

# *Frenelopsis* y *Pseudofrenelopsis* (CONIFERALES: CHEIROLEPIDIACEAE) EN EL CRETÁCICO TEMPRANO DE COLOMBIA

Moreno Sánchez, M.<sup>1,2</sup>; Gómez Cruz, A. de J.<sup>1,3</sup>; Castillo González, H.<sup>1,4</sup>

## RESUMEN

Por primera vez para Colombia se reporta la presencia de los géneros de cheirolepidiaceas *Frenelopsis* y *Pseudofrenelopsis*. Los especímenes, ramas estériles, provienen de los depósitos marinos de edad Cretácica Temprana de Bucaramanga (Santander), Villa de Leiva (Boyacá) y Aipe (Huila). Los restos vegetales representan una comunidad litoral dominada por gimnospermas fosilizadas en una costa semiárida.

**Palabras clave:** *Frenelopsis*, *Pseudofrenelopsis*, Colombia, Cretácico Temprano

## *Frenelopsis* y *Pseudofrenelopsis* (CONIFERALES: CHEIROLEPIDIACEAE) FROM THE EARLY CRETACEOUS OF COLOMBIA

## ABSTRACT

For the first time in Colombia authentic remains of the cheirolepidiaceous genera *Frenelopsis* and *Pseudofrenelopsis* are recorded. The specimens, vegetative shoots, are described from the Early Cretaceous marine beds in Bucaramanga (Santander), Villa de Leiva (Boyacá) and Aipe (Huila) localities. The plant remains represent a littoral community dominated by gymnosperms species fossilized in a muddy semiarid coastal environment.

**Key words:** *Frenelopsis*, *Pseudofrenelopsis*, Colombia, Early Cretaceous

## INTRODUCCIÓN

Las Cheirolepidiaceae fueron la familia de coníferas con la más alta diversidad y extensión en las zonas tropicales del mundo durante el Triásico Tardío y Cretácico Tardío. Los últimos remanentes de este notable grupo datan del Cenomaniano aunque según datos palinológicos podría haber alcanzado el Maastrichtiano (Watson, 1988). Sorprendentemente, y a pesar de su potencial abundancia, no se conocían reportes de macrorestos confirmados de estas plantas en Colombia. En esta nota se reporta por primera vez la presencia segura de coníferas Cheirolepidiaceas en el Cretácico Colombiano.

Entre los caracteres distintivos de las Cheirolepidiaceae están sus órganos reproductivos anatómicamente más

complejos que los de otras familias de coníferas y la morfología de los estomas. Sin embargo, el carácter más notable es la posesión de conos masculinos productores de polen del género *Classopolis* (Alvin et al., 1978; Hluštík, 1976). Los órganos vegetativos en estas plantas son notablemente variados e incluyen formas que se confunden con los de las Cupressaceae (familia del ciprés), Araucariaceae (ej: araucarias) y Podocarpaceae (familia de los "pinos" colombianos). Además de sus estructuras reproductivas características, las coníferas *Frenelopsis* y *Pseudofrenelopsis* son notables por sus ramitas con hojas extremadamente reducidas formando un eje cilíndrico y una a tres hojas por nodo en un arreglo verticilado. El hábitat original de estos dos géneros es objeto de un debate centrado en dos posiciones: la xeromórfico (clima árido) o la halomórfico (suelos salinos).

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias Geológicas. Universidad de Caldas

<sup>2</sup> msanchez.mario@gmail.com, <sup>3</sup> arleygomezc@caliescali.com, <sup>4</sup> hardanyc@hotmail.com

Diez morfogéneros de coníferas incluyen especies con órganos reproductivos característicos de la familia Cheirolepidiaceae. Los géneros completamente establecidos dentro de la familia son: *Frenelopsis* Schenk, *Pseudofrenelopsis* Nathorst, *Hirmeriella* Hörhammer, *Tomaxellia* Archangelsky, *Androvettia* Hollick y Jeffrey, *Glenrosa* Watson y Fisher. También se incluyen en la familia algunas especies de los morfogéneros *Brachyphyllum* Lindley y Hutton, *Cupressinocladus* Seward, *Pagiophyllum* Heer, y *Geinitzia* Endlicher (Watson, 1988).

A pesar de que *Classopolis* es un palinomorfo abundante en capas del Jurásico y Cretácico Temprano en Colombia (ej. Hengreen and Dueñas, 1990), los registros de macrorestos pertenecientes a esta importante familia son prácticamente inexistentes. Restos posibles de *Frenelopsis* fueron reportados por Lipps en 1932 en estratos del Cretácico Temprano de Santander (Pons, 1983) y en los alrededores de Villavicencio (Pons, 1988). Fósiles de *Cupressinocladus* y *Brachyphyllum*, géneros que incluyen algunas especies con posibles afinidades con Cheirolepidiaceae, son muy frecuentes en los depósitos de edad Cretácica Temprana de la Cordillera Oriental (Huertas, 1970; Pons, 1983, 1988; Waveren et al., 2002); *Cupressinocladus* se reporta además para el Valle del Magdalena y Cordillera Central (Lemoigne, 1984; Moreno-Sánchez, 1994). En esta nota preliminar se reportan nuevos hallazgos que demuestran la presencia de Cheirolepidiaceae en Colombia: *Pseudofrenelopsis* en la Cordillera Oriental y Valle del Magdalena y *Frenelopsis* en Villa de Leiva.

## LOCALIZACIÓN DE LOS ESPECIMENES ESTUDIADOS

Los fósiles mencionados en este trabajo fueron recolectados por los autores durante excursiones de campo de la Universidad de Caldas. Las muestras provienen de localidades situadas en el Valle Superior del Magdalena y la Cordillera Oriental. Una de las muestras proviene de un afloramiento sobre la carretera Bucaramanga-Cúcuta, otras más fueron recuperadas de concreciones de la Formación Paja en Villa de Leiva (FIGURA 1). También se incluye material bien preservado recuperado de una concreción en la Quebrada Bambucá (Huila).

## MATERIAL

La muestra Lp-Aip-0001 se halló dentro de una concreción calcárea de la Formación Villeta en el lecho de la Quebrada Bambucá muy cerca del contacto con la Formación Caballos (estratigrafía según Flórez y Carrillo, 1994). El material corresponde a tallitos remplazados en carbonato de calcio del mismo color de la matriz que es micritica de color gris-pardo muy oscuro.

Las muestras Lp-VI-0001, Lp-VI-0002 y Lp-VI-0006, corresponden a ramitas sustituidas por carbonato de calcio encontradas en concreciones del segmento E de la Formación Paja (sensu Etayo-Serna, 1968b).

La muestra Lp-E1-0001 proviene de niveles arenosos expuestos cerca del Cerro Morro Negro en el borde de la carretera Bucaramanga-Berlín, en estratos que son equivalentes a la Formación Paja (ver Royero y Clavijo, 2001; Royero y Vargas, 1999).

## SISTEMÁTICA

Orden: Coniferales

Familia: Cheirolepidiaceae

Genero *Pseudofrenelopsis* Nathorst, 1893

Especie tipo. *Pseudofrenelopsis varians* (Fontaine)

Watson, 1977

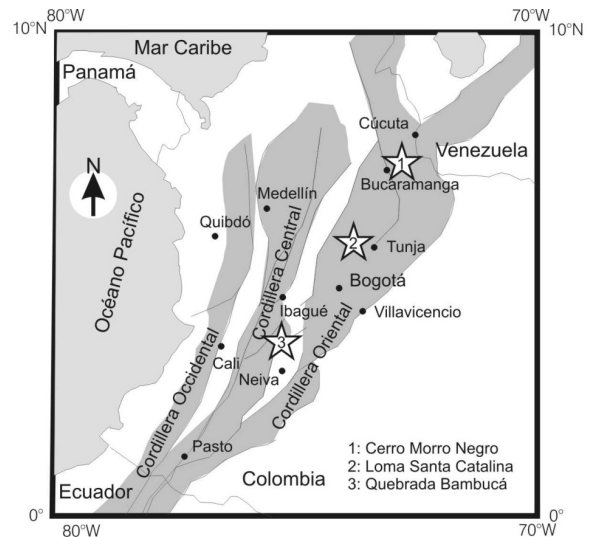


FIGURA 1. Localidades descritas en el texto.

Según la diagnosis enmendada de Srinivasan (1995) el género *pseudofrenelopsis* se caracteriza por brazos ramificados con hojas situadas en un arreglo espiral, ocasionalmente cíclico, con bases envainadas. Cada hoja individual rodea el tallo en su mayor parte o en totalidad. Las hojas son anchas, escamosas, pequeñas, triangulares, adpresas. El ápice es obtuso o acuminado. Los bordes laterales de la hoja se unen para formar una base envainada y se continúa formando un internodo cilíndrico hasta el nodo debajo; o los bordes laterales no se unen, dejando un espacio (*gap*) o sutura, o produciendo un solapamiento entre ellos. Por nodo hay generalmente una hoja, ocasionalmente pueden ser dos. Estomas circulares o elípticos con células de guarda hundidas bajo el anillo de células subsidiarias que forman la abertura estomatal. El anillo de la abertura estomatal con o sin papilas. Estomas generalmente monocíclicos.

#### ***Pseudofrenelopsis* sp.1**

Material: Lp-Aip-0001 Quebrada Bambucá, Aipe (Huila). FIGURA 2, F; FIGURA 3, C.

Descripción y distribución. El material consiste en fragmentos de ramitas terminales de no más de 3 mm de anchura remplazadas en carbonato de calcio. El fragmento más largo aislado mide 11 mm. Longitud de los internodos entre 3 y 5 mm. Una hoja por nodo en un arreglo alternado (helicoidal). Cada hoja en los internodos rodea el tallo formando una sutura diagonal. Los estomas son uniseriales y se alinean en hileras que convergen hacia el ápice de la hoja.

La presencia de una sola hoja por internodo es una característica del género, sin embargo, la presencia de bordes suturados para todas las hojas entre los internodos es un aspecto específico de los especímenes colombianos estudiados.

#### ***Pseudofrenelopsis* sp.1**

Material: Lp-VI-0001, Lp-VI-0002 y Lp-VI-0006 Loma Santa Catalina, Formación Paja. Villa de Leiva (Boyacá). FIGURA 2, A, B, C; FIGURA 3, B, D, E.

Descripción y distribución. Especímenes que cumplen con las características del material descrito de la Quebrada Bambucá. Lp-VI-0001 y Lp-VI-0006 poseen tallitos cilíndricos gruesos (6 mm) con internodos con aproximadamente la misma longitud (6 mm). El espécimen Lp-VI-0002 es más fino (6 mm de anchura) y se

ramifica en ángulos menores de 40 grados. Los estomas están alineados en surcos y convergen hacia los ápices de las hojas como en *Pseudofrenelopsis parceramosa* (ver Axsmith, 2006 p. 312). *P. parceramosa* posee una sola hoja por internodo del tipo cerrado sin sutura, *P. varians* ocasionalmente presenta internodos del tipo abierto (los márgenes de las hojas no se tocan) lo que no se ha visto en los especímenes colombianos. La presencia de segmentos cerrados con una sutura diagonal en el material colombiano es un carácter intermedio que se sitúa entre *P. parceramosa* y *P. varians*. La gran variabilidad morfológica dentro de las especies de *Pseudofrenelopsis* obliga a mantener cierta prudencia antes de establecer nuevas especies (Axsmith, 2006). No se conocen estructuras reproductivas físicamente unidas al material estudiado, sin embargo, la morfoespecie *Conites* sp. ocasionalmente encontrada en la Formación Paja (Waveren et al., 2002) posee las características descritas para los conos femeninos de algunas Cheirolepidiaceas.

La edad de los niveles donde se recolectó material estudiado es en la Formación Paja Aptiana (Etayo-Serna, 1968b) y en la Quebrada Bambucá es Albiana (Etayo-Serna y Carrillo, 1996).

#### **?*Pseudofrenelopsis* sp.**

Material: Lp-El-0001, Cerro Morro Negro al este de Bucaramanga, estratos 1K1. FIGURA 2, D; FIGURA 3, F.

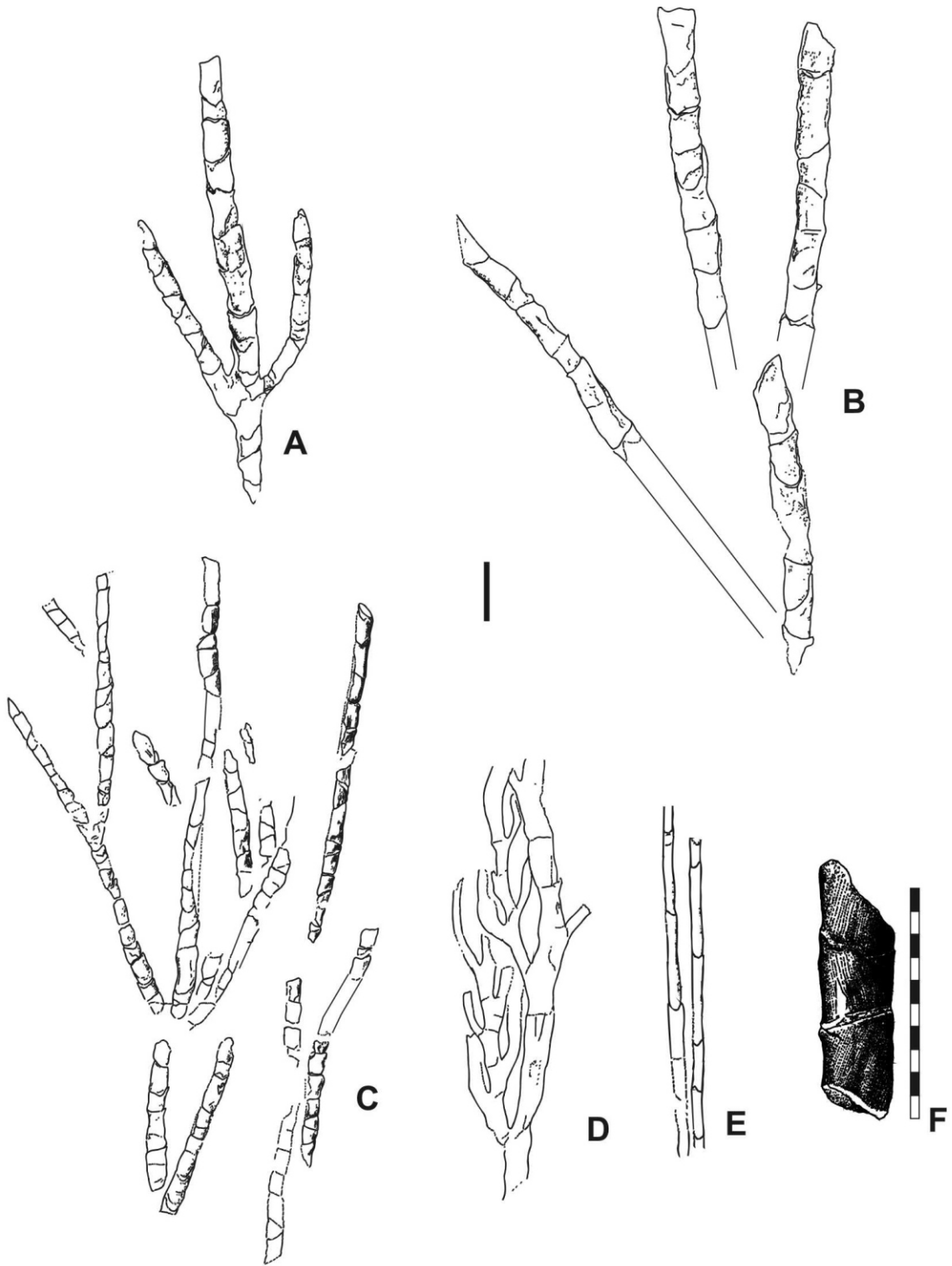
El espécimen corresponde a un tallo comprimido conservado como una película carbonosa. La presencia de internodos es clara en el espécimen, sin embargo, no se puede establecer el número de hojas por nodo; ocasionalmente se marca una hoja por internodo lo que es característico del género *Pseudofrenelopsis* pero el estado de conservación del material no permite una diagnosis segura. La epidermis muy gruesa se ha conservado como una película carbonosa. La anchura del tallo es variable desde 3 mm hasta 1.5 mm. La superficie epidérmica esta marcada por una serie de surcos que se alinean paralelamente con el eje del tallo. Los internodos son cilíndricos sin sutura aparente.

Orden: Coniferales

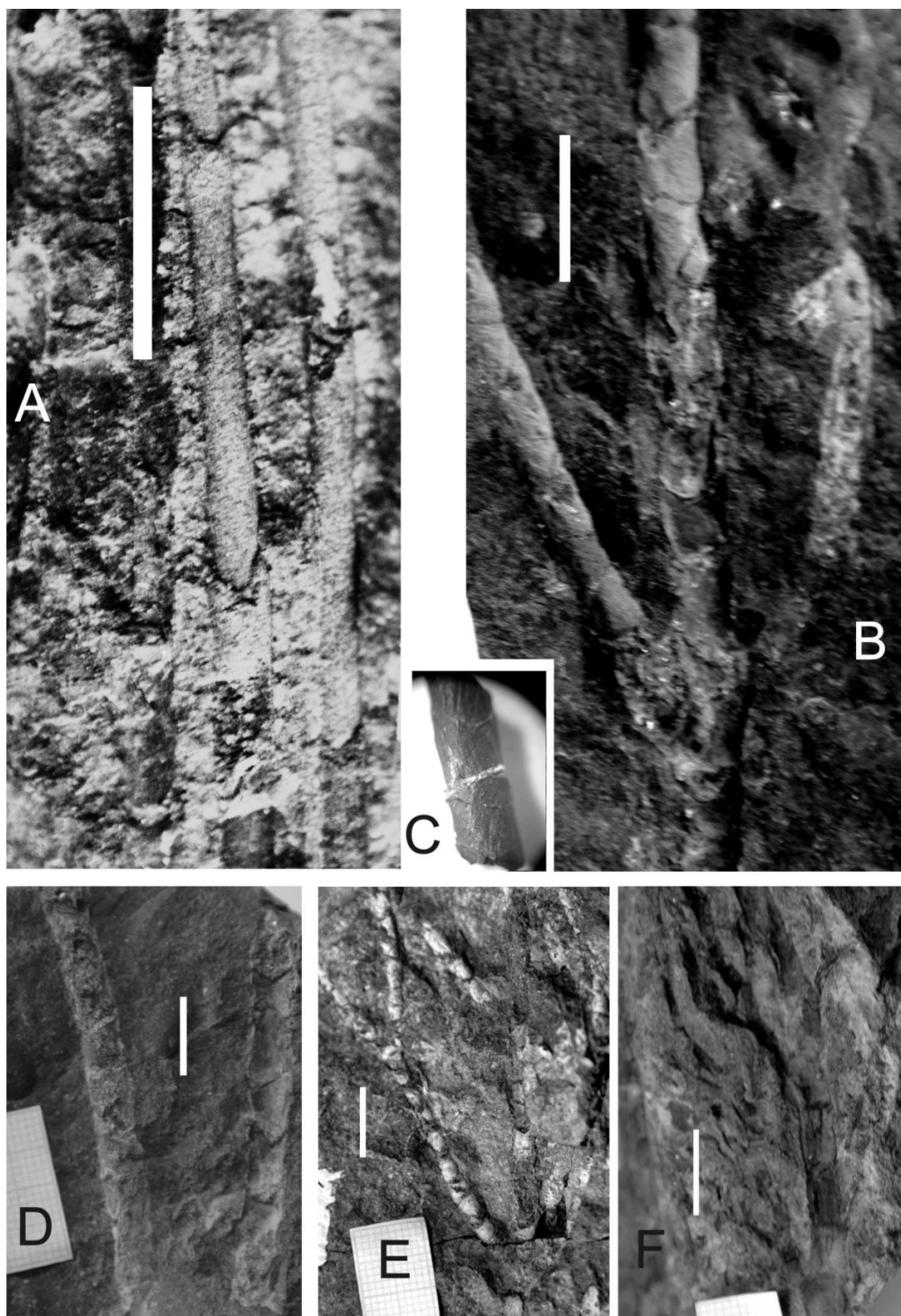
Familia: Cheirolepidiaceae

Genero *Frenelopsis* Schenk, 1869

Especie tipo. *Frenelopsis hoheneggeri* (Ettingshausen) Schenk, 1869



**FIGURA 2.** A, *Pseudofrenelopsis* sp. 1 (Lp-V1-0001); B, *Pseudofrenelopsis* sp. 1 (Lp-V1-0006); C, *Pseudofrenelopsis* sp. 1 (Lp-V1-0002); D, *Pseudofrenelopsis* sp. 2 (Lp-E1-0001). Todos los dibujos fueron hechos mediante cámara lucida. La barra rellena representa un centímetro para las FIGURAS A, B, C, D y E. La barra segmentada en F representa un centímetro.



**FIGURA 3.** A, *Frenelopsis* cf. *Ramosissima* (Lp – V1-0016). B, *Pseudofrenelopsis* sp. 1(Lp-V1-0001); C, *Pseudofrenelopsis* sp. 1 (Lp-Aip-0001); D, *Pseudofrenelopsis* sp. 2(Lp-V1-0006); E, *Pseudofrenelopsis* sp. (Lp-V1-0002); F, *Pseudofrenelopsis* sp. 1 (Lp-E1-0001). Todos los dibujos fueron hechos mediante cámara lucida. La barra rellena representa un centímetro para las FIGURAS A, B, D, E y F. El segmento en C mide un Centímetro.

Las plantas del género *Frenelopsis* Schenk se caracterizan por poseer dos o tres hojas por verticilo con bases decurrentes que se unen lateralmente para formar un internodo cilíndrico sin sutura (ej. Watson y Alvin, 1999).

### *Frenelopsis cf. ramosissima*

Material: Lp-VI-0016 Loma Santa Catalina, Formación Paja, Villa de Leiva (Boyacá). FIGURA 2, E; FIGURA 3, A.

El espécimen está representado por cerca de cinco ramitas bifurcadas que convergen hacia la base sugiriendo conexión en vida. Los ejes de 2 mm de ancho son segmentadas aproximadamente cada 1.5 cm, las hojas son tres por verticilo (normalmente solo dos son visibles en el costado de los ejes). Las ramitas representan terminaciones de último y penúltimo rango. Las terminaciones de las hojas en los nodos son triangulares. La morfología del espécimen colombiano se ajusta bien con la descrita para *Frenelopsis ramosissima* del Cretácico Temprano de Texas. Sin embargo, la ausencia de cutícula y material fértil impide la determinación segura del material estudiado.

### CONSIDERACIONES PALEOECOLÓGICAS

Todas las muestras recolectadas en Villa de Leiva provienen del sur de la Loma La Catalina. Los especímenes se hallaron en concreciones calcáreas extraídas de niveles arcillosos (arcillolitas abigarradas) correspondientes al segmento E de Etayo-Serna (1968a; Etayo-Serna, 1968b) que es equivalente al segmento V de Forero y Sarmiento (1985) de la Formación Paja. El segmento E de la Formación Paja se formó bajo condiciones semiáridas con la influencia de aguas marinas de salinidad moderada tal como lo sugieren la abundancia de yeso y estructuras criptoalgáceas (Forero y Sarmiento, 1985). Estos autores también deducen que durante la marea baja debieron existir pantanos en los que se depositaban sedimentos finos en condiciones de anoxia. Junto con *Frenelopsis* y *Pseudofrenelopsis* se han encontrado restos vegetales entre los que se incluyen las coníferas *Podozamites* sp., *Cupressinocladus lepidophyllus*, *C. leivanus*, *C. sutamarchensis*, *C. hoedemaekeri*, *Brachyphyllum* sp., *Araucariostrobus* sp., *Araucarites* sp., y las gimnospermas de afinidad desconocida *Sterculiocarpus* sp. y *Taeniopteris* sp. La asociación de los especímenes con restos de coníferas de cutícula gruesa (Waveren et al., 2002) junto con niveles

yesíferos en Villa de Leiva y con dolomitas en Aipe aportan evidencia que sugiere un clima predominantemente seco al final del Cretácico Temprano en Colombia.

Las cutículas de algunas Cheirolepidiaceas han sido usadas para estimar los valores de concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico, Haworth et al. (2005) calcularon índices estomatales en *Pseudofrenelopsis parceramosa* (Fontaine) y estiman que el clima terrestre durante el Cretácico Medio fue relativamente frío.

### CONCLUSIONES

Por primera vez se reconocen dos géneros característicos de la familia cheirolepidiaceas en Colombia. *Frenelopsis* y *Pseudofrenelopsis* fueron encontrados en depósitos de edad Aptiana y Albiana de la Cordillera Oriental y Valle del Magdalena. Los restos se encuentran entre depósitos marinos que se formaron bajo condiciones climáticas secas.

### REFERENCIAS

- Alvin, K. L., R. A. Spicer, and J. Watson (1978). A *Classopollis*-containing male cone associated with *Pseudofrenelopsis* Paleontology, Vol. 21, pp. 847-856.
- Axsmith, B. J. (2006). The vegetative structure of a Lower Cretaceous conifer from Arkansas: further implications for morphospecies concepts in the Cheirolepidiaceae: Cretaceous Research, Vol. 27, pp. 309-317.
- Etayo-Serna, F. (1968a). El sistema Cretácico en la región de Villa de Leiva y zonas próximas: Geología Colombiana Vol. 5, pp. 5-74.
- Etayo-Serna, F. (1968b). Sinopsis estratigráfica de la región de Villa de Leiva y zonas próximas: Boletín de Geología UIS, Vol. 21, pp. 19-32.
- Etayo-Serna, F., and G. A. C. Carrillo (1996). Bioestratigrafía del Cretácico mediante microfósiles en la sección El Ocal, Valle Superior del Magdalena, Colombia: Geología Colombiana, Vol. 20, pp. 81-92.
- Flórez, M. J. N. and Carrillo, G. A. C. (1994). Estratigrafía de la sucesión litológica basal del Cretácico del Valle Superior del Magdalena, in F. Etayo-Serna, ed., Estudios

- geológicos del Valle Superior del Magdalena: Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, pp. III-II25.
- Forero, H. O., and L. R. Sarmiento (1985). La facies evaporítica de la Formación Paja en la región de Villa de Leiva, in F. Etayo-Serna, and F. Laverde, eds., Proyecto Cretácico, Vol. 16: Bogotá, Publicaciones Geológicas Especiales del Ingeominas, pp. XVIII-XVII16.
- Haworth, M., S. P. Hesselbo, J. C. McCelwain, S. A. Robinson, and J. W. Brunt (2005), Mid-Cretaceous  $p\text{CO}_2$  based on stomata of the extinct conifer *Pseudofrenelopsis* (Cheirolepidiaceae): *Geology*, Vol. 33, pp. 749-752.
- Herngreen, G. F. W., and H. J. Dueñas (1990). Dating of the Cretaceous Une Formation, Colombia and the relationship with the Albian-Cenomanian African-South American microfloral province: Review of Palaeobotany and Palynology, Vol. 66, pp. 345-359.
- Hlušítk, A. (1976). *Frenelopsis alata* (K. Feistm) Knobloch (Cupressaceae) from the Cenomanian of Bohemia, a new plant producing *Classopolis* pollen, *Evolution Biology: Praha*, pp. 125-131.
- Huertas, G. (1970), *Sertum florulae fossilis Villae de Leiva*. *Paleobotanica: Caldasia*, Vol. 10, pp. 596-602.
- Lemoigne, Y. (1984). *Données nouvelles sur la paléoflore de Colombie*: *Geobios*, Vol. 17, pp. 667-690.
- Moreno-Sánchez, M. (1994). La paleoflora del Cretácico Inferior de las regiones de San Antonio y Aipe (Huila), in F. Etayo-Serna, ed., *Estudios del Valle Superior del Magdalena*: Bogotá, W.Taller Editorial, pp. XIV1-XVI12.
- Pons, D. (1983). *Contribution a l'étude paléobotanique du Mésozoïque et du Cénozoïque de Colombie*: PhD. thesis, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 655 p.
- Pons, D. (1988). *Le Mésozoïque de Colombie. Macroflores et microflores*: Cahiers de paléontologie Paris, Editions CNRS, 168 p.
- Royero, G. J. M., and J. Clavijo (2001). *Mapa generalizado del Departamento de Santander*, Memoria explicativa, Ingeominas, 92p.
- Royero, G. J. M., and H. R. Vargas (1999). *Geología del Departamento de Santander (1:300.000)*: Ingeominas.
- Srinivasan, V. (1995). Conifers from the Puddledock locality (Potomac Group, Early Cretaceous) in eastern North America: Review of Palaeobotany and Palynology, Vol. 89, pp. 257-286.
- Watson, J. (1988). The cheirolepidiaceae, in C. B. Beck, ed., *Origin and evolution of gymnosperms*: New York, Columbia University Press, pp. 382-447.
- Watson, J., and K. L. Alvin (1999). The cheirolepidiaceae conifers *Frenelopsis occidentalis* Heer and *Watsoniocladius valdensis* (Seward) in the Wealden of Germany: *Cretaceous Research*, Vol. 20, pp. 315-326.
- Waveren, v. I. M., J. H. V. Konijnenburg-van Cittert, J. V. d. Burgh, and D. L. Dilcher (2002). Macrofloral remains from the Lower Cretaceous of the Leiva region (Colombia): *Scripta Geologica*, Vol. 123, pp. 1-39.

---

---

Trabajo recibido: abril 10 de 2007

Trabajo aceptado: julio 6 de 2007