

## PINACEAE EN EL CRETÁCICO DEL NORTE Y SUR DE MÉXICO: COMPLEMENTO A SU ESCASO REGISTRO FÓSIL

Alma R. Huerta-Vergara<sup>1</sup>, Laura Calvillo-Canadell<sup>2</sup>, Sergio R.S. Cevallos-Ferriz<sup>3</sup>  
 y Alicia Silva-Pineda<sup>4</sup>

### RESUMEN

La diversidad y riqueza de coníferas fósiles en México es poco conocida y su presencia del Cretácico al reciente es esporádica, aunque se han documentado desde la primera mitad del siglo pasado. En México se conserva parte de la historia de algunos grupos de coníferas, misma que se ha enriquecido en los últimos años por la recolecta de ejemplares bien conservados en sedimentos cretácicos en los estados de Sonora y Chiapas. Los ejemplares fósiles se observaron al microscopio estereoscópico y con luz ultravioleta. Con base en la observación y comparación de caracteres morfológicos se establecen afinidades con la familia Pinaceae. “El Chango” se localiza cerca del Municipio de Ocozocoautla, Chiapas, y se caracteriza por la presencia de peces, artrópodos, cefalópodos y especialmente de plantas (predominando las gimnospermas sobre las angiospermas) preservados en sedimentos del Aptiano-Cenomaniano. De esta localidad se describen y se comparan con Pinaceae dos ramas con hojas, un cono femenino y un cono masculino, aunque de este último se discuten otras afinidades, como por ejemplo con Podocarpaceae y Cupressaceae. La localidad de “Esqueda” se ubica en el municipio de Fronteras, Sonora, y se caracteriza principalmente por la presencia de huellas y huesos de dinosaurios preservados en sedimentos del Campaniano Tardío. El material que se presenta de esta localidad consiste de dos ramas con hojas y un cono femenino del que se extrajeron moldes de caucho, con afinidad a Pinaceae. Este nuevo material amplía la información histórica y geográfica de Pinaceae, la familia de coníferas más exitosa en la actualidad. México actualmente juega un papel muy importante en la diversificación de Pinus ya que cerca del 50% de sus especies se concentran en el país, lo que hace aun más importante complementar el registro fósil del grupo, que en México comienza a ser abundante a partir del Oligoceno/Mioceno (ca. 32 ma.).

Palabras clave: Coníferas, Pinaceae, Cretácico, México, Impresiones fósiles.

### ABSTRACT

The diversity and richness of fossil conifers in Mexico is poorly known and its presence since the Cretaceous is sporadic, although they have been documented since the first half of last century. In Mexico part of the history of certain groups of conifers has been documented, but it has been enriched in recent years by the collection of well-preserved specimens in Cretaceous sediments in the states of Sonora and Chiapas. The fossil specimens were observed under a stereoscopic microscope and ultraviolet light. Based on observation and comparison of morphological characters affinities are established with Pinaceae. “El Chango” is located near to the Municipality of Ocozocoautla, Chiapas, and is characterized by the presence of fish, arthropods, and cephalopods and especially of plants (gymnosperms dominate on angiosperms) preserved in Aptian-Cenomanian sediments. The new material consists of two branches with leaves, a female and male cone with Pinaceae affinity, although this latter is also compared with Podocarpaceae and Cupressaceae. The “Esqueda” locality in the town of Fronteras, Sonora, is characterized mainly by the presence of footprints and dinosaur bones preserved in sediments of Late Campanian age. The material from this locality consists of two branches with leaves and a female cone of which rubber molds were extracted, with affinity to Pinaceae. This new material extends the historical and geographical information of

1. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología UNAM, Circuito Interior, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04510 México D. F.  
 Email: alma12136@hotmail.com

2, 3 y 4. Departamento de Paleontología, Instituto de Geología, UNAM, Circuito interior, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04510 México D. F.

2. Email: lccanadell@mac.com

3. Email: scrsfcb@unam.mx

4. Email: alisilva@geologia.unam.mx

Pinaceae, the most successful family of conifers today. Mexico plays an important role in the diversification of Pinus, as nearly 50% of its species are concentrated in the country. This fact makes it even more important to supplement the fossil record of the group, which in Mexico becomes rich from the Oligocene / Miocene (ca. 32 Ma.)

*Key words:* Conifers, Pinaceae, Cretaceous, Mexico, Fossil Impressions.

## INTRODUCCIÓN

Las plantas portadoras de semillas están divididas en dos grupos: las angiospermas que poseen ovarios con óvulos, que posterior a la fertilización desarrollan semillas y frutos; y las gimnospermas, quienes portan óvulos expuestos que se desarrollan en semillas careciendo de un ovario o estructura semejante que las proteja, es decir tienen semillas desnudas (Farjon, 2008; Cleal & Thomas, 2009). El registro fósil de las gimnospermas es rico y ampliamente distribuido en el mundo, debido a que fue un grupo diverso y dominante en el Mesozoico. La mayoría de los grupos que se reconocen como gimnospermas se extinguieron a finales del Pérmico, sin embargo, han dejado evidencia de su existencia sobre la Tierra a través del registro fósil (Farjon, 2008; Cleal & Thomas, 2009). Las coníferas se encuentran dentro de las gimnospermas tempranas, e incluyen árboles y arbustos, algunos de los cuales nos son tan familiares como los pinos, cipreses, abetos, cedros etc., cuya historia se remonta al Carbonífero, hace unos 300 millones de años con las Cordaitales y Voltziales (e.g., Weber, 1980; Domènech & Martinel, 1996; Eckenwalder, 2009). En la actualidad las plantas con semillas desnudas han sido desplazadas territorialmente por las angiospermas; sin embargo, aún conforman enormes y extensos ecosistemas (Simpson, 2010). En las coníferas se incluyen familias extintas como Cheirolepidiaceae, Doliostroboaceae, Emporiaceae, Ferugliocladaceae, Geinitziaceae, Majonicaceae, Palissya-ceae, Pararaucariaceae, Thucydiaceae, Ulmanniaceae, Utrechtiaceae, Voltziaceae (Farjon, 2008), además de familias con representantes actuales como Pinaceae, Taxaceae, Podocarpaceae, Araucariaceae, Sciadopityaceae y Cupressaceae (Christenhusz *et al.*, 2011) cuyo origen se propone fué en el Triásico temprano (Cleal & Thomas, 2009).

Actualmente la familia Pinaceae es la más grande y con mayor importancia económica y ecológica del grupo de las coníferas. Su distribución está restringida al Hemisferio Norte, a excepción de *P. merkusii* que atraviesa el Ecuador, en Sumatra (Eckert & Hall, 2006; Pérez, 2008). El género *Pinus* es uno de los taxa más representativos de las coníferas, con el mayor número de especies, su registro fósil inicia en sedimentos del Triásico y es especialmente importante en el Cretácico (Millar, 1993).

En México las coníferas fósiles son poco conocidas y estudiadas, aunque su presencia se ha documentado desde la primera mitad del siglo pasado (Cevallos, 1992). Estas plantas se han recolectado en sedimentos del Mesozoico del norte y del Cenozoico del centro y sur de México. Entre los macrofósiles descritos e identificados están ejemplares recolectados en sedimentos de la Formación

Santa Clara, Sonora (Triásico Superior) conservados como impresiones de hojas y pequeñas ramas con hojas del tipo *Elatocladus* sp., *Podozamites crassifolia* Newb., *P. emmonsii* Newb. (Weber, 1980); del Cretácico Inferior de Lampazos, Sonora, se tienen registros de *Brachyoxylon* Jeffrey y de la Formación La Casita de *Pagiophyllum* Heer (Kimeridgiano/Oxfordiano) (Weber, 1980). En la Formación Olmos (Maastrichtiano, Coahuila) se han identificado a *Brachyphyllum macrocarpum*, *Geinitzia* sp., *Kobalostrobus olmosensis*, *Sequoia cuneata* y *Raritanian cf. gracilis* (Weber, 1980) y maderas referidas a *Podocarpoxyylon* Gothan y *Taxodioxylon* Harting em. Gothan (Cevallos-Ferriz, 1992). Entre los registros de Pinaceae en México se ha descrito escamas ovulíferas como *Aachenia knoblochii* y algunas impresiones de ramas que solo han sido identificadas hasta familia. El objetivo de este trabajo es introducir impresiones fósiles de coníferas del Cretácico del Norte y Sur de México con afinidad a la familia Pinaceae y contribuir al incremento del conocimiento histórico de la familia en México.

## MATERIAL Y MÉTODO

De la localidad “El Chango” se cuenta con una muestra de aproximadamente 500 ejemplares, que se agruparon por morfotipos sugiriendo afinidades afamilias. De esta colección se seleccionaron con base en sus caracteres morfológicos dos ramas con hojas, un cono femenino y otro masculino. “El Chango” se ubica en el sureste de México, cerca del Municipio de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas, en las coordenadas 16°34'14''N y 93°16'11''O (Fig.1). Pertenece a la Formación Sierra Madre y una propuesta de la edad la localidad basada en la similitud de peces de localidades de México y el Medio Oriente sugiere que ésta se depositó durante el Albiano-Cenomaniano (Than-Marchese, *et al.*, 2011). El material se encuentra preservado en rocas calizas, destacando la presencia de distintos grupos de peces, artrópodos, cefalópodos y especialmente de plantas, entre las cuales predominan las gimnospermas sobre las angiospermas.

En contraste, de la localidad “Esqueda” solo se cuenta con una muestra de 3 ejemplares que corresponden con dos ramas con hojas y un cono femenino. El material fue observado con ayuda de un microscopio estereoscópico y en algunos casos se usó luz ultravioleta. En el caso del material de “Esqueda”, Sonora en un mismo ejemplar se encontró una rama con un cono femenino, aparentemente sin conexión orgánica; ambos ejemplares fueron separados con una cortadora de disco diamantado, y pulidos con abrasivos de distintos grosores (180, 320, 400 y 600, 1000 y 1500). Los cortes obtenidos permitieron ver parte de la estructura interna de la rama y de las hojas que porta. Del cono se extrajeron 2 moldes de

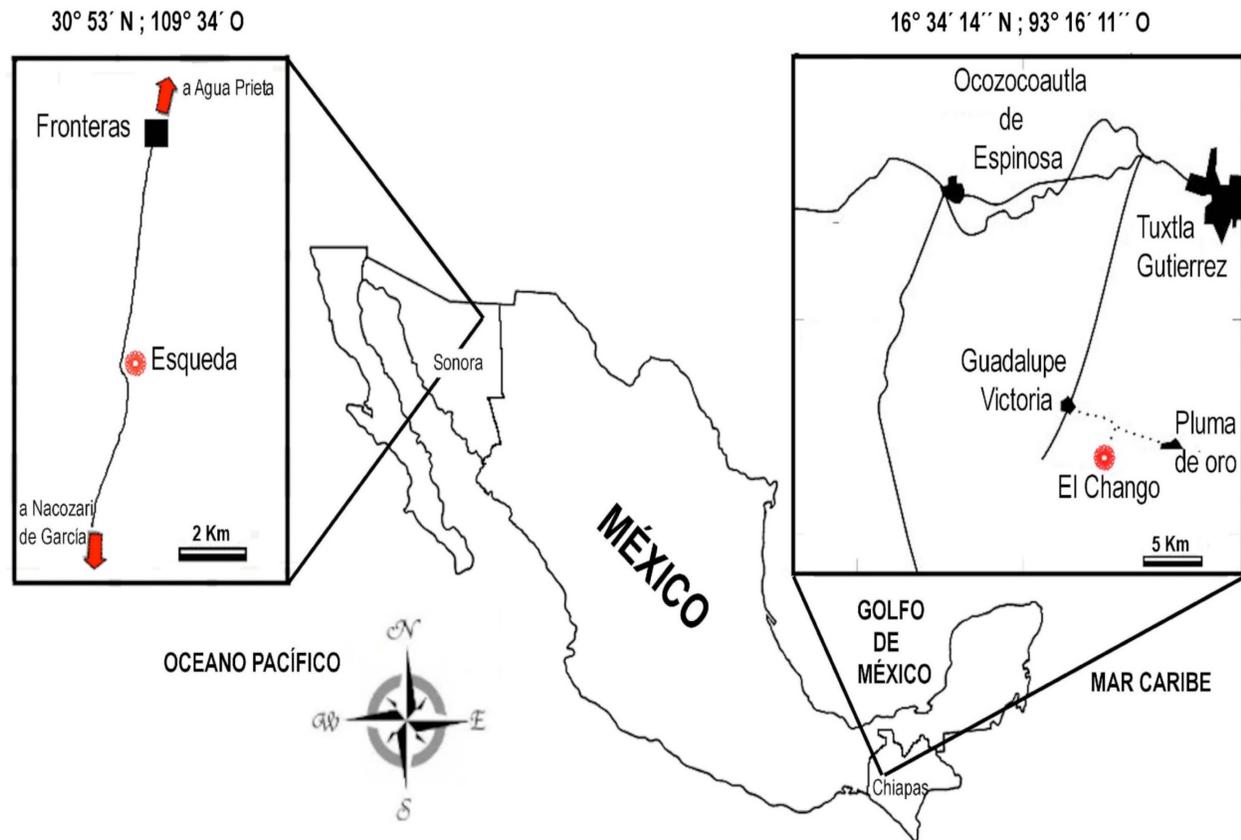


Fig. 1 Ubicación geográfica de las localidades “El Chango”, Chiapas (Tomado y modificado de Alvarado-Ortega et al., 2009) y “Esqueda”, Sonora.

caucho. El material que respalda el presente estudio está depositado en el Laboratorio de Paleobotánica, Instituto de Geología, UNAM. “Esqueda” se ubica en el noroeste de México, en el Municipio de Fronteras, Sonora, en las coordenadas 30°53'N y 109°34'O, a una altura de 1127 metros sobre el nivel del mar. ([www.e-local.gob.mx](http://www.e-local.gob.mx)). Pertenece al Grupo Cabullona y de acuerdo a estudios palinológicos la localidad data del Campaniano Tardío (Villanueva-Amadoz, 2012, com. pers.). El material se encuentra preservado en limolitas/lutitas. La localidad se caracteriza por la presencia de huellas, huesos y dientes de dinosaurios (Servín-Pichardo *et al.*, 2011).

## RESULTADOS

Clase: Equisetopsida

Subclase: Pinidae

Familia: Pinaceae?

Edad: Albiano-Cenomaniano.

Localidad: “El Chango”, Chiapas.

### Tipo 1

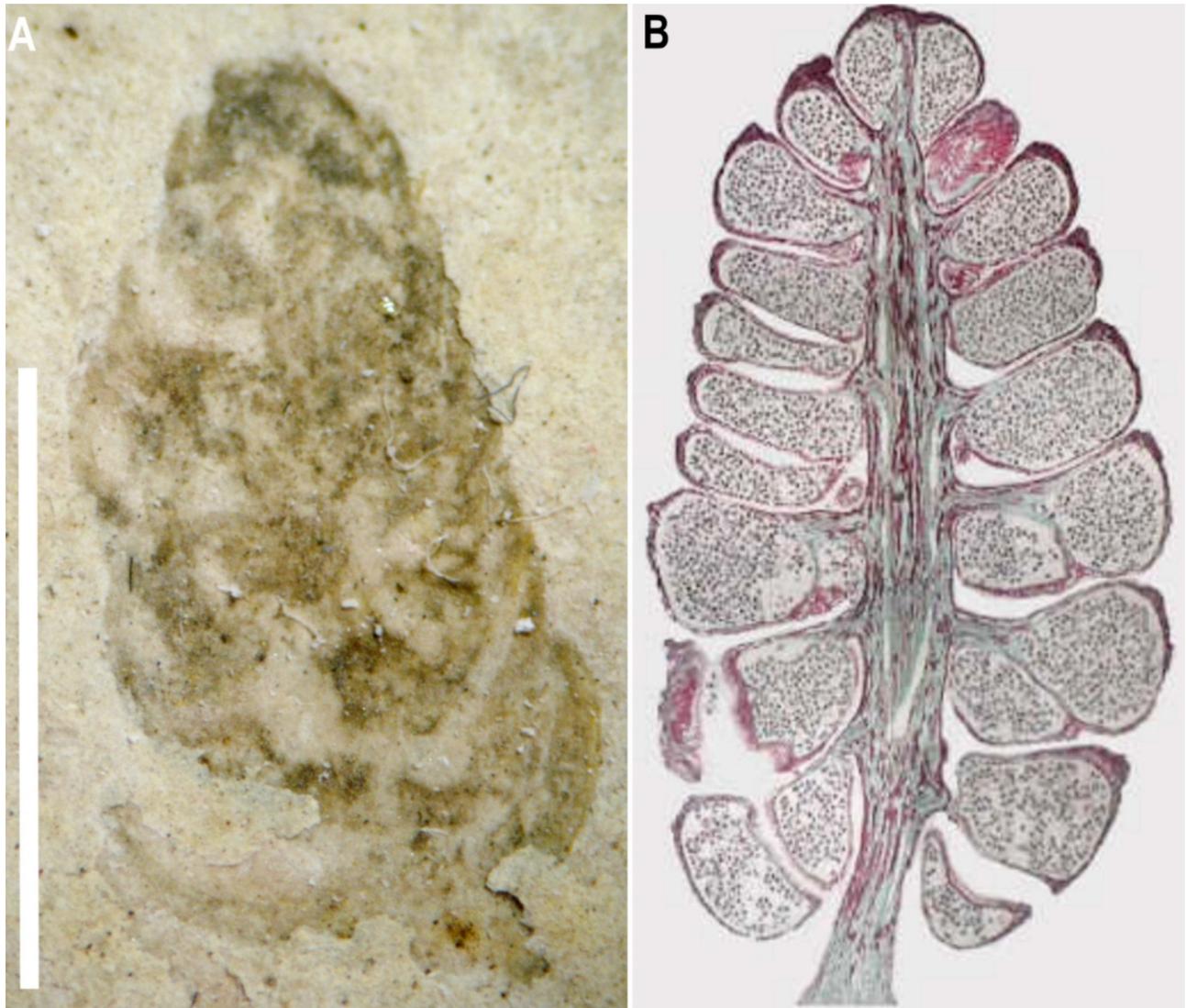
Descripción: Impresión de cono masculino simple y pedunculado (Lámina 1). El pedúnculo es muy reducido

aunque aparentemente está incompleto. Se observan entre 18 y 20 microesporófilas en arreglo helicoidal (Lámina 1, Fig. A). Las microesporófilas miden entre 2 y 3 mm de largo por 0.5 mm de ancho máximo. Cada microesporófila posee 2 microesporangios, aún no se ha determinado si están en la cara abaxial o adaxial de las microesporófilas. Se distinguen 17 microesporangios (sin embargo esto no determina el número total en la muestra). El diámetro de cada microesporangio es de aproximadamente 1 mm. Actualmente dentro de las familias Pinaceae, Podocarpaceae, Sciadopityaceae, Cupressaceae y Taxaceae se encuentran miembros que tienen 2 sacos polínicos por microesporófila en la cara abaxial. El material revisado de esta localidad se ha relacionado con las familias Pinaceae, Podocarpaceae y Cupressaceae, está última es trabajada por Gonzalez-Ramirez *et al.* (2011). Sin embargo, en Pinaceae y Podocarpaceae la presencia de dos microesporangios por microesporófila es más común.

### Tipo 2

Descripción: Rama corta sosteniendo 3 hojas lineares y aplanadas (Lámina 2), solo una hoja está completa midiendo 7.25 cm de largo; el ancho de las hojas es de 2.1 mm (Lámina 2, Fig. A). El margen de las hojas

Lámina 1. Comparación entre la impresión fósil de un cono masculino y un cono masculino de conífera actual. Fig. A) Impresión de cono masculino fósil. Escala: 5 mm. Fig. B) Cono masculino de Pinaceae actual, mostrando microesporófilas cada una sosteniendo 2 microesporangios en su cara abaxial (Fotografía tomada de <http://www.biologia.edu.ar>).



tiene dientes invertidos, con respecto a la orientación en pináceas actuales (Lámina 2, Figs. B-C), es decir con el ángulo orientado hacia la base de la hoja. Con apoyo de luz ultravioleta se observó una estructura similar a una acícula, sugiriendo la posibilidad de estar relacionada a la hoja fragmentada de en medio (Lámina 2, Fig. D). Las hojas sobresalen de una pequeña vaina ensanchada (braquiblasto?) segmentada horizontalmente con una ligera inclinación, cuyas dimensiones son 5.3 mm de ancho por 7 mm de largo.

#### Tipo 3

Descripción: Impresión de una pequeña rama incompleta con longitud de 3.85 cm total (Lámina 3). El eje principal mide 3.1 cm de largo por 1.6 mm de ancho. Las hojas se encuentran dispuestas helicoidalmente alrededor del eje (Lámina 3, Fig. A). Cada hoja mide aproximadamente 10

mm de largo por menos de 1 mm de ancho, la base de las hojas mide 0.7 mm de ancho.

#### Tipo 4

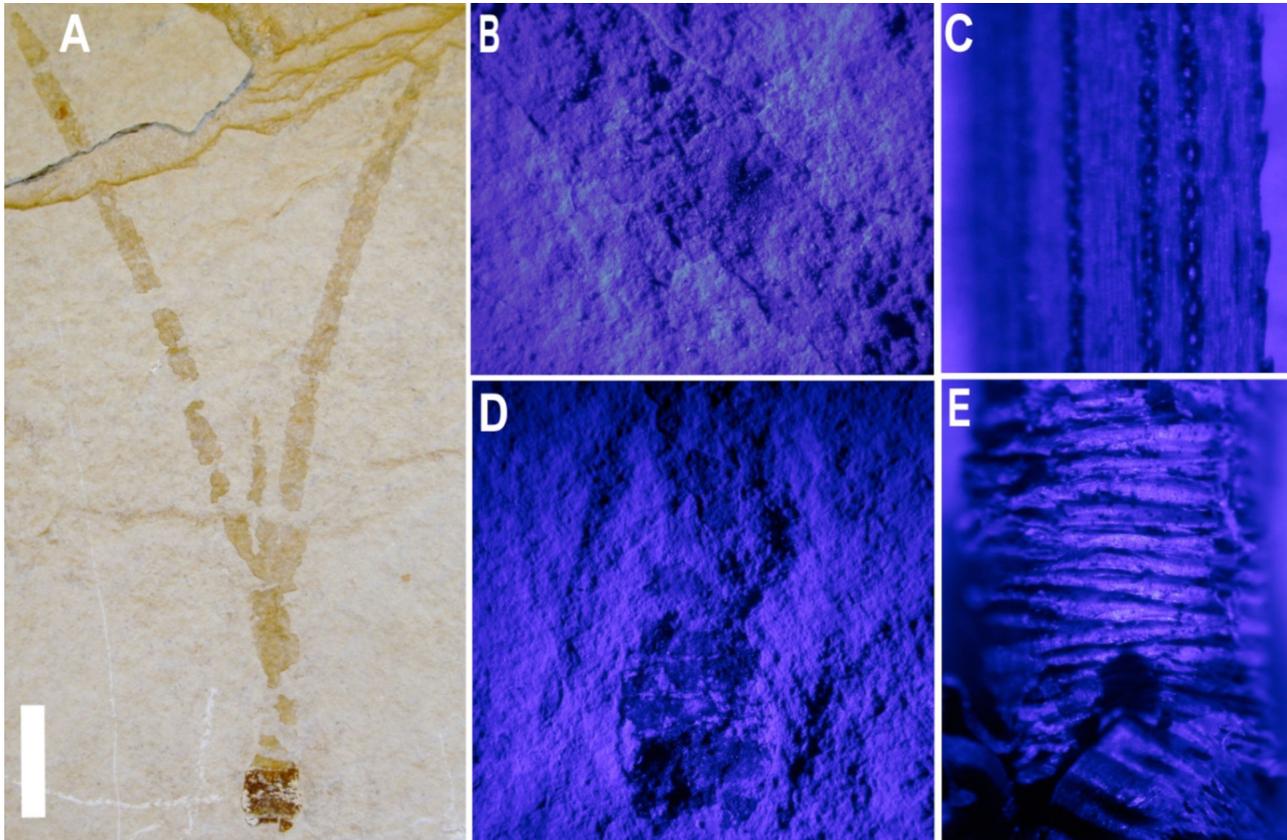
Descripción: Impresión de cono femenino con forma ovoide y ligeramente globoso (Lámina 4). Mide 3.56 cm de largo por 2.75 cm en su parte más ancha. Se distinguen entre 14 y 17 escamas ovulíferas lisas, dispuestas helicoidalmente (Lámina 4, Fig. A), y ligeramente curvadas con un pequeño doblez en la región distal (Lámina 4, Fig. B). Cada escama mide entre 4 y 7 mm de largo por 1-1.25 cm de ancho (observado en las escamas más completas).

Familia: Pinaceae

Edad: Campaniano Tardío

Localidad: "Esqueda", Sonora.

Lámina 2. Se muestran los principales caracteres del fósil comparándolo con el género actual *Pinus*. Fig. A) Ejemplar con braquiblasto y 3 hojas. Escala: 1cm. Fig. B) Impresión de una hoja con margen dentado. Fig. C) Acícula con margen dentado, observe que la orientación de los dientes marginales está invertida en el fósil. Fig. D) Acercamiento del braquiblasto con impresión de hoja visible con luz UV. Fig. E) Braquiblasto de *Pinus* actual segmentado horizontalmente.



### Tipo 5

Descripción: Impresión de rama larga y doblada (Lámina 5) portando numerosas hojas aciculares y cicatrices foliares de hojas escuamiformes, ambas en disposición helicoidal (Lámina 5, Fig. A). Debido a la preservación del ejemplar no se ha determinado el número exacto de acículas que presenta, por que no todas las acículas que se observan salen del eje principal, es posible que algunas de las hojas correspondan a otro eje que no quedo preservado (Lámina 5, Fig. B).

En el mismo ejemplar se encontró la impresión de un cono femenino (Lámina 7). Aunque no se encontraron en conexión orgánica es posible que ambas estructuras estén estrechamente relacionadas. Ambas estructuras fueron separadas con una cortadora de roca, y como resultado de los cortes se logró observar estructuras internas de hojas (en corte transversal y longitudinal (Lámina 6). Algunos de los cortes muestran estructuras que podrían corresponder a braquiblastos (ramas cortas) de los cuales sobresalen acículas, esta estructura en conjunto estaría representando un fascículo, característica distintiva del género *Pinus* (Lámina 7, Figs. A-C). Los cortes transversales de las

hojas, varían entre formas triangulares a romboides, ya que la precisión del corte puede variar (Lámina 7, Figs. D-F).

### Tipo 6

Descripción: Impresión de cono femenino con forma oblonga (Lámina 7), mide 5.2 cm de largo por 2.7 cm en su parte más ancha (en la base). Consta de numerosas escamas ovulíferas dispuestas helicoidalmente. Con los moldes de caucho se observó que las escamas ovulíferas presentan umbos dorsales con apófisis poco prominentes. Cada apófisis es cónica con cúspides elevadas, (Lámina 7, Figs. C y D). Las escamas ovulíferas de los conos con regiones apicales especializadas (umbos), son característicos de *Pinus* (Campos, 1993; Syring *et al.*, 2005).

### Tipo 7

Descripción: Impresión de rama incompleta, de 5.6 cm de largo (Lámina 8) portando numerosas hojas aciculares (Lámina 8, Fig. B) y escuamiformes (Lámina 8; Fig. C), ambos tipos de hojas dispuestos helicoidalmente a lo largo del eje principal.

Lámina 3. Comparación entre la impresión de una rama fósil con el género actual *Keteleeria*. Fig. A) Impresión de rama con hojas en arreglo helicoidal. Escala: 1cm. Fig. B) *Keteleeria evelyniana*, a diferencia del fósil, las acículas de éste género no sobresalen de una base ensanchada (Fotografía tomada de <http://es.goldenmap.com/Keteleeria>).

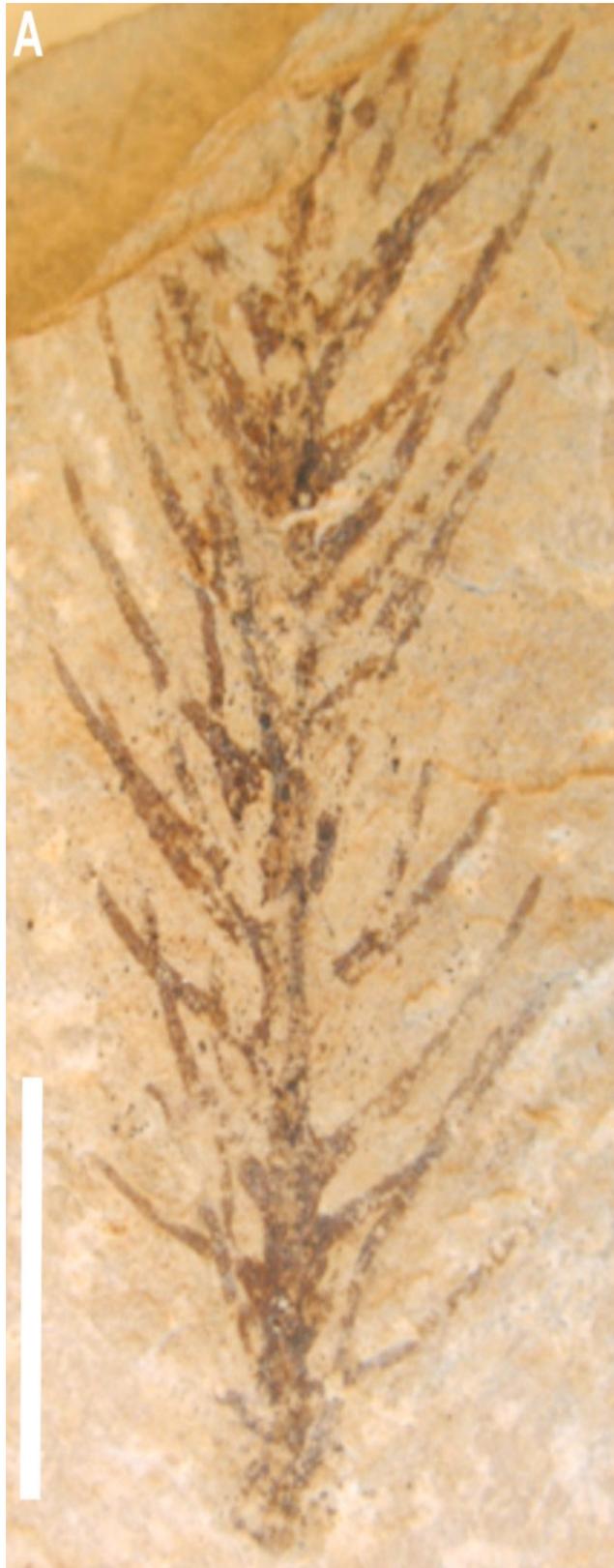
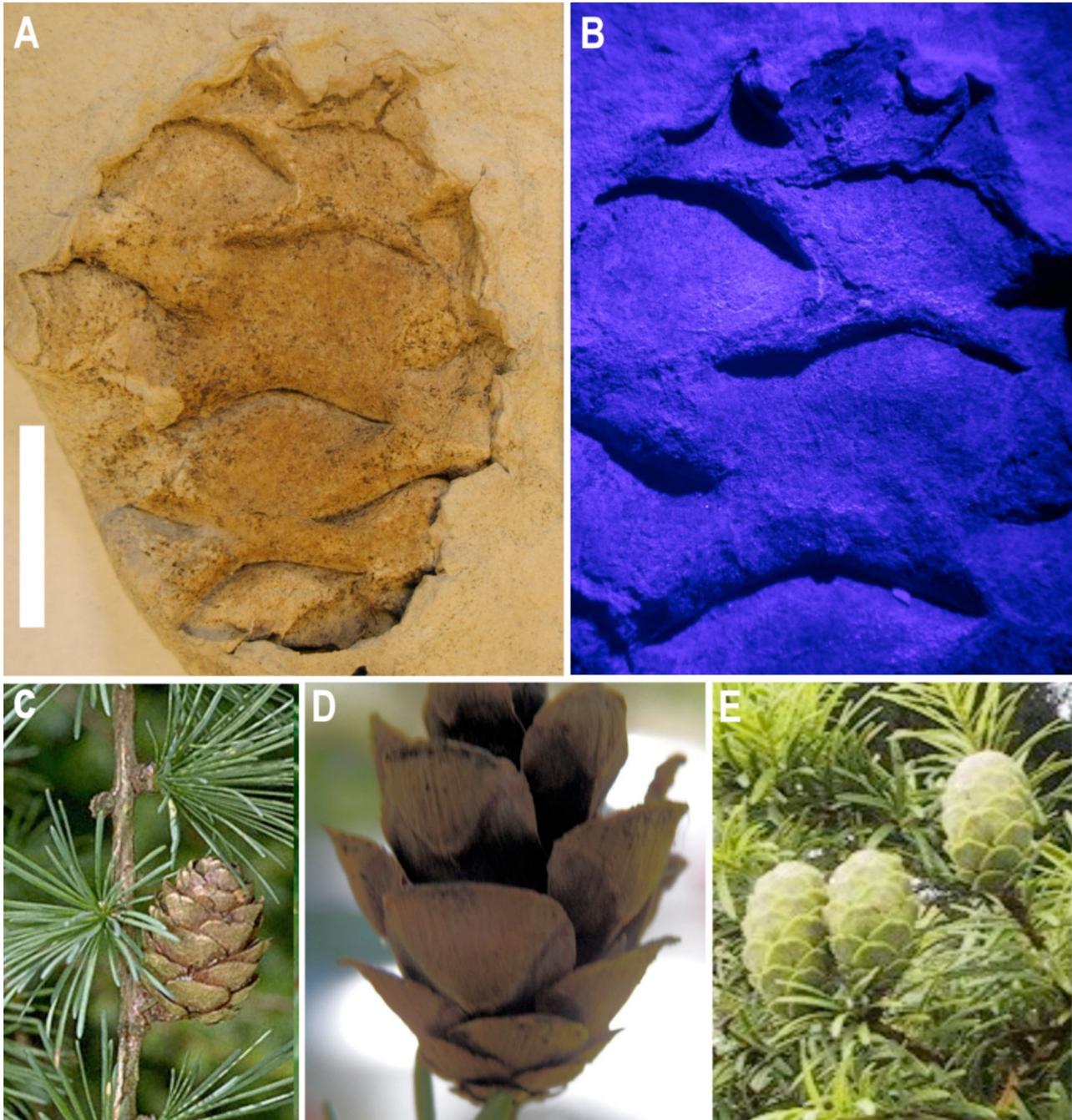


Lámina 4. Comparación entre la impresión de un cono femenino con distintos miembros de Pinaceae. Fig. A) Impresión de cono femenino. Escala: 1cm. Fig. B) Escamas ovulíferas en arreglo helicoidal, iluminadas con luz UV. Fig. C) Cono de *Larix decidua* (Fotografía tomada de <http://wbd.etibioinformatics.nl/bis/flora.php?menuentry=soorten&id=1554>). Fig. D) Cono de *Tsuga* (Fotografía por Calvillo-Canadell). Fig. E) Cono de *Keteleeria davidiana* (Fotografía tomada de <http://hoalancaycanh.com/diendan/cay-la-kim-thong-tung-la-han/3367-cac-loai-thuoc-ho-thong-tai-viet-nam.html?langid=1>).

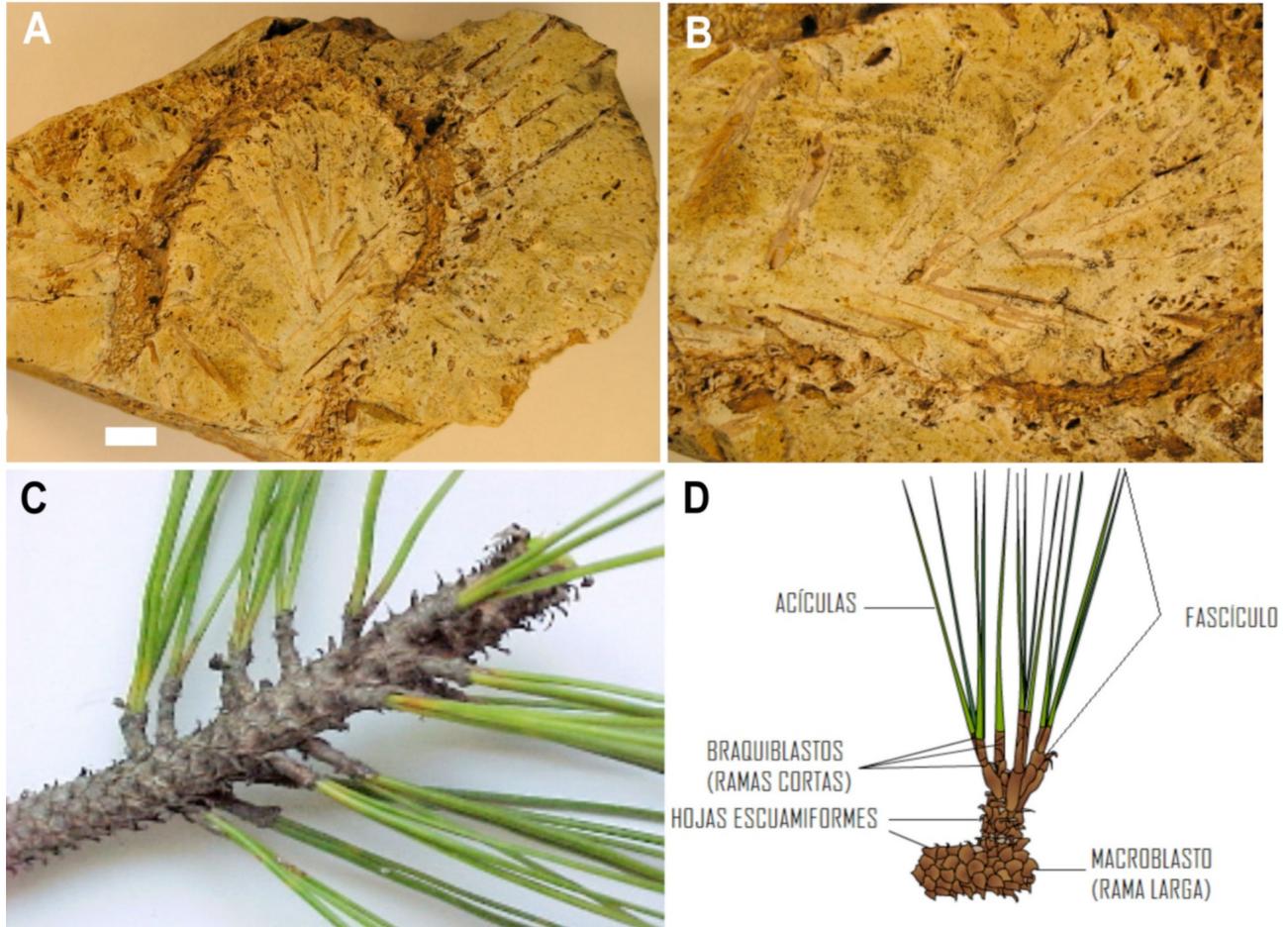


#### DISCUSIÓN

El material que se presenta complementa y enriquece el estado de conocimiento del registro fósil de coníferas en México, con nuevas impresiones de ramas y conos completos, haciendo énfasis en la familia Pinaceae, ya que hasta ahora de esta familia solo se han descrito algunas

impresiones de ramas con hojas, e identificado a *Aachenia knoblochi* (Weber, 1975). Sin embargo, Serlin *et al.* (1981) publican la descripción de un cono masculino de conífera, *Kobalostrobus olmosensis*, recolectado en los mismos sedimentos que *Aachenia knoblochi*, y hacen una interesante discusión sobre la posibilidad de que *Aachenia knoblochi* y *Kobalostrobus olmosensis* corresponden al mismo tipo de

Lámina 5. Comparación entre una rama fósil con acículas y algunas características en las ramas de pinos actuales. Fig. A) Impresión de rama doblada portando numerosas hojas. Escala: 1cm. Fig. B) El eje principal porta numerosas hojas aciculares y citarices foliares (hojas escuamiformes). Fig. C) Ejemplar de *Pinus* actual, mostrando numerosos fascículos sobresaliendo del eje principal y hojas escuamiformes (<http://agr.unne.edu.ar/botanica/tema1/1-2tallo.htm>). Fig. D) Esquema general de las principales estructuras morfológicas en *Pinus* (Tomado y modificado de (<http://agr.unne.edu.ar/botanica/animaciones/ciclos/pino/paginas/pino/hoja%20myb.html>)).



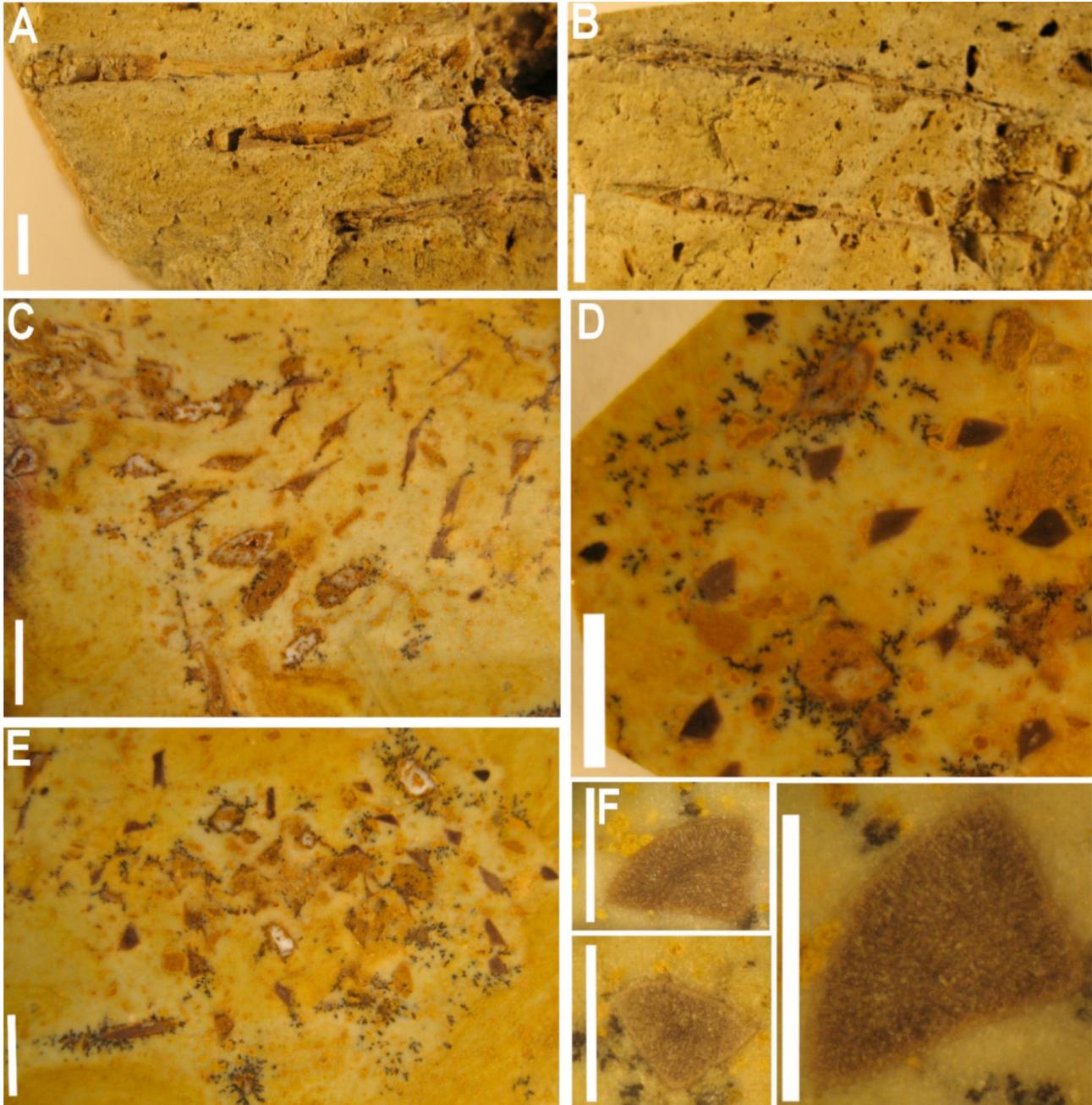
planta. Este cono consiste en un eje con microesporofilas en arreglo helicoidal, con microesporangios en las caras abaxial y adaxial de las microesporófilas. Esta característica descarta completamente al ejemplar de cualquiera de las familias actuales de coníferas, incluyendo a Pinaceae, por lo tanto si hubiera una relación entre *Kobalostrobus olmosensis*, *Aachenia knoblochi* y las ramas que Weber describió como Pinaceae, estarían representando un taxón que seguramente no es pináceo, aunque posea algunas características que lo sugieran. Esta interpretación ejemplifica que el registro fósil de Pinaceae en México es aun poco claro y resalta que lo descrito como Pinaceae no necesariamente representa a esta familia.

Los nuevos registros que aquí se introducen sugieren la presencia de Pinaceae en el Cretácico de México, en este caso en el Sur del País, en Chiapas, pero el entendimiento de este material es todavía insuficiente para aceptar que realmente sean Pinaceae, y menos *Pinus*, hace casi 90 millones de años en México. Este material requiere de

la recolección de más ejemplares que complementen las observaciones y permitan mejores conclusiones. En contraste, el material más joven de Sonora sugiere que para este tiempo, ca. 70 millones de años antes del presente, efectivamente *Pinus* estaba presente en el país.

Es imprescindible continuar la discusión y comparación de los materiales fósiles para entender los caracteres distintivos, que justifican las correctas identificaciones. *Pinus* tiene características únicas, como hojas aciculares agrupadas en fascículos y estróbilos femeninos con escamas ovulíferas con regiones apicales especializadas (umbos) (Syring *et al.*, 2005), pero en otros casos la falta de información anatómica y la escases de material complica sugerir relaciones taxonómicas. Si se acepta el registro de Sonora, hay que plantear una pregunta, ¿qué sucede con Pinaceae o *Pinus* en México durante el Paleógeno? Esto es, ¿porqué aparentemente desaparece hace 72 millones de años y reaparece hace 32 millones de años, y a partir de ese momento su registro es cada vez más importante? Una

Lámina 6. Estructuras observadas en impresiones y en material cortado y pulido. Figs. A-B) Impresiones de posibles braquiblastos de los cuales sobresalen acículas, este carácter estaría indicando afinidad al género *Pinus*. Escala 5mm. Fig. C) Secciones longitudinales de los posibles braquiblastos. Escala 5mm. Figs. D-E) Cortes transversales de acículas. 5mm. Fig. F) Acercamientos de cortes transversales de acículas. Escala 1mm.



explicación rápida y en principio sencilla se plantea adelante como hipótesis sobre la que se debe seguir trabajando.

Sin duda los cambios climáticos y los procesos orogénicos sobre todo del Neógeno contribuyeron a la diversificación de la flora, y seguramente en el Pleistoceno, cuando estos cambios se acentúan y son relativamente frecuentes dan pie a la diversificación del género *Pinus* en México, país que actualmente contiene la mayor diversidad de pináceas. Al respecto destaca *Pinus* ya que cerca de un 50% de sus

especies se concentran en el país (Farjon, 2008; Cevallos Ferriz *et al.*, 2012). Se debe continuar documentando la presencia del género y formas relacionadas en México, aportando información para postular ideas sobre como llegó a ser la conífera con mayor número de especies en el mundo, además información histórica que permitirá reforzar hipótesis biogeográficas que expliquen la expansión en distribución y diversidad del género y la familia, que en la actualidad está representada por 11 géneros y entre 110-120 especies (Eckert & Hall, 2006).

Lámina 7. Comparación entre la impresión de cono femenino fósil con uno de *Pinus* actual. Fig. A) Impresión de cono femenino. Escala: 1 cm. Fig. B) Cono actual de *Pinus*. Fig. C) Molde de caucho extraído de la muestra fósil, mostrando numerosas escamas ovulíferas en arreglo helicoidal. Fig. D) Acercamiento de una de las escamas ovulíferas mejor obtenidas en el molde, señalando el umbo (U), la apófisis (A) y la cúspide (C).

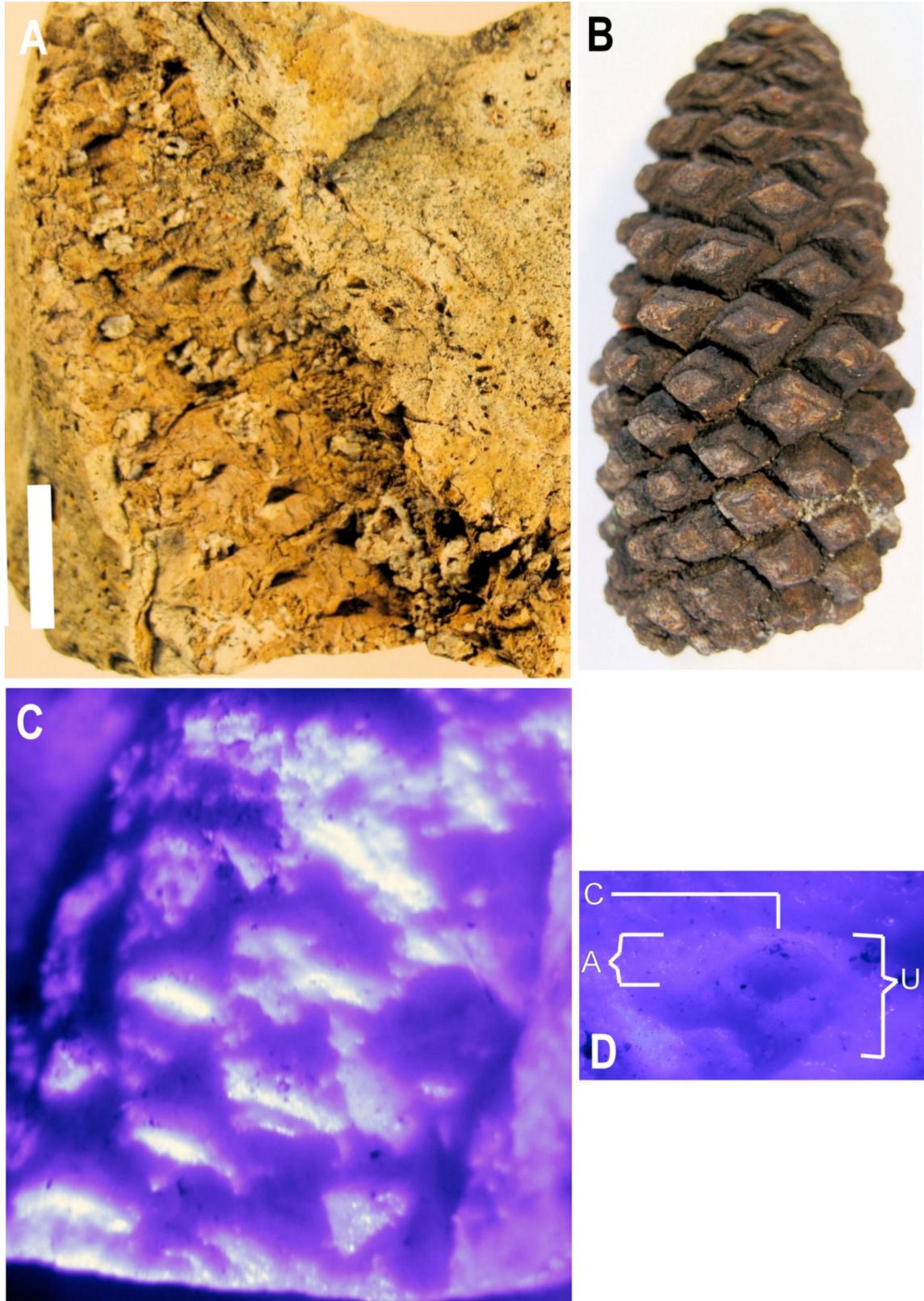
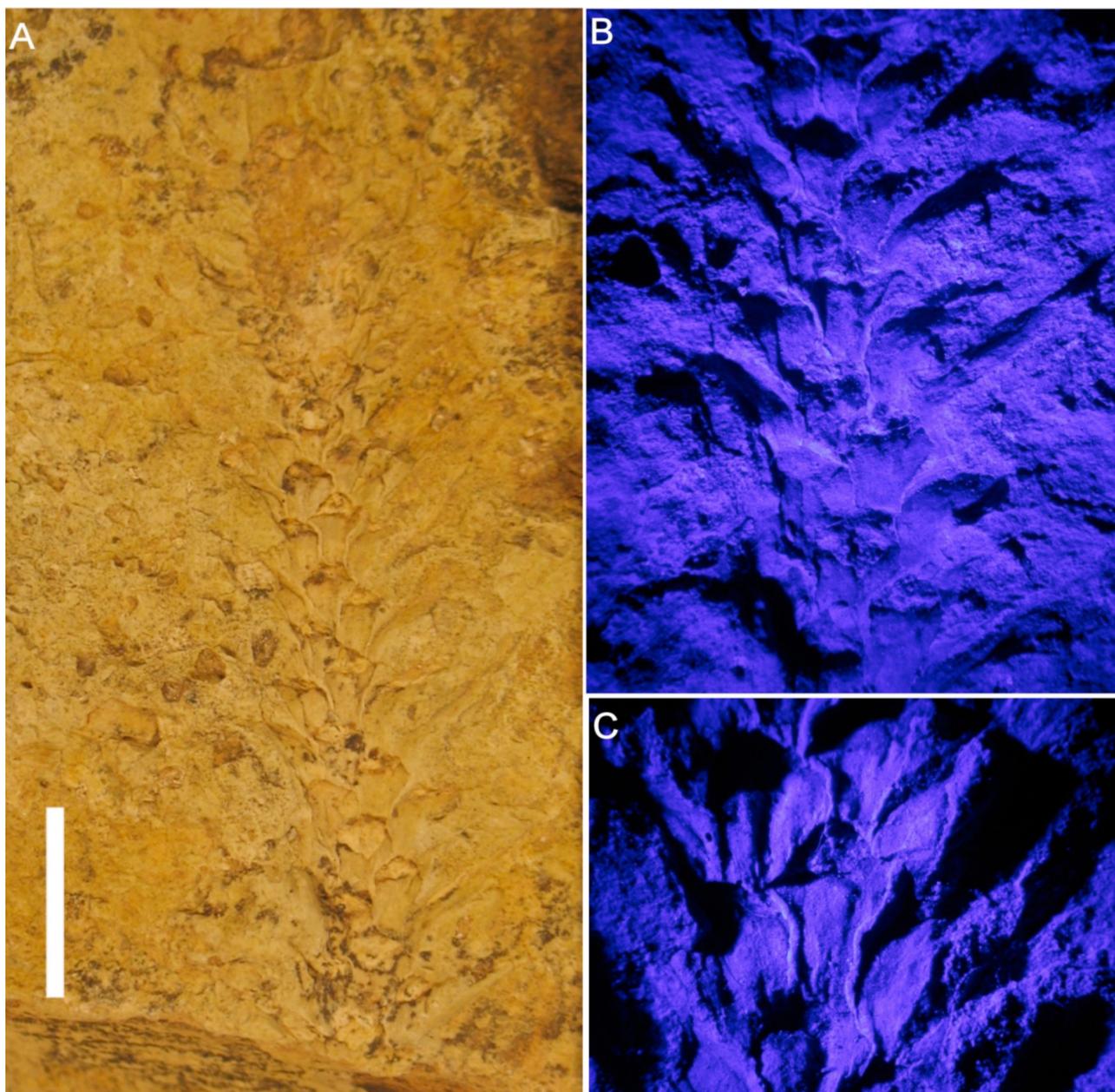


Lámina 8. Impresión de rama con distintos tipos de hojas. Fig. A) Rama portando numerosas hojas aciculares y escuamiformes en arreglo helicoidal. Escala: 1cm. Fig. B) Acercamiento de las hojas aciculares con iluminación UV. Fig. C) Acercamiento de las hojas escuamiformes con iluminación UV.



Es llamativa la prácticamente ausencia de coníferas en el registro fósil del Paleógeno de México. Recientemente Vega-Vera (2012) recolectó en La Popa, Nuevo León, una madera aparentemente del Paleoceno que corresponde con este grupo de plantas, no obstante no se conocen más macrofósiles de este periodo. Reaparecen con base en el registro palinológico en el Oligoceno, aumentando el registro de *Pinus* conforme los sedimentos son más recientes. Contrasta que los macrofósiles del Neógeno, representados por maderas no se relacionan con *Pinus*, y hasta ahora se han relacionado con *Podocarpus* y *Taxus*, sin embargo, es necesario revisar estas determinaciones.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue financiado por el proyecto 104515 de CONACYT a cargo de la Dra. Laura Calvillo Canadell; 219810 de PAPPIT y 824339 de CONACYT a cargo del Dr. Sergio R. S. Cevallos-Ferriz. Se agradece el trabajo del equipo de paleobotánica del Instituto de Geología de la UNAM, a Javier Avendaño Gil y su equipo de trabajo del Museo de Paleontología Eliseo Palacios, por su colaboración en la recolecta del material de la localidad “El Chango”, Chiapas, así como a la Dra. Uxue Villanueva por proporcionar el material procedente de “Esqueda”

Sonora. En la parte técnica a Enoch Ortiz Montejo, por la preparación de los fósiles y la extracción de moldes de caucho. A los Dres. Raúl Contreras Medina y David Gerandt por sus comentarios e invaluable apoyo.

### BIBLIOGRAFIA

- Alvarado-Ortega, J.E., Ovalles-Damián y A. Blanco-Piñón. 2009. The Fossil Fishes from the Sierra Madre Formation, Ocozocoautla, Chiapas, Southern Mexico. *Paleontología Electrónica* 12 (2.4 A): 1-22.
- Campos, J.L. 1993. *Claves para la Determinación de los Pinos Mexicanos*. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 70 pp
- Cevallos-Ferriz, S.R.S. 1992. Tres maderas de gimnospermas cretácicas del norte de México. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México, Ser. Bot.* 63 (2): 111-137.
- Cevallos-Ferriz, S.R.S., E.A. González-Torres y L. Calvillo-Canadell. 2012. Perspectiva paleobotánica y geológica de la biodiversidad en México. *Acta Botánica Mexicana* 100: 317-350. Cleal, C.J. y B.A. Thomas. 2009. *Introduction to plant fossils*. Cambridge University Press. Nueva York. 237 pp.
- Christenhusz, M.J.M., J.L. Reveal, A. Farjon, M.F. Gardner, R. R. Mill y M.W. Chase. 2011. A new classification and linear sequence of extant gymnosperms. *Phytotaxa* 19:55-70.
- González-Ramírez, I., Calvillo-Canadell, L., Silva-Pineda, A. y Cevallos-Ferriz, S.R.S., 2011, Coníferas (Araucariaceae y Cupressaceae) del Cretácico (Aptiano-Campaniano) de Chiapas (resumen), en: Libro de resúmenes del XII Congreso Nacional de Paleontología: Puebla, México, Sociedad Mexicana de paleontología, 68.
- Domènech, R. y J. 1996. Martinell. *Introducción a los fósiles*. Masson. Barcelona. 288 pp.
- Eckenwalder, J.E. 2009. *Conifers of the World*. Timber Press. Portland, Ore. 720 pp.
- Eckert, A.J. y B.D. Hall. 2006. Phylogeny, historical biogeography, and patterns of diversification for *Pinus* (Pinaceae): Phylogenetic tests of fossil-based hypotheses. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 40: 166-182.
- Farjon, A. 2008. *A Natural History of Conifers*. Timber Press. Portland, Ore. 304 pp.
- Millar, C. I. 1993. Impact of the Eocene on the Evolution of *Pinus* L. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 80 (2): 471-498.
- Pérez-Rodríguez, P.M. 2008. *Claves de determinación botánica (con énfasis en familias de árboles)*. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 307 pp.
- Serlin, B.S., T. Delevoryas y R. Weber. 1981. A new conifer pollen cone from the Upper Cretaceous of Coahuila, Mexico. *Review of Paleobotany and Palynology* 31: 241-248.
- Servín-Pichardo, R., Hernández-Rivera R., González-León, C.M. y Pacheco-Rodríguez, R., 2011. Primer registro de dinosauricnitas en el Grupo Cabullona (Cretácico Tardío), Esqueda, Municipio de Fronteras, Sonora (resumen), en: Libro de resúmenes del XII Congreso Nacional de Paleontología: Puebla, México, Sociedad Mexicana de Paleontología, 30.
- Simpson, M.G. 2010. *Plant Systematics*. 2da ed. Academic Press. USA. 740 pp.
- Syring, J., A. Willyard, R. Cronn y A. Liston. 2005. Evolutionary relationships among *Pinus* (Pinaceae) subsections inferred from multiple low-copy nuclear loci. *American Journal of Botany* 92 (12): 2086-2100.
- Than-Marchese, B.A., Alvarado-Ortega, J. y Carbot-Chanona, G., 2011, Notas adicionales sobre la ictiofauna cretácica de Chiapas (resumen), en: Libro de resúmenes del XII Congreso Nacional de Paleontología: Puebla, México, Sociedad Mexicana de paleontología, 135.
- Weber, R. 1975. *Aachenia knoblochii* n. sp., an interesting conifer from the Upper Cretaceous Olmos Formation of north-eastern Mexico. *Paleontographica*, 152B: 76-83.
- Weber, R. 1980. Megafósiles de Coníferas del Triásico Tardío y del Cretácico Tardío de México y Consideraciones Generales Sobre las Coníferas Mesozoicas de México. *Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, Revista* 4(2): 111-124.

### PAGINAS WEB

1. Botánica morfológica, 2001, Flor masculina (en línea): Corrientes, Argentina, actualizado en 2008, disponible en <<http://www.biologia.edu.ar/botanica/animaciones/ciclos/pino/paginaspino/flormasc.html>>, consultado 7 de Diciembre de 2012.
2. Botánica morfológica, 2001, Organización del cuerpo de las plantas: Diferenciación morfológica del tallo, hoja y raíz (en línea): Corrientes, Argentina, actualizado en 2008, disponible en <<http://agr.unne.edu.ar/botanica/tema1/1-2tallo.htm>>, consultado en 7 de Diciembre de 2012
3. Botánica morfológica, 2001, Ramas (en línea): Corrientes, Argentina, actualizado en 2012, disponible en <<http://agr.unne.edu.ar/botanica/animaciones/ciclos/pino/paginaspino/hoja%20myb.html>>, consultado 7 de Diciembre de 2012.
4. Enciclopedia de los Municipios y delegaciones de México, 2010, Estado de Sonora (en Línea): México, INAFED Instituto para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. disponible en <<http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM26sonora/municipios/26027a.html>>, consultado en 7 de Diciembre de 2012.

- 
5. GoldenMap, 2011, *Keteleeria evelyniana* (en línea): Barcelona, España, disponible en <[http://es.goldenmap.com/Keteleeria\\_evelyniana](http://es.goldenmap.com/Keteleeria_evelyniana)>, consultado 7 de diciembre de 2012.
  6. Interactive Flora of NW Europe, *Larix deciduas* (Larch, European) (en línea): C. Stace, R. van der Meijden (ed.) & I. de Kort (ed), disponible en <<http://wbd.etibiinformatics.nl/bis/flora.php?menuentry=soorten&id=1554>>, consultado 8 de abril de 2013.
  7. Orchids BONSAI Forum, Các loài thuộc họ thông tại Việt Nam (en línea): disponible en <<http://hoalancaycanh.com/diendan/cay-la-kim-thong-tung-la-han/3367-cac-loai-thuoc-ho-thong-tai-viet-nam.html?langid=1>>, consultado en 7 de Diciembre de 2012.
  8. The Gymnosperm database, 2013, Pinaceae (en línea): J. Earle, C., actualizado 22 de marzo de 2013, disponible en <<http://www.conifers.org/pi/Pinaceae.php>>, cons. 8 de abril de 2013.
-