

## FLORES PRESERVADAS EN ÁMBAR DEL MIOCENO DE SIMOJOVEL DE ALLENDE, CHIAPAS, MÉXICO

Ana Lilia Hernández-Damián<sup>1</sup>, Laura Calvillo-Canadell<sup>2</sup> y Sergio R.S. Cevallos-Ferriz<sup>3</sup>

### RESUMEN

Simojovel de Allende, Chiapas, México, constituye uno de los depósitos de ámbar más importantes del mundo ya que en éste se han preservado de forma excepcional evidencias biológicas de plantas y animales. Dentro del registro paleobotánico de la zona se han reportado miembros de la familia Anacardiaceae, Leguminosae, Meliaceae y Arecaceae con base en flores, las cuales constituyen un caso especial, ya que se trata de estructuras delicadas y efímeras, difíciles de preservar en el registro fósil. En este trabajo se describe la morfología de dos flores preservadas en ámbar de Chiapas, atribuyéndoles posibles afinidades taxonómicas. La primera corresponde con una flor pequeña, bisexual, hipoginia, pedicelada, pentámera, con el perianto diferenciado. Éstos caracteres permiten compararla con las familias Ericaceae, Malvaceae, Sapindaceae y Rutaceae sin embargo, tiene mayor parecido morfológico con Sapindaceae debido a la presencia de 5 estambres con filamentos pubescentes. Así mismo, una flor inconspicua, unisexual, con el perianto diferenciado, 2 sépalos ovados y 3 pétalos unguiculados es comparada con Commelinaceae, Alismataceae, Menispermaceae, y Polygonaceae teniendo mayor semejanza con Polygonaceae por tener 5 estambres con pubescencia al centro. La posible presencia de Sapindaceae y Polygonaceae en el pasado del sur de México, apoya la idea de la presencia de una selva en el pasado de Simojovel de Allende, sin embargo, es necesario continuar comparando a los fósiles con las flores de plantas actuales para confirmar su identificación taxonómica en forma tal de que la determinación taxonómica esté a la altura de los registros taxonómicos de la zona, permitiendo entender de manera más clara el paleoambiente de la zona así como los elementos florísticos que componían la vegetación hace 20 m. a.

Palabras clave: Ámbar, flores fósiles, Mioceno, Simojovel de Allende.

### ABSTRACT

Simojovel de Allende, Chiapas, Mexico, is one of the amber deposits in the world with exceptionally preserved biological evidence of plants and animals. Within the paleobotanical record of the area members of Anacardiaceae, Leguminosae, Meliaceae and Arecaceae have been reported based on flowers, which are a special case because of its delicate and ephemeral structures, difficult to preserve in the fossil record. In this paper we describe the morphology of two flowers preserved in amber from Chiapas, attributing possible taxonomic affinities. The first one corresponds to a small bisexual, hypogineous, pedicellated, pentamerous flower, with differentiated perianth. These characters allow its comparison with members of the families Ericaceae, Malvaceae, Rutaceae and Sapindaceae, however, it has higher morphological similarity with Sapindaceae due to the presence of 5 pubescent filament. A second inconspicuous, unisexual flower, with differentiated perianth, 2 ovate sepals and 3 clawed petals is compared with Commelinaceae, Alismataceae, Menispermaceae, and Polygonaceae: The latter ones having greater resemblance to the fossil flower based on the presence of five pubescent stamens. The possible presence of Sapindaceae and Polygonaceae in the past of southern Mexico, supports the idea of the presence of a tropical forest in the Simojovel de Allende at that time, however, the fossil flowers are in need of further comparison with those of extant plants to confirm their taxonomic identification, allowing a better understand of the paleoenvironment as well as of the floristic elements composing the vegetation for 20 m. a.

Key words: Amber, fossil flowers, Miocene, Simojovel de Allende.

### 1. INTRODUCCIÓN

Con alrededor de 257,000 especies existentes, las angiospermas representan la mayor parte de las plantas con semilla (Judd *et al.*, 1998) y quizá, la característica que

1. Posgrado de Ciencias Biológicas, UNAM, Ciudad Universitaria, Del. Coyoacán, 04510 México D.F. Email: anamycota@gmail.com

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: scrsfcb@unam.mx

más distingue al grupo es la flor, la cual puede ser definida como un eje de crecimiento determinado y modificado que contiene uno o más estambres y/o carpelos y que a su vez puede o no tener un perianto, el cual consiste de hojas modificadas (sépalos y pétalos) (Simpson, 2010).

Las estructuras reproductoras de las angiospermas exhiben una excepcional diversidad morfológica, cuyo estudio a través del registro fósil es primordial para el entendimiento del grupo (Simpson, 2010), sin embargo este ha sido relativamente raro, por ser estructuras reproductoras delicadas y efímeras (Castañeda-Posadas y Cevallos-Ferriz, 2007).

En México, como en otras partes del mundo, los estudios paleobotánicos basados en flores han sido fundamentales para el reconocimiento y el entendimiento de los componentes florísticos que crecieron en el pasado, la mayor parte de ellos están basados en morfología y ocasionalmente en su anatomía. Por ejemplo, para el Cretácico de Sonora, se ha documentado la presencia de la familia Haloragaceae (Hernández-Castillo y Cevallos-Ferriz, 1999) así como la de Rhamnaceae en Coahuila (Calvillo-Canadell y Cevallos-Ferriz, 2007). Además, en el Mioceno de Chiapas se ha reportado Anacardiaceae (Miranda, 1963), Meliaceae (Castañeda-Posadas y Cevallos-Ferriz, 2007) y Leguminosae (Calvillo-Canadell *et al.*, 2010). Éstos últimos constituyen un registro excepcional debido a que son pocos los trabajos basados en estructuras reproductoras y, constituyen un tipo especial de fosilización, ya que en las inclusiones en ámbar se preservan las flores en tres dimensiones con relativamente poca distorsión (Castañeda-Posadas y Cevallos-Ferriz, 2007).

El ámbar es resina fosilizada generada por diferentes tipos de plantas cuya secreción atrapa plantas y animales o fragmento de ellos; éstos han sido identificados alrededor del mundo en rocas tan antiguas como las del Carbonífero (Langenheim, 2003). Simojovel de Allende constituye uno de los depósitos de ámbar más importantes del Cenozoico, sin embargo no ha recibido tanta atención como los de la región del Báltico y República Dominicana (Solórzano-Kraemer, 2007).

El registro fósil de plantas fósiles preservadas en ámbar de Chiapas, se encuentra constituido por fragmentos de hojas de *Acacia* Miranda (Miranda, 1963), *Tapirira durhamii* Miranda (Miranda, 1963), una briofita, *Lejeunea paleomexicana* von Riclef (von Riclef, 1984), una palma *Socratea brownii* Poinar (Poinar, 2002), flores de *Swietenia miocenica* Castañeda-Posadas y Cevallos-Ferriz (Castañeda-Posadas y Cevallos-Ferriz, 2007), y dos leguminosas *H. mexicana* Poinar y Brown (Poinar y Brown, 2002) e *H. allendis* Calvillo-Canadell, Cevallos-Ferriz y Rico-Arce (Calvillo-Canadell *et al.*, 2010) estas últimas identificadas como las productoras de ámbar de la región.

Existen además otros trabajos paleontológicos de la zona (*e. g.* Biaggi, 1978; Langenheim *et al.*, 1967; Palacios-Chávez y Rzedowski, 1993 y Graham; 1999), que han ayudado a la reconstrucción del paleoambiente de Simojovel de Allende y, que apoyan el desarrollo de un bosque de *Hymenaea* en tierras bajas adyacente a un manglar (Solórzano-Kraemer, 2007). Ésta idea también es apoyada por Becerra (2005), a través de un estudio filogenético de *Bursera* (Burseraceae) usando ITS, ETS y DNA ribosomal, en el cual corrobora el desarrollo de una selva tropical seca en el sur de México debido a la presencia de *Bursera* hace alrededor de 20-30 m.a.

El registro paleobotánico del Mioceno en México resalta la cercanía taxonómica basada en caracteres morfológicos entre taxa fósiles y actuales, en comparación con los registros de períodos más antiguos cuyas plantas fósiles son más semejantes a las de la Flora Boreotropical (Cevallos-Ferriz *et al.*, 2012). Para fundamentar o refutar estas ideas es necesario el estudio del registro fósil de plantas, por lo que el objetivo de este trabajo es describir dos flores preservadas ámbar de México, atribuyéndoles posibles afinidades taxonómicas.

## 2. MATERIAL Y MÉTODO

### 2.1 Localidad y Edad

El material fósil fue colectado en el municipio de Simojovel de Allende en el estado de Chiapas, a 17° 08'19" de latitud N y 92° 43'00" de longitud O, a una altitud de 600 m.s.n.m. El área es limitada al norte por los municipios de Huitiupán, Sabanilla y Tila; al oeste por el municipio de Chilón; al este por los municipios de Pantheló, Chalchihuitán y el Bosque; al oeste por Jitotol y Nuevo Pueblo Solistahuacán (Centro Estatal de Estudios Municipales [CEEM], 1988).

Böse (1905) realizó una síntesis geográfica y fisiográfica de la zona, dividiendo la secuencia estratigráfica Cenozoica en: división Eoceno, división Simojovel Oligoceno, división Tenejaoa Plioceno y división Cuaternario, posteriormente Frost y Langenheim (1974) dividieron al grupo Simojovel en Arenisca La Trinidad, Arenisca Rancho Berlín y Formación La Quinta; esta última es donde se encuentra asociado el ámbar, aparentemente incluido en una secuencia marina del Oligoceno como lo sugieren foraminíferos plantónicos asociados, como *Globigerina ciperiensis* y *Globorotalia kuglieri* reportados por los mismo autores. Sin embargo, Grimaldi (1996) mencionó que muchos depósitos de ámbar se encuentran asociados con lignitas, pizarras friables y arcillas deltaicas de edad Mioceno Temprano. La última interpretación es consistente con estudios de nanoplancton localizados en sedimentos de las biozonas N3 y N4, sugiriendo una edad de 26.0-22.5 m. a. (M. Benami, per. com., 2004, en Gómez-Bravo, 2005). Sin embargo, Solórzano-Kraemer y Rust, en prep. (en Solórzano-Kraemer, 2007) asignan el ámbar de México al Mioceno Medio (20 m. a.), debido al parecido que presenta con los depósitos de ámbar de República Dominicana, incluyendo la presencia de terrenos aluviales con lechos de lignita, un similar registro fósil de insectos, así como por su similar origen botánico, de especies extintas de *Hymenaea* (Solórzano-Kraemer, 2007).

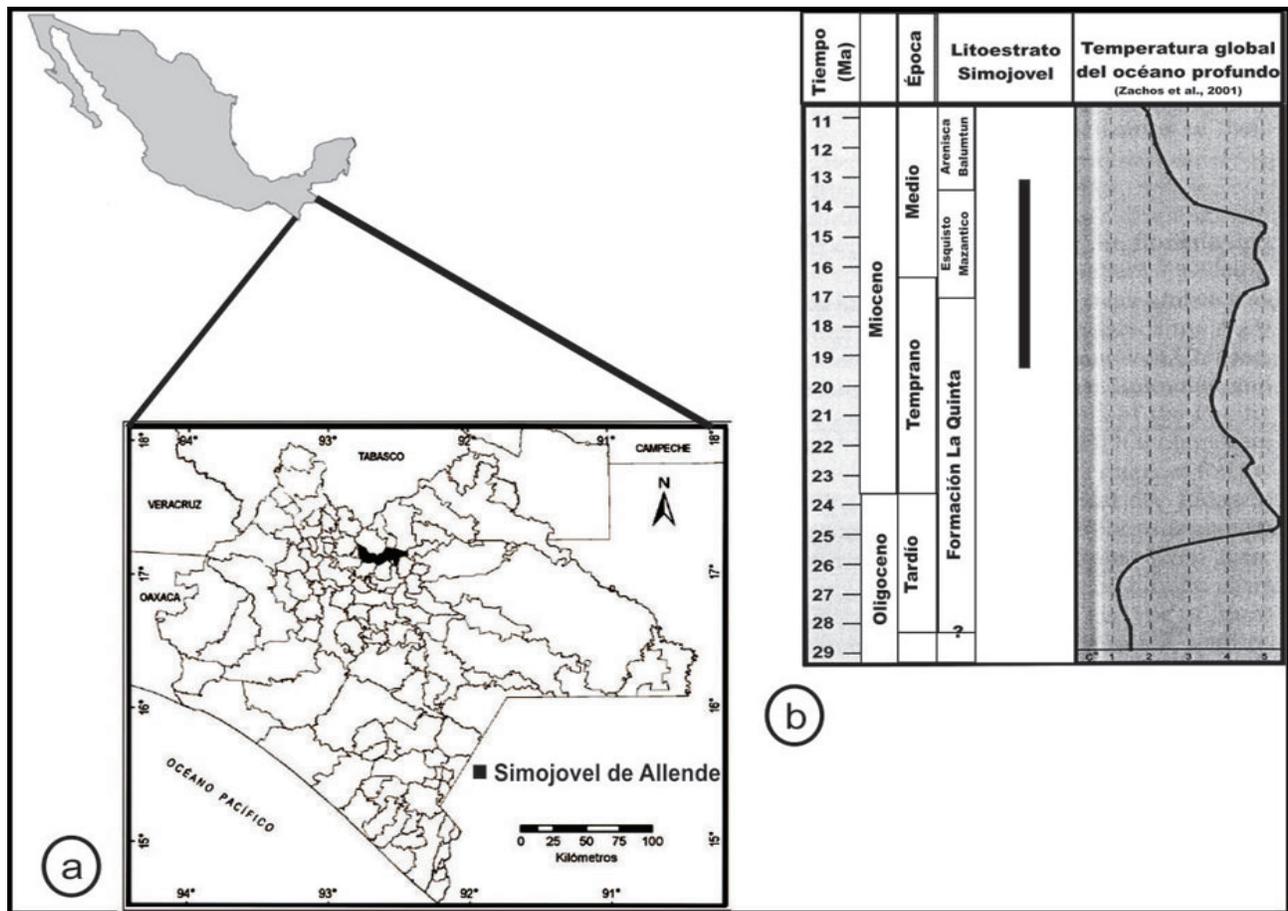


Figura 1. (a) Localización geográfica de Simojovel de Allende, Chiapas, México. (b) Secciones de la columna con los depósitos de ámbar (línea obscura) y la temperatura del océano profundo (Solórzano-Kraemer, 2007 y 2010).

## 2.2 Ejemplares fósiles

Dos flores fósiles preservadas en ámbar pertenecientes a la colección del Museo de Paleontología “Eliseo Palacios Aguilera” de la Secretaría de Medio Ambiente, Vivienda e Historia Natural (SEMAVIHN) de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y catalogadas como IHNFG-5934 y IHNFG-5936 (IHNFG-Instituto de Historia Natural-Fósiles Geográficos) fueron observadas y fotografiadas en un microscopio estereoscópico Zeiss V8 con cámara Cannon. Así mismo, el material fue descrito con base en literatura especializada (e. g. Moreno, 1984 y Simpson, 2010).

Para la identificación se usaron cuatro claves electrónicas de identificación: Neotropikey -Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics (Milliken *et al.*, 2010), FAMEX, Clave para familias de plantas con flores (Magnoliophyta de México) (Murguía y Villaseñor, 1993), The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification and information retrieval (Watson y Dallwitz, 1992) y Families of Dicotyledons (Nixon, 2012). Así mismo, se revisó el trabajo de Miranda (1975) sobre la vegetación de Chiapas.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Flor IHNFG-5934

Descripción: Flor bisexual de 12 mm de longitud y 3 mm de ancho, pequeña, actinomorfa, pedicelo de ca. 8.0 mm x 0.2 mm, ligeramente pubescente; perianto tubular; sépalos 5, parcialmente fusionado hacia la base, subobtrulados, glabros, ca. 6 mm x 0.6 mm, venación reticulada, glabro en el exterior e interior; pétalos 5, parcialmente fusionados hacia la base, subobtrulados, ca. 5.0 mm x 0.6 mm, venación reticulada, glabro en el exterior e interior, parcialmente fusionados, opuestos a los sépalos; estambres, 5; filamentos ca. 3.0 mm x 0.25 mm, fusionados hacia la base, subulados, pubescentes, incluidos; anteras bitecadas, ovadas, basifijas, ca. 0.5 x 0.5 mm, dehiscencia longitudinal y ovario súpero (Figura 2).

#### 3.1.1 Comparación con taxones actuales

La flor fósil IHNFG-5934 presenta parecido morfológico con las familias Ericaceae, Malvaceae, Sapindaceae y Rutaceae debido a que las flores en estas familias son

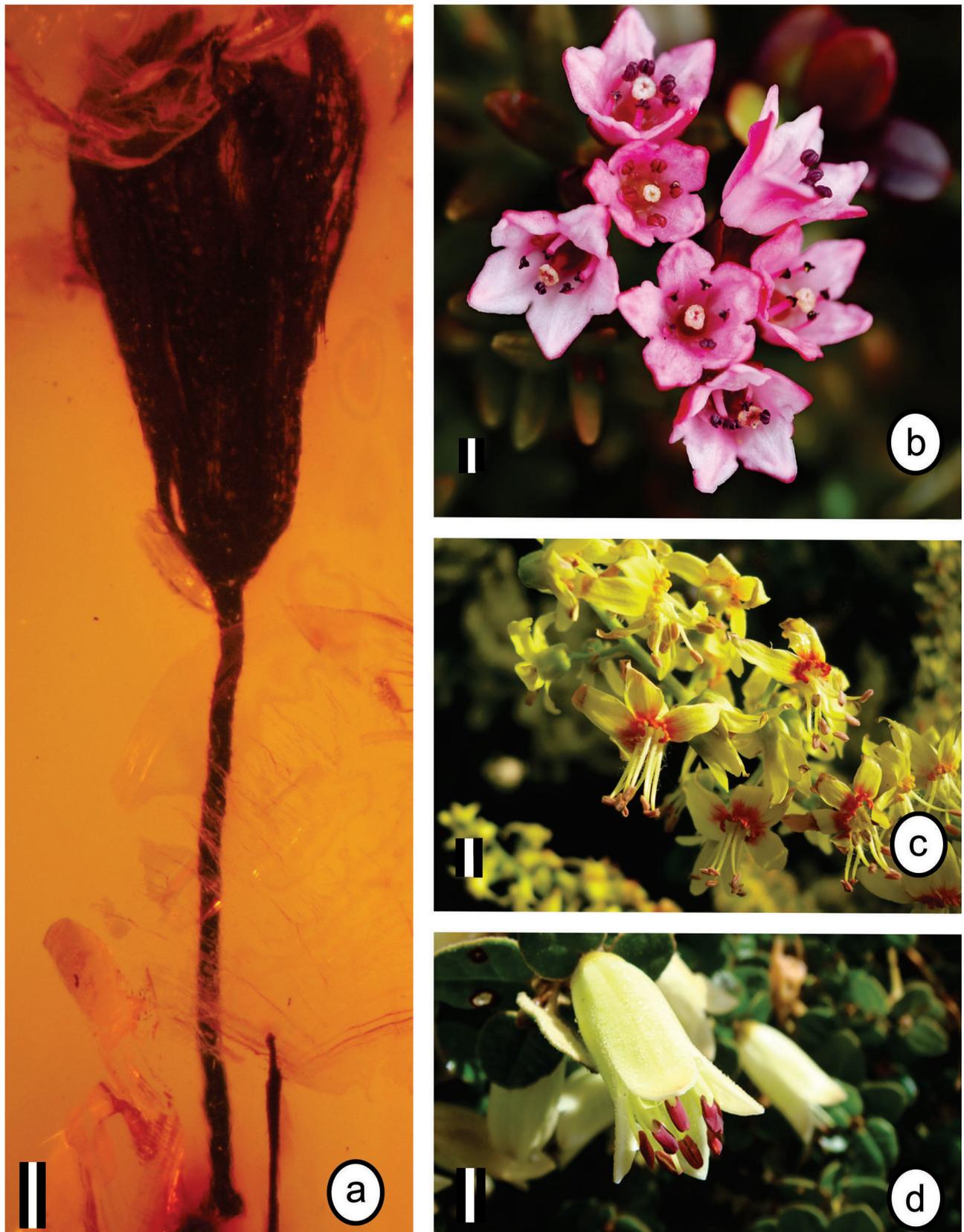


Figura 2. Comparación de la flor fósil IHNFG-5934 con familias actuales. (a) Flor fósil IHNFG-5934, (b) Ericaceae (South African National Biodiversity Institute, 2013), (c) Sapindaceae (Flickriver, 2013) y (d) Rutaceae (The University of British Columbia, 2013).

frecuentemente bisexuales, actinomorfas, hipoginias, pentámeras con el perianto diferenciado y las anteras bitecadas con dehiscencia longitudinal.

La flor fósil se asemeja a las flores de Ericaceae dado que estas generalmente tienen un perianto tubular a campanulado, como en el género *Kalmia* (L.) Gift & Kron ex Galasso, Banfi & F. Conti, que además cuenta con 5 estambres; sin embargo difiere del fósil en la forma de los lóbulos del perianto (subobtrulados vs. ovados) y la superficie de los filamentos de los estambres (pubescentes vs. glabros) (Simpson, 2010). Malvaceae (subfamilia Bombacoide) es otra familia con parecido morfológico al fósil, ya que las flores de esta familia tienen perianto tubular, con 5-∞ estambres, pero se distingue de los fósiles por tener frecuentemente flores grandes y llamativas con filamentos fusionados (Cronquist, 1981). Por otro lado, la familia Sapindaceae se asemeja a la flor fósil dado que los estambres van de 4-∞ y los filamentos son frecuentemente pubescentes como en el género *Koelreuteria* Laxm., sin embargo esta familia usualmente presenta flores con un disco anular extra o intraestaminal (Simpson, 2010). Finalmente las flores fósiles se asemejan a Rutaceae por el número de estambres de 5-8 (10-60), los cuales pueden tener a veces los filamentos pubescentes, pero generalmente presenta estaminodios y disco intraestaminal (Simpson, 2010). Con base en lo anterior, la flor fósil IHNFG-5934 tiene mayor parecido morfológico con la familia Sapindaceae (Figura 2).

### 3.2. Flor IHNFG-5936

Descripción: Flor estaminada de 3.5 mm de longitud y 3.5 mm de ancho, pequeña, zigomorfa, pedicelo de 0.5 mm x 0.2 mm, glabro; sépalos 2, ovados, ca. 1.0 mm x 0.8 mm, venación reticulada, puntacto, ligeramente pubescente, alternando con los pétalos, pétalos, 3, unguiculados, ca 1.3 mm x 1.0 mm, venación reticulada, puntacto, ligeramente pubescente, polipétalos, estambres 5, libres, distribuidos en dos ciclos; filamentos de ca. 2.5 mm x 0.3 mm, subulados; anteras bitecadas, elípticas/globosas, dorsifijas, ca. 0.7 mm x 0.5 mm, dehiscencia longitudinal; pubescente al centro (Figura 3).

#### 3.2.1 Comparación con taxones actuales

La flor fósil IHNFG-5936 tiene parecido morfológico con las familias Commelinaceae, Alismataceae, Menispermaceae, y Polygonaceae debido a que sus flores son frecuentemente unisexuales, zigomorfas, con perianto biseriado homo o heteroclamídeo con lóbulos unguiculados.

La flor IHNFG-5936 se asemeja a la familia Commelinaceae pues tiene los estambres libres con anteras bitecadas, pero difiere de los fósiles por tener

flores bisexuales o funcionalmente unisexuales y 6 estambres (Faden, 1998); *Floscopa* Lour., *Spatholirion* Ridl. *Murdannia* Royle, *Belosynapsis* Hassk., *Pollia* Thunb., *Amischotholype* Hassk., *Dichorisandra* Mikan, *Thyrsanthemum* Pichon. y *Callisia* Loefl. constituyen los géneros con mayor parecido morfológico. Alismataceae es otra familia con parecido morfológico al fósil ya que las flores de esta familia son frecuentemente subsésiles, con estambres de 6-9 (∞) y anteras versátiles con dehiscencia longitudinal (Haynes *et al.*, 1998), sin embargo difiere del fósil por la disposición y el número de estambres (5 en dos ciclos vs. 6 alternando con los pétalos); los géneros con mayor parecido morfológico al fósil son *Burnatia* M. Micheli. y *Sagitaria* L. subgen *Lophotocarpus* y *Caldesia*. Por otro lado, Menispermaceae se asemeja a la flor fósil por el número de estambres (1)-3-12(40) y las anteras bitecadas con dehiscencia longitudinal sin embargo, los estambres pueden estar fusionados en una columna. Finalmente el fósil tiene parecido morfológico con la familia Polygonaceae por el número de estambres 3+3 o 8 (2, 9) libres, con las anteras versátiles con dehiscencia longitudinal sin embargo, el perianto no está diferenciado en sépalos y pétalos, pero es biseriado y algunas veces unguiculados; *Ruprechtia* C. A. Mey es un género de la familia con pubescencia al centro como el fósil. Con base en lo anterior, la flor IHNFG-5936 tiene mayor parecido morfológico con la familia Polygonaceae (Figura 3).

## 4. DISCUSIÓN

El estudio de plantas fósiles basado en flores, ha sido recurrente en los últimos años (*e.g.*, Takahashi *et al.*, 2008a, Takahashi *et al.*, 2008b, Friis *et al.*, 2009, Martínez-Millán *et al.*, 2009, Calvillo-Canadell *et al.*, 2010, Schmidt *et al.*, 2010, Benedict *et al.*, 2011, y Schönerberger *et al.*, 2012), su importancia radica en que constituye una fuente de información taxonómica inagotable, ya que éstas han sido usadas desde ha tiempo como herramientas de identificación y clasificación de las angiospermas (*e.g.* Linneo, 1753; Benthams y Hooker, 1862-1883). Las flores fósiles preservadas en ámbar de Simojovel de Allende, constituyen un caso aún más especial ya que, por un lado forman parte de uno de los pocos depósitos de ámbar en el mundo del Cenozoico y, por el otro su preservación en tercera dimensión con poca distorsión, conserva estructuras y/o tejidos que pueden alterarse en comparación con otros tipos de fosilización (Poinar, 1998) permitiendo su “mejor” estudio.

Las flores fósiles descritas en este trabajo tienen caracteres morfológicos comparables con los de varias familias de angiospermas como Ericaceae, Malvaceae, Sapindaceae, Rutaceae, Commelinaceae, Alismataceae, Menispermaceae, y Polygonaceae sin embargo, una de estas presenta mayor parecido morfológico con la

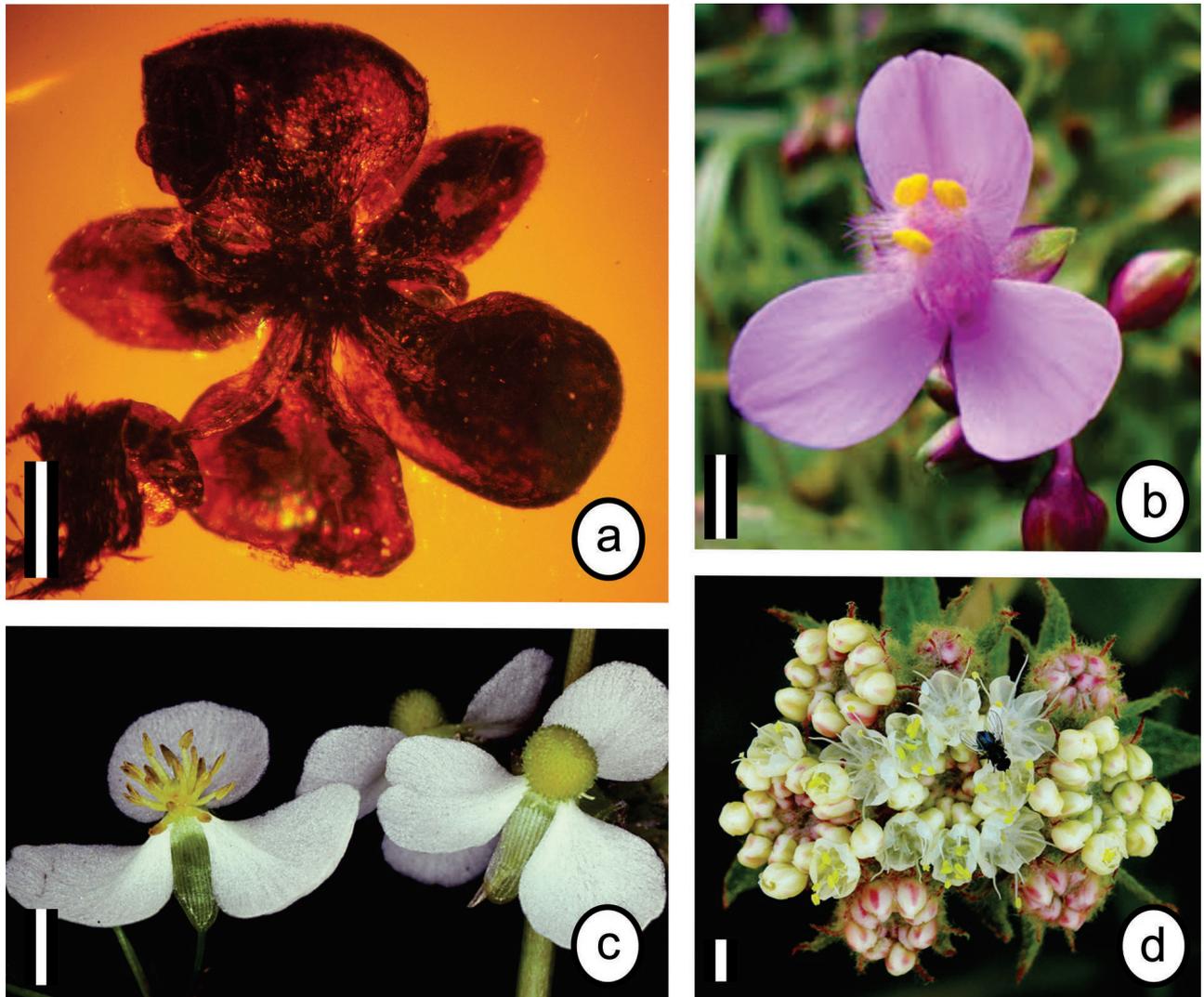


Figura 3. Comparación de la flor fósil IHNFG-5936 con algunas familias actuales. (a) Flor fósil IHNFG-5936. (b) Commelinaceae. (Ueda y Loarie, 2013) (c) Alismataceae. (Vale, 2011), (d) Polygonaceae (University of Hawaii, Botany Department, 2006).

familia Sapindaceae por ser una flor pequeña, bisexual, pedicelada, con 5 sépalos y 5 pétalos, y más aún la presencia de 5 estambres con filamentos pubescentes. Por otro lado, la segunda flor fósil que es inconspicua, unisexual, semisésil, con 2 sépalos ovados, 3 pétalos unguiculados, con 5 estambres libres y pubescente al centro tiene un enorme parecido morfológico con Polygonaceae en especial con el género *Ruprechtia* sin embargo, se tratan de identificaciones preliminares por lo cual, es necesario realizar comparaciones más detalladas con las familias propuestas, para poder realizar una identificación taxonómica más confiable del material, identificación que pueda estar a la altura de otros registros taxonómicos de la zona basados en flores (e. g. Miranda, 1963; Poinar y Brown, 2002). Ésto ayudará a complementar, identificar y entender de forma más clara los elementos florísticos que componían la vegetación hace 20 m. a. en el sur de México.

Así mismo, el paleoambiente bajo el cual se desarrollaban las plantas preservadas en ámbar de Chiapas ha sido interpretado como una selva subcaducifolia dominada por *Hymenaeae*, situada en tierras bajas adyacente a un manglar. La posible presencia de la familia Sapindaceae y Polygonaceae en el registro fósil de la zona, respalda la idea del desarrollo de ésta, ya que actualmente se desarrollan taxones pertenecientes de dichas familias en este tipo de vegetación. Por ejemplo, la familia Sapindaceae en este tipo de vegetación se encuentran principalmente representada por *Cupania articulata* Moc. & Sessé ex DC., *Melicoccus oliviformis* Kunth., *Sapindus saponaria* L., *Thouinidium decandrum* (Humb. & Bonpl.) Radlk. *Thouinia acuminata* Radlk y *Exothea copalillo* (Schltdl.) Radlk.; mientras que Polygonaceae por *Coccoloba acapulcensis* Standl., *Coccoloba cozumelensis* Hemsl. y *Triplaris melaenodendron* (Bertol.) Standl. & Steyerl. Con base en lo anterior

se puede suponer, que las flores fósiles tienen aún más parecido con dichos taxones, ya que se considera que el registro paleobotánico del Mioceno en México presenta mayor cercanía morfológica con taxa fósiles y actuales (Cevallos-Ferriz *et al.*, 2012). No obstante, esto no quita la posibilidad que las flores fósiles, presenten mayor parecido morfológico con otros taxones de la familia que actualmente se desarrollen en una región diferente de México o del mundo.

## 5. CONCLUSIÓN

Las flores fósiles de Simojovel de Allende constituyen un caso especial dentro del registro paleobotánico dado que son pocos los reportes taxonómicos basados en dichas estructuras. La presencia de material embebido en ámbar como la flor bisexual, pequeña, hipoginia, pentámera, con el perianto diferenciado, con 5 estambres con filamentos y presenta un enorme parecido morfológico con Sapindaceae, así mismo una flor unisexual, inconspicua, con el perianto diferenciado (2 sépalos, ovados y 3 pétalos unguiculados), con 5 estambres libres y pubescente a centro, parece ser un miembro de la familia Polygonaceae. Dichas familias actualmente forman parte de las selvas tropicales en México lo que respalda lo que sugiere el paleoambiente de la zona sin embargo, es necesario realizar una identificación mejor respaldada del material fósil que ayude a entender de forma más clara los elementos florísticos que componían la vegetación en el pasado del sur de México.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el apoyo otorgado por los proyectos del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), 104515 a LCC y 82433 a SRSCF y el PAPIIT-UNAM 219810 a SRSCF. Así mismo, reconocen y gradecen la colaboración de los compañeros del Museo de Paleontología Eliseo Palacios Aguilera quienes han facilitado el material fósil para su estudio en especial al M. en C. Javier Avendaño Gil.

## BIBLIOGRAFÍA

- Becerra, J.X., 2005, Timing the origin and expansion of the Mexican tropical dry forest. *Proceedings of the National Academy of Sciences: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 102, 10919-10923.
- Benedict, J., DeVore, M.L., Pigg, K.B., 2011. *Prunus* and *Oemleria* (Rosaceae) Flowers from the Late Early Eocene Republic Flora of Northeastern Washington State, U.S.A: *International Journal of Plant Sciences*, 172, 948-958.
- Bentham, G. y Hooker, J.D.G., 1862-1883, *Genera plantarum*, 3 vol. Reeve & Co., Inglaterra.
- Biaggi, R.E., 1978. Palynology and paleoecology of some Oligo-Miocene sediments from Chiapas, México, Walla College, California, USA, Thesis M. S., 92 pp.
- Böse, E., 1905. Geología de Chiapas y Tabasco. Secretaría de Fomento. Instituto Geológico de México, 113 pp.
- Calvillo-Canadell, L., Cevallos-Ferriz, S.R.S. 2007. Reproductive structures of Rhamnaceae from the Cerro del Pueblo (Late Cretaceous, Coahuila) and Coatzingo (Oligocene, Puebla) Formations, Mexico: *Journal Botany*, 64, 1658-1669.
- Calvillo-Canadell, L., Cevallos-Ferriz, S.R.S., Rico-Arce, L., 2010. Miocene Hymenaea flowers preserved in amber from Simojovel de Allende, Chiapas, Mexico: *Review of Palaeobotany and Palynology*, 160, 126-134.
- Castañeda-Posadas C., Cevallos-Ferriz, S.R.S., 2007. *Switenia* (Meliaceae) flower in Late Oligocene-Early Miocene amber from Simojovel de Allende, Chiapas, Mexico: *American Journal Botany*. 94:1921-1827.
- Centro Estatal de Estudios Municipales (CEEM), 1988. Los municipios de Chiapas. Colección: Enciclopedia de los Municipios de México. Secretaría de Gobernación y gobierno del Estado de Chiapas, México.
- Cevallos-Ferriz S.R.S., González-Torres, E., Calvillo-Canadell, L., 2012. Perspectiva paleobotánica y geológica de la biodiversidad de México: *Acta Botánica Mexicana*, 100, 317-350.
- Cronquist, A., 1981. *An Integrated system of classification of flowering plants*, Columbia University Press, New York, USA. 1262 pp.
- Faden, R.B., 1998, Commelinaceae. En: Kubitzki (ed). *The families and Genera of Vascular Plants. Vol. IV. Flowering plants Monocotyledons.*, Springer, 11-18 pp.
- Flickriver viewer software, 2007-2013, disponible en: <<http://www.flickriver.com>>, consultado el 24 enero 2013.
- Friis, E.M., Raunsgaard-Pedersen, K., Von Balthazar M., Grimm G.W., Crane, P.R., 2009. *Monetianthus mirus* gen. et sp. nov., a Nymphaealean Flower from the Early Cretaceous of Portugal: *International Journal of Plant Sciences*, 170, 1086-1101.
- Frost, S.H., Langenheim, Jr. R.L., 1974, Cenozoic Reef Biofacies, Tertiary Larger Foraminifera and Scleractian Coral from Chiapas, México, Northern Illinois University Press, De Kalb, Illinois, E. U. A, 388 pp.
- Graham, A, 1999, *Studies in Neotropical Paleobotany. XIII. An Oligo-Miocene Palynoflora from Simojovel (Chiapas, Mexico): American Journal of Botany*, 86, 17-31.
- Grimaldi, D., 1996, *Amber; window to the past*. Harry N. Abrams, and American Museum of Natural History, Nueva York, Nueva York, USA, 216 pp.
- Haynes, R.R., Les, D.H., Holm-Nielsen, L.B, 1998, Alismataceae. En: Kubitzki (ed). *The families and Genera of Vascular Plants. Vol. IV Flowering plants Monocotyledons*, Springer, 11-18 pp.

- Hernández-Castillo, G.R., Cevallos-Ferriz, S.R.S., 1999, Reproductive and vegetative organs with to Haloragaceae from the Upper Cretaceous Huepac Chert locality of Sonora, Mexico: *American Journal Botany*, 86, 1717-1734.
- Judd, S. W, Campbell, C. S., Kellogg, E. A., Stevens, P. F., Donoghue, M. J., 1998, *Plant systematic*. 3ra. ed. Sinauer Associates, Massachusetts, E.U.A, 569 pp.
- Langenheim J., Hackner, B. L., Bartlett, A., 1967, Mangrove pollen at depositional site of Oligo-Miocene amber from Chiapas, México. *Botanical Museum Leaflets Harvard University*, 21, 289-324.
- Langenheim, J.H., 2003, *Plant Resin; Chemistry, Evolution, Ecology and Etnobotany*. Timber Press, EUA, 586 pp.
- Linneo. 1753. *Species Plantarum*. Ed.1.
- Martínez-Millán M., Crepet, W.L., Nixon, K.C., 2009, *Pentapetalum trifasciculandricus* gen. et sp. nov., a thealean fossil flower from the Raritan Formation, New Jersey, USA (Turonian, Late Cretaceous): *American Journal of Botany*, 96, 933-949.
- Milliken, W., Klitgård, B., Baracat, A., (eds). 2012. *Neotropikey - Interactive key and information resources for flowering plants of the Neotropics*, disponible en <[www.kew.org/neotropikey](http://www.kew.org/neotropikey)>, consultado el 5 de noviembre 2012.
- Miranda, F., 1963, Two plants from the amber of the Simojovel, Chiapas, Mexico, area: *Journal of Paleontology*, 36, 611-614.
- Miranda, F., 1975, *La Vegetación de Chiapas*. 1ra parte. 2a ed. Gobierno del Estado de Chiapas. Chiapas, México, 265 pp.
- Moreno, N.P., 1984, *Glosario Botánico Ilustrado*, Ed. Continental, México. 300 pp.
- Nixon, K., *Plant key: Families of Dicotyledons*, <[www.plantsystematics.org](http://www.plantsystematics.org)>, consultado: el 6 de noviembre 2012.
- Murguía, M., Villaseñor, J.L., 1993, "FAMEX: Clave para familias de plantas con flores (Magnoliophyta) de México. Asociación de Biólogos Amigos de la computación, A. C. México.
- Palacios-Chavez, R., Rzedowski, J., 1993, Estudio palinológico de las floras fósiles del Mioceno Inferior y principios del Mioceno Medio de la Región de Pichucalco, Chiapas, México: *Acta Botánica Mexicana*, 24, 1-96.
- Poinar, G., Jr., 1998., *Fossils explained 22: Palaeontology of amber*, *Geology Today*. 14: 154-160.
- Poinar, G., Jr., 2002, Fossil palm flowers in Dominican and Mexican amber. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 138:57-61.
- Poinar, G. Jr., Brown, A.E., 2002, *Hymenaea mexicana* sp. nov. (Leguminosae: Caesalpinioideae) from Mexican amber indicates Old World connections: *Botanical Journal of the Linnean Society*, 139, 125-132.
- Schmidt, A.R., Hentschel, J., Heinrichs, J., 2010, The fossil hornwort described from Dominican amber is an angiosperm flower: *Review of Paleobotany and Palynology*, 160, 209-211.
- Schönenberger, J., M. von Balthazar, T. Masamichi, X. Xianghui, P. R. Crane y P. S. Herendeen. 2012. *Glandulocalyx upatoiensis*, a fossil flower of Ericales (Actinidiaceae/Clethraceae) from the Late Cretaceous (Santonian) of Georgia, USA: *Annals of Botany*, 109, 921-936.
- Simpson, M.G., 2010, *Plant Systematic*. 2da ed, Elsevier Academic Press. E. U. A. 456 pp.
- Solórzano-Kraemer, M.M., 2007, *Systematic, paleoecology and paleobiogeography of the insect fauna from the Mexican amber: Paleontogr. Abt. A*. 282, 1-33.
- Solórzano-Kraemer, M. M., 2010. Mexican amber, En: Panney, D. (ed.), *Biodiversity of fossil in amber from the major world deposits*, 42-56 pp.
- South African National Biodiversity Institute, *Plantzafrica*, disponible en <<http://www.plantzafrica.com/>>, consultado el 24 de enero del 2013.
- Takahashi, M.E., Friis, M., Herendeen, P.S., Crane P.R., 2008a. Fossil flowers of Fagales from the Kamikitaba locality (Early Coniacian; Late Cretaceous) of Northeastern Japan: *International Journal of Plant Sciences*, 169, 899-907.
- Takahashi, M.E., Friis, M., Uesugi, K., Suzuki, Y., Crane, P.R., 2008b. Floral Evidence of Annonaceae from the Late Cretaceous of Japan. *International Journal of Plant Sciences*, 169, 908-917.
- Ueda, K-ichi , Loarie, S., 2013. *inaturalist.org*, actualizado 8 de marzo 2013, disponible en <<http://www.inaturalist.org>>, consultado 24 enero 2013.
- University British Columbia, Botanical Garden, actualizado 4 de febrero del 2013, disponible <<http://www.botanicalgarden.ubc.ca/>>, consultado 24 de enero 2013.
- University of Hawaii, Botany department (Vascular Plant Family Access Page), actualizado 22 enero 2006, disponible <<http://www.botany.hawaii.edu/>>. Consultado 24 de enero 2013.
- Vale, A., 2011, *Panoramio*, actualizado 1 de marzo de 2012, disponible <<http://www.panoramio.com/photo/47810321>>, consultado el 24 de enero del 2013.
- Von Riclef, J., 1984. *Lejeunea palaeomexicana* n. sp., das erste Moss aus Mexikanischem Bernstein (*Lejeunea palaeomexicana* n. sp.), the first Bryophyte from Mexican amber. *Stuttgarter Beiträge, Naturkunde* 108 (7 S), 1-7.
- Watson, L., Dallwitz, M.J., 1992, *The families of flowering plants: Descriptions, illustrations, identification, and information retrieval*, actualizado 19 de diciembre 2012, disponible en <<http://delta-intekey.com/angio>>, consultado 24 de enero 2013.