan más de dos autores, se debe usar la forma siguiente: el nombre del autor que aparezca en la publicación en primer lugar, seguido de la expresión et al. (que significa "y otros") en cursiva y se continúa con los datos ya explicados para la bibliografía y la hemerografía.
 - d. En caso de una referencia tomada de Internet se debe escribir el nombre del URL del sitio.
 - e. El llamado de una referencia bibliográfica se inserta en el texto, en el punto pertinente, mediante un número entre corchetes, al nivel del texto y separado de la palabra anterior por un espacio. En la misma forma se enumeran, al final, las referencias o bibliografías.
10. Evitar las notas de pie de página; en caso de que sean muy necesarias deben contener solamente aclaraciones o complementos del trabajo que, sin afectar la continuidad del texto, aporten información adicional que el autor considere necesario incluir.
11. Cuando se empleen siglas o abreviaturas, se debe anotar primero la equivalencia completa, seguida de la sigla o abreviatura correspondiente entre paréntesis, y en lo subsecuente se escribe sólo la sigla o abreviatura respectiva.
12. Por tratarse de una publicación con arbitraje, la revista recibe, revisa y envía los trabajos al Comité Editorial, el cual aprueba su publicación con base en el concepto de pares evaluadores especializados.
13. Los originales recibidos se conservan como parte del archivo de la revista.
14. Como derechos de autor se reconocen 3 ejemplares de la revista, que se envían a cada autor.
15. Favor enviar la colaboración a:

REVISTA FACULTAD DE INGENIERÍA
Universidad de Antioquia
Ciudad Universitaria, Bloque 18, oficina 141
Tel. 210 55 43 – 210 55 74
Correo electrónico: revista.ingeniería@udea.edu.co

CENTRO DE EXTENSIÓN ACADÉMICA CESET

GRUPOS DE EXTENSIÓN Y TRABAJO

- **GRUPO SIGMA**

Este grupo interdisciplinario, trabaja el área de proyectos, *Cultura Informática*, que tiene por objeto la gestión del cambio cultural que ocasiona en las empresas el aprendizaje y el trabajo con nuevas tecnologías de la información. Son proyectos que enraizan el aprendizaje en la cultura organizacional, crean, desarrollan, evalúan y mejoran las estrategias pedagógicas y de gestión y producen los medios didácticos integrados para lograr el aprendizaje. En este contexto se ha realizado la Formación de usuarios de sistemas de información geográfica y para Medellín y sus alrededores, SIGMA de las EE.PP.M. Y la Formación de Coordinadores de Equipo como Tutores, en la misma empresa.

- **GRUPO ISO**

Misión

Promover y difundir por medio de las líneas de capacitación, asesoría e investigación el conocimiento y aplicación de los estándares internacionales ISO relacionados con la gestión de la calidad y con los sistemas de gestión ambiental.

Visión

En 2002 el grupo regional ISO habrá desarrollado todas sus líneas de trabajo cubriendo el departamento de Antioquia y el eje cafetero. Será reconocido en Colombia y por la ISO como grupo de investigación jalonador de una red nacional de calidad y gestión ambiental y como miembro activo y dinamizador de los comités técnicos donde desarrolla su misión.

CENTRO DE EXTENSIÓN ACADÉMICA CESET

Es una dependencia especializada en el ofrecimiento de programas de educación permanente y capacitación en los campos de la ingeniería y áreas afines.

DIPLOMAS

- Diploma en Finanzas Básicas
- Diploma en Aseguramiento de la Calidad en ISO 9000 y Gestión Ambiental en ISO 14000
- Diploma Básico en Finanzas y Proyectos
- Diploma en Gestión de Proyectos

ESPECIALIZACIONES

- Especialización en Alta Gerencia con Énfasis en Calidad
- Especialización en Logística Integral
- Especialización en Finanzas con Énfasis en Evaluación de Proyectos
- Especialización en Ciencias Electrónicas

EVENTOS INTERNACIONALES 2002

CONGRESO INTERNACIONAL "GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA SOSTENIBILIDAD"

4 al 7 de junio - Palacio de Exposiciones y Convenciones de Medellín.

TECNOCOM
2da Feria y Seminario de Informática, Electrónica y Telecomunicaciones 2002

CENTRO DE EXTENSIÓN ACADÉMICA

Bloque 21, Oficina 134. Teléfonos 210 55 17 - 210 55 15. Telefax 210 55 18

Correo electrónico: ceset@jaibana.udea.edu.co

DEPARTAMENTO DE RECURSOS DE APOYO E INFORMÁTICA DRAI

Visión

Nos vemos como una unidad líder en apropiación de tecnología informática, en innovación de ayudas didácticas y en servicios al usuario, con talento humano que se distinguirá por su calidad, profesionalismo, compromiso y pertenencia con la Universidad y con una clara orientación hacia el servicio al usuario.

Misión

Nuestra misión es la satisfacción de necesidades y expectativas de nuestros usuarios mediante la prestación e innovación de servicios informáticos integrales de la mejor calidad dentro de los principios que rigen en la Universidad, a fin de lograr el fortalecimiento, liderazgo y proceso permanente de la institución, el desarrollo integral de nuestro talento humano, y la retribución adecuada y justa a la sociedad.

Servicios

- Desarrollo de *software* y apoyo informático a la gestión administrativa de la Facultad.
- Servicios integrados de asesoría y capacitación docente para la digitalización, elaboración y producción de material didáctico.
- Asesoría y soporte a usuarios de microcomputadores (*hardware* y *software*)
- Administración y mantenimiento de los equipos servidores de la Facultad manejados por el DRAI.
- Soporte en servicios de red.
- Administración de la red de micros para estudiantes de la Facultad de Ingeniería.
- Administración y préstamo de equipos, auditorios y sala de medios de la Facultad; capacitación y soporte para el uso de estos recursos.
- Consultas bibliográficas a través del Centro de Documentación.
- Servicios de extensión en informática.



Universidad de Antioquia Ciudad Universitaria

Bloque 21, Oficina 130, Teléfono: 210 55 20 / Fax: 263 82 82

Correo electrónico: drai@udeaedu.co

CENTRO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES Y DE INGENIERIA CENTRO EXCELENCIA

Y SUS GRUPOS:

Corrosión y Protección, Categoría A

Catálisis Ambiental, Categoría A

Ciencias de los Materiales, Línea Catalizadores y Adsorbentes, Categoría A

Investigación en Gestión y Modelación Ambiental, GAIA, Categoría B

Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental GIGA, Categoría B

Manejo Eficiente de la Energía Eléctrica GIMEL, Categoría C

Ciencia y Tecnología del Gas, Categoría C

Grupo de Investigaciones Pirometalúrgicas - GIPIME, Categoría C

Nuevos Prototipos de Energía, Categoría D

Sicosis, Categoría D

CERAMEX, Categoría D

Ciencia y Tecnología Biomédica, Categoría D

Grupo Bioprocesos

Microelectrónica

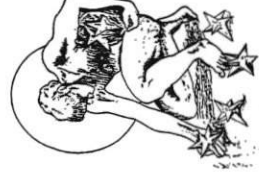
Mecatrónica

Grupo Cable



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

1803



CIUDAD UNIVERSITARIA, Calle 67 No. 53-108

Facultad de Ingeniería - Bloque 21, oficinas 103-105

Teléfonos 210 55 10, 210 55 09. Fax 211 90 28

e-mail: cia@jaibana.udea.edu.co

REVISTA FACULTAD DE INGENIERÍA

CUPÓN DE SUSCRIPCIÓN

Suscripción y factura a nombre de: _____ C.C. _____

Departamento académico: _____ Registro: _____

Dirección de envío: _____

Teléfono: _____ Fax: _____

Residencia: _____ Oficina: _____

Ciudad: _____ País: _____

Correo electrónico: _____

Fecha: _____ Suscripción a partir del número: _____

Firma: _____

Cheque No. _____ Banco: _____ Ciudad: _____

Valor de la suscripción: (4 números):

Colombia: \$30.000

América Latina: US\$85

Norteamérica y Europa: US\$117

Desea que se lo descuenten de nómina Sí _____ No _____ Cuántas cuotas _____

IMPORTANTE:

Todo pago se hace a nombre de: Universidad de Antioquia CIA, centro de costos 8703.

Para su comodidad usted puede cancelar en cheque y enviarlo al A.A. 1226 o consignar el valor de la suscripción en la cuenta nacional No. 180-01077-9 del banco Popular, en cualquier oficina del país, a nombre de la UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA —CIA—, centro de costo 8703.

Si usted paga por este sistema, debe sacar una fotocopia del recibo de consignación y enviarla junto con la suscripción.

NOTA. Los precios en dólares incluyen el valor del correo y la transferencia.

Correspondencia, canje y suscripciones

REVISTA FACULTAD DE INGENIERÍA
Universidad de Antioquia
Bloque 18, Oficina 141
Correo electrónico: revista.ingenieria@udea.edu.co
Teléfono: 210 55 74 Fax: 263 82 82
A.A. 1226

Se terminó de imprimir
en la Imprenta Universidad de Antioquia
en el mes de abril de 2002