

## CONÍFERAS CUPRESÁCEAS FÓSILES DE “EL CHANGO”, CHIAPAS (APTIANO)

Ixchel González-Ramírez<sup>1</sup>, Laura Calvillo-Canadell<sup>2</sup> y Sergio R.S. Cevallos-Ferriz<sup>3</sup>

### RESUMEN

En México, el registro fósil de las coníferas es escaso e incompleto y está sesgado a la región norte del país. Recientemente, en la cantera de “El Chango”, en Ocozocuatla de Espinoza, Chiapas, se han encontrado fósiles de coníferas. Esta localidad pertenece a la Formación Sierra Madre (Aptiano) y en ella afloran estratos finos de calizas laminares que contienen flora y fauna de lagunas costeras/esteros y continental. Las asociaciones de plantas fósiles encontradas en esta localidad se caracterizan por una alta dominancia de morfotipos de gimnospermas, en particular de dos coníferas. Ramas de último y penúltimo orden de estas dos coníferas, junto con un tercer morfotipo representado únicamente por un ejemplar, se asignaron a la familia Cupressaceae con base en la presencia de hojas maduras aciculares o imbricadas en forma de escama, con una sola vena central, en arreglo espiral o decusado en crisscross. Además, con base en su arquitectura, morfometría y filotaxia, los morfotipos fósiles fueron comparados, y se observó una similitud morfológica, con los géneros actuales *Cryptomeria*, *Glyptostrobus* y *Chamaecyparis*. En la actualidad, todos estos géneros tienen una distribución restringida a Asia, sin embargo existen registros previos de fósiles de *Glyptostrobus* en América. Estas plantas constituyen nuevos registros para el Cretácico de México, y serán importantes para entender la historia biogeográfica de las coníferas en el país.

Palabras clave: Coníferas cretácicas, Cupressaceae, Chiapas, géneros asiáticos.

### ABSTRACT

In Mexico, conifer fossil record is incomplete and is biased on the north of the country. In recent years work in a quarry located in the Southwestern Mexico, near Ocozocuatla Espinoza, Chiapas, yielded a new interesting biota. The new locality forms part of the Sierra Madre Formation (Aptian), containing flora and fauna from coastal lagoons/estuaries and continental platform. The plant association found on this site is characterized by a high dominance of gymnosperm morphotypes, particularly two conifers. Branches of ultimate and penultimate order of these morphospecies, and a third one represented only by a single fossil, have been assigned to Cupressaceae family based on the presence of mature acicular or thickened at the base scale leaves, with a single central vein, spiral or alternate in crisscross phyllotaxy. Furthermore, based on their architecture, morphometry and phyllotaxis, fossil morphotypes have been compared, finding morphological affinity, with the extant genera *Cryptomeria*, *Glyptostrobus* and *Chamaecyparis*. Today all these genera have a restricted distribution in Asia, but there are previous reports of fossil *Glyptostrobus* in America. These plants are new records for the Cretaceous of Mexico and complement the biogeographic history of conifers in the country.

Key words: Cretaceous conifers, Cupressaceae, Chiapas, asiatic genera.

### INTRODUCCIÓN

Las coníferas se caracterizan por ser árboles o arbustos con madera secundaria constituida por traqueidas, hojas simples con una sola vena o venación paralela, tienen producción de resina y sus estructuras reproductivas están separadas en conos masculinos y femeninos. Los conos masculinos son simples, mientras que los conos

femeninos son compuestos ya que están conformados por un eje que sostiene ramas reproductivas y brácteas (Farjon, 2008; Eckenwalder, 2009). Las coníferas son un grupo que es conocido por su abundancia en las regiones frías y templadas del hemisferio norte, donde son las especies dominantes de las comunidades vegetales, formando grandes masas forestales (Farjon, 2008; Eckenwalder, 2009). Sin embargo, las zonas tropicales y subtropicales son las que presentan una mayor riqueza de especies de coníferas, basta con mencionar que los ocho centros de diversificación de coníferas que se reconocen se encuentran en latitudes entre 40° y 2° (Farjon y Page, 1999). En México se tienen registradas 85 especies de coníferas actuales (Sánchez y Huguet, 1959), de entre las que destaca la diversidad del género *Pinus* con 43 especies (comparado con 9 especies de este género que existen en todo Canadá (Farjon, 2010)).

1. Facultad de Ciencias, UNAM, Circuito Interior, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04510 México D. F. Email: ixgon2@ciencias.unam.mx

2 y 3. Departamento de Paleontología, Instituto de Geología, UNAM, Circuito interior, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04510 México D. F.

2. Email: lccanadell@mac.com

3. Email: scrsfcfb@unam.mx

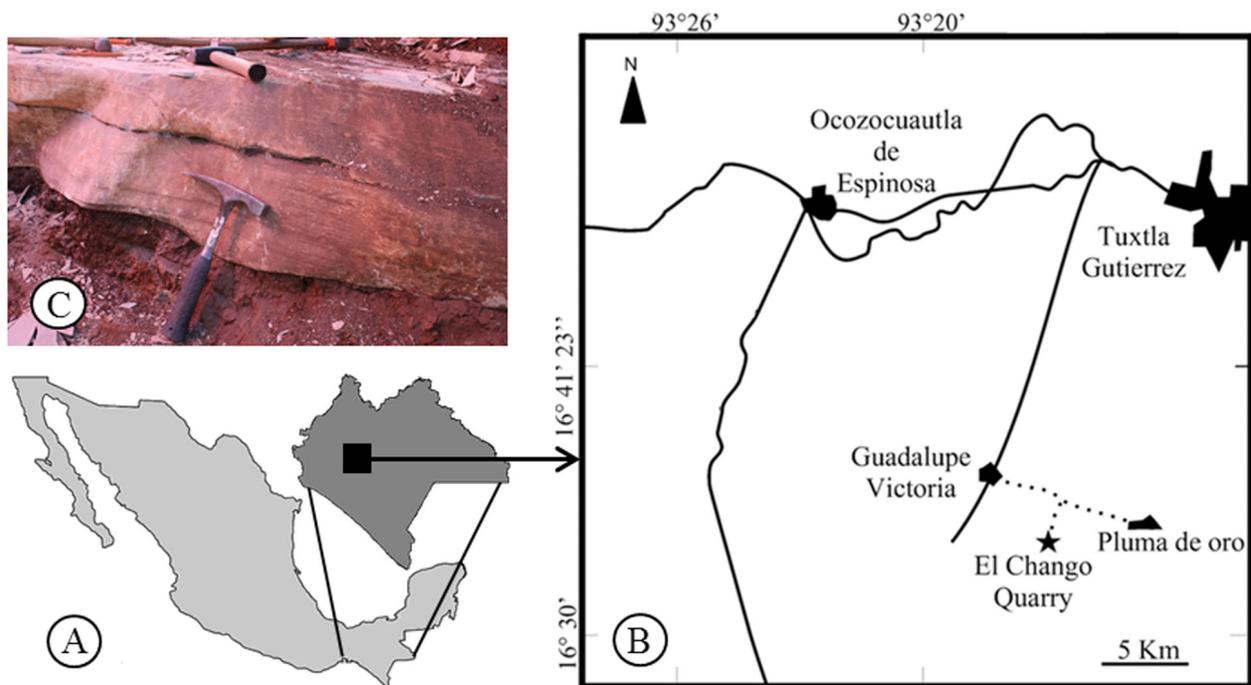


Figura 1. A) Ubicación del estado de Chiapas dentro de México. B) Ubicación de la cantera de “El Chango” en el municipio de Ocozocuautla de Espinosa, al suroeste de la capital Tuxtla Gutiérrez, modificada de Alvarado et al. 2009. Los dos poblados más cercanos a la cantera son el pueblo de Pluma de oro y Guadalupe Victoria. C) Fotografía de las rocas calizas laminares que afloran en la localidad “El Chango”, Chiapas.

A pesar de su abundancia e importancia económica y ecológica, el número de coníferas actuales (considerando subespecies y variedades) es de alrededor de 800 taxa (Farjon y Page, 1999) y 615 especies (Farjon, 2010), y cabe mencionar el hecho de que 30 (es decir el 40%) de los géneros actuales de coníferas son monoespecíficos. De acuerdo a las inferencias hechas a partir de análisis filogenéticos, esta baja riqueza a nivel de especie se debe a una alta tasa de extinción y no a una baja tasa de especiación (Farjon, 2010). Además el grupo de las coníferas tuvo su radiación más importante durante el Mesozoico, periodo en el cuál fueron las plantas dominantes del paisaje (Miller, 1977), la cual debe estar reflejada en su registro fósil. Así, si logramos documentar la diversidad que este grupo de plantas tuvo en el pasado, posiblemente podamos comprender por qué los centros actuales de diversificación de las coníferas se encuentran en las regiones tropicales.

El estudio de los fósiles es muy importante para comprender la filogenia de cualquier organismo, pues nos permite determinar la condición de ancestría-descendencia de los caracteres que observamos hoy, e inclusive observar características ausentes en organismos actuales y que permiten establecer relaciones filogenéticas. Sin embargo, en el caso de las coníferas, los fósiles adquieren una importancia mayor, pues los análisis moleculares, que suelen resolver interrogantes filogenéticas, en muchas ocasiones son poco robustos debido a la falta de especies actuales con las cuales correr los análisis (Farjon, 2010).

El registro fósil de las coníferas es de hecho uno de los más completos, y se encuentra conformado por fósiles de hojas, ramas, estructuras reproductivas, maderas permineralizadas y polen, cuyos ejemplares se remontan al Paleozoico (Miller, 1977). Las coníferas más primitivas, se conocen de sedimentos del Carbonífero (middle-Pennsylvanian) (Scott y Chaloner, 1983; Galtier *et al.*, 1992) y Pérmico (Florin, 1927; Clement-Westerhof, 1984, 1987; Mapes y Rothwell, 1991) y son conocidas como Voltziales. Se trata de ejemplares que tienen estructuras vegetativas muy similares a las de las coníferas actuales, pero con estructuras reproductivas ancestrales y muy ramificadas. La aparición de las coníferas “modernas”, tal y como las conocemos en la actualidad, se dio en el Triásico hace aproximadamente 210 m.a. (Miller, 1977, Farjon, 2010). El registro fósil indica que durante este periodo y el Jurásico, las coníferas fueron los elementos dominantes de las comunidades vegetales junto con otros tipos de gimnospermas y helechos; sin embargo con la radiación de las angiospermas en el Cretácico, la riqueza y la abundancia de coníferas disminuyó hasta encontrar paisajes similares a los actuales: en los que las angiospermas son los elementos dominantes de casi todos los ecosistemas (exceptuando los bosques de coníferas) (Miller, 1977; Crane, 1987).

En México, existen sedimentos paleozoicos y mesozoicos que potencialmente contienen fósiles de coníferas; sin embargo, los trabajos al respecto son escasos y provienen principalmente de localidades de los estados de Sonora y

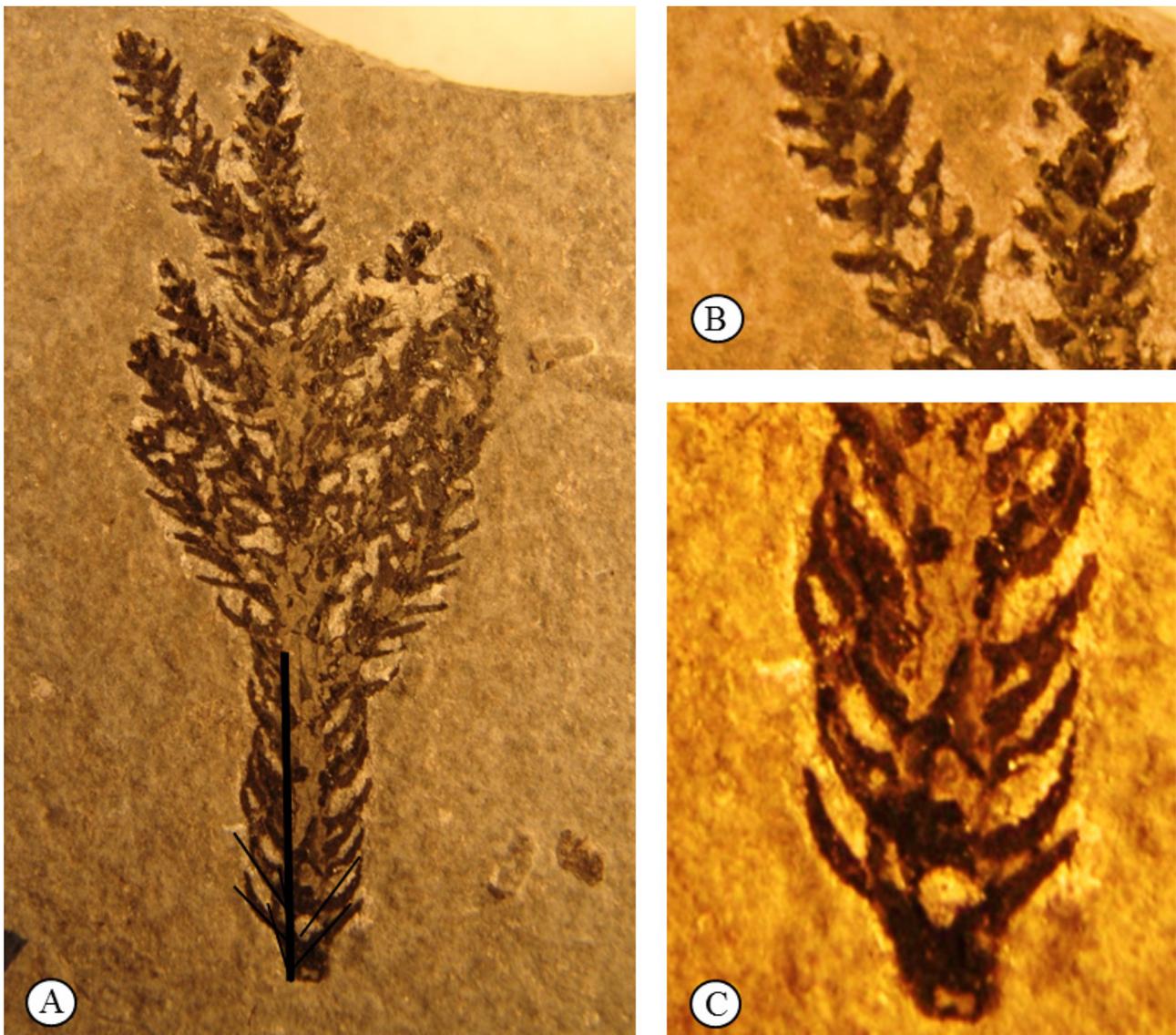


Figura 2. A) Fósil tipo 1. Presenta dos órdenes de ramificación, última (B) y penúltima (C). Las ramas de último orden presenta hojas en forma de escama con arreglo espiralado, mientras que las hojas de penúltimo orden presentan hojas aciculares, recurvadas y decurrentes también en arreglo de espiral.

Coahuila. Para el Triásico de Sonora se tienen registros de hojas y ramas de *Elatocladus* sp. y *Podozamites* (Weber, 1980); mientras que para el Cretácico de Coahuila los hay de microfósiles de *Achenia knoblochi*, *Brachyphyllum macrocarpum*, *Geinitzia* sp., *Kobalostrobus olmosensis*, *Sequoia cuneata* y *Raritania* cf. *gracilis* (Weber, 1980). En el caso de maderas permineralizadas se conocen a *Podocarpoxylon* Gothan y *Taxodioxylon* Harting em. Gothan también para el Cretácico de Coahuila (Cevallos-Ferriz, 1992). Sin embargo, en años recientes se descubrió una localidad Cretácica llamada “El Chango” (Aptiano) en el estado de Chiapas, en donde se han encontrado compresiones e impresiones de coníferas, cuyo estudio aumentará nuestro conocimiento sobre las coníferas del pasado en territorio mexicano, lo cual en última instancia

permitirá comprender los patrones de diversidad actual, así como el registro fósil de este grupo. Por lo tanto, para complementar dichas investigaciones, el objetivo de este trabajo es describir tres morfotipos de coníferas fósiles de la localidad “El Chango”, Chiapas, y encontrar afinidades taxonómicas, a través de comparaciones con taxa actuales.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Localidad

La cantera “El Chango” se ubica en el municipio de Ocozocuahtla, Chiapas, México, en las coordenadas 16°34'14" N; 93°16'11" W (Alvarado-Ortega *et al.*, 2009) y a una altitud de 960 m (Fig. 1A,B). Ovalles-

Damian (2004) menciona que las rocas de “El Chango” son de edad Aptiana y forman parte de la base de la Formación Sierra Madre (Vega *et al.*, 2007). Esta edad fue establecida con base en la presencia del fósil de un pez paracupleido, similar a *Paracuplea* (Sun, 1956), el cual ha sido encontrado en depósitos aptianos en China. Esta aseveración en cuanto a la edad de la cantera es apoyada por la identificación de un decápodo de la familia Penaeidae por Vega *et al.* (2007). Las rocas que afloran en esta cantera son calizas laminares (Fig. 1C), en las que se han encontrado fósiles de peces de distintos tamaños, invertebrados, y plantas, las cuales destacan por su abundancia y por su buen grado de preservación. Entre las plantas, se cuentan algunas angiospermas, sin embargo domina el grupo de las gimnospermas, de las cuales hay al menos cinco morfotipos con ramas de distinto orden.

### Método

Para este trabajo se eligieron tres morfotipos de coníferas colectados en la localidad de “El Chango” entre enero de 2010 y enero de 2011. Los fósiles fueron

observados en un microscopio estereoscópico Zeiss V8, y fotografiados con una cámara Cannon EOS. La descripción de los morfotipos 1 y 2 se realizó a partir de 5 ejemplares fósiles de cada tipo con ramas de dos órdenes diferentes (último y penúltimo). Mientras que la descripción del morfotipo 3, se llevó a cabo con base en el único ejemplar encontrado hasta el momento. A partir de las descripciones hechas, los morfotipos fósiles se compararon con ejemplares actuales del Herbario Nacional (MEXU) y del herbario en línea de Kew, y con base en la consulta de literatura especializada (e.g., Farjon, 2008; Eckenwalder, 2009; Farjon, 2010).

### RESULTADOS

#### Tipo 1 (Fig. 2)

##### Descripción

Se caracteriza por tener ramas de último orden con hojas en forma de escama que miden entre 1 y 2 mm de largo (Fig. 2B). Las hojas de penúltimo orden son aciculares, miden

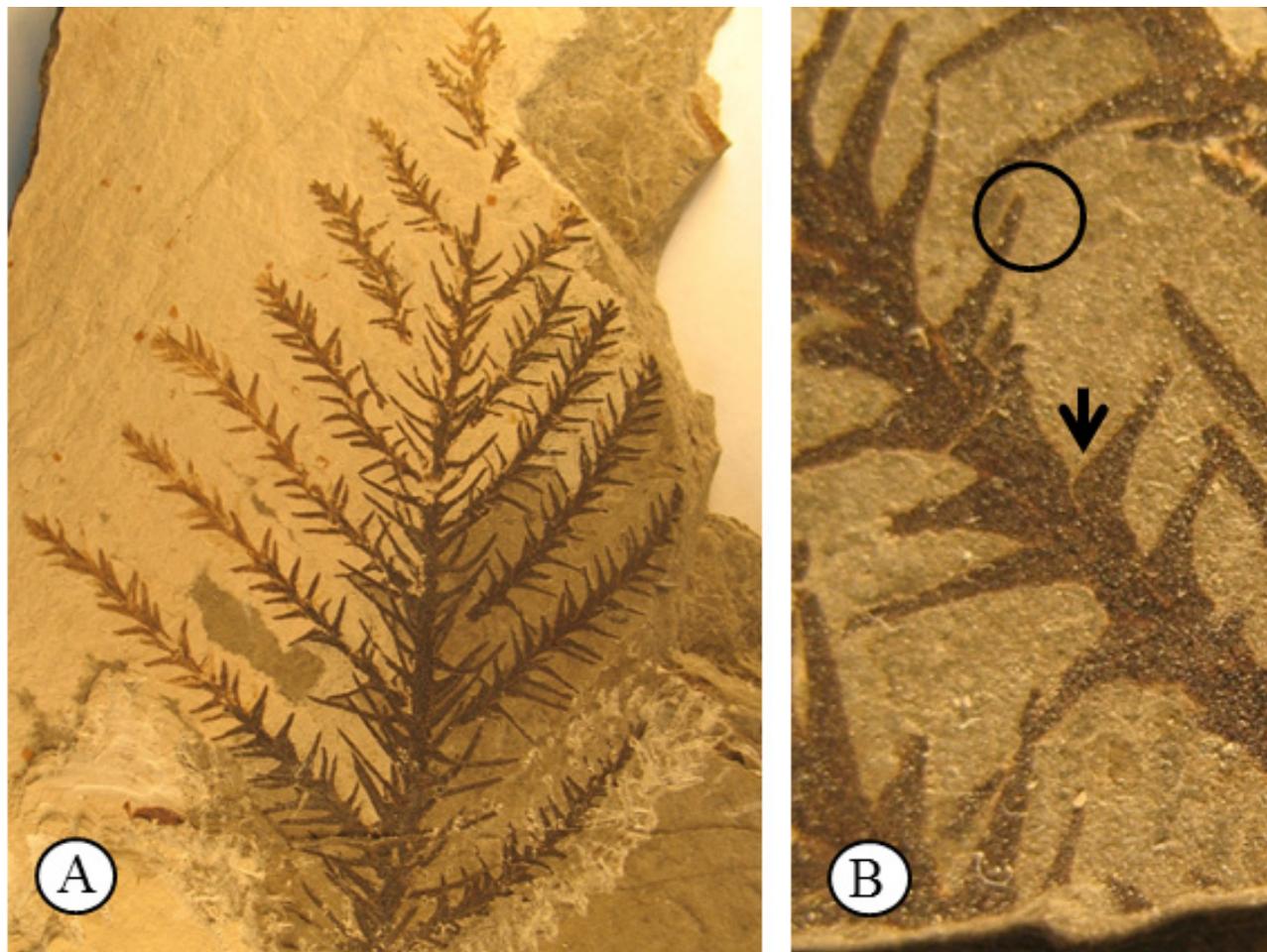


Figura 3. A) Fósil tipo 2 que presenta hojas aciculares en ramas de último y penúltimo orden. Las hojas se arreglan en dos filas en las ramas de último orden, mientras que en las ramas de penúltimo orden se arreglan en espiral. B) Acercamiento a una de las ramas donde se observa la punta acuminada de las hojas y la base decurrente con el eje.

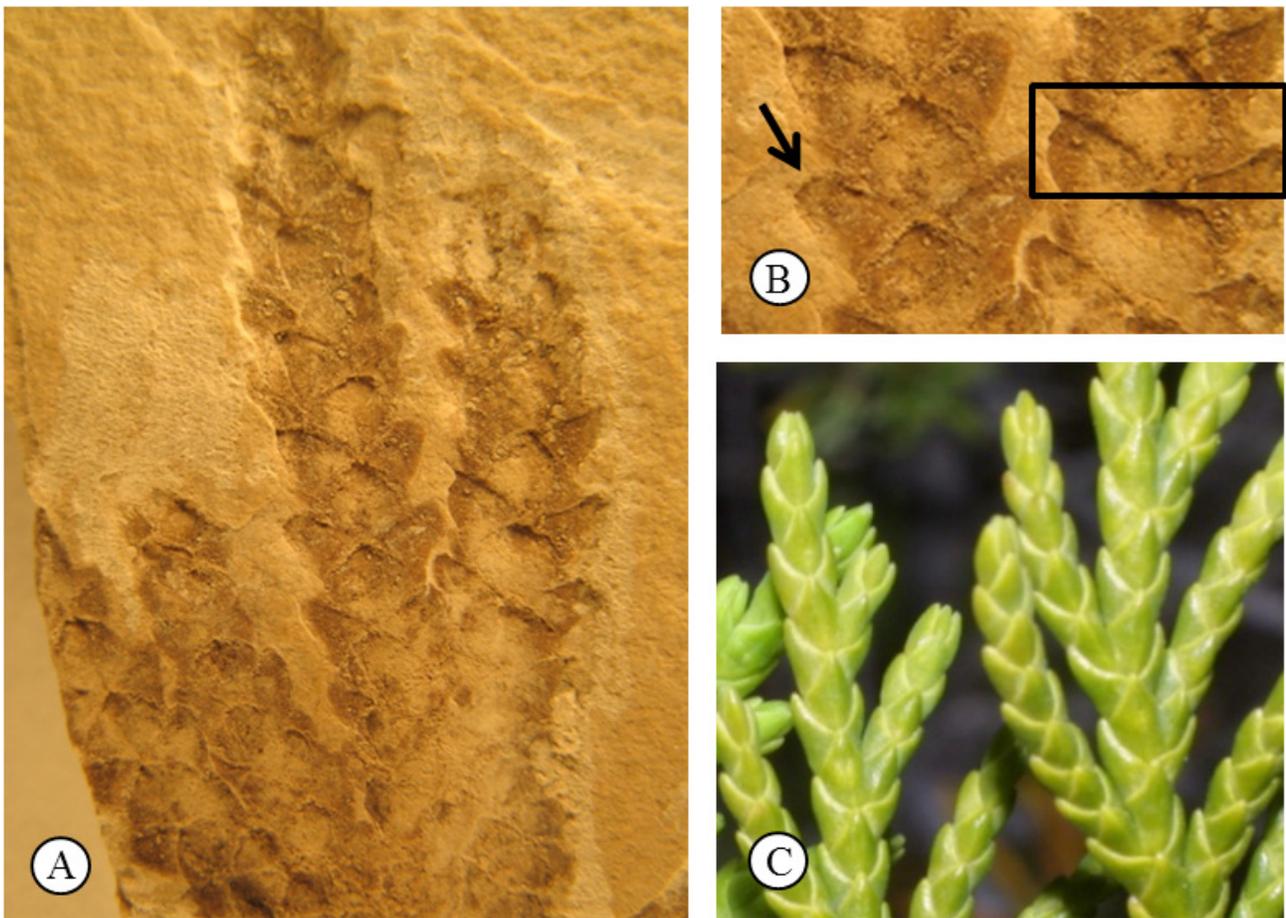


Figura 4. A) Fósil tipo 3 con hojas en forma de escama y arreglo en decusado en criss-cross. B) Acercamiento donde se observa el patrón en “v” característico y la punta libre de las escamas. C) Conífera actual *Glyptostrobus pensilis*, especie con mayor afinidad morfológica al tipo 3.

de 5 a 8 mm de largo, se ensanchan en la base alcanzando 1.5 mm de ancho y tienen el ápice agudo, se curvan en distintos ángulos hacia el eje principal (Fig. 2C). Las hojas son decurrentes con el eje principal con  $\frac{3}{4}$  de la longitud de la hoja libre y tienen un arreglo en espiral (Figs. 2B y 2C). Las ramas de último orden también presentan un arreglo en espiral a partir de la rama de penúltimo orden (Fig. 2A).

#### Comparación con taxa actuales

El morfotipo 1 se comparó con representantes de diversos géneros actuales de las familias Cupressaceae como *Cunninghamia*, *Cryptomeria*, *Taiwania* y Araucariaceae como *Araucaria*, con los cuales comparte características morfológicas. Sin embargo, la mayor afinidad morfológica se presentó con el género *Cryptomeria*, en particular con la especie *Cryptomeria japónica* Thunb, con la que además de los caracteres morfológicos coinciden los caracteres morfométricos de ambos órdenes de ramas. A pesar de lo anterior, no es posible decir si se trata de un miembro de este género, por lo que es necesario realizar análisis más detallados que incluyan en lo posible análisis cuticulares, que

permitan atribuir afinidad taxonómica con mayor información, aunque incluirla dentro de la familia Cupressaceae en este momento está bien respaldado.

#### Tipo 2 (Fig. 3)

##### Descripción

Los ejemplares de este morfotipo presentan ramas de último y penúltimo orden (Fig. 3A). Las ramas de último orden tienen hojas aciculares rectas de 1 a 2 mm de longitud, ensanchadas en la base y decurrentes, arregladas en dos filas (Fig. 3B). Las ramas de penúltimo orden presentan hojas aciculares, rectas y decurrentes de 6 a 12 mm de longitud con arreglo en espiral (Fig. 3A). Las ramas de último tienen arreglo alterno y en un solo plano sobre la rama de penúltimo orden (Fig. 3A).

#### Comparación con taxa actuales

Los ejemplares de este morfotipo se compararon con ejemplares actuales de las familias Cupressaceae y Podocarpaceae. Algunos de los géneros con los que

se revisaron fueron *Glyptostrobus*, *Taxodium*, *Sequoia*, *Retrophylum* y *Podocarpus*. Sin embargo, el morfotipo 2 tuvo mayor afinidad con ejemplares actuales del género *Glyptostrobus* Endl., cuyo único representante actual es *Glyptostrobus pensilis* Saunton. Al igual que los ejemplares fósiles, el ejemplar actual presenta heterofilia hasta de tres tipos, dos de los cuales coinciden con las características observadas en el tipo 2. Esta coincidencia sugiere que el tipo 2 pertenece a la familia Cupressaceae y tiene afinidad al género *Glyptostrobus*.

### Tipo 3 (Fig. 4)

#### Descripción

Este morfotipo se caracteriza por tener hojas en forma de escama más anchas que largas, en un arreglo decusado en criss-cross (Figs. 4A y 4B). Las hojas se encuentran imbricadas con 1/3 de la longitud libre. El ápice de las hojas es acuminado. Las hojas opuestas se unen en la base justo en el punto en el que llega el ápice de las hojas anteriores dando un patrón característico en “v” (Fig. 4B). La ramificación se da sobre un mismo plano y es dicotómica (Fig. 4A).

#### Comparación con taxa actuales

El tipo 3 se comparó con géneros actuales de Cupressaceae que presentan hojas en forma de escama como *Cupressus*, *Juniperus*, *Athrotaxis* y *Chamaecyparis*. Debido al arreglo decusado, las medidas de las hojas, el patrón en “v” y el patrón de ramificación, el género más semejante fue *Chamaecyparis* (Fig. 4C). Como en los casos anteriores las observaciones son necesarias para corroborar su afinidad taxonómica, no obstante, el tipo 3 seguramente pertenece al grupo de las Cupressaceae.

## DISCUSIÓN

La localidad “El Chango” constituye una nueva oportunidad para estudiar a los organismos vegetales que existieron en el Cretácico del sur de nuestro país. Su importancia radica en (1) el buen estado de preservación de sus fósiles y (2) su edad, la cual corresponde a un momento de coexistencia entre las primeras angiospermas y una gran variedad de gimnospermas (McLoughlin, 2001). Un aspecto interesante en esta localidad es que los fósiles que se encuentran en ésta presentan una proporción de cinco gimnospermas fósiles por cada fósil de angiosperma que aparece. De esta manera, al menos para esta localidad cretácica, aún existe una dominancia de las gimnospermas sobre las angiospermas en términos de abundancia de fósiles. Sin embargo, para realizar aseveraciones en cuanto a parámetros de las asociaciones fósiles, es necesario determinar si se trata de asociaciones de vida o de muerte y el grado de transporte, así como realizar identificaciones a nivel específico tanto de las angiospermas como de las gimnospermas.

Además de los morfotipos reportados en el presente trabajo, se registran para la localidad “El Chango” fósiles de angiospermas con afinidades taxonómicas a la familia Cymodoceae y a miembros de los órdenes Proteales y Sapindales, así como algunos pastos marinos similares a los miembros actuales de la familia Hydrocharitaceae, (Guerrero-Márquez et al., 2012). Aunado a lo anterior, se han hallado fósiles de coníferas de la familia Pinaceae y Podocarpaceae (Huerta-Vergara et al., 2012). Las plantas descritas en este trabajo, junto con las descritas por Huerta-Vergara (2011) constituyen nuevos registros de coníferas para el Cretácico de México, destacando la abundancia de las coníferas en general, y de las Cupressaceae en particular, en el territorio nacional durante el Mesozoico; abundancia que contrasta con su escasa presencia en el Paleógeno.

Por otro lado, los géneros *Cryptomeria* y *Glyptostrobus*, dos de los géneros actuales que muestran mayor similitud con los fósiles, tienen una distribución restringida a Asia, mientras que el tercer género *Chamaecyparis* tiene una distribución disyunta en América y Asia (Eckenwalder, 2009; Farjon, 2011), y su registro fósil señala que tuvo una amplia distribución en el hemisferio norte durante el Paleógeno (Liu et al., 2009). A pesar de ello, este trabajo, no es el primer indicio de que estos géneros tuvieron distribuciones mucho más amplias en el pasado, abarcando Norteamérica; por ejemplo existen registros fósiles previos de *Glyptostrobus* en Norte América (Wittlake, 1970; Kumagai et al., 1995). Además, los géneros *Cryptomeria* y *Glyptostrobus* forman un grupo monofilético con el género *Taxodium*, el cual se distribuye en un área amplia de Norteamérica (Farjon, 2011).

En cuanto a las implicaciones paleoambientales, la presencia de fósiles con estas afinidades taxonómicas sugiere un clima con un alto grado de humedad para esta región durante el Cretácico, como los sitios en los que hoy se distribuyen estos géneros (Farjon, 2011). Con base en los taxa actuales y de acuerdo con otras reconstrucciones que se han hecho en localidades similares del Eoceno en Canadá (Greenwood y Basinger, 1994), es posible inferir un bosque mixto como los que se encuentran hoy en Asia (Greenwood y Basinger, 1994). Además, el tipo de organismos animales, como decápodos y peces pequeños, que se han encontrado y descrito sugiere un ambiente de depósito costero (Vega et al., 2007).

Finalmente, es necesario resaltar el hecho de que las coníferas pueden presentar una amplia variabilidad morfológica en sus hojas y en su filotaxia (Hernández-Castillo, 2005; Eckenwalder, 2009; Powell, 2009; Farjon, 2011); y que los fósiles de coníferas que se encuentran suelen ser fracciones de ramas o estructuras reproductivas, con escasas conexiones orgánicas (Hernández-Castillo, 2005). Ambos aspectos dificultan la reconstrucción de plantas completas y su asignación taxonómica según los

critérios neontológicos. No obstante, recientemente se han desarrollado métodos para el estudio de las coníferas fósiles que permiten evaluar el grado de variación intraespecífica en los fósiles para determinar si se trata de la misma especie o no (Hernández-Castillo *et al.*, 2001). De esta manera, la localidad de “El Chango” es un objeto de estudio de gran valor paleontológico pues ofrece gran cantidad de fósiles con buen estado de preservación, e inclusive con órganos en conexión orgánica, para llevar a cabo estudios de ésta índole. Más estudios acerca de la taxonomía, arquitectura, y reconstrucciones de las coníferas de “El Chango” mejorarán nuestro entendimiento de la diversidad de este grupo durante el Mesozoico, así como de los patrones biogeográficos que observamos en el presente y la composición de las comunidades vegetales que existen en esta región del país en la actualidad.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento de los proyectos CONACYT-82433, CONACYT-104515 y PAPIIT-219810. Los autores agradecen la colaboración de todos los miembros del laboratorio de Paleobotánica, I.G, UNAM en la obtención de los ejemplares; así como la colaboración de los miembros del museo de Paleontología de Tuxtla Gutiérrez, en particular de Javier Avendaño-Gil, por todas las facilidades prestadas durante el trabajo de campo; y a Enoch Ortíz-Montejo por la ayuda en toda la parte técnica.

#### BIBLIOGRAFIA

- Alvarado-Ortega, J., Ovalles-Damián, E., Blanco-Piñón, A., 2009, The fossil fishes from the Sierra Madre Formation, Ocozucuatla, Chiapas, Southern Mexico: *Paleontologia Electronica*, 12(2, 4A), 1-22.
- Cevallos-Ferriz, S.R.S., 1992, Tres maderas de gimnospermas cretácicas del norte de México: *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México Serie Botánica*, 63(2), 111-137.
- Clement-Westerhof, J.A., 1984, Aspects of Permian palaeobotany and palynology; IV, The conifer *Ortiseia* Florin from the Val Gardena Formation of the Dolomites and the Vicentinian Alps (Italy) with special reference to a revised concept of the Walchiaceae (Goeppert) Schimper: *Review of Palaeobotany and Palynology*, 41, 51-166.
- Clement-Westerhof, J.A., 1987, Aspects of Permian palaeobotany and palynology; VII, The Majonicaceae, a new family of Late Permian conifers: *Review of Palaeobotany and Palynology*, 52, 375-402.
- Crane, P.R., 1987, Vegetational consequences of the angiosperm diversification, in Friis, E.M., Chaloner, W.C., Crane, P.R. (ed), *The Origin of Angiosperms and Their Biological Consequences*: Cambridge, Cambridge University Press, 107-144.
- Eckenwalder, J.E., 2009, *Conifers of the World*: Portland, Timber Press, 720 pp.
- Farjon, A., Page, C.N. (Compiladores). 1999. *Conifers. Status survey and conservation action plan*: IUCN, Gland, Switzerland y Cambridge, UK. IUCN/SSC Conifer Specialist Group, reporte, 121 pp.
- Farjon, A., 2008, *A Natural History of Conifers*: Portland, Timber Press, 304 pp.
- Farjon, A., 2010, *A Handbook of the World's Conifers*: Boston, Brill, 1111 pp.
- Florin, R., 1927, Preliminary descriptions of some Palaeozoic conifers: *Arkiv für Botanik*, 21, p. 1-7.
- Galtier, J., Scott, A.C., Powell, J.H., Glover, B.W., Waters, C.N., 1992, Anatomically preserved conifer-like stems from the Upper Carboniferous of England: *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 247, p. 211-214.
- Guerrero-Márquez, G., Calvillo-Canadell, L., Cevallos-Ferriz, S.R.S., Avendaño-Gil, M.J., 2012, Angiospermas de la localidad El Chango (Aptiano), de Chiapas, México, VI, en *Jornadas paleontológicas y Ier. Simposio de Paleontología en el Sureste de México, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas*.
- Greenwood, D.R., Basinger, J.F., 1994, The paleoecology of high-latitude Eocene swamp forest from Axel Heiberg Island, Canadian High Arctic: *Review of Palaeobotany and Palynology*, 81(1), p. 83-97.
- Hernández-Castillo, G.R., Rothwell, G.W., Mapes, G., 2001, *Thucydiaceae* fam. nov., with a review and reevaluation of Palaeozoic walchian conifers: *International Journal of Plant Sciences*, 162, p. 1155-1185.
- Hernández-Castillo, G.R., 2005, *Systematics of the most ancient conifers: Alberta, Canadá*, Faculty of Science of the University of Alberta, tesis doctoral, 324 pp.
- Huerta-Vergara, A., Calvillo-Canadell, L., Cevallos-Ferriz, S.R.S., Silva-Pineda, A., 2012, Description and identification of Aptian-Cenomanian Pinaceae and Podocarpaceae from El Chango, Chiapas, Mexico, en *Botany 2012*, Columbus, Ohio, Botanical Society of America.
- Kumagai, H., Sweda, T., Hayashi, K., Kojima, S., Basinger, J.F., Shibuya, M., Fukao, Y., 1995, Growth-ring analysis of early Tertiary conifer woods from the Canadian High Arctic and its paleoclimatic interpretation: *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 116, p. 247-262.
- Liu, C.Y., Mohr, B.A.R., Basinger, J.F., 2009, Historical biogeography of the genus *Chamaecyparis* (Cupressaceae, Coniferales) based on its fossil record: *Palaeobiogeography and Palaeoenvironment*, 89, p. 203-209.

- 
- Mapes, G., Rothwell, G.W., 1991, Structure and relationships of primitive conifers: *Neues Jahrbuch fuer Geologie und Palaeontologie Abhandlungen*, 183, p. 269-287.
- McLoughlin, S., 2001, The breakup history of Gondwana and its impact on pre-Cenozoic floristic provincialism: *Australian Journal of Botany*, 49, p. 271-300.
- Miller, C.N. Jr., 1977, Mesozoic conifers: *The Botanical Review*, 43(2), p. 217-280.
- Ovalles Damián, E., 2004, Determinación taxonómica de un paraclupéido (Teleostei: Clupeomorpha) fósil de la Cantera El Espinal, Ocozocoautla, Chiapas: Tuxtla Gutiérrez: Tuxtla Gutiérrez, México, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, tesis profesional, 73 pp.
- Powell, G.R., 2009. *Lives of Conifers: A comparative account of the coniferous trees*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 276 pp.
- Sánchez, N., Huguet, L., 1959, Conifers of Mexico: *Unasyuva* (en línea), <<http://www.fao.org/docrep/x5390e/x5390e04.htm>>
- Scott, A.C., Chaloner, W.G., 1983, The earliest fossil conifers from the Westphalian B of Yorkshire: *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 220, p. 163-182.
- Vega, F.J., Alvarez, F., Carbot-Chanona, G., 2007. Albian penaeoidea (Decapoda: Dendrobranchiata) from Chiapas, Southern Mexico, en 3rd Symposiumon Mesozoic and Cenozoic Decapoda Crustaceans, Museo di Storia Naturale di Milano: *Memorie della Società Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, 35(2), p. 6-8.
- Weber, R., 1980, Megafósiles de Coníferas del Triásico Tardío y del Cretácico Tardío de México y Consideraciones Generales Sobre las Coníferas Mesozoicas de México: *Revista del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México*, 4(2), p. 111-124.
- Wittlake, E.B., 1970, *Glyptostrobus europaeus* (Brongn) Heer in Arkansas: *Arkansas Academy of Science Proceedings*, XXIV, 44-47.
-