

El uso de fósiles para entender el origen y aspectos evolutivos de las orquídeas

IVÁN TAMAYO CEN

Unidad de Recursos Naturales
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
Calle 43 N° 130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo, 97205,
Mérida, Yucatán, México.
ivan_tamayo_07@hotmail.com

En sistemática la evidencia del registro fósil y molecular, permite estimar por medio de un método conocido como reloj molecular, las fechas en la que se originaron especies o linajes de organismos. Para la familia Orchidaceae, un grupo de investigadores han realizado estimaciones que sugieren su origen hace 112 millones de años en Australia. Por otra parte, a pesar de que algunos fósiles no fueron empleados en mencionado estudio, nos permiten comprender como ha sido la morfología y las interacciones biológicas de linajes ancestrales.

Palabras clave: Fósiles, orquídeas, reloj molecular.

Los fósiles son restos petrificados o indicios de las actividades de organismos (animales, plantas, bacterias, etc.) que vivieron a través de la historia de la Tierra (Pardo 1966). En su mayoría, los fósiles pertenecen a organismos extintos, sin embargo, existen casos particulares como el Celacanto (*Latimeria spp.*), un pez que se creía extinto desde finales del Cretácico (hace aproximadamente 65 millones de años) hasta que fue encontrado en las costas de Sudáfrica en 1938 (Amemiya *et al.* 2013). Actualmente se conocen varios individuos de Celacanto y son idénticos morfológicamente a todos sus fósiles. Aún se discute aspectos importantes sobre los procesos que han dirigido la evolución de estos peces (Amemiya *et al.* 2013).

Para las plantas existe un amplio registro fósil y algunos grupos taxonómicos se encuentran mejor representados que otros. Por

ejemplo, dos de las familias más diversas y que se distribuyen en casi todo el planeta son Fabaceae (leguminosas) con aproximadamente 19,000 especies (LPWG 2017) y Orchidaceae (orquídeas) con aproximadamente 25,000 (Chase *et al.* 2015, Givnish *et al.* 2015). Estas dos familias vegetales son muy representativas en muchos ecosistemas actuales y el registro de fósiles entre ambos varía en gran medida. Solo en Suramérica, 56 maderas fósiles han sido registradas como afines a las leguminosas (Pujana *et al.* 2011), por otra parte, a pesar de que Orchidaceae es más diversa que la anterior familia, solo cuenta con apenas nueve registros fósiles (Poinar y Rasmussen 2017). La principal razón de esta diferencia se debe a que la mayoría de las leguminosas poseen estructuras resistentes como sus maderas y frutos, los cuales son más propensos

a fosilizarse (Serrano-Brañas y Reyes-Luna 2014); en comparación con las estructuras frágiles de las orquídeas.

Referente a la familia Orchidaceae, muchos investigadores se han realizado una importante e interesante pregunta ¿Hace cuantos millones de años se originaron? Una forma de abordar esta cuestión es utilizando un método que emplea el registro fósil y la información molecular (ADN) de las especies actuales, para inferir el tiempo en que estas se originaron. Dicho método se le conoce como reloj molecular.

En sistemática, el reloj molecular ha sido ampliamente utilizado, ya que permite estimar el tiempo de divergencia (separación) entre las especies o entre linajes (familias, ordenes, tribus etc.) actuales a partir de su último ancestro en común, utilizando las distancias genéticas entre las entidades en cuestión y las tasas de sustitución molecular, las cuales son interpretadas en un árbol filogenético (para más información consultar Zuckerkandl y Pauling 1962, Kimura 1968, Magallón 2014). El registro fósil es el que proporciona la fecha con la que se calibra el árbol filogenético para posteriormente estimar los mencionados tiempos de divergencia (Figura 1).

Un grupo de investigadores emplearon el anterior método con ayuda de información de secuencias de ADN y 17 fósiles de distintos grupos de angiospermas, de los cuales dos corresponden directamente a Orchidaceae (para esta familia no todos los fósiles pueden ser empleados, más detalle abajo); logrando estimar que las orquídeas tienen un origen de aproximadamente 112 millones de años (Givnish *et al.* 2015, 2016). Además, después de obtener esta fecha, emplearon un método que estima el

área (en este caso continente) en el que probablemente se distribuía el último ancestro común de Orchidaceae. Esto ha permitido proponer al continente australiano como el lugar de origen; es decir, según estos resultados probablemente el origen de Orchidaceae pudo haber sido Australia hace 112 millones de años (Givnish *et al.* 2015, 2016). Entonces, si su origen fue australiano, ¿Cómo es que actualmente podemos encontrar orquídeas en casi todos los continentes con excepción de la Antártida? Los mismos investigadores sugieren que hace aproximadamente 90 millones de años, las placas tectónicas permitían que Australia se encontrara conectada con Suramérica vía Antártica (Givnish *et al.* 2016). Esta conexión terrestre permitió el paso de las orquídeas ancestrales a Suramérica. Aunado a lo anterior, la gran capacidad de dispersión a larga distancia que caracteriza a esta familia, contribuyó a la expansión de sus rangos de distribución hacia los demás continentes, generando múltiples eventos de especiación y que ahora se expresan en la gran diversidad de linajes reconocidos para Orchidaceae (Givnish *et al.* 2015, 2016).

Referente a los fósiles de orquídeas, es importante mencionar que no todos pueden ser utilizados para calibrar un árbol filogenético. Esto se debe a que la información morfológica que proporciona el fósil no es lo suficientemente clara para asignarle un parentesco preciso (posición en los árboles filogenéticos). Los fósiles que se han empleado en estimaciones del origen de Orchidaceae son: *Meliorchis caribea* (15–20 millones de años, Ramírez *et al.* 2007) (Figura 2A); *Dendrobium winikaphyllum* Conran, Bannister & Lee y *Earina fouldenensis* Conran, Bannister & Lee (23–20 y 40 millones

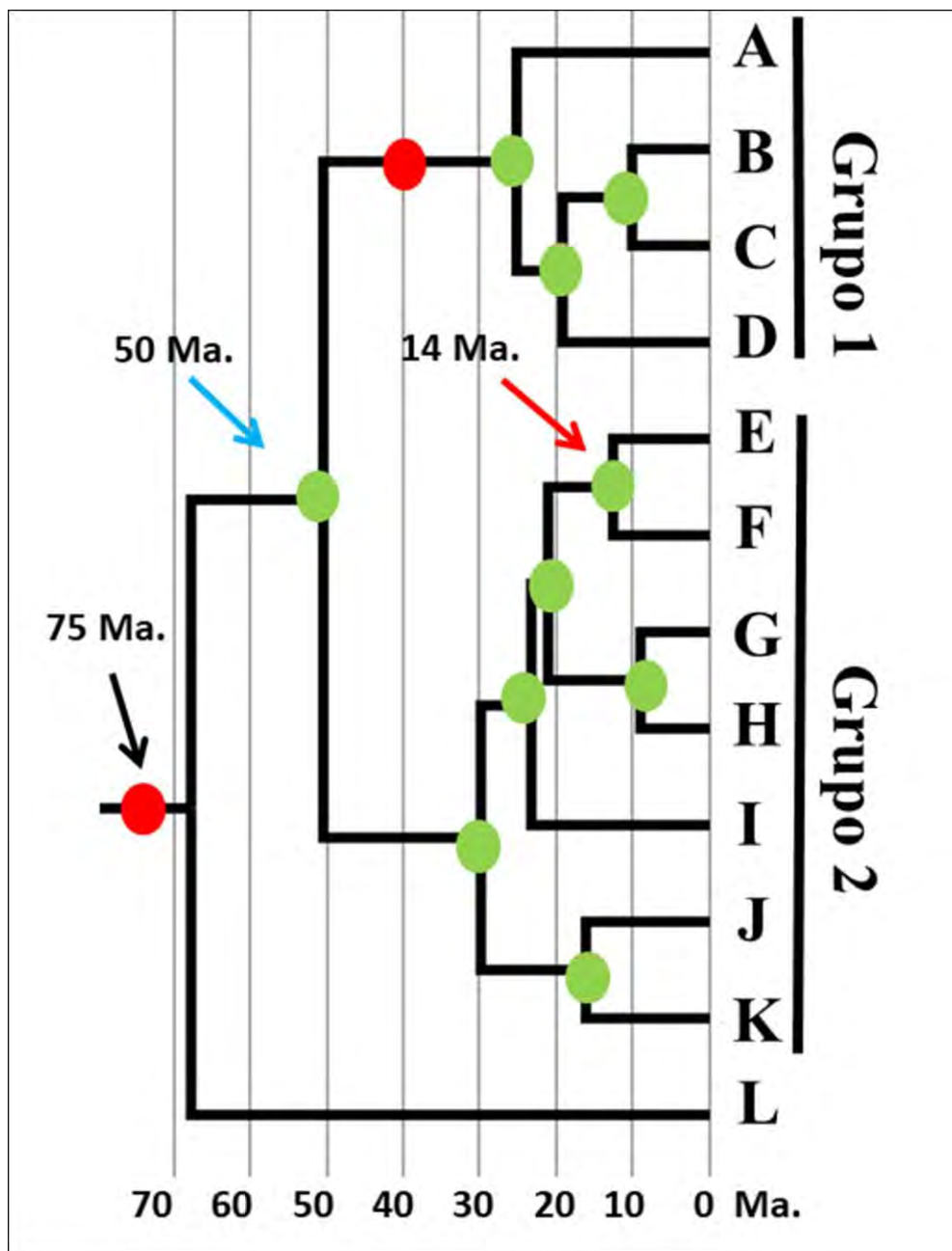


Figura 1. Árbol filogenético hipotético fechado en millones de años (Ma.), las letras (A-L) representan especies. Los puntos rojos indican los fósiles hipotéticos con los que se calibró el árbol, uno de ellos (flecha negra) indica una edad aproximada de 75 Ma. Los nodos (puntos verdes) indican el tiempo de separación de linajes. El nodo con la flecha azul de 50 Ma., corresponde al tiempo de divergencia entre los grupos de especies 1 (A, B, C y D) y 2 (E, F, G, H, I y J). El nodo con la flecha roja de 14 Ma., corresponde al tiempo de divergencia entre las especies E y F. (Imagen: Iván Tamayo).

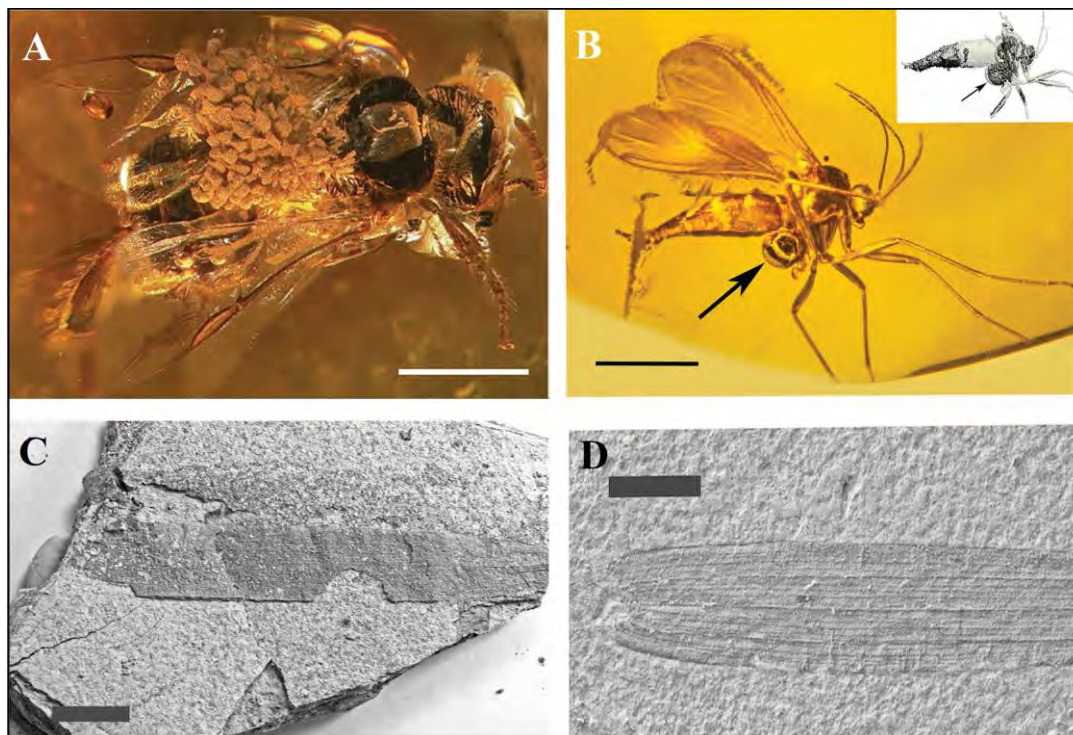


Figura 2. Fósiles de orquídeas. **A.** Polinario fósil de *Meliorchis caribea* colocado en la parte dorsal del tórax de su polinizador, la abeja *Proplebeia dominicana* preservado en ámbar. La barra de escala es de 50 μ m. **B.** Polinario fósil de *Succinanthera báltica* colocado en la base de la pata trasera de su polinizador, el díptero *Bradysia* sp., preservado en ámbar. La barra de escala es de 1.2 mm. y la flecha indica el polinario. **C.** Hoja fósil de *Earina fouldenensis*. La barra de la escala es de 10 mm. **D.** Hoja fósil de *Dendrobium winikaphyllum*. La barra de la escala es de 5 mm. (Imágenes: **A.** Tomada de Ramírez *et al.* 2007 **B.** Tomada de Poinar & Rasmussen 2017. **C-D.** Tomada de Conran *et al.* 2009).

de años, respectivamente; Conran *et al.* 2009) (Figura 2C-D).

Por otra parte, los fósiles de Orchidaceae que no han sido utilizados para estimar los tiempos de divergencia, proporcionan datos importantes sobre aspectos evolutivos de esta familia. Como ejemplo podemos citar el último registro (*Succinanthera báltica*, fosilizado en ámbar) y el más antiguo para la familia (Poinar & Rasmussen 2017) (Figura 2B); el cual está representado solo por un polinario (estructura que porta el polen) colocado en su polinizador (díptero:

Bradysia sp.). Este último registro nos aporta una idea de cómo pudo haber sido la morfología del polinario en las especies ancestrales de la subfamilia Epidendroideae (cinco subfamilias son reconocidas para Orchidaceae y esta es la más diversa, albergando aproximadamente el 80% de las especies actuales), así como una mejor comprensión de la evolución de sus síndromes de polinización. Entonces, este último fósil, indica que desde hace aproximadamente 50 millones de años las orquídeas ya habían evolucionado la polinización por dípteros y

esta interacción se ha registrado en una cantidad importante de orquídeas contemporáneas.

Por el momento, esto es lo que se ha deducido referente al origen de las orquídeas y algunos de sus aspectos evolutivos. Cabe mencionar que siempre existe la posibilidad de que en algún momento se encuentre otro fósil que cambie las estimaciones en la fecha del origen de esta particular familia o incluso que refuerce la anterior hipótesis.

Referencias

- Amemiya C.T., Alföldi J., Lee A.P., Fan S., Philippe H., MacCallum I.... y Organ C. 2013.** The African coelacanth genome provides insights into tetrapod evolution. *Nature* 496(7445): 311.
- The Legume Phylogeny Working Group (LPWG). 2017.** A new subfamily classification of the Leguminosae based on a taxonomically comprehensive phylogeny. *Taxon* 66(1): 44-77.
- Chase M.W., Cameron K.M., Freudenstein J.V., Pridgeon A.M., Salazar G., Van den Berg C. y Schuiteman A. 2015.** An updated classification of Orchidaceae. *Botanical journal of the Linnean Society* 177(2): 151-174.
- Conran J.G., Bannister J.M. y Lee D.E. 2009.** Earliest orchid macrofossils: early Miocene *Dendrobium* and *Earina* (Orchidaceae: Epidendroideae) from New Zealand. *American Journal of Botany* 96(2): 466-474.
- Givnish T.J., Spalink D., Ames M., Lyon S.P., Hunter S.J., Zuluaga A.... y Endara L. 2015.** Orchid phylogenomics and multiple drivers of their extraordinary
- ry diversification. *Proceedings of the Royal Society B* 282(1814): 20151553.
- Givnish T.J., Spalink D., Ames M., Lyon S.P., Hunter S.J., Zuluaga A.... y Arroyo M.T. 2016.** Orchid historical biogeography, diversification, Antarctica and the paradox of orchid dispersal. *Journal of biogeography* 43(10): 1905-1916.
- Kimura M. 1968.** Evolutionary Rate at the Molecular Level. *Nature* 217: 624-626.
- Magallón S. 2014.** A review of the effect of relaxed clock method, long branches, genes, and calibrations in the estimation of angiosperm age. *Botanical Sciences* 92(1): 1-22.
- Pardo A. 1996.** Fósiles y fosilización: procesos y resultados de la larga historia subterránea. *Boletín SEA-Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza* (16): 31-42.
- Poinar G. y Rasmussen F.N. 2017.** Orchids from the past, with a new species in Baltic amber. *Botanical Journal of the Linnean Society* 183(3): 327-333.
- Pujana R.R., Martínez L.C. y Brea M. 2011.** El registro de maderas fósiles de Leguminosae de Sudamérica. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 13(2): 183-194.
- Ramírez S.R., Gravendeel B., Singer R.B., Marshall C.R. y Pierce N.E. 2007.** Dating the origin of the Orchidaceae from a fossil orchid with its pollinator. *Nature* 448(7157): 1042.
- Serrano-Brañas C.I. y Reyes-Luna P.C. 2014.** Paleobotánica forense: Una aproximación a la taxonomía de plantas. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* 66(1): 25-39.
- Zuckerkindl E. y Pauling L. 1965.** Evolu-

tionary divergence and convergence in proteins. En: Bryson V. y Vogel H.J. Eds.

Evolving Genes and Proteins, pp. 97-166. Academic Press, New York.

Desde el Herbario CICY, 10: 257–262 (08-Noviembre-2018), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano y Lilia Lorena Can Itzá. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 23 de noviembre de 2017. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.