

Anatomía

Morfología del polen de *Lonchocarpus* sección *Punctati* (Fabaceae: Papilionoideae)

Pollen morphology in Lonchocarpus section Punctati (Fabaceae: Papilionoideae)

Itzel Pérez-Chávez, Solange Sotuyo * y Leticia Torres-Colín

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Departamento de Botánica, Apartado postal 70-233, 04510 Ciudad de México, México

*Autor para correspondencia: jssotuyo@ib.unam.mx (S. Sotuyo)

Recibido: 23 agosto 2021; aceptado: 1 abril 2022

Resumen

Se describe la morfología del polen en 14 especies representantes de *Lonchocarpus* sección *Punctati* (*L. adamsii*, *L. angusticarpus*, *L. benthamianus*, *L. berriozabalensis*, *L. cochleatus*, *L. glaucifolius*, *L. longipedicellatus*, *L. longipes*, *L. longistylus*, *L. major*, *L. michelianus*, *L. punctatus*, *L. tenorioi* y *L. vallicola*). Los granos de polen fueron acetolizados y se examinaron bajo microscopio electrónico de barrido. Los resultados encontrados aportan información, por primera vez, sobre su morfología en esta sección. El tamaño es pequeño, con formas variadas como el prolado esferoidal, subprolado, oblado esferoidal, hasta el suboblado. La ornamentación de la exina, en la mayoría de las especies, es rugulada, aunque en algunas otras se observó foveolada, microreticulada o verrugada. En todas las especies se registraron 3 aberturas del tipo colporado, con una membrana granular.

Palabras clave: Acetólisis; Exina; Leguminosae; Palinología; Millettieae

Abstract

Pollen morphology from 14 species of *Lonchocarpus* section *Punctati* (*L. adamsii*, *L. angusticarpus*, *L. benthamianus*, *L. berriozabalensis*, *L. cochleatus*, *L. glaucifolius*, *L. longipedicellatus*, *L. longipes*, *L. longistylus*, *L. major*, *L. michelianus*, *L. punctatus*, *L. tenorioi* and *L. vallicola*). The pollen grains were acetolised and prepared for scanning electron microscope. The results provide information for the first time on the pollen morphology in this section. Pollen grains are small, with different forms, such as prolate spheroidal, subprolate, oblate spheroidal, to suboblate. Exine sculpturing, in most of the species, is rugulate. Although, in some others, it is foveolate, microreticulate or verrucate. All species recorded tricolporate apertures with a granular membrane.

Keywords: Acetolysis; Exine; Leguminosae; Palinology; Millettieae

Introducción

La tribu Millettiae a la que pertenece el género *Lonchocarpus*, comprende alrededor de 40 géneros y más de 1,000 especies tropicales (Geesink, 1984). Caracteres como el tipo de inflorescencia, la dehiscencia y presencia de ala(s) en el fruto, así como la existencia de canavanina en las semillas son caracteres importantes para distinguir a Millettiae de las otras tribus dentro de Papilionoideae (Polhill, 1981), aunque éstas no sean sinapomorfias. El análisis filogenético de Hu et al. (2000) y el de Mattapha (2017), sugirieron que *Derris* y *Lonchocarpus* no estaban relacionados con Dalbergiae (Bentham, 1860; Sousa y Peña-de Sousa, 1981), sino con los géneros *Millettia*, *Paraderris*, *Piscidia* y *Tephrosia*. Los géneros antes mencionados, junto con otros 17, pertenecen al grupo que no contiene canavanina en sus semillas, mismos que Mattapha (2017) incluye en su filogenia de toda la tribu Millettiae, en el clado de las Millettioides *sensu stricto*.

El género *Lonchocarpus* Kunth (Fabaceae, Millettieae), incluye unas 180 especies, distribuidas, en su mayoría, en la región tropical del continente americano, excepto por *L. sericeus* (Poir.) DC, que se localiza en la costa occidental de África ecuatorial (Sousa et al., 2014). En México, es el género arbóreo más diverso de las selvas secas (Sousa et al., 2001) y se distingue por desarrollar hojas alternas, con arreglo helicoidal o dístico, imparipinnadas o 1-folioladas, folíolos generalmente opuestos y enteros. Inflorescencias en forma de cimas racemosas, axilares y simples oseudoterminal y paniculáceas. Flores pediceladas, pareadas o en ocasiones en múltiplos de 2; brácteas pedunculadas o pediceladas, las bractéolas en pares en la base del cáliz o sobre el pedicelo; cáliz dentado a truncado, zigomorfo a ciatiforme; pétalos de las alas adheridos a los pétalos de la quilla por presión o libres, los pétalos de la quilla adheridos por cohesión en un sistema de microdientes, el estandarte unguiculado, generalmente retrorso, la lámina oblonga, suborbicular a oblada, emarginada, con una guía de néctar cerca de la base, generalmente callosa y auriculada; estambre vexilar libre en la base y formando 2 ventanas reforzadas por un margen calloso; anteras uniformes; estilo generalmente glabro, estigma terminal, diminutamente capitado. Legumbre generalmente indehisciente, cuando dehiscente sólo sobre el margen vexilar, aplanada, gruesa; semillas lisas a rugosas (Sousa com. pers.).

La clasificación infragenérica de *Lonchocarpus* ha sido ampliamente discutida desde 1860 por Bentham, pasando por von Taubert (1894), Pittier (1917), Geesink (1984), Sousa (2009), hasta los trabajos más recientes de filogenia (Da Silva et al., 2012; Sousa et al., 2014).

Sin embargo, para fines de presentación del polen, nos referiremos a la propuesta de *Lonchocarpus* de Palomino y Sousa (2000) quienes consideran 2 subgéneros y 7 secciones (*Lonchocarpus*, *Densiflori*, *Obtusifoli*, *Eriophylli*, *Punctati*, *Standleyi* y *Willardia*) para precisar el rango de este grupo de especies y dar a conocer la morfología del polen de *Lonchocarpus* sección *Punctati* Bentham, conformada actualmente por ca. 29 especies (Sousa et al., 2014), que se caracterizan por desarrollar hojas dísticas, folíolos acuminados, translúcido-punteados, glabros a glabrescentes; pedúnculos y pedicelos delgados y alargados; bractéolas opuestas o alternas distantes al cáliz, cáliz truncado, alas clicadas a los pétalos de la quilla; fruto indehisciente o dehiscente en el margen vexilar; plántulas con cotiledones epigeos o hipógeos, eófilos unifoliolados, raramente 3-foliolados, opuestos (Sousa com. pers.).

En México, son escasos los trabajos sobre morfología de polen en *Lonchocarpus*, hasta el momento se tienen algunas descripciones de especies distribuidas en la selva mediana subperennifolia de la península de Yucatán (Sánchez-Dzib et al., 2009), ya que en su mayoría los reportes para el género se han registrado en caracterizaciones palinológicas de mieles y plantas melíferas (Acosta-Castellanos et al., 2011; Briceño, 2018; Librado y Alaníz, 2016; Quiroz-García et al., 2011; Ramírez-Arriaga et al., 2011; Ramos-Díaz et al., 2015). En algunos otros se menciona el polen de *Lonchocarpus* pero sin especificar especie o características morfológicas (Palacios-Chávez y Rzedowski, 1993).

Para la sección *Punctati*, el trabajo de Alfaro-Bates et al. (2010) y el de Briceño (2018), incluyen únicamente *Lonchocarpus longistylus* Pittier. Un proyecto reciente del Instituto de Geología desarrolló una base de datos de polen moderno llamado Tekia (Sosa-Nájera y Lozano-García, 2021), cuyos resultados pueden consultarse en línea. En esta base se localizan 8 especies de *Lonchocarpus*, 2 de ellas pertenecientes a la sección *Punctati* (*L. longistylus* y *L. punctatus*). Fuera de México existen algunos trabajos, enfocados principalmente a plantas melíferas (Méndez, 2006).

Materiales y métodos

Para este estudio, seleccionamos muestras de botones florales de ejemplares del Herbario Nacional (MEXU), de 14 especies de *Lonchocarpus* sección *Punctati*. Fueron usadas esas especies porque representan a los clados encontrados dentro de la sección *Punctati* (Sousa et al., 2014), además de la disponibilidad de botones florales cerrados. Siempre que fuera posible, se prefirieron muestras de ejemplares de la localidad tipo. La procedencia de dichas muestras es referida en la tabla 1.

Tabla 1

Especies muestreadas de *Lonchocarpus* sección *Punctati* en MEXU, con sus correspondientes datos de colecta.

Especie	Colector	País
<i>Lonchocarpus adamsii</i> M. Sousa	Howard 14425	Trelawny, Jamaica
<i>Lonchocarpus angusticarpus</i> M. Sousa	R. Martínez 1	Chiapas, México
<i>Lonchocarpus benthamianus</i> Pittier	Webster 9350	St. Joseph, Dominica
<i>Lonchocarpus berriozabalensis</i> Miranda ex M. Sousa	E. Martínez 42558	Chiapas, México
<i>Lonchocarpus cochleatus</i> Pittier	E. Martínez 649	Guerrero, México
<i>Lonchocarpus glaucifolius</i> Urb.	Taylor 8915	Antillas, Puerto Rico
<i>Lonchocarpus longipedicellatus</i> Pittier	R. Torres 16840	Michoacán, México
<i>Lonchocarpus longipes</i> Urb. et Ekman	Ekman 13051	Santiago, Cuba
<i>Lonchocarpus longistylus</i> Pittier	Narváez 126	Yucatán, México
<i>Lonchocarpus major</i> M. Sousa	A. Delgado et al. 2716	Michoacán, México
<i>Lonchocarpus michelianus</i> Pittier	E. Sandoval 1132	Oaxaca, México
<i>Lonchocarpus punctatus</i> Kunth	Steyermark 123345	Zulia, Venezuela
<i>Lonchocarpus tenorioi</i> M. Sousa	E. Lott 1979	Michoacán, México
<i>Lonchocarpus vallicola</i> (Standl. et F.J. Herm.) M. Sousa	J. Araque 993	Fco. Morazán, Honduras

Para el análisis de polen, las muestras fueron acetolizadas siguiendo el método de Erdtman (1960), modificado para Leguminosae por Torres Colín (2010). Posteriormente, fueron deshidratadas en alcoholes graduales del 50% -100% y sometidas a un proceso de secado a punto crítico, para inmediatamente ser montadas y cubiertas con oro para su observación y toma de imágenes. Las observaciones y descripciones se realizaron utilizando un microscopio electrónico de barrido modelo Hitachi SU1510. De cada muestra se midieron 15 granos de polen (excepto para *Lonchocarpus benthamianus*, *L. longistylus*, *L. longipes*, *L. vallicola* y *L. angusticarpus*, donde el polen fue escaso). Se registró en micras el diámetro polar (DP), el diámetro ecuatorial (DE), la longitud y el ancho del colpo, así como el grosor de la exina. La morfología del polen y la ornamentación de la exina se describieron según Erdtman (1952) y Punt et al. (2007) y los caracteres palinológicos son mencionados en las tablas 2 y 3.

Resultados

Morfología de los granos de polen de *Lonchocarpus* sección *Punctati*

Granos tricolporados, prolado esferoidales, subprolados, oblado esferoidales y suboblados en vista ecuatorial y angular convexos, semiangulares, circulares y lobados en vista polar (tabla 2, figs. 1, 2). En cuanto al tamaño, son pequeños en todas las especies, encontrando los más

pequeños en *Lonchocarpus michelianus* (16.36-18.94 μm) y en *L. longipes* (17.6-18.6 μm) y los más grandes en *L. major* (22.06-25.33 μm). Los colpos son largos, de 6.4-13.5 y el ancho de 2.3-7.5 μm (tabla 3), con ápice agudo y membrana granular, se encuentran rodeados por un margo no engrosado y los poros (endoaberturas) son lolongados (tabla 2). Exina de 0.6-1.6 μm de espesor, tectada, con 4 patrones distintos en ornamentación que puede ser uniforme en toda la superficie del grano o con una diferenciación hacia los ápices de los colpos (apocolpio) o hacia el área limitada por 2 colpos (mesocolpio) (tabla 2, fig. 3).

Descripciones de la morfología del polen por especie

Lonchocarpus adamsii (figs. 1a, 2a, 3a; tablas 2, 3)

Granos subprolados (DP/DE = 1.16). Diámetro polar = 20.05-21.5 μm ; diámetro ecuatorial = 17.8-18.4 μm . Contorno polar angular convexo.

Tricolporados, colpos de 8.6 μm x 2.8 μm .

Exina verrugada, con protuberancias irregulares tanto en el apocolpio como en el mesocolpio, de 1.27 μm de grosor.

Lonchocarpus angusticarpus (figs. 1b, 2b, 3b; tablas 2, 3)

Granos oblado esferoidales (DP/DE = 0.97). Diámetro polar = 21.11 μm ; diámetro ecuatorial = 21.66 μm . Contorno polar angular convexo.

Tricolporados, colpos de 6.4 x 3.7 μm .

Exina foveolada a punctada tanto en el apocolpio como en el mesocolpio, de 0.75 μm de grosor.

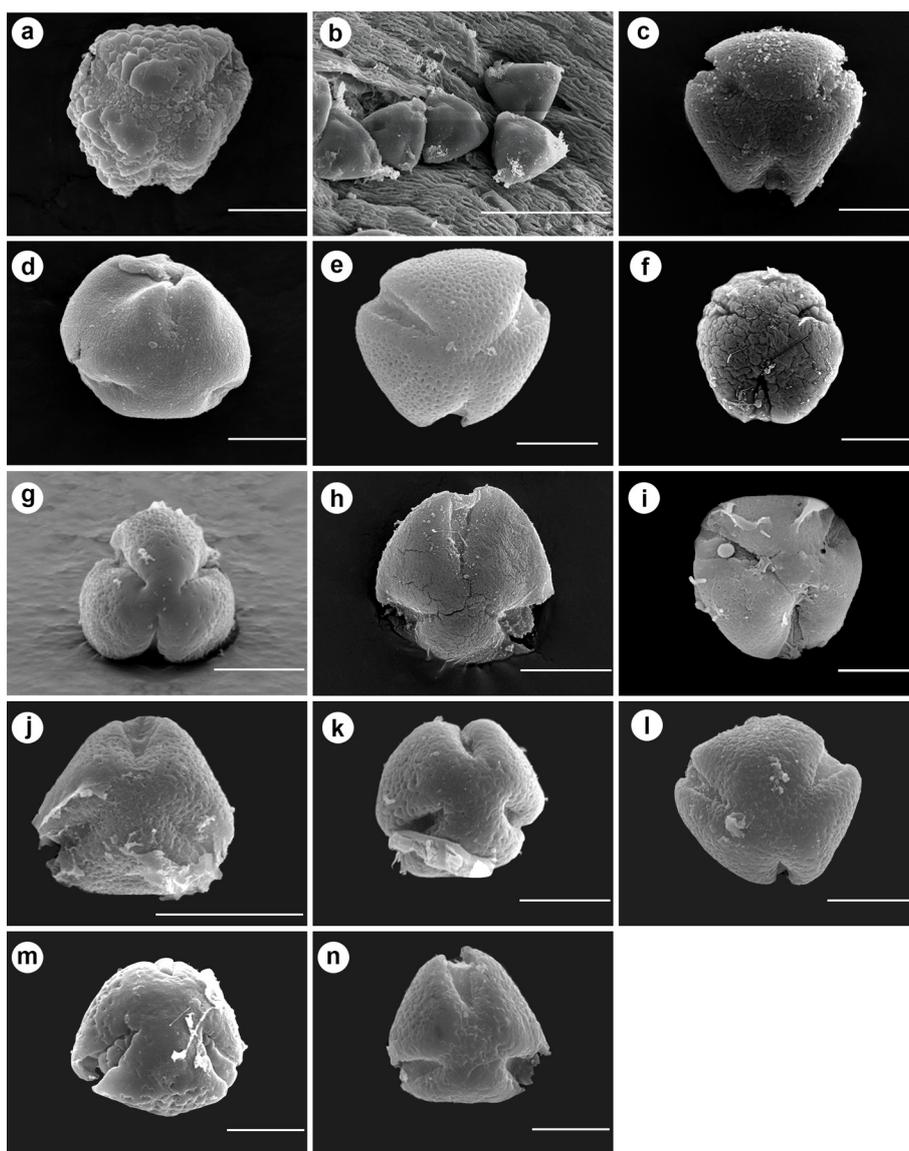


Figura 1. Microscopía electrónica de barrido de los granos de polen en vista polar de *Lonchocarpus* sección *Punctati*. a) *L. adamsii*; b) *L. angusticarpus*; c) *L. benthamianus*; d) *L. berriozabalensis*; e) *L. cochleatus*; f) *L. glaucifolius*; g) *L. longipedicellatus*; h) *L. longipes*; i) *L. longistylus*; j) *L. major*; k) *L. michelianus*; l) *L. punctatus*; m) *L. tenorioi*; n) *L. vallicola*. Escalas = 10 μm (a-i, k-n); 20 μm (j).

Lonchocarpus benthamianus (figs. 1c, 2c; tablas 2, 3)
Granos prolado esferoidales (DP/DE = 1.08). Diámetro polar = 20.05-23.57 μm ; diámetro ecuatorial = 20-21.78 μm . Contorno polar semiangular.
Tricolporados, colpos de 9.2 x 4.2 μm .
Exina rugulada tanto en el apocolpio como en el mesocolpio, de 1.61 μm de grosor.

Lonchocarpus berriozabalensis (figs. 1d, 2d, 3c; tablas 2, 3)
Granos oblado esferoidales (DP/DE = 0.93). Diámetro polar = 20-22.6 μm ; diámetro ecuatorial = 23.15-24.21 μm . Contorno polar semiangular.
Tricolporados, colpos de 7.5 x 2.8 μm .
Exina foveolada a punctada tanto en el apocolpio como en el mesocolpio, de 1.35 μm de grosor.

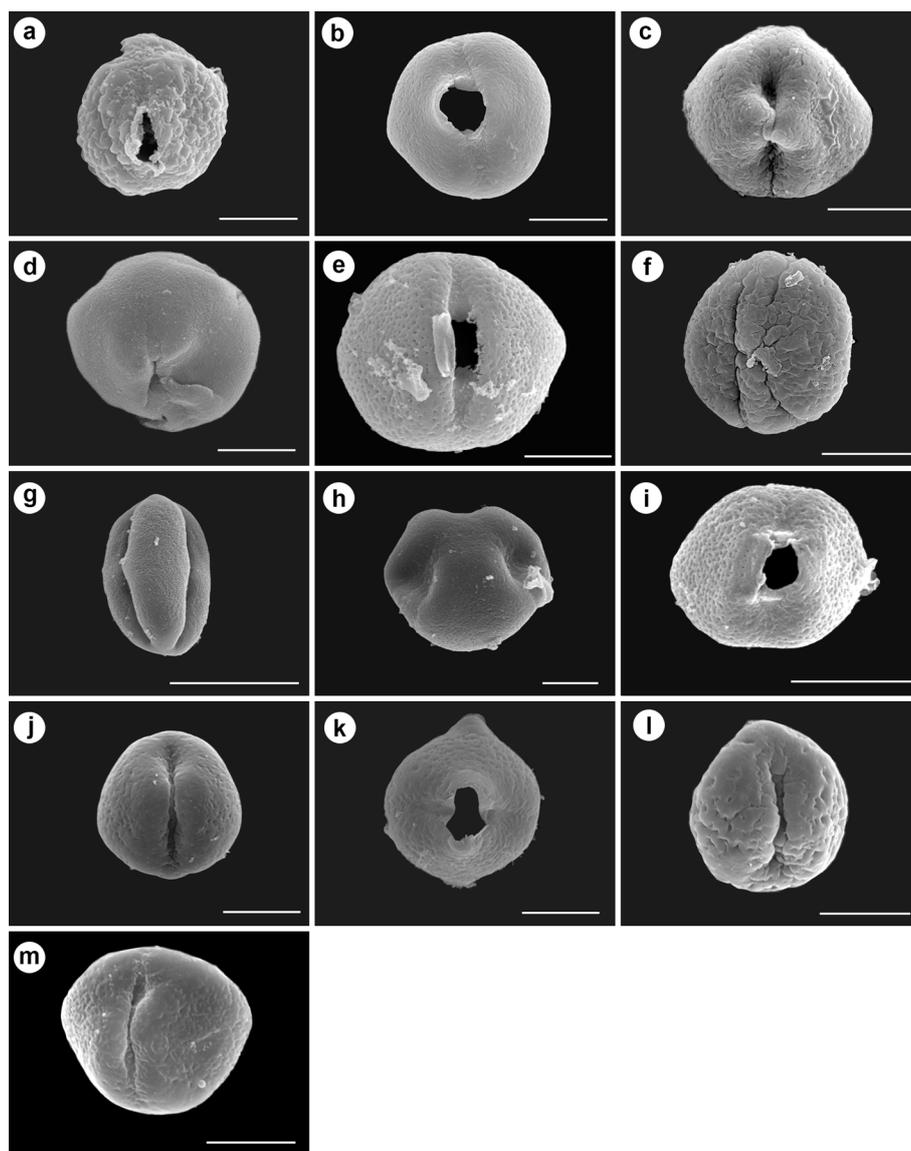


Figura 2. Microscopía electrónica de barrido de los granos de polen en vista ecuatorial de *Lonchocarpus* sección *Punctati*. a) *L. adamsii*; b) *L. angusticarpus*; c) *L. benthamianus*; d) *L. berriozabalensis*; e) *L. cochleatus*; f) *L. glaucifolius*; g) *L. longipedicellatus*; h) *L. longistylus*; i) *L. major*; j) *L. michelianus*; k) *L. punctatus*; l) *L. tenorioi*; m) *L. vallicola*. Escalas = 10 μm (a-f, h, j-m); 20 μm (g, i).

Lonchocarpus cochleatus (figs. 1e, 2e, 3d; tablas 2, 3)
Granos suboblados (DP/DE = 0.83). Diámetro polar = 21.05-22.10 μm ; diámetro ecuatorial = 26.35 μm . Contorno polar circular.
Tricolporados, colpos de 13.5 x 2.3 μm .
Exina microreticulada a foveolada, angostándose los lúmenes hacia el apocolpio y los márgos, de 1.1 μm de grosor.

Lonchocarpus glaucifolius (figs. 1f, 2f, 3e; tablas 2, 3)
Granos subprolados (DP/DE = 1.20). Diámetro polar = 21-21.17 μm ; diámetro ecuatorial = 17-17.6 μm . Contorno polar circular.
Tricolporados, colpos de 8.5 x 7.5 μm .
Exina rugulada tanto en el apocolpio como en el mesocolpio, aunque el relieve disminuye hacia los polos, de 1.57 μm de grosor. Se observó costa colpi.

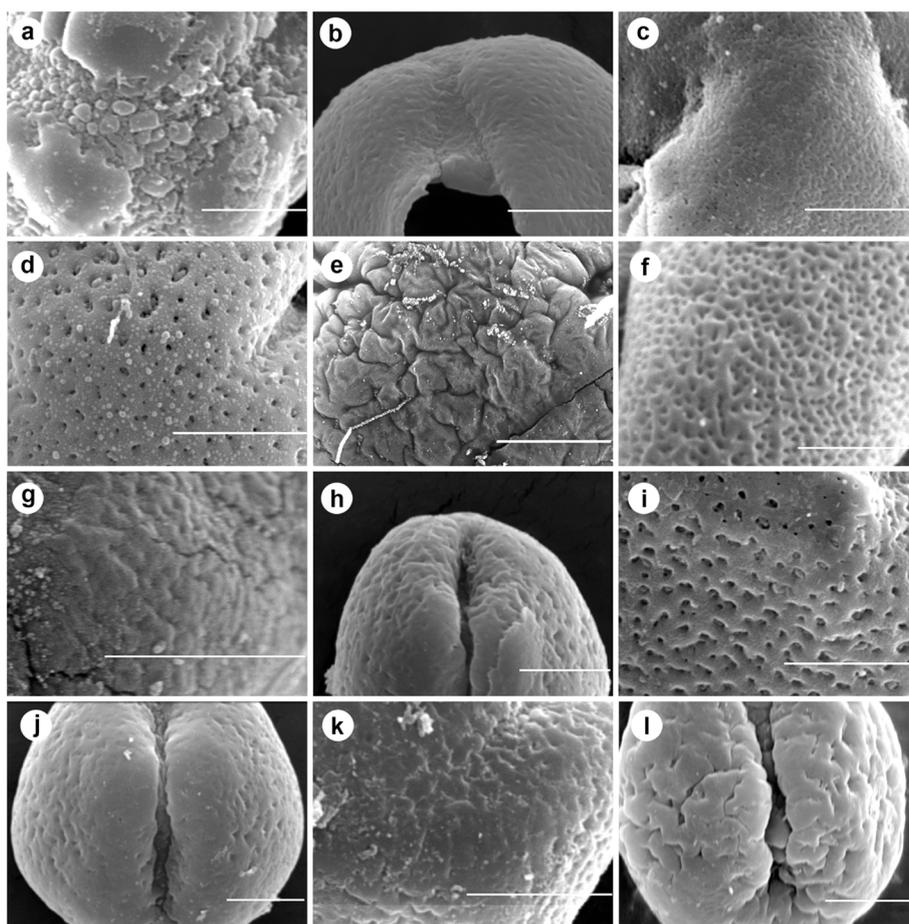


Figura 3. Microscopía electrónica de barrido de los patrones de la exina en los granos de polen de *Lonchocarpus* sección *Punctati*. a) *L. adamsii*; b) *L. angusticarpus*; c) *L. berriozabalensis*; d) *L. cochleatus*; e) *L. glaucifolius*; f) *L. longipedicellatus*; g) *L. longipes*; h) *L. longistylus*; i) *L. major*; j) *L. michelianus*; k) *L. punctatus*; l) *L. tenorioi*. Escalas = 4 μm (e, g); 5 μm (a-d, f, h-l).

Lonchocarpus longipedicellatus (figs. 1g, 2g, 3f; tablas 2, 3)

Granos subprolados (DP/DE = 1.30). Diámetro polar = 18.04-22.5 μm ; diámetro ecuatorial = 16.66-17.24 μm . Contorno polar lobado.

Tricolporados, colpos de 8.5 x 3.8 μm .

Exina microreticulada a foveolada en el mesocolpio, aunque el relieve disminuye llegando a ser psilada en el apocolpio y en los margos, de 1.27 μm de grosor.

Lonchocarpus longipes (figs. 1h, 3g; tablas 2, 3)

Granos prolado esferoidales (DP/DE = 1.13). Diámetro polar = 17.6-18.6 μm ; diámetro ecuatorial = 16.4 μm . Contorno polar semiangular.

Tricolporados, colpos de 8.1 x 4.5 μm .

Exina rugulada tanto en el apocolpio como en el mesocolpio, de 1.02 μm de grosor.

Lonchocarpus longistylus (figs. 1i, 2h, 3h; tablas 2, 3)

Granos oblado esferoidales (DP/DE = 0.97). Diámetro polar = 17.7-20.5 μm ; diámetro ecuatorial = 19.58-21.1 μm . Contorno polar semiangular.

Tricolporados, colpos de 9.4 x 5.1 μm .

Exina foveolada a punctada tanto en el apocolpio como en el mesocolpio, aunque el relieve disminuye hacia los margos, de 1.6 μm de grosor.

Lonchocarpus major (figs. 1j, 2i, 3i; tablas 2, 3)

Granos oblado esferoidales (DP/DE = 0.96). Diámetro polar = 22.06-25.33 μm ; diámetro ecuatorial = 23.32-26.20 μm . Contorno polar angular convexo.

Tricolporados, colpos de 8.8 x 5 μm .

Exina microreticulada a foveolada con lúmenes más angostos en el apocolpio y hacia los margos, de 1.55 μm de grosor.

Tabla 2

Morfología de los granos de polen de las especies de *Lonchocarpus* sección Punctati.

Especie	Forma	Contorno polar	Endoabertura	Exina
<i>Lonchocarpus adamsii</i>	subprolado	angular convexo	lolangada	verrugada
<i>Lonchocarpus angusticarpus</i>	oblado esferoidal	angular convexo	lolangada	foveolada a punctada
<i>Lonchocarpus benthamianus</i>	prolado esferoidal	semiangular	lolangada	rugulada
<i>Lonchocarpus berriozabalensis</i>	oblado esferoidal	semiangular	lolangada	foveolada a punctada
<i>Lonchocarpus cochleatus</i>	suboblado	circular	lolangada	microreticulada a foveolada
<i>Lonchocarpus glaucifolius</i>	subprolado	circular	lolangada	rugulada
<i>Lonchocarpus longipedicellatus</i>	subprolado	lobado	lolangada	microreticulada a foveolada
<i>Lonchocarpus longipes</i>	prolado esferoidal	semiangular	lolangada	rugulada
<i>Lonchocarpus longistylus</i>	oblado esferoidal	semiangular	lolangada	foveolada a punctada
<i>Lonchocarpus major</i>	oblado esferoidal	angular convexo	lolangada	microreticulada a foveolada
<i>Lonchocarpus michelianus</i>	subprolado	semiangular	lolangada	microreticulada a foveolada
<i>Lonchocarpus punctatus</i>	oblado esferoidal	semiangular	lolangada	foveolada a punctada
<i>Lonchocarpus tenorioi</i>	subprolado	semiangular	lolangada	rugulada
<i>Lonchocarpus vallicola</i>	prolado esferoidal	angular convexo	lolangada	rugulada

Tabla 3

Medidas (μm) de los granos de polen de las especies de *Lonchocarpus* sección Punctati. DP = Diámetro polar, DE = diámetro ecuatorial, el tamaño del colpo se da en largo por ancho.

Especie	DP	DE	(DP/DE)	Colpo	Exina (grosor)
<i>Lonchocarpus adamsii</i>	20.05-21.5	17.8-18.4	1.16	8.6 x 2.8	1.27
<i>Lonchocarpus angusticarpus</i>	21.11	17.8-18.4	0.97	6.4 x 3.7	0.75
<i>Lonchocarpus benthamianus</i>	20.05-23.57	20-21.78	1.08	9.2 x 4.2	1.61
<i>Lonchocarpus berriozabalensis</i>	20-22.6	23.15-24.21	0.93	7.5 x 2.8	1.35
<i>Lonchocarpus cochleatus</i>	21.05-22.1	26.35	0.83	13.5 x 2.3	1.1
<i>Lonchocarpus glaucifolius</i>	21-21.17	17-17.6	1.2	8.5 x 7.5	1.57
<i>Lonchocarpus longipedicellatus</i>	18.04-22.5	16.66-17.24	1.3	8.5 x 3.8	1.27
<i>Lonchocarpus longipes</i>	17.6-18.6	16.4	1.13	8.1 x 4.5	1.02
<i>Lonchocarpus longistylus</i>	17.7-20.5	19.58-21.1	0.97	9.4 x 5.1	1.6
<i>Lonchocarpus major</i>	22.06-25.33	23.32-26.2	0.96	8.8 x 5	1.55
<i>Lonchocarpus michelianus</i>	16.36-18.94	15.78-16.28	1.16	8 x 3	1.44
<i>Lonchocarpus punctatus</i>	18.6-21.05	21-21.34	0.98	11.3 x 4	1.24
<i>Lonchocarpus tenorioi</i>	20.05-21.05	17-17.6	1.19	7.4 x 4.7	1.49
<i>Lonchocarpus vallicola</i>	20.55-23.33	17.5-20.68	1.12	11 x 4	1.35

Lonchocarpus michelianus (figs. 1k, 2j, 3j; tablas 2, 3)
 Granos subprolados (DP/DE = 1.16). Diámetro polar = 16.36-18.94 μm ; diámetro ecuatorial = 15.78-16.28 μm .
 Contorno polar semiangular.

Tricolpados, colpos de 8 x 3 μm .
 Exina microreticulada a foveolada tanto en el apocolpio como en el mesocolpio, aunque el relieve disminuye hacia los polos y los margos, de 1.44 μm de grosor.

Lonchocarpus punctatus (figs. 1l, 2k, 3k; tablas 2, 3)
Granos oblado esferoidales (DP/DE = 0.98). Diámetro polar = 18.6-21.05 μm ; diámetro ecuatorial = 20-21.34 μm . Contorno polar semiangular.
Tricolporados, colpos de 11.3 x 4 μm .
Exina foveolada a punctada en el mesocolpio, aunque el relieve disminuye hacia el apocolpio, de 1.24 μm de grosor.

Lonchocarpus tenorioi (figs. 1m, 2l, 3l; tablas 2, 3)
Granos subprolados (DP/DE = 1.19). Diámetro polar = 20.05-21.05 μm ; diámetro ecuatorial = 17-17.6 μm . Contorno polar semiangular.
Tricolporados, colpos de 7.4 x 4.7 μm .
Exina rugulada, de 1.49 μm de grosor.

Lonchocarpus vallicola (figs. 1n, 2m; tablas 2, 3)
Granos prolado esferoidales (DP/DE = 1.12). Diámetro polar = 20.55-23.33 μm ; diámetro ecuatorial = 17.5-20.68 μm . Contorno polar angular convexo.
Tricolporados, colpos de 11.3 x 4 μm .
Exina rugulada tanto en el apocolpio como en el mesocolpio, aunque el relieve disminuye hacia los margos, de 1.35 μm de grosor.

Discusión

Con base en la ornamentación de la exina, reconocemos 4 grupos en *Lonchocarpus* sección Punctati.

Grupo 1. Exina verrugada, conformado por una especie: *L. adamsii* (fig. 3a).

Exina verrugada tanto en el apocolpio como en el mesocolpio, esta especie se encuentra cercanamente relacionada a *L. glaucifolius* y a *L. longipes* todas con distribución en Antillas mayores (Sousa et al., 2014); sin embargo, la exina observada en *L. adamsii*, la separa de este complejo (tabla 2).

Grupo 2. Exina foveolada a punctada, conformado por 4 especies: *L. angusticarpus*, *L. berriozabalensis*, *L. longistylus* y *L. punctatus* (figs. 3b-c, h, k). Todas las especies desarrollan exina foveolada en el mesocolpio y punctada hacia el apocolpio (tabla 2). El grosor de la exina y la longitud de los colpos de *L. angusticarpus* es menor con relación a todas las especies de la sección (tabla 3). La forma del polen es oblado esferoidal para todas las especies, pero entre ellos hay una variación en el diámetro ecuatorial y en la longitud del colpo (ver tabla 3). *L. punctatus* tiene el diámetro ecuatorial y los colpos con longitudes mayores. Es necesario señalar, en este grupo que únicamente *L. angusticarpus* y *L. punctatus* ratifican su estrecha relación filogenética (Sousa et al., 2014).

Sánchez-Dzib et al. (2009), Briceño (2018) y base de datos del proyecto Tekia reportan a *L. longistylus* con granos de polen de forma esferoidal y ornamentación microreticulada, tectada. Sin embargo, Alfaro-Bates et al. (2010) lo reportan como esferoidal, con exina foveolada a semitectada, microrreticulada en el área polar y con las endoaperturas de circulares a alargadas (Ávila 8, UADY-PAL 92, Xmatkuil, Yucatán). Lo que difiere ligeramente a lo encontrado por nosotras. Al revisar el ejemplar citado por Sánchez-Dzib et al. (2009; E. Ucan 4260, MEXU), de Valladolid, Yucatán, encontramos que el número de folíolos es menor al de la descripción (11-19), pero los demás caracteres concuerdan con la descripción de la especie. Dicho número está asociado a las fotografías de polen del proyecto Tekia del Instituto de Geología y en ninguno de los 2 estudios se tomaron fotografías de MEB.

Para el caso de *L. punctatus* el proyecto Tekia (Celso Gutiérrez B. 5024), también describe a la exina como microreticulada. Sousa et al. (2014) hacen notar que *Lonchocarpus berriozabalensis* y *L. longistylus* presentan en la cara abaxial del estandarte un área pelosa sobre las nervaduras en la base de la lámina, caracteres que son compartidos con especies de la sección *Lonchocarpus*. Estos caracteres más la ornamentación de la exina hace afines morfológicamente a estas 2 especies. Sin embargo, esas homoplasias podrían ser convergencias debido al tipo de polinizador.

Grupo 3. Exina rugulada, conformado por 5 especies: *L. benthamianus*, *L. glaucifolius*, *L. longipes*, *L. tenorioi* y *L. vallicola* (figs. 3e, g, l). Exina rugulada tanto en el apocolpio como en el mesocolpio. Podemos separar 2 subgrupos por la forma de los granos: polen prolado esferoidal en *Lonchocarpus benthamianus*, *L. longipes* y *L. vallicola*; polen subprolado en *L. glaucifolius* y en *L. tenorioi*.

En este grupo es claro que la exina rugulada reportada en *L. glaucifolius* y *L. longipes*, es un carácter más que apoya la afinidad entre estas 2 especies (Sousa et al., 2014). Ambas especies junto con *L. adamsii* son consideradas como parte de la subsección Urbani *sensu* Sousa (no formalizada), distribuida en las Antillas. La subsección se caracteriza por hojas con disposición helicoidal, pecíolo con un canalículo adaxial; folíolos obtusos a caudados; bracteolas pequeñas distantes al cáliz; cáliz giboso con dientes cortos casi truncos; corola con alas libres de la quilla, lámina del estandarte lobada y callosa en la base abaxial, lámina sericea y legumbre indehiscente con el margen vexilar engrosado a nivel de las semillas (Sousa com. pers.).

Grupo 4. Exina microreticulada a foveolada, conformado por 4 especies: *L. cochleatus*, *L. longipedicellatus*,

L. major y *L. michelianus* (figs. 3d, f, i-j). En *L. longipedicellatus* y *L. michelianus*, la exina foveolada es más evidente en el apocolpio (figs. 3f, j). El contorno en vista polar es variable en este grupo, circular en *L. cochleatus*, lobado en *L. longipedicellatus* y semiangular a angular convexo en *L. michelianus* y *L. major* (tabla 2). La exina microreticulada a foveolada reportada en *L. cochleatus*, *L. longipedicellatus* y en *L. major* es especialmente interesante porque se correlaciona con la propuesta filogenética de Sousa et al. (2014), cuyo clado queda definido principalmente por estas especies mexicanas.

Las especies *L. cochleatus* y *L. longipedicellatus* son las especies más diferentes en la morfología de los granos de polen. Ambas especies pertenecen al clado III propuesto por Sousa et al. (2014). *L. cochleatus* es una especie endémica de la depresión del río Balsas en Guerrero y *L. longipedicellatus* posee una distribución amplia en la planicie costera del Pacífico desde Nayarit a Oaxaca, en la depresión central de Chiapas y también está presente en la depresión del Balsas.

Concluimos que la morfología del polen de las especies estudiadas de *Lonchocarpus* sección Punctati puntualizadas en las tablas 2 y 3, presenta una cierta uniformidad en cuanto a forma, tamaño y contorno en vista polar. Aunque la ornamentación de la exina permitió reconocer 4 grupos, esta información no permite establecer relaciones entre las especies, pero sí contribuye al conocimiento palinológico de dicha sección.

Debido a la edad estimada de divergencia del género (Mioceno, da Silva et al., 2012), la información presentada sobre morfología del polen será de ayuda en la determinación de éste en sedimentos. Lo anterior proporcionará datos para realizar determinaciones paleoambientales más robustas. Así mismo, debido a la actividad apícola de gran relevancia en México, los datos proporcionados pueden ser de utilidad para la caracterización melisopalínológica de las mieles producidas por abejas nativas (melipónidos), sobre todo en las regiones sur y sureste del país.

Agradecimientos

A Berenit Mendoza-Garfías por la toma de fotografías en el microscopio electrónico de barrido y a Julio César Montero-Rojas por su ayuda en la edición de fotografías y la preparación de las figuras. Los datos de este trabajo fueron parte del proyecto de licenciatura de Itzel Pérez-Chávez para obtener el título de bióloga. Agradecemos los comentarios de los revisores que enriquecieron el manuscrito.

Referencias

- Alfaro-Bates, R. G., González-Acereto, J. A., Ortiz-Díaz, J. J., Viera-Castro, F. A., Burgos-Pérez, A. I., Martínez-Hernández, E. et al. (2010). *Caracterización palinológica de las mieles de la península de Yucatán*. Mérida: Universidad Autónoma de Yucatán/ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Acosta-Castellanos, S., Quiroz-García, L., Arreguín-Sánchez, M. L. y Fernández-Nava, R. (2011). Análisis polínico de tres muestras de miel de Zacatecas, México. *Polibotánica*, 32, 179–191.
- Bentham, G. (1860). Synopsis of Dalbergieae, a tribe of Leguminosae. *Journal of the Linnean Society, Botany*, 4, 1–128.
- Briceño, C. S. (2018). *Identificación de flora melífera con potencial ornamental y medicinal en Yucatán (Tesis de maestría)*. CIATEJ, Jalisco México.
- Da Silva, M. J., de Queiroz, L. P., Tozzi, A. M. G. A., Lewis, G. P. y Pereira-de Sousa, A. (2012). Phylogeny and biogeography of *Lonchocarpus* sensu lato and its allies in the tribe Millettieae (Leguminosae, Papilionoideae). *Taxon*, 61, 93–108. <https://doi.org/10.1002/tax.611007>
- Erdtman, G. (1952). *Pollen morphology and plant taxonomy-Angiosperms*. Estocolmo: Almqvist and Wiksell.
- Erdtman, G. (1960). The acetolysis method, a revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 54, 561–564.
- Geesink, R. (1984). *Scala Millettiearum: a survey of the genera of the tribe Millettieae (Leguminosae-Papilionoideae)*. Leiden Botanical Series 8. Leiden: Brill & Leiden University Press.
- Hu, J. M., Lavin, M., Wojciechowski, M. F. y Sanderson, M. J. (2000). Phylogenetic systematics of the tribe Millettieae (Leguminosae) based on chloroplast *trnK/matK* sequences and its implications for evolutionary patterns in Papilionoideae. *American Journal of Botany*, 87, 418–430. <https://doi.org/10.2307/2656638>
- Librado, G. y Alaníz, L. (2016). Plantas nectaríferas y poliníferas en la Costa Chica de Guerrero y municipios aledaños de Oaxaca. *Tlamati Sabiduría*, 7, 1–14.
- Mattapha, S. (2017). *The Systematics of tribe Millettieae (Leguminosae-Papilionoideae) (Tesis doctoral)*. The University of Reading. Reading, Reino Unido.
- Méndez, K. (2006). *Análisis melisopalínológico de mieles de cinco departamentos de Honduras (Tesis)*. Zamorano, Honduras.
- Palacios-Chávez, R. y 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 Botanica Mexicana*, 24, 1–96. <https://doi.org/10.21829/abm24.1993.677>
- Palomino, G. y Sousa, M. (2000). Variation of nuclear DNA content in the biflorous species of *Lonchocarpus* (Leguminosae). *Annals of Botany*, 85, 69–76. <https://doi.org/10.1006/anbo.1999.0998>

- Pittier, H. (1917). The middle American species of *Lonchocarpus*. *Contributions from the United States National Herbarium*, 20, 37–93.
- Polhill, R. M. (1981). Papilionoideae. En R. M. Polhill y P. H. Raven (Eds.), *Advances in legume systematics, part 1* (pp. 191–208). Richmond, Surrey, UK: Royal Botanic Gardens, Kew.
- Punt, W., Hoen, P. P., Blackmore, S. Nilsson, S. y Thomas, L. A. (2007). Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 143, 1–81. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2006.06.008>
- Quiroz-García, D., Arreguín-Sánchez, M., Fernández-Nava, R. y Martínez-Hernández, E. (2011). Patrones estacionales de utilización de recursos florales por *Scaptotrigona hellwegeri* en la Estación de Biología Chamela, Jalisco, México. *Polibotánica*, 31, 89–119.
- Ramírez-Arriaga, E., Navarro-Calvo, L. A. y Díaz-Carbajal, E. (2011). Botanical characterisation of Mexican honeys from subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis. *Grana*, 50, 40–54. <https://doi.org/10.1080/00173134.2010.537767>
- Ramos-Díaz, A., San Roman-Ávila, D., Noriega-Trejo, R., Góngora-Chin, R., Sánchez-Contreras, A. y Rodríguez-Buenfil, I. (2015). *Catálogo de los principales tipos polínicos encontrados en las mieles producidas en la Península de Yucatán*. Mérida, Yucatán: CIATEJ. CEDESU. https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5f243c5652181.pdf
- Sánchez-Dzib, Y. L. A., Sosa-Nájera, S. y Lozano-García, M. S. (2009). Morfología polínica de especies de la selva mediana subperennifolia en la cuenca del Río Candelaria, Campeche. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 84, 83–104. <https://doi.org/10.17129/botsoci.2296>
- Sosa-Nájera, S. y Lozano-García, M. S. (2021). Dinámica Terrestre Superficial, Instituto de Geología (IGL), Base de datos de polen moderno Tekia (TEKIA), Base de datos de polen moderno Tekia (POL). En *Portal de Datos Abiertos UNAM* (en línea), México, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: <https://datosabiertos.unam.mx/biodiversidad/>
- Sousa, M. (2009). La Sect. Punctati del género *Lonchocarpus* (Leguminosae, Papilionoideae, Millettieae) para Mesoamérica. *Novon*, 19, 239–255. <https://doi.org/10.3417/2007079>
- Sousa, M. y Peña-de Sousa, M. (1981). New World Lonchocarpaceae. En R. M. Polhill y P. H. Raven (Eds.), *Advances in legume systematics, Part 1*. Richmond, Surrey, UK: Royal Botanic Gardens, Kew.
- Sousa, M., Ricker, M. y Hernández, H. (2001). Tree species of the family Leguminosae in México. *Harvard Papers in Botany*, 6, 339–365. <http://www.jstor.org/stable/41761658>
- Sousa, M., Sotuyo, S. y Pedraza-Ortega, E. (2014). Sistemática de *Lonchocarpus* Sección Punctati (Fabaceae: Millettieae), basada en datos morfológicos y moleculares, con la descripción de nueve especies nuevas. *Acta Botanica Mexicana*, 109, 79–131. <https://doi.org/10.21829/abm109.2014.1148>
- Torres-Colín, L., Fuentes-Soriano, S. y Delgado-Salinas A. (2010). Estudio palinológico del género *Macroptilium* (Benth.) Urb. (Leguminosae) en México y Centroamérica. *Acta Botanica Mexicana*, 91, 51–69. <https://doi.org/10.21829/abm91.2010.291>
- von Taubert, P. (1894). III sb. Papilionatae-Dalbergieae-Lonchocarpaceae. *Natürlichen Pflanzenfamilien*, 3, 341–348.