

POLEN FÓSIL DE ONAGRACEAE (*Corsinipollenites* y *Corsinipollis*) RECUPERADO DE PALEOCUENCAS CENOZOICAS EN PUEBLA Y BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO

E. Ramírez-Arriaga ^{a*}, M. Reyes-Salas ^b, Enrique Martínez-Hernández ^a and S. Ángeles-García ^c

^aLaboratorio de Palinología, Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) Ciudad Universitaria 04510, México, Distrito Federal. PAPIIT-105411. DGAPA.

^bInstituto de Geología, Departamento de Geoquímica, UNAM, México, D. F.

^cInstituto de Geología, Departamento de Geología Regional, UNAM, México, D. F.

*Corresponding author, E-mails: elia@unam.mx; eliamirezarriaga@gmail.com, teléfono +55 56224280 ext. 191

Recibido: Septiembre 2013. Aprobado: Abril 2014.

Publicado: Mayo 2014.

RESUMEN

Los estudios paleopalínológicos son importantes porque ayudan a entender la historia evolutiva de los grupos de plantas. La familia Onagraceae es monofilética, su distribución es cosmopolita, sin embargo, la mayoría de las especies están concentradas en el continente Americano. Los granos de polen de las Onagraceae son muy distintivos y pueden ser reconocidos fácilmente en el registro fósil.

El presente trabajo constituye el primer estudio morfológico comparativo de Onagraceae fósiles (*Corsinipollenites* y *Corsinipollis*) recuperados de paleocuencas Cenozoicas en los estados de Puebla y Baja California Sur, México, el cual complementará los hallazgos para este grupo de plantas en la parte más sureña de Norteamérica, contribuyendo a su historia. El presente trabajo da información sobre la diversidad de Onagraceae en el registro fósil, en cuencas continentales y marinas de edad Paleógeno-Neógeno de México. Además, con base en la morfología polínica de *Corsinipollenites*, se proponen, las afinidades botánicas con los taxa actuales *Clarkia*, *Epilobium*, *Hauya* y *Ludwigia*. Adicionalmente, el taxón *Corsinipollis* se relaciona con el género actual *Ludwigia*. Por último, los taxa que presentaron poros ligeramente aspidados relacionados con los géneros *Hauya* y *Ludwigia*, son considerados plesiomórficos, mientras que los taxa con poros aspidados son derivados, emparentados con los géneros *Epilobium* y *Clarkia*.

Palabras claves: polen fósil, Onagraceae, *Corsinipollenites*, *Corsinipollis*, cuencas Cenozoicas.

ONAGRACEAE (*Corsinipollis* and *Corsinipollenites*) FOSSIL POLLEN RECOVERED FROM CENOZOIC PALEOBASINS IN PUEBLA AND BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO

ABSTRACT

Paleopalynological studies give information about the evolution of different plant group. Onagraceae is monophyletic and cosmopolitan. Nevertheless, most species are distributed in the American continent. Onagraceae pollen grains are very distinctive, and they could be easily recognized in fossil assemblages from Mexican Cenozoic basins.

This is the first comparative morphologic study of the Onagraceae pollen grains recovered from Cenozoic paleobasins of Puebla and Baja California Sur States; it will complement the knowledge of fossil records in the southernmost of North America, contributing to its history. The present work gives information about the pollen diversity of Onagraceae in Mexican Paleogene/Neogene continental and marine basins. Moreover, based in palynological morphology of *Corsinipollenites*, botanic affinities with modern taxa such as *Clarkia*, *Epilobium*, *Hauya* and *Ludwigia* are proposed. In addition, *Corsinipollis* taxon is related to *Ludwigia*. Finally, taxa with pores slightly aspidates, related to *Hauya* and *Ludwigia* are plesiomorphic. Meanwhile, taxa with pores aspidates related to *Epilobium* and *Clarkia* are apomorphic.

Keywords: pollen fossil, Onagraceae, *Corsinipollenites*, *Corsinipollis*, Cenozoic basins.

INTRODUCCIÓN

Los estudios paleopalínológicos son importantes porque ayudan a entender la historia de los grupos de plantas

como las angiospermas, considerado el más exitoso. En este sentido, los palinomorfos recuperados de distintas

paleocuecas no sólo dan información sobre el tiempo geológico en el que surgieron las familias botánicas, sino también puede analizarse cuando ocurrió la diversificación de los géneros, trazando su historia evolutiva, la cual es importante en estudios filogenéticos.

La familia Onagraceae es monofilética, en el 2008 se tenían registrados 22 géneros y 656 especies a nivel mundial [16]. Aún cuando, “the plant list” reporta 43 géneros y 720 especies aceptadas [32], un estudio que incorpora análisis morfológico así como molecular sigue considerando 22 géneros para la familia Onagraceae [36]. Su distribución es cosmopolita, sin embargo, la mayoría de las especies están concentradas en el continente Americano, viviendo en climas, templados, subtropicales, hasta semiáridos [16]. Los granos de polen de las Onagraceae son muy distintivos morfológicamente y pueden ser reconocidos fácilmente en los conjuntos palinológicos fósiles.

Estudios sobre morfología polínica de la familia Onagraceae en México se han realizado en el estado de Guerrero, describiéndose 8 especies de *Fuchsia*, así como *Hauya barcenae* y *Oenotera rosea* [34], adicionalmente se ha publicado un trabajo muy específico sobre *Lopezia longiflora* [4]. Sin embargo, descripciones de la morfología polínica en Onagraceae fósiles en México no se tienen registradas hasta el momento.

En contraste, en Europa, Norteamérica y Asia se han realizado números trabajos descriptivos de diversos taxa de Onagraceae modernos empleando microscopio de luz, microscopios electrónicos de barrido y de transmisión [3, 17, 21, 24, 31], así como del polen fósil en esta familia de plantas en China [10].

Por otro lado, existen trabajos moleculares valiosos que analizan las relaciones filogenéticas entre los géneros de la familia [7, 15].

El presente trabajo constituye el primer estudio morfológico comparativo de polen de Onagraceae fósiles recuperados de paleocuecas Paleógenas y Neógenas de Puebla, y Baja California Sur, México, el cual

complementará los hallazgos para este grupo de plantas en la parte más sureña de Norteamérica, contribuyendo a su historia, adicionalmente se proponen afinidades botánicas con géneros actuales, y se analizan los tipos de poros.

Marco Geológico

La *Formación Cuayuca* se encuentra al suroeste del estado de Puebla, en los límites con el estado de Morelos (Fig. 1), la edad estimada para esta formación es Eoceno superior – Oligoceno inferior [26, 27, 28, 29]. Fries [8] la subdividió en tres miembros, los miembros Mcc y Mc están caracterizados por limolitas, pedernales y margas, mientras que el miembro Mcy está dominado por yesos con diferente grado de pureza.



Fig. 1. Ubicación de las Formaciones Cenozoicas estudiadas en los estados de Puebla y Baja California Sur.

Cerca del poblado Tepexi de Rodríguez, en el estado de Puebla (Fig. 1), se ubica la *Formación Pie de Vaca*. Litológicamente está caracterizada por lutitas, limolitas y areniscas volcanoclásticas. La edad de la Formación Pie de Vaca es Eoceno superior – Oligoceno inferior [19].

En el valle de Tehuacán –Cuicatlán se localiza la *Formación Tehuacán* (Fig. 1), en el sureste del estado de Puebla, cuya edad fluctúa del Oligoceno superior al Mioceno medio. La parte inferior está caracterizada por limolitas, areniscas y lodolitas, mientras que en la parte superior se presenta dominancia de yesos [30].

Finalmente, en el estado de Baja California Sur se encuentra la *Formación San Gregorio* (Fig. 1), la cual ha sido considerada Oligoceno superior - Mioceno inferior [1, 9, 11, 12], se trata de secuencias de rocas limolitas lutitas, con intercalaciones de areniscas fosfatadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de roca provenientes de la Formación Pie de Vaca (Tepexi de Rodríguez, Puebla), Formación Cuayuca (Cuayuca, Puebla), Formación Tehuacán (Tehuacán, Puebla) y Formación San Gregorio, Baja California Sur, fueron tratadas por métodos químicos convencionales para extraer los palinomorfos de rocas sedimentarias [33]. Las laminillas permanentes incluidas en hidroxiacetil-celulosa y empleando como medio de montaje bálsamo de Canadá se encuentran resguardadas en el Laboratorio de Paleopalínología del Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Los granos de polen fueron analizados con detalle bajo el microscopio óptico Zeiss Axiolab con objetivo de 100X, empleando contraste de fases y campo claro, los granos de polen se fotografiaron por medio del programa AxioVision. Dichas muestras fueron luego comparados con géneros empleando literatura especializada.

La terminología empleada para la descripción de los granos de polen está basada en Punt *et al.* [25]. Las medidas que se incluyen en las descripciones son a) la base del áspide, que corresponde a la parte más ancha incluyendo el grosor de la exina, diferenciada del resto de la pared por el evidente engrosamiento de la nexina; b) altura de la áspide, se refiere a la longitud registrada de la base a la cima en la parte media de la áspide, c) el grosor máximo de la exina siempre se midió a nivel del poro en la zona de la costae, y d) la parte externa del poro que corresponde a la abertura semicircular o elíptica situada en la parte apical de la áspide.

RESULTADOS

A continuación se presentan las descripciones detalladas de nueve tipos morfológicos diferentes de *Corsinipollenites* y dos taxa del género *Corsinipollis* recuperadas de paleocuevas Cenozoicas del centro de México, los cuales se presentan en nomenclatura abierta. Asimismo se muestran las fotografías en microscopio óptico con luz normal y contraste de fases.

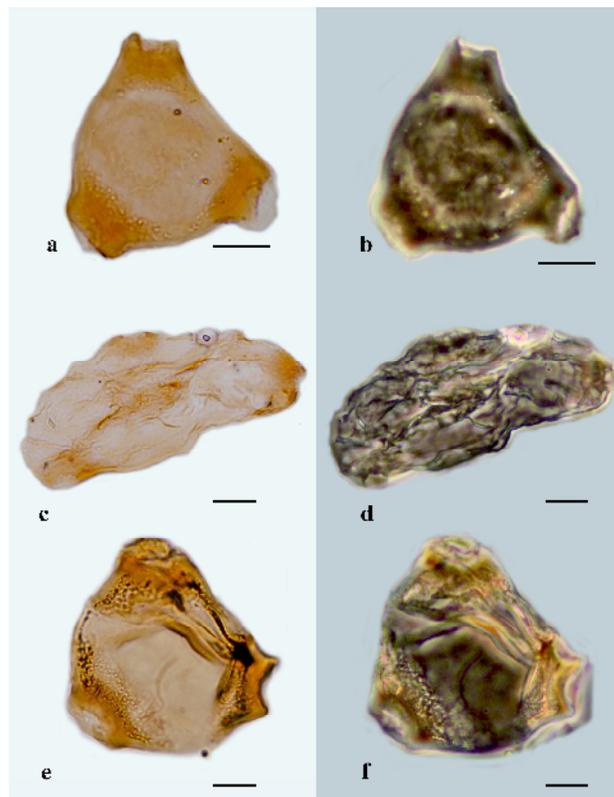


Fig. 2. Granos de polen de Onagraceae recuperados de la Formación Cuayuca: a-b) *Corsinipollenites* sp.1, c-d) *Corsinipollenites* sp.2; e-f) *Corsinipollenites* sp. 3. Todas las escalas representan 10 μ m. Fotos con luz normal: 1,3,5; contraste de fases:2,4,6.

Género *Corsinipollenites* Nakoman 1965

Corsinipollenites sp.1

Fig. 2, a-b

Material: Pb-9334(1): EF G33/3

Descripción: Mónade, subisopolar, radiosimétrico. Triporado, poros aspídados, con costae llegando hasta la parte superior de la áspide y estructura granular a nivel del poro. Base de la áspide de 15-17.5 μ m, altura de 8-10 μ m y poro externo de 5.5 μ m. Exina tectada, escabrada,

de 1µm de grosor. Contorno polar triangular. Presenta finos hilos de viscina en uno de los polos.

Dimensiones: E.E. = 31.8µm (24 – 38.4µm), basado en cuatro especímenes.

Registros en las paleocuecas estudiadas: Formación Cuayuca, Puebla.

Afinidad botánica: aff. *Fuchsia* [21].

Corsinipollenites sp.2

Fig. 2, c-d

Material: Pb-9334(4): EF T35/3

Descripción: Mónade, subisopolar, radiosimétrico. Triporado. Poros ligeramente aspidados con costae y estructura granular a nivel del poro. Base de la áspide de 15 µm y 4.6 µm de altura. Exina tectada, escabrada, de 0.8µm de grosor. Contorno polar triangular.

Dimensiones: E.E.= 32.8µm x 71.2µm, único espécimen.

Registros en las paleocuecas estudiadas: Formación Cuayuca, Puebla.

Afinidad botánica: aff. *Hauya barcena* [3].

Corsinipollenites sp.3

Fig. 2, e-f

Material: Pb-9334(4): EF R36/1

Descripción: Mónade, subisopolar, radiosimétrico. Triporado. Poros aspidados, áspide de 4.8µm de alto por 8µm de base. Exina tectada, aparentemente psilada en microscopio óptico, de 0.8-1µm de grosor. Contorno polar triangular redondeado. Se observaron finos hilos de viscina en el área polar.

Dimensiones: E.E.= 44.2µm (41 - 50µm): basado en tres especímenes.

Registros en las paleocuecas estudiadas: Formación Cuayuca, Puebla.

Afinidad botánica: aff. *Epilobium* [10, 24].

Corsinipollenites sp. 4

Fig. 3, a-b, g

Material: Pb-5188-2: S28/3; Pb-3713-4: Y32/2

Descripción: Mónade, isopolar, radiosimétrico. Triporado, tetraporado, poros aspidados. Base del áspide 14-21 µm por 7.4 µm de alto y poro externo de 4.5-7 µm, en el área del poro se observa estructura granular. Exina tectada, escabrada, de 2- 3µm de grosor, en los poros la exina llega a tener un engrosamiento hasta de 4.5 µm. Contorno polar triangular en granos triporados y cuadrangular en tetraporados.

Dimensiones: E.E. = 38 µm (36-41) µm: basado en dos especímenes.

Registros en las paleocuecas estudiadas: Formación Pie de Vaca, Puebla.

Afinidad botánica: aff. *Fuchsia* [21].

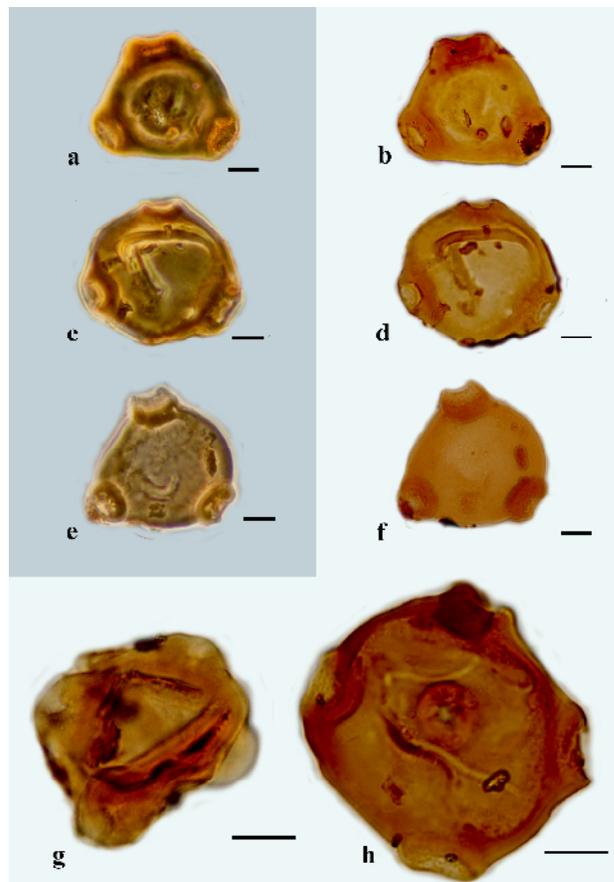


Fig. 3. Granos de polen de Onagraceae recuperados de la Formación Pie de Vaca: **a-b, g**) *Corsinipollenites* sp.4, **c-d, h**) *Corsinipollenites* sp. 5, **e-f**) *Corsinipollis* sp. 1. Todas las escalas representan 10 µm. Fotos con luz normal: 2,4,6,7,8; contraste de fases:1,3,5.

Corsinipollenites sp. 5**Fig. 3, c-d, h****Material:** Pb-5188-2: F21/3; F23/3

Descripción: Mónade, isopolar, radiosimétrico. Triporado, tetraporado, pentaporado, poros aspidados, con vestíbulo. Base del poro 16-19 μm por 5-6 μm de alto y poro externo de 6-6.5 μm , en el área del poro se observa estructura granular. Exina tectada, escabrada, de 2 μm de grosor, en los poros la exina llega a tener un engrosamiento hasta de 4 μm . Contorno polar triangular redondeado en granos triporados y cuadrangular en tetraporados y pentaporados.

Dimensiones: E.E. = 48 μm (46-50) μm : basado en dos especímenes.

Registros en las paleocuecas estudiadas: Formación Pie de Vaca, Puebla.

Afinidad botánica: aff. *Hauya* [3].

Corsinipollenites sp. 6**Fig. 4, a-b****Material:** Pb-9807-4: 83.5/6; 85.5/23.5; 117.7/21.5, Pb-9807-1: 119.8/16.3

Descripción: Mónade, isopolar, radiosimétrico. Triporado, rara vez tetraporado. Poros aspidados, con vestíbulo. Base del poro 15-16 μm por 5 μm de alto y poro externo de 7-8 μm , en el área del poro se observa estructura granular. Exina tectada, escabrada, de 2 μm de grosor, en los poros la exina llega a tener un engrosamiento hasta de 4 μm . Contorno polar triangular en granos triporados y contorno cuadrangular en granos tetraporados.

Dimensiones: E.E. = 38.6 μm (34-41) μm : basado en cuatro especímenes.

Registros en las paleocuecas estudiadas: Formación Tehuacán, Puebla.

Afinidad botánica: aff. *Fuchsia* [21].

Corsinipollenites sp. 7**Fig. 4, c-d****Material:** Pb-9807-4: 96.5/15; 84.2/12.3

Descripción: Mónade, isopolar, radiosimétrico. Triporado, poros aspidados, con vestíbulo. Base del poro 12-13 μm por 5 μm de alto y poro externo de 5-7 μm , en el área del poro se observa estructura granular. Exina tectada, escabrada, de 2 μm de grosor, en los poros la exina llega a tener un engrosamiento hasta de 3 μm . Contorno polar triangular.

Dimensiones: E.E. = 27.5 μm (26-29) μm : basado en dos especímenes.

Registros en las paleocuecas estudiadas: Formación Tehuacán, Puebla.

Afinidad botánica: aff. *Ludwigia palustris* [3].

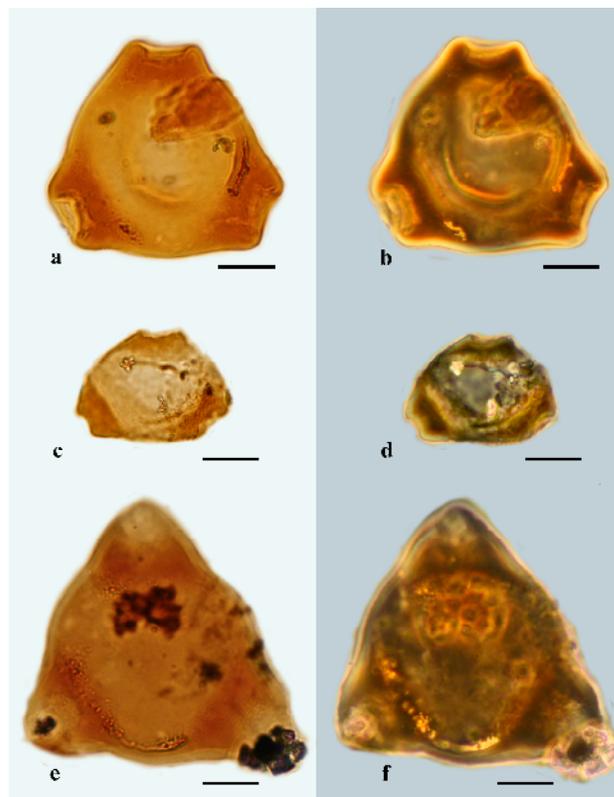


Fig. 4. Granos de polen de Onagraceae recuperados de la Formación Tehuacán: **a-b)** *Corsinipollenites* sp.6, **c-d)** *Corsinipollenites* sp. 7, **e-f)** *Corsinipollenites* sp. 8. Todas las escalas representan 10 μm . Fotos con luz normal: 1,3,5; contraste de fases:2,4,6.

Corsinipollenites sp. 8

Fig. 4, e-f

Material: Pb-9807-4: 99.6/19.4

Descripción: Mónade, isopolar, radiosimétrico. Triporado, poros aspidados, con vestíbulo. Base del poro 19 μm por 12-13 μm de alto y poro externo de 6 μm , en el área del poro se observa estructura granular. Exina tectada, escabrada, de 2 μm de grosor, en los poros la exina llega a tener un engrosamiento hasta de 6 μm . Contorno polar triangular.

Dimensiones: E.E. = 46 μm : basado en un espécimen.

Registros en las paleocuecas estudiadas: Formación Tehuacán, Puebla.

Afinidad botánica: aff. *Epilobium* [22, 24].

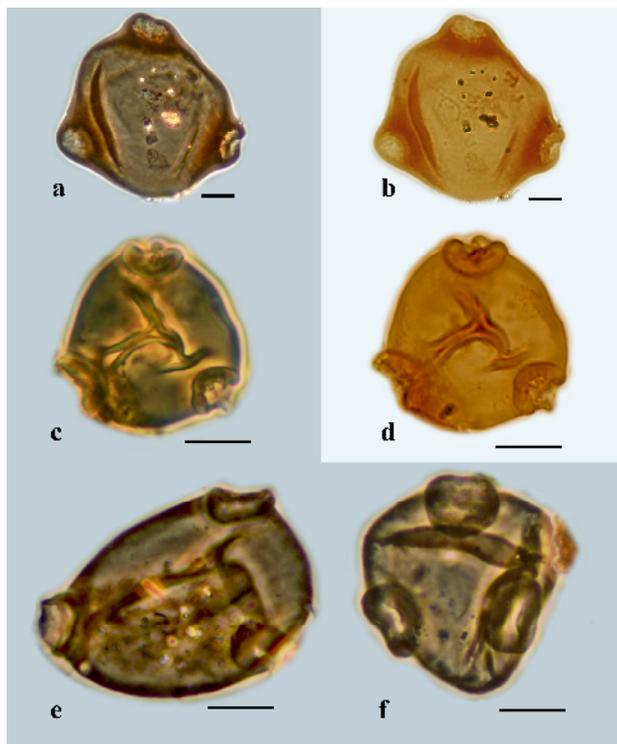


Fig. 5. Granos de polen de Onagraceae recuperados de la Formación San Gregorio: **a-b)** *Corsinipollenites* sp.9, **c-f)** *Corsinipollis* sp. 2. Todas las escalas representan 10 μm . Fotos con luz normal: 2,4; contraste de fases:1,3,5,6.

Corsinipollenites sp. 9

Fig. 5, a-b

Material: Pb-6121-2(A)

Descripción: Mónade, isopolar, radiosimétrico. Triporado, poros aspidados, con vestíbulo. Base del poro 26 μm por 13 μm de alto y poro externo de 6 μm , en el área del poro se observa estructura granular. Exina tectada, escabrada, de 2 μm de grosor, en los poros la exina llega a tener un engrosamiento hasta de 5 μm . Contorno polar triangular redondeado.

Dimensiones: E.E. = 58.5 μm : basado en un espécimen.

Registros en las paleocuecas estudiadas: Formación San Gregorio, Baja California Sur.

Afinidad botánica: aff. *Epilobium* [22, 24].

Género *Corsinipollis* Nakoman 1965*Corsinipollis* sp.1

Fig. 3, e-f

Material: Pb-5188-2: W20/1; J21/3; G21/2; F21/1;D21/2

Descripción: Mónade, isopolar, radiosimétrico. Triporado, ocasionalmente tetraporado. Poros rodeados por un labrum en forma de “rosquilla”, con estructura granular. Exina tectada, escabrada, de 1 μm de grosor. Contorno polar triangular redondeado en granos tricolpados y contorno cuadrangular en granos tetraporados. Se observaron finos hilos de viscina en el área polar.

Dimensiones: E.E. = 46.8 μm (43-50 μm): basado en cinco especímenes.

Registros en las paleocuecas estudiadas: Formación Formación Pie de Vaca, Puebla.

Afinidad botánica: aff. *Ludwigia* [10].

Corsinipollis sp.2**Fig. 5, c-f**

Material: Pb-6121(2)A: 90/22.3; Pb-6128 (4)A: 91.5/7.1; Pb-6155 (1)A: 86.4/13.3; Pb-6160(5)A: 91.3/6, 92.1/25; Pb-6186-10:79.8/5.8

Descripción: Mónade, isopolar, radiosimétrico. Triporado, ocasionalmente tetraporado. Poros rodeados por un labrum en forma de “rosquilla”, con estructura granular. Exina tectada, escabrada, de 1µm de grosor. Contorno polar triangular redondeado en granos tricolpados y contorno cuadrangular en granos tetraporados. Se observaron finos hilos de viscina en el área polar.

Dimensiones: E.E. = 41.4 (30-50 µm): basado en seis especímenes.

Registros en las paleocuecas estudiadas: Formación San Gregorio, Baja California Sur.

Afinidad botánica: aff. *Ludwigia* [10].

Tabla 1. Relación de polen fósil de Onagraceae recuperado de diferentes paleocuecas y su afinidad botánica.

TAXA FÓSIL	AFINIDAD BOTÁNICA	REGISTRO FÓSIL
<i>Corsinipollenites</i> sp.1	aff. <i>Fuchsia</i>	Formación Cuayuca
<i>Corsinipollenites</i> sp.2	aff. <i>Hauya barcena</i> .	Formación Cuayuca
<i>Corsinipollenites</i> sp.3	aff. <i>Epilobium</i>	Formación Cuayuca
<i>Corsinipollenites</i> sp. 4	aff. <i>Fuchsia</i>	Formación Pie de Vaca
<i>Corsinipollenites</i> sp. 5	aff. <i>Hauya</i>	Formación Pie de Vaca
<i>Corsinipollenites</i> sp. 6	aff. <i>Fuchsia</i>	Formación Tehuacán
<i>Corsinipollenites</i> sp. 7	aff. <i>Ludwigia palustris</i>	Formación Tehuacán
<i>Corsinipollenites</i> sp. 8	aff. <i>Epilobium</i>	Formación Tehuacán
<i>Corsinipollenites</i> sp. 9	aff. <i>Epilobium</i>	Formación San Gregorio
<i>Corsinipollis</i> sp.1	aff. <i>Ludwigia</i>	Formación Pie de Vaca
<i>Corsinipollis</i> sp.2	aff. <i>Ludwigia</i>	Formación San Gregorio

DISCUSIONES

Considerando los registros obtenidos de las diferentes paleocuecas del centro-sur de México y Baja California Sur, las nueve especies de *Corsinipollenites* pudieron ser asignadas a cuatro géneros de Onagraceae actuales:

Epilobium, *Fuchsia*, *Hauya* y *Ludwigia*. Asimismo, las dos especies de *Corsinipollis* se relacionaron botánicamente con el género actual *Ludwigia* (Tabla 1). Es importante destacar, que dichas asignaciones se realizaron mediante las comparaciones morfológicas de los granos de polen estudiados (características del poro y tamaño) con taxa de Onagraceae reportados en la literatura especializada [3, 10, 21, 22, 24].

En México, se tienen reportados 17 géneros de Onagraceae [35], es importante señalar, que todos los géneros de las asignaciones botánicas se encuentran actualmente en la República Mexicana, destacando en la cuenca del Balsas (donde se ubican las Formaciones Pie de Vaca y Cuayuca) los géneros *Epilobium*, *Fuchsia*, *Hauya* y *Ludwigia* [6].

Debido a que los taxa de Onagraceae fósiles presentan diferentes tipos de aberturas poradas protrudentes ó con áspides, se clasificaron de manera general en **A)** poros anulados ligeramente aspidados (Figura 6 a-b), **B)** poros ligeramente aspidados con labrum en forma de “rosquilla” (Figura 6c); **C)** poros aspidados de forma trapezoidal, la costae irregular llega hasta la parte superior de la áspide (Figura 6d-h), **D)** poros aspidados con costae llegando a la mitad de la áspide (Figura 6i) y **E)** poros muy aspidados con costae que alcanza casi la cima de la áspide (Figura 6j).

Los taxa con poros ligeramente aspidados de los géneros *Ludwigia*, *Hauya* son los más plesiomórficos de acuerdo a las relaciones filogenéticas moleculares en la familia Onagraceae. Le sigue el género *Fuchsia* el cual presenta poros aspidados de forma trapezoidal. Mientras que el género *Epilobium*, con poros aspidados es apomórfico [7].

Considerando un estudio actual en donde se incorporan datos morfológicos y moleculares [36], los taxa fósiles encontrados hasta ahora en paleocuecas continentales del centro de México (Formaciones Pie de Vaca, Cuayuca y Tehuacán), así como en la paleocueca marina (Formación San Gregorio) estudiada en Baja

California Sur se encuentran asignados a la subfamilia Ludwigioideae (*Ludwigia*) y Onagroideae, en esta última solo se tienen representadas las tribus Hauyeae (*Hauya*); Circaeae (*Fuchsia*) y Epilobieae (*Epilobium*).

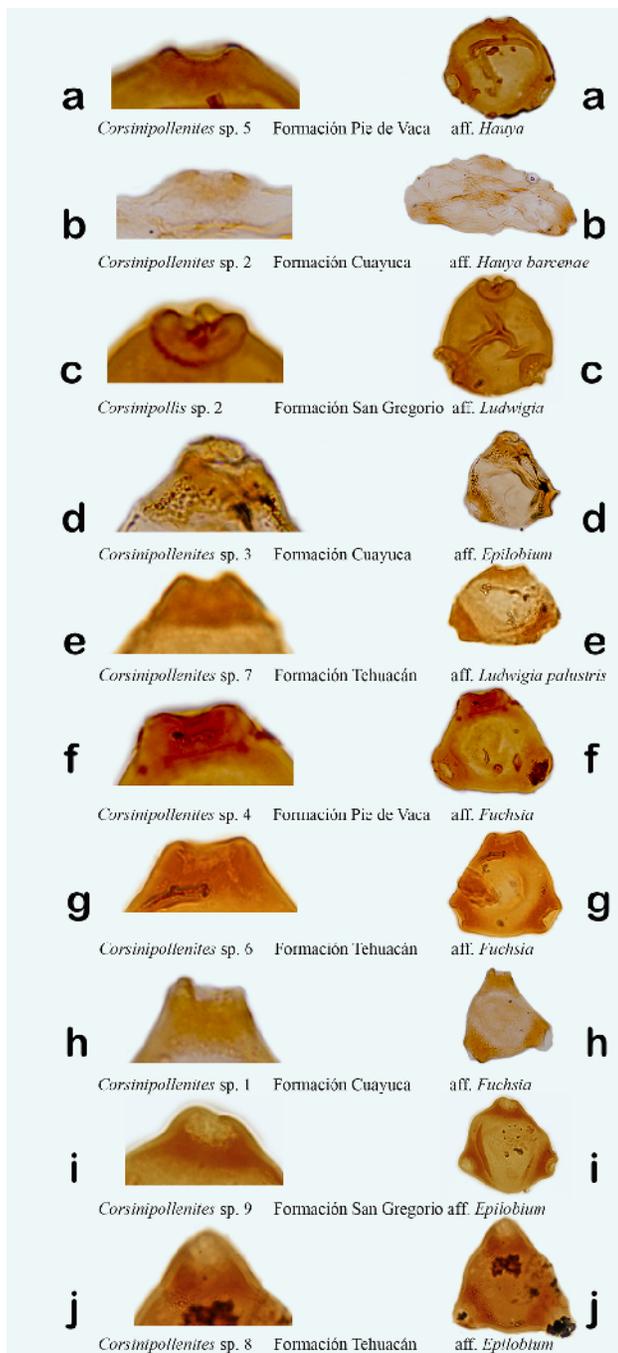


Fig. 6. Tipos de poros en Onagraceae fósiles recuperados de formaciones Cenozoicas en Puebla y Baja California Sur, México.

Además, algunos taxa fósiles de *Corsinipollenites* y *Corsinipollis* llegaron a presentar hilos de viscina solo en un polo. En este sentido, se tiene bien documentado que cuando se presentan hilos de viscina, éstos se ubican en la cara proximal, por lo que se reportan como granos subsopulares [24].

Con relación a la ornamentación, en el microscopio óptico, empleando luz normal y contraste de fases, los granos de polen se ven ligeramente escabrados en todos los taxa de *Corsinipollenites* y *Corsinipollis*. Sin embargo, estudios realizados con microscopía de barrido han revelado en *Fuchsia* elementos esculturales globosos (nanoverrugas) fuertemente empaquetados, mientras que en otros se observan estructuras alargadas mostrando una ornamentación rugulada [5, 21, 24]. Por otro lado, a nivel de los poros aspidados, se llega a observar ligeramente estructura granular con microscopía óptica empleando luz normal y contraste de fases. Estudios realizados con microscopía electrónica de transmisión muestran la estructura esponjosa de la ectexina y a nivel de los poros, la endexina se ensancha notablemente de forma irregular y llegan a presentarse perforaciones, lo cual se ha reportado como endexina tipo “panal” [5, 21, 24], probablemente estas irregularidades de la nexina es lo que se aprecia granular a nivel del poro en microscopio óptico.

Por otro lado, con respecto a la cantidad de granos de polen de Onagraceae en el registro fósil estudiado de las Formaciones Cenozoicas de los estados de Puebla y Baja California Sur, éstos son muy escasos, llegando a presentarse con porcentajes menores al 1%.

Otros registros que se tienen de Onagraceae fósiles en México corresponden al Eoceno del noreste de México [18] y en el Oligoceno-Mioceno de Chiapas [2]. En Norteamérica se cuenta con registros del Eoceno inferior y medio en Florida [14]. En Europa, se cuenta con registros del Oligoceno [37]. Mientras que en Sudamérica se tienen reportes del Paleoceno de Colombia [13], y en el Paleoceno de Venezuela [23].

CONCLUSIONES

El presente trabajo constituye el primer estudio morfológico comparativo de polen de Onagraceae recuperado de cuencas Cenozoicas del centro de México y de Baja California Sur. En el registro fósil de cuencas Paleógenas y Neógenas se recuperaron nueve tipos morfológicos diferentes de polen del género *Corsinipollenites* y dos tipos morfológicos de *Corsinipollis*, las cuales se presentan en nomenclatura abierta y se caracterizan por un engrosamiento nexinal irregular (costae) a nivel del poro y variaciones interespecíficas a nivel de las aberturas. La mayoría resultaron ser triporados, sin embargo también se observaron taxa tetraporados y pentaporados. Algunos especímenes conservan finos hilos de viscina en uno de los polos. Los tipos morfológicos de *Corsinipollenites* se relacionaron con los géneros *Epilobium*, *Fuchsia*, *Hauya* y *Ludwigia palustris*, los cuales actualmente se encuentran en el centro de México. Por otro lado, se registraron dos tipos de *Corsinipollis* comúnmente triporados y ocasionalmente tetraporados. Se pudo observar con detalle la membrana que rodea al poro en dos especímenes, la cual en la mayoría de los granos de polen se encontró invaginada. El género *Corsinipollis* se relaciona con el género actual *Ludwigia*

En general, *Corsinipollenites* fue el género más común en las paleocuenas estudiadas del centro de México, con edades que fluctuaron del Eoceno superior al Mioceno medio. *Corsinipollis* se registró del Eoceno superior al Mioceno inferior, sin embargo en el Mioceno medio no fue observado en la Formación Tehuacán del centro de México.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte del proyecto DGAPA-Universidad Nacional Autónoma de México PAPIIT-105411. DGAPA-Universidad Nacional Autónoma de México. Los autores agradecen a Magdalena Alcayde Orraca por la revisión y corrección del texto.

REFERENCIAS

- [1] Applegate, S.P., (1986) "The El Cien Formation, strata of Oligocene and early Miocene age in Baja California Sur" Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, Revista, 6: 145-162.
- [2] Biaggi, R.E., (1978) "Palynology and Paleoecology of some Oligo-Miocene sediments from Chiapas, Mexico" Tesis de Maestría, Walla Walla Collage, California. U.S.A. 92p.
- [3] Brown, C.A., (1967) "Pollen morphology of the Onagraceae" *Review of Palaeobotany and Palynology*, 3: 163-180.
- [4] Cruz, D.R., Martínez-Henrández, E. and Jiménez, R.J., (2000) "Morfología del polen y distribución de *Lopezia longiflora* (Onagraceae)" *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Botánica* 71(2): 73-80.
- [5] Daghljan, C.P., Skvarla, J.J., Pocknall, D. y Raven., P.H., (1985) "*Fuchsia* pollen from the early Miocene of New Zealand" *Amer. J. Bot.* 72(7): 1039-1047.
- [6] Fernández, N.R., Rodríguez, J.C., Arreguín, S.M.L. and Rodríguez, J.A., (1998) "Listado Florístico de la cuenca del río Balsas, México" *Polibotánica*, 9: 1-151.
- [7] Ford, V.S. and Gottlieb, L.D., (2007) "Tribal Relationship within Onagraceae inferred from PgiC sequences" *Systematic Botany* 32(2): 348-356.
- [8] Fries, C. Jr., (1960) "Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero, región central meridional de México" Univ. Nal. Autón. México, Inst. Geología, *Boletín* 60, 236 pp.
- [9] Gastil, R.C., Krummenacher, D., y Mich, J., (1979) "The record of Cenozoic volcanism around the Gulf of California" *Geol. Soc. America Bull.*, 90:839-857.
- [10] Grímsson, F., Zetter, R. y Leng, Q. (2012) "Diverse fossil Onagraceae pollen from a Miocene palynoflora of north-east China: early steps in resolving the phytogeographic history of the family" *Plant Syst Evol*, 298: 671-687.

- [11] Hausback, B., (1984) “Cenozoic volcanic and tectonic evolution of Baja California Sur, México” Tesis doctorado, Universidad de California, Berkeley, 161p.
- [12] Helenes, J. y Carreño, A.L., (1999) “Neogene sedimentary evolution of Baja California in relation to regional tectonics” *Journal of South American Earth Sciences* 12: 589-605.
- [13] Jaramillo, C.A., y Dilcher, D.L., (2001) “Middle Paleogene palynology of Central Colombia, South America: a study of pollen and spores from tropical latitudes” *Palaeontographica*, B 258, 87–213.
- [14] Jarzen, D.M., and Klug, C., (2010) “A preliminary investigation of the lower to middle Eocene palynoflora from Pine Island, Florida, U.S.A.” *Palynology*, 34, 164–179.
- [15] Levin, R.A., Wagner, W.L., Hoch, P.C., Nepokroeff, M., Pires, C., Zimmer, E.A. y Sytsma, K.J., (2003) “Family/level relationships of Onagraceae based on chloroplast RBCL and NDHF data” *American Journal of Botany* 90(1): 107-115.
- [16] Mabberly, D.J., (2008) “Mabberley’s Plant-book. A portable dictionary of plants, their classification and uses”. Third Edition. Cambridge University Press, 1019 p.
- [17] Makbul, S., Türkmen, A., Coskunçelebi, K. and Beyazogly, O., (2008) “Anatomical and pollen characters in the genus *Epilobium* L. (Onagraceae) from Northeast Anatolia” *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica* 50(1): 51-62.
- [18] Martínez-Hernández, E., Hernández-Campos, H. y Sánchez-López, M., (1980) “Palinología del Eoceno en el Noreste de México” Universidad Nacional Autónoma de México. *Revista* 4(2): 155-166.
- [19] Martínez-Hernández, E., y Ramírez-Arriaga, E., (1999) “Palinoestratigrafía de la región de Tepexi de Rodríguez, Puebla, implicaciones cronoestratigráficas” *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 16(2): p. 187-107.
- [20] Nakoman, E., 1965: Description d'un nouveau genre de for, Corsinipollenites. *Annales de la Societe Geologique du Nord* 85: 155-158.
- [21] Nowicke, J.W., Skvarla, J.J., Raven, P.H. y Berry, P.E., (1984) “A palynological study of the genus *Fuchsia* (Onagraceae)” *Ann. Missouri Bot. Gard.* 71: 35-91.
- [22] Perveen, A. y Qaiser, M. (2013) “Pollen Flora of Pakistan-LXXI. Onagraceae” *Pak. J. Bot.* 45(1): 241-245.
- [23] Pocknall, D.T. y Jarzen, D.M. (2009) “Pollen with viscin threads from the Late Cretaceous and Paleocene, Merida Andes, Western Venezuela” *Palynology*, 33, 55–61.
- [24] Punt, W., Rovers, J. y Hoen, P.P., (2003) “The Northwest European Pollen Flora, 67 ONAGRACEAE” *Review of Palaeobotany and Palynology*, 123: 107-161.
- [25] Punt, W., Hoen, P.P., Blackmore, S., Nilsson, S., and Le Thomas, A., (2007) “Glossary of pollen and spore terminology” *Review of Palaeobotany and Palynology*, 143, 1–81.
- [26] Ramírez-Arriaga, E., (2005) “Reconstrucción paleoflorística de la Formación Cuayuca con base en análisis palinoestratigráfico e implicaciones paleogeográficas” Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 231 p., 6 lám., 30 figuras, 5 cuadros.
- [27] Ramírez-Arriaga E, Martínez-Hernández E, Flores-Olvera H, Ochoterena H. (2008) “Correlation of the Late Eocene–Early Oligocene Izúcar de Matamoros evaporates (Cuayuca Formation) in Mexico based on Parsimony Analysis of Endemicity” *Palynology*, 32:231–252.
- [28] E. Ramírez-Arriaga, E. Martínez-Hernández y M. B. Prámparo. (2005) “Palynomorph assemblages of the Cuayuca Formation (Paleogene), Puebla, southern of Mexico. Part 1: trilete spores, monolete spores and gymnosperm pollen” *Ameghiniana*, 42(3): 567-578.

- [29] Ramírez-Arriaga E., Prámparo M.B. y Martínez-Hernández E., (2006) “Palynology of the Paleogene Cuayuca Formation (Stratotype Sections), Southern Mexico: chronostratigraphical and palaeoecological implications” *Review of Palaeobotany and Palynology* 141:259–275.
- [30] Ramírez-Arriaga, E., Prámparo, M.B., Nieto-Samaniego, A.F., Martínez-Hernández, E., Valiente-Banuet, A., Macías-Romo, C. and Dávalos-Álvarez, O.G. “Paleopalynological evidence for the Middle Miocene vegetation in the Tehuacán Formation, Puebla, Mexico”. *Palynology* (en prensa).
- [31] Skvarla, J.J., Rowley, J.R., Hoch, P.C. and Chissoe, W.F. (2008) “Unique tetrads of *Epilobium luteum* (Onagraceae: Onagreae) pollen from Alaska” *Brittonia*, 60(4): 398-404.
- [32] The Plant list. (2013) Last date consulted 25th June, 2013. <http://www.theplantlist.org>
- [33] Traverse, A. (2007) “Paleopalynology” Unwin Hyman. 600p.
- [34] Vázquez-Santana, S. y Martínez-Mena, A. (1991) “Flora palinológica de Guerrero No.1 ONAGRACEAE” Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, 16 p.
- [35] Villaseñor, J.L., (2004) “Los géneros de plantas vasculares de la Flora de México” *Bol. Soc. Bot. Mex.*, 75: 105-135.
- [36] Wagner, W.L., Hoch, P.C. y Raven, P.H., (2007) “Systematic Botany Monographs” *Systematic Botany Monographs* 83: 1–243.
- [37] Wilkinson, G.C. y Boulter, M.C. (1980) “Oligocene pollen and spores from the western part of the British Isles” *Paleontográfica*, Abt. B 175: 27-83.