



Acta Botanica
Mexicana

Morfología polínica de dos especies de *Lobelia* (Campanulaceae, Lobelioideae) restringidas al occidente y noroeste de México

Pollen morphology of two species of *Lobelia* (Campanulaceae, Lobelioideae) restricted to western and northwestern Mexico

María Guadalupe Pulido-Ávila¹ , Leticia Hernández-López^{2,5} , Arturo Castro-Castro^{3,4} 

Resumen:

Antecedentes y Objetivos: *Lobelia* es el género más diverso de Campanulaceae con 442 especies; 86 se encuentran en México. El complejo *Lobelia macrocentron* incluye cinco especies que son endémicas del país y tienen distribución restringida. La morfología polínica de *Lobelia* es poco conocida; por ello, el objetivo del presente trabajo fue analizar y caracterizar la morfología del polen de *Lobelia macrocentron* y *L. villaregalis*, para determinar si existen caracteres diagnósticos que permitan diferenciarlas.

Métodos: Los granos de polen obtenidos a partir de flores de ejemplares de herbario se acetolizaron con base en la técnica de Erdtman, se montaron en laminillas y se analizaron utilizando microscopio de luz. En veinte granos de polen por cada especie se midieron nueve variables morfológicas: forma, polaridad, eje polar y diámetro en la vista ecuatorial, relación P/E (eje polar/diámetro ecuatorial), diámetro del eje ecuatorial en la vista polar; tipo, número y posición de las aberturas.

Resultados clave: *Lobelia macrocentron* y *L. villaregalis* pueden distinguirse con base en características morfológicas del polen. Las variables que las diferencian fueron forma, tamaño y ornamentación de los granos de polen.

Conclusiones: El análisis de la morfología polínica de las especies estudiadas mostró que ambas presentan características exclusivas por lo que puede ser una herramienta de utilidad taxonómica en este grupo.

Palabras clave: flores espolonadas, *Lobelia macrocentron*, *Lobelia villaregalis*, polen, sección *Stenotium*.

Abstract:

Background and Aims: *Lobelia* is the most diverse genus of Campanulaceae with 442 species; 86 occur in Mexico. The *Lobelia macrocentron* complex includes five endemic species to the country with restricted distribution. The pollen morphology of *Lobelia* is poorly known; therefore, the objective of the present work was to analyze and characterize the pollen morphology of *Lobelia macrocentron* and *L. villaregalis* in order to determine if there are diagnostic traits that allow them to be differentiated.

Methods: Pollen grains obtained from flowers of herbarium specimens were acetolyzed following Erdtman's technique, mounted on slides, and analyzed using a light microscope. In twenty pollen grains per species, nine morphological variables were measured: shape, polarity, polar axis and equatorial diameter in equatorial view, P/E ratio (polar axis/equatorial diameter), equatorial diameter in polar view, as well as the type, number and position of apertures.

Key results: *Lobelia macrocentron* and *L. villaregalis* can be differentiated based on morphological characteristics of the pollen. The variables that differentiate them were the shape, size, and ornamentation of the pollen grains.

Conclusions: Analysis of the pollen morphology of the studied species showed that the two species have exclusive characteristics so it can be a useful tool in the taxonomy of this group.

Key words: *Lobelia macrocentron*, *Lobelia villaregalis*, pollen, spurred flowers, section *Stenotium*.

¹Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Botánica y Zoología, Laboratorio de Palinología, Zapopan, Jalisco, México.

²Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Departamento de Botánica y Zoología, Herbario Luz María Villarreal de Puga, Zapopan, Jalisco, México.

³Investigadores por México, SECIHTI - Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Durango, Durango, México.

⁴Jardín Etnobiológico Estatal de Durango - Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Unidad Durango, Durango, México.

⁵Autor para la correspondencia: leticia.hernandez@academicos.udg.mx

Recibido: 20 de junio de 2025.

Revisado: 5 de agosto de 2025.

Aceptado por Rosario Redonda Martínez: 22 de septiembre de 2024.

Publicado Primero en línea: 18 de noviembre de 2025.

Publicado: Acta Botanica Mexicana 132 (2025).

Citar como: Pulido-Ávila, M. G., L. Hernández-López y A. Castro-Castro. 2025. Morfología polínica de dos especies de *Lobelia* (Campanulaceae, Lobelioideae) restringidas al occidente y noroeste de México. Acta Botanica Mexicana 132: e2486. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm132.2025.2486>



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

e-ISSN: 2448-7589

Introducción

La familia Campanulaceae posee una amplia distribución mundial, agrupa ca. 2489 especies en 95 géneros (Govaerts, 2024). En este grupo, el género *Lobelia* L. se distingue como el segundo más diverso con aproximadamente 442 especies (Lammers, 2011; Govaerts, 2024). La clasificación infragenérica de *Lobelia* propuesta por Lammers (2011) se basa en caracteres morfológicos e incluye 18 secciones. En México, Campanulaceae está representada por 14 géneros y 118 taxones, destacando *Lobelia* por su riqueza con 86 especies (Gutiérrez-Sánchez et al., 2018; Rzedowski, 2019; Pérez-Pérez et al., 2022), las cuales corresponden a cinco de las 18 secciones conocidas (Rzedowski, 2019). De los 86 taxones mexicanos de *Lobelia*, 55 se agrupan en la sección *Stenotium* (Presl) Lammers (Rzedowski, 2019). Su distribución principal se encuentra en comunidades de *Quercus-Pinus* con menor presencia en bosques tropicales caducifolios, perennifolios y mesófilo de montaña; algunas especies se desarrollan en hábitats acuáticos, semiacuáticos y áridos (Rzedowski, 2019).

En la sección *Stenotium* del género *Lobelia* se incluye el complejo *Macrocentron* que está conformado por cinco especies en peligro de extinción, endémicas de México y con distribución restringida (Ayers, 1987, 1990; Ávila-González et al., 2018; Gutiérrez-Sánchez et al., 2018; Hernández-López y Munguía-Lino, 2023). Cuatro de ellas se localizan en la Sierra Madre Occidental (*L. knoblochii* T.J. Ayers, *L. macrocentron* (Benth.) T.J. Ayers, *L. mcvaughii* T.J. Ayers y *L. saturnini* Art. Castro & I. Gut.) (Ávila-González et al., 2018; Gutiérrez-Sánchez et al., 2018), mientras que una, *L. villaregalis* T.J. Ayers, se encuentra en la Faja Volcánica Transmexicana (Ayers, 1987, 1990; Hernández-López y Munguía-Lino, 2023). Las especies que integran el complejo *Macrocentron* se caracterizan por ser hierbas perennes de crecimiento decumbente o procumbente, sus pedicelos permanecen erectos y estáticos durante la maduración del fruto y sus corolas son rosadas o rosado-moradas con espolón (Ayers, 1987; Gutiérrez-Sánchez et al., 2018). De este grupo, *L. macrocentron* y *L. villaregalis* presentan la mayor similitud morfológica (Ayers, 1987) (Fig. 1).

Aunque *Lobelia macrocentron* y *L. villaregalis* comparten características como racimos pedunculados y corolas con espolones largos y cilíndricos, es posible dis-

tinguir las mediante una combinación de caracteres macro-morfológicos (Ayers, 1987; Gutiérrez-Sánchez et al., 2018; Ávila-González et al., 2018): *Lobelia macrocentron* se diferencia por sus hojas estrechamente ovadas a orbiculares o reniformes, que son enteras o serruladas, a diferencia de las hojas ovadas a suborbiculares y profundamente dentadas de *Lobelia villaregalis*. Además, *L. macrocentron* tiene brácteas florales más cortas (3.5-4 mm vs. 5.5-8.5 mm) y estambres de mayor longitud (7 mm vs. 5 mm). Los lóbulos inferiores de la corola en *L. macrocentron* son también más cortos ((4-)7-9.8(-12) mm × 2.8-3.5 vs. 11-12 × 6-7 mm) en comparación con *L. villaregalis*. Cabe destacar que ambas especies son alopátricas (Ayers, 1990), sus relaciones filogenéticas aún no han sido evaluadas y tampoco han sido incluidas en estudios de morfología polínica.

La palinología es una herramienta valiosa con múltiples aplicaciones en diversas disciplinas científicas. En el ámbito académico se utiliza en la sistemática, la biogeografía histórica, la paleontología, y los estudios sobre cambio climático y otras áreas de las ciencias de la tierra (Sáenz de Rivas, 1978). Sus aplicaciones se extienden a campos como la medicina para el estudio de las alergias, la ciencia forense y la melisopalínología que determina la calidad y origen geográfico de las mieles (Córdova-Córdova et al., 2013). En el campo de la taxonomía la diversidad morfológica del polen ha resultado ser útil para delimitar tribus, géneros y en algunos casos especies (Díez y Valdés, 1991; Hargrove y Simpson, 2003; Meudt, 2016; Ruiz-Domínguez et al., 2019; Taia, 2022; Li et al., 2023). Un ejemplo es la familia Campanulaceae, en la que varios autores han utilizado la morfología del polen como un criterio importante para analizar distintas categorías taxonómicas infrafamiliares (Chapman, 1966; Thulin, 1975; Dunbar, 1984). En ese sentido, Eddie et al. (2003) realizaron un análisis filogenético con base en secuencias genéticas nucleares, morfología polínica, morfología de la cápsula y distribución geográfica, entre otros caracteres, logrando identificar dos clados principales dentro de la familia. Sin embargo, solo incluyeron tres taxones de *Lobelia*.

Los estudios palinológicos en Campanulaceae iniciaron con Avetisjan (1973, 1986), quien notó la variación morfológica del polen en la familia y sugirió sus tendencias evolutivas con base en los tipos de abertura. Chapman



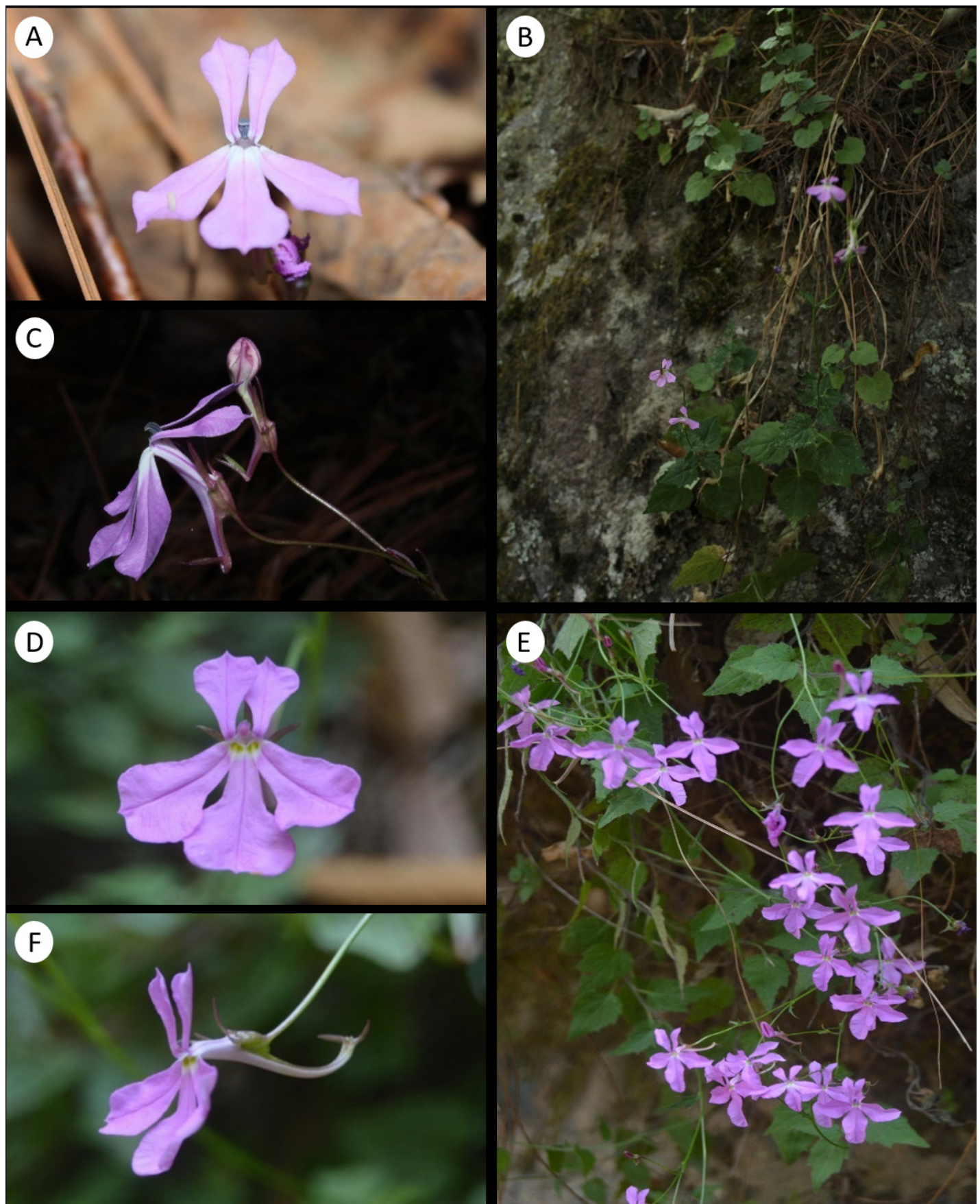


Figura 1: A. *Lobelia macrocentron* (Benth.) T.J. Ayers, vista frontal; B. hábito; C. vista lateral; D. *Lobelia villaregalis* T.J. Ayers, vista frontal; E. hábito; F. vista lateral. Fotografías: Arturo Castro-Castro (A-C) y Darío Figueroa García (D-F).

(1966) también estudió el polen de la familia, considerando 21 géneros y 31 especies, pero solo una de *Lobelia*. Dunbar (1973, 1975, 1984) y Dunbar y Wallentinus (1976) ampliaron los estudios previos incorporando cinco *Lobelias*: *L. cliffortiana* L., *L. erinus* L., *L. spicata* Lam., *L. tenuis* R. Br. y *L. cardinalis* L. Asimismo, Ayers (1990) analizó el polen de *Heterotoma flexuosa* (C. Presl) McVaugh, *Heterotoma goldmanii* Fernald y *Lobelia mcvaughii* T.J. Ayers, especies que presentan corolas espolonadas que actualmente están incluidas en *Lobelia*. Otras aportaciones relacionadas con el polen de Campanulaceae incluyen las de Nowicke et al. (1992) y Morris y Lammers (1997). Por otra parte, Belmont-Fuentes (1996) realizó el tratamiento taxonómico y palinología de Campanulaceae y Sphenocleaceae del estado de Guerrero, México, incluyendo diez taxa de *Lobelia*.

En años recientes se han desarrollado bases de datos o bibliotecas de referencia para apoyar en la identificación de granos de polen; entre ellas, Global Pollen Project (Martin y Harvey, 2017), Australasian Pollen and Spore Atlas (APSA, 2025), Palynological Database desarrollada por la Universidad de Viena (PalDat, 2025) y The European Pollen Database (EPD, 2025). Estas plataformas en conjunto contienen información polínica de 13 especies de *Lobelia*. Únicamente tres de ellas, *L. xalapensis* Kunth, *L. cliffortiana* y *L. cardinalis*, se distribuyen en México, lo cual evidencia que la morfología del polen de *Lobelia* es poco conocida. Por otra parte, considerando que dentro del complejo *Macrocentron*, *Lobelia macrocentron* y *L. villaregalis*, presentan caracteres morfológicos similares y dado que la palinología es una herramienta de utilidad taxonómica, el objetivo del presente trabajo fue analizar y caracterizar la morfología el polen de *L. macrocentron* y *L. villaregalis* para determinar si existen caracteres diagnósticos entre las dos especies.

Materiales y Métodos

Las muestras del polen de *L. macrocentron* y *L. villaregalis* se obtuvieron de flores abiertas de material herborizado y depositado en el herbario Luz María Villarreal de Puga del Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG) y en el herbario Mtra. Graciela Calderón Díaz-Barriga y Dr. Jerzy Rzedowski del CIIDIR Unidad Durango del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR) (acrónimos cita-

dos según Thiers, 2024). El polen se acetolizó siguiendo la técnica de Erdtman (1943) que consiste en el tratamiento previo de las muestras con hidróxido de potasio (KOH) al 10%. Los pasos siguientes fueron: 1) Tamizar y por 5 min colocar en una centrifuga Labogene 1248 (Gyrozen, Korea del Sur); 2) Agregar ácido acético glacial; 3) Colocar en baño maría con la mezcla acetolítica (una parte de ácido sulfúrico concentrado por nueve partes de anhídrido acético) por 10 min; 4) Agregar nuevamente ácido acético glacial; 5) Lavar las muestras dos veces con agua destilada; 6) Agregar agua y glicerina a partes iguales y dejar reposar 24 h. En cada paso se centrifugaron las muestras por 5 min. Se procedió a realizar el montaje en gelatina glicerínada para elaborar las laminillas correspondientes para su observación.

En el microscopio de luz (ML), Zeiss AxioLab A1 (Jena, Alemania) con cámara integrada (AxioCam 208 color, 8 megapíxeles), a un aumento de 100× se seleccionaron 20 granos de polen al azar de cada especie. En cada grano se observaron y midieron las siguientes características morfológicas: forma, polaridad, eje polar (P) y diámetro en la vista ecuatorial (E), relación P/E (eje polar/diámetro ecuatorial, el cual se obtuvo de las medidas en vista ecuatorial), diámetro del eje ecuatorial en la vista polar; tipo, número y posición de las aberturas. Todas las mediciones se capturaron en una tabla de Excel y se calcularon manualmente los valores promedio de cada variable analizada. La determinación de la forma de los granos isopolares se basó en Erdtman (1972), tomando como criterio principal la relación P/E. La terminología utilizada se basó en Erdtman (1972), Faegri e Iversen (1975), Sáenz de Rivas (1978), Punt et al. (2007) y Sáenz (2004).

Resultados

A continuación, se describe la morfología de los granos de polen de las dos especies de *Lobelia*. Los valores entre paréntesis corresponden a la media de las medidas.

Lobelia macrocentron (Benth.) T.J. Ayers. (Fig. 2).

Polen isopolar, radiosimétrico, oblado esferoidal, 17(19.8)29 × 16(23.15)25 µm. P/E=0.85 µm (Fig. 2A); vista polar convexa 20(22.82)25 µm de diámetro (Fig. 2B); tricolporado, colpo 13(15.85)25 µm de largo con membrana col-





Figura 2: Características del polen de *Lobelia macrocentron* (Benth.) T.J. Ayers 1000x. A, C, E. vista ecuatorial. B, D, F. vista polar. A. corte óptico en vista ecuatorial polen oblado esferoidal; B. corte óptico en vista polar donde se observa el grosor de la exina; C. vista de la superficie detalle del endoporo; D, E. detalle de la ornamentación. F. detalle de la membrana colp. Escala: 10 μ m. Fotografías: María Guadalupe Pulido-Ávila.

pal, endoporo circular 7.6 μ m de ancho, 7.5 μ m de largo (Fig. 2C); mesocolpio 13.75 μ m; exina semitectada 1(1.17)1.5 μ m de grosor, adelgazándose a nivel de las aberturas, nexina de grosor similar a la sexina (aunque difícil de observar); ornamentación reticulada, homobrocada (Fig. 2D, E); apocolpio 3.05 μ m, índice del área polar 0.13 μ m (Fig. 2F, Cuadro 1).

Material estudiado: MÉXICO. Sinaloa, Concordia, Ejido El Palmito, 2499 m, 23°35'12.6"N, 105°50'36.3"O, 08.III.2018, H. Ávila-González et al. 324 (CIIDIR).

Lobelia villaregalis T.J. Ayers. (Fig. 3).

Polen isopolar, radiosimétrico, prolado de 29(32.85)37 $\times$ 21(23.7)26 μ m. P/E=1.38 μ m (Fig. 3A); vista polar circular 28(32.02)35 μ m de diámetro (Fig. 3B); tricolporoidado, en-

doporo poco evidente, se observa una constricción (Fig. 3C), razón por la cual no fue medido, colpo 22(24.55)27 μ m de largo, presenta membrana colp granular, mesocolpio 12.9 μ m; exina semitectada 1(1.09)2 μ m de grosor, nexina casi inexistente y menor que la sexina con báculos capitados; ornamentación estriada reticulada heterobrocada (Fig. 3D); apocolpio 4.1 μ m, índice del área polar 0.12 μ m, los granos de polen en vista polar son parasincolpados, solo ca. 3% son sincolpados (Cuadro 2).

Material estudiado: MÉXICO. Jalisco, Zapopan, Bosque La Primavera, arroyo al SE de la Venta del Astillero, 1550-1565 m, 20°43'00"N, 103°32'20"O, 23.II.2010, L. Hernández-López et al. 1011 (IBUG); Bosque La Primavera "El Espinazo", 2070 m, 20°35'04"N, 103°32'01"O, 05.V.2009, L. Hernández-López y M. Harker 1031 (IBUG).



Cuadro 1: Valores de las mediciones realizadas a 20 granos de polen de *Lobelia macrocentron* (Benth.) T.J. Ayers. Todas las medidas están expresadas en micras (μm). En la última línea se muestran los valores mínimos y máximos.

Eje polar (P)	Vista ecuatorial					Vista polar				
	Diámetro ecuatorial (E)	Mesocolpio	Exina	Colpo	Poro		Diámetro en vista polar	Apocolpio	Índice del área polar	Exina
					Ancho	Largo				
25	16	8	1.5	19	7	4	25	3	0.12	1
29	24	10	1.5	25	7	6	25	3	0.12	1.5
20	25	15	1	14	7	6	23.5	4	0.17	1.5
22	19	8	1.5	18	10	10	23	3	0.13	1.5
20	24	15	1	18	6	6	23	2	0.08	1
18	24	18	1	15	8	8	22	4	0.18	1.5
18	23	11	1.5	14	8	8	21	2	0.09	1
18	24	18	1.5	14	9	8	22	4	0.18	1.5
19	23	12	1.5	15	7	8	23	3	0.13	1.5
18	24	15	1	15	7	8	25	4	0.16	1
21	24	14	1	18	7	8	25	3	0.12	1
17	23	14	1	14	6	8	21	2.5	0.11	1
20	25	17	1.5	16	8	7	22	2.5	0.11	1.5
19	23	14	1	15	11	7	22	3	0.13	1.5
18	24	17	1	13	10	8	22	3	0.13	1
20	22	14	1	15	9	10	20	3	0.15	1
20	23	14	1	15	8	9	23	3	0.13	1.5
20	23	13	1	17	6	7	24	3	0.12	1.5
17	25	13	1	13	5	7	23	3	0.13	1
19	24	15	1	14	6	7	22	3	0.13	1.5
17-29	16-23	10-17	1-1.5	13-25	5-11	4-10	20-25	2-4	0.08-0.16	1-1.5

Discusión

Los análisis de polen de *Lobelia macrocentron* y *L. villaregalis* revelaron características morfológicas que permiten diferenciarlas. En este trabajo se describe por primera vez la morfología polínica de ambas especies. El polen de *L. macrocentron* es oblado esferoidal tricolporado, con un poro circular de 7.6 μm de ancho por 7.5 μm de largo, ornamentación reticulada y exina de 1.17 μm de grosor. Por otro lado, el polen de *L. villaregalis* es prolado, tricolporoidado, con ornamentación estriada reticulada, presentan vista polar circular y un grosor de exina de 1.09 μm .

La morfología general del polen de ambas especies coincide con descripciones previas de la subfamilia Lobeioideae y del género *Lobelia*. Por ejemplo, Erdtman (1972) señaló que los granos de polen en la subfamilia Lobeioideae son 2(3)4, colporoidados y prolados, con eje polar

de 20-65 μm , presentan sexina más gruesa que la nexina, pueden ser pilados o no y sin espínulas. De manera similar, Dunbar (1984) encontró en el género *Lobelia* granos tricolporados o tricolporoidados con formas que varían de esferoidal a prolada o subprolada, con tamaño variable (24 $\times$ 16 - 47 $\times$ 24 μm) y ornamentación reticulada-estriada, lo cual concuerda con las características de las muestras analizadas aquí. Ayers (1990) también coincidió con estas descripciones al estudiar especies como *L. flexuosa* (C. Presl.) A. DC., *L. mcvaughii* y *L. pringlei* S. Watson. Las descripciones previas coinciden con las características de los ejemplares aquí analizados, pues presentan tres aberturas (*L. macrocentron* con polen tricolporado y en *L. villaregalis* es tricolporoidado) y se ubican en el amplio rango de tamaño sugerido por Dunbar (1984). Además, la ornamentación estriada/reticulada coincide con *L. villaregalis*.



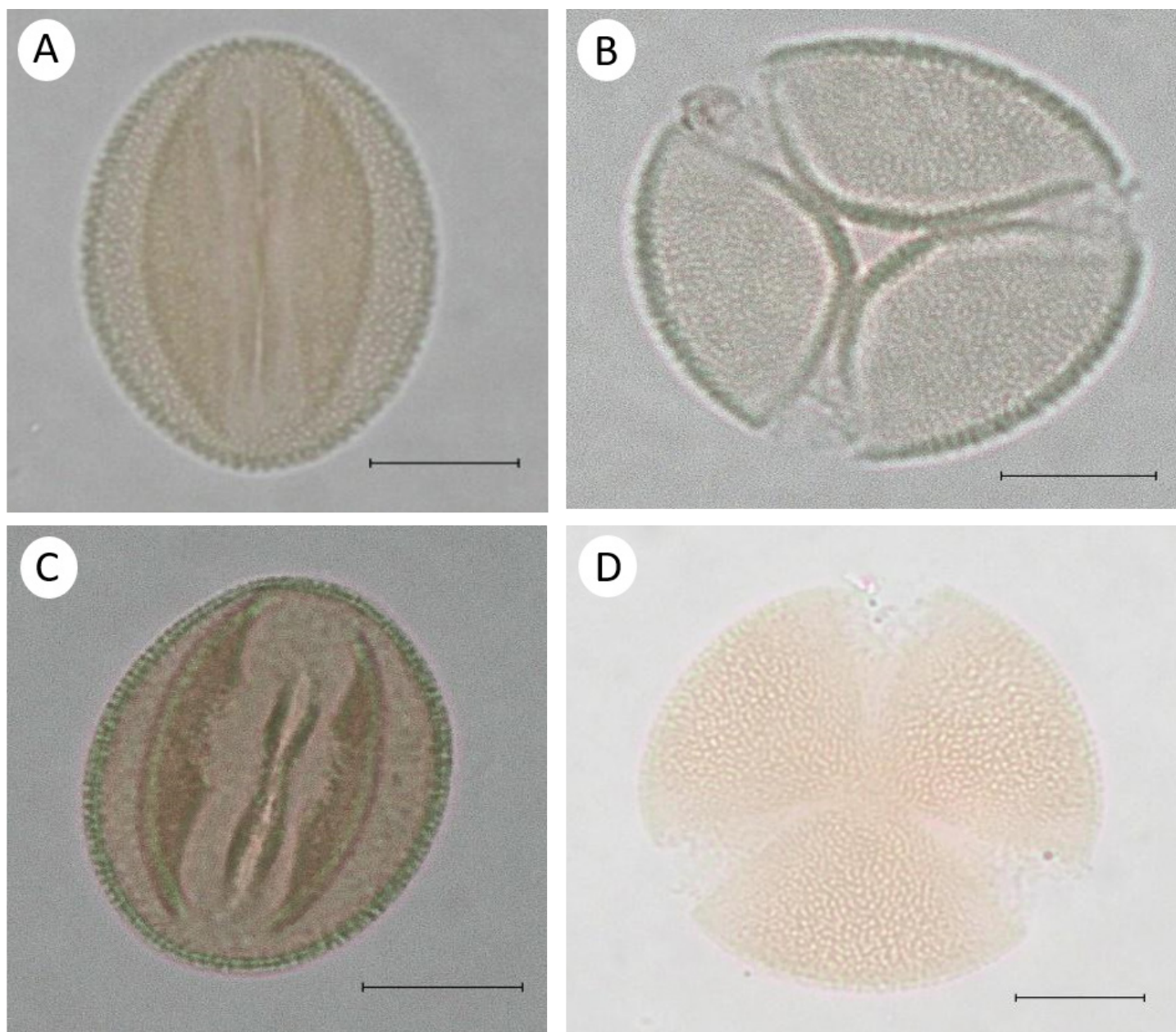


Figura 3: Características del polen de *Lobelia villaregalis* T.J. Ayers 1000x. A. detalle de la ornamentación; B. corte óptico donde se observa la membrana colpal y la sincolpía; C. detalle de las aberturas; D. polen parinsolpado con detalle de la ornamentación. A, C. vista ecuatorial. B, D. vista polar; Escala: 10 µm. Fotografías: María Guadalupe Pulido-Ávila.

Por otra parte, Dunbar (1975) en su estudio palinológico de Campanulaceae, que incluyó tres especies de *Lobelia* (*L. anceps* L., *L. dortmanna* L. y *L. zeylanica* L.), obtuvo resultados que coinciden con los obtenidos en el presente trabajo en cuanto a la ornamentación (reticulada o estriada-reticulada) y forma (prolado en *Lobelia anceps* al igual que en *L. villaregalis*). No obstante, Dunbar (1975) describió las aberturas del polen de las tres *Lobelias* antes mencionadas como tricolpadas, difiriendo de los granos tricolporoidados

observados en *L. villaregalis* y tricolporados en *L. macrocentron*.

Por otro lado, los resultados aquí obtenidos no concuerdan completamente con los de Belmont-Fuentes (1996), quien describió la mayoría de los granos de polen de *Lobelia* esferoidales con exina de 1.9 a 2.1 µm de grosor, con excepción de *Lobelia aguana* E. Wimm. (suboblados) y *L. laxiflora* Kunth (subprolados). Sin embargo, en el presente estudio, los granos son prolados en *L. villaregalis* y oblado-

Cuadro 2: Valores de las mediciones realizadas a 20 granos de polen de *Lobelia villaregalis* T.J. Ayers. Todas las medidas están expresadas en micras (μm). En la última línea se muestran los valores mínimos y máximos.

Vista ecuatorial					Vista polar			
Eje polar (P)	Diámetro ecuatorial (E)	Mesocolpio	Exina	Colpo	Diámetro en vista polar	Apocolpio	Índice del área polar	Exina
37	25	15	1.2	27	33.5	4	0.11	1
33	24	15	1	23	33	4	0.12	1
36	23	13	1	27	34	5	0.14	1
34	26	14	1.5	26	32	5	0.15	1
33	24	15	1	23	34	5	0.14	1
33	24	12	2	25	32	4	0.12	1
37	24	12	1.2	26	31	4	0.12	1
34	24	13	1	26	30	5	0.16	1
34	25	13	1	23	32	4	0.12	1
34	25	14	1	22	31	4	0.12	1
32	25	12	1	27	35	4	0.11	1
31	21	12	1	25	34	4	0.11	1
32	24	12	1	24	32	3	0.09	1
30	23	13	1	23	33	3	0.09	1
31	22	12	1	25	32	3	0.09	1
33	26	13	1	25	30	4	0.13	1
29	21	11	1	23	34	4	0.11	1
31	22	12	1	23	31	4	0.12	1
30	23	13	1	23	29	4	0.13	1
33	23	12	1	25	28	5	0.17	1
29-37	21-26	11-15	1-2	22-27	28-35	3-5	0.09-0.17	1

esferoidales en *L. macrocentron* y la exina tiene menor grosor en ambas.

A pesar de estas diferencias, hubo coincidencias con la mayoría de los granos de las *Lobelias* estudiadas que son tricolporados a tricolporoidados. Belmont-Fuentes (1996) también incluyó a *Heterotoma cordifolia* (Hook. & Arn.) McVaugh y *H. lobelioides* Zucc., taxones que actualmente son reconocidas como parte de *Lobelia* (Ayers, 1990), y las describe con polen esferoidal, aberturas tricolporoidadas a ligeramente tricolpadas y exina de 1.9-2 μm de grosor. La única coincidencia con los resultados obtenidos en este estudio es la condición tricolporoidada de *L. villaregalis*.

Al comparar los resultados de García De Albano y Slanis (2006), quienes realizaron un estudio polínico de especies de Campanulaceae en Tucumán, Argentina, en el cual incluyeron a *Lobelia nana* Kunth y *L. xalapensis* Kunth, esta

última presente en México, con la información obtenida para *L. macrocentron* y *L. villaregalis* se encontraron coincidencias parciales en el grosor de la exina. Solo *L. villaregalis* presentó granos prolados, pero difiere en las demás características.

Se ha sugerido que la forma de los granos de polen frescos puede cambiar con el proceso de herborización (granos secos) (Ayers, 1990). Así mismo, al comparar los granos de polen de muestras acetolizadas con granos que no han pasado por ese proceso, el tamaño puede variar (Nair, 1970). La técnica de acetólisis propuesta por Erdtman (1943) es el método más utilizado para analizar granos de polen. Este procedimiento elimina la intina y mantiene la exina, que posee los principales caracteres que facilitan la comparación morfológica entre especies y garantiza la homogeneidad en los análisis palinológicos. La mezcla acetolítica destruye



todo material que acompaña al polen, como restos de hojas o flores cuyo componente principal es la celulosa, por esta razón, la acetólisis es uno de los mejores métodos para purificar las muestras polínicas para ser analizadas (Sáenz de Rivas, 1978).

Una revisión de la morfología del polen de 16 especies mexicanas de *Lobelia* estudiadas por diversos autores, resumida en el Cuadro 3, permite identificar patrones comunes y diferencias. La forma de los granos vista en corte ecuatorial es predominantemente esferoidal (69.23%), seguida de prolado (7.69%) y mezclas de las anteriores; subprolado, suboblado y oblado-esferoidal con 7.69% cada uno. Sin embargo, estas cifras no incluyen datos de dimen-

siones de *L. flexuosa*, *L. mcvaughii* y *L. pringlei*, dado que no hubo información disponible. La forma de la vista polar, en su mayoría, es semicircular (75%) y en menor proporción convexa, circular y semicircular-elíptica (25%).

El índice del área polar tiende a ser pequeño en todas ellas según la caracterización de Iversen y Troels-Smith (1950).

Las aberturas predominantes son tricolporoidadas, ya sean solas o combinadas (tricolporoidada-tricolpada, tricolporoidada-tricolporada), presentes en 68.75% de los taxones, seguidas de la forma tricolporada (31.25%). La ornamentación del polen frecuente es punctitegilada (62.5%) con varias combinaciones (punctitegilada-microrreticulada,

Cuadro 3: Comparación de la morfología polínica de las especies mexicanas del género *Lobelia* L. (modificado de Belmont-Fuentes, 1996). P/E=relación eje polar/diámetro ecuatorial. Forma (VE)=Forma de la vista ecuatorial. E=esferoidal. Forma (VP)=Forma de la vista polar. Sem=semicircular. Sem-e=semicircular-elíptica. IAP=índice del área polar. P=Pequeño. Todas las medidas están expresadas en micras (μm).

Especie	Abertura	Ornamentación	Vista ecuatorial (μm)	P/E	Forma (VE)	Vista polar (μm)	Forma (VP)	IAP	Fuente
<i>Lobelia aguana</i> E. Wimm.	Tricolporoidado-tricolporado	Punctitegilado	31.9 $\times$ 35.9	0.88	Suboblado	39.2	Sem	P	Belmont-Fuentes (1996)
<i>L. cardinalis</i> L.	Tricolpado-tricolporoidado	Punctitegilado	29.4 $\times$ 31.3	0.93	E	35.7	Sem-e	P	Chapman (1996); Belmont-Fuentes (1996)
<i>L. cliffortiana</i> L.	Tricolporado	Reticulado-estriado	27 $\times$ 27	1	E	—	—	—	Dunbar (1984)
<i>L. cordifolia</i> Hook. & Arn.	Tricolporoidado-tricolpado	Punctitegilado-microrreticulado	24.6 $\times$ 24.7	0.99	E	29.8	Sem	P	Belmont-Fuentes (1996)
<i>L. flexuosa</i> (C.Presl) A.DC.	Tricolporado	Reticulado-estriado	36 $\times$ 18	—	—	—	—	—	Ayers (1990)
<i>L. gruina</i> Cav. var. <i>peduncularis</i> McVaugh	Tricolporoidado	Punctitegilado-microrreticulado	37.5 $\times$ 38.2	0.98	E	41	Sem	P	Belmont-Fuentes (1996)
<i>L. laxiflora</i> Kunth <i>laxiflora</i>	Tricolporoidado	Psilado-punctitegilado	35.6 $\times$ 29.3	1.21	Subprolado	36	Sem	P	Belmont-Fuentes (1996)
<i>L. lobelioides</i> (Zucc.) Koopman & T. J. Ayers	Tricolporoidado-tricolpado	Punctitegilado-microrreticulado	28.8 $\times$ 29.1	0.98	E	32.2	Sem	P	Belmont-Fuentes (1996)
<i>L. longicaulis</i> Brandegees	Tricolporoidado-tricolpado	Punctitegilado-microrreticulado	37.9 $\times$ 35.8	1.05	E	39.4	Sem	P	Belmont-Fuentes (1996)



Cuadro 3: Continuación.

Especie	Abertura	Ornamentación	Vista ecuatorial (µm)	P/E	Forma (VE)	Vista polar (µm)	Forma (VP)	IAP	Fuente
<i>L. mcvaughii</i> T.J. Ayers	Tricolporado	Reticulado-estriado	14 × 14	—	—	—	—	—	Ayers (1990)
<i>L. occidentalis</i> McVaugh & Huft	Tricolporoidado	Punctitegilado- microrreticulado	31.7 × 34	0.93	E	32.8	Sem	P	Belmont- Fuentes (1996)
<i>L. pringlei</i> S. Watson	Tricolporado	Reticulado	—	—	—	—	—	—	Ayers (1990)
<i>L. pulchella</i> Vatke	Tricolporoidado	Punctitegilado- microrreticulado	31.7 × 34.3	0.92	E	40.2	Sem	P	Belmont- Fuentes (1996)
<i>L. xalapensis</i> Kunth	Tricolpado- tricolporoidado	Psilado- punctitegilado	33.2 × 35.6	0.93	E	37.6	Sem	P	Belmont- Fuentes (1996), García de Albano y Slanis (2006)
<i>L. macrocentron</i> (Benth.) T.J. Ayers	Tricolporado	Reticulado	19.8 × 23.15	0.85	Oblado- esferoidal	22.82	Convexa	P	Este trabajo
<i>L. villaregalis</i> T.J. Ayers	Tricolporoidado	Estriado-reticulado	32.85 × 23.7	1.38	Prolado	32.025	Circular	P	Este trabajo

psilada-punctitegilada y punctitegilada), seguida de estriada (estriada-reticulada, reticulada-estriada) con 25% y, por último, reticulada con 12.5%.

La mayor variabilidad morfológica del polen entre las especies mexicanas de *Lobelia* radica en las dimensiones de los granos tanto en vista polar como ecuatorial (Cuadro 3). Estas medidas, combinadas con otras características, resultan únicas para cada taxón. No obstante, se reconoce que estos patrones pueden cambiar a medida que se estudie un mayor número de taxones de este género que es tan diverso. En conclusión, estos resultados confirman que la palinología es una herramienta efectiva en estudios taxonómicos, permitiendo distinguir a especies morfológicamente similares del género *Lobelia*.

Contribución de autores

Conceptualización: LHL; Trabajo de laboratorio: MGPA; Análisis de datos: MGPA, LHL; Redacción - revisión y edición: LHL, MGPA, ACC.

Financiamiento

Este trabajo fue financiado con recursos propios de los autores.

Agradecimientos

Agradecemos a Darío Figueroa García por facilitar algunas fotografías de las plantas en campo y por la edición de los cuadros y fotografías. También a Heriberto Ávila González por su ayuda en la recolección de muestras y a Servando Carvajal por revisar parte de la redacción del manuscrito. Nuestro agradecimiento a los revisores anónimos y a las editoras, sus comentarios enriquecieron este trabajo.

Declaración de disponibilidad de datos

El conjunto de datos que apoya los resultados de este estudio fue publicado en SciELO Data y puede ser accedido en <https://doi.org/10.48331/SCIELODATA.0E9VLU>



Literatura citada

- APSA. 2025. Australasian Pollen and Spore Atlas. <https://apsa.anu.edu.au/> (consultado febrero de 2025).
- Avetisjan, E. M. 1973. Palynology of the Order Campanulales s.l. In: Kuprianova, L. A. (ed.). Pollen and Spore Morphology of the Recent Plants. Proceedings 3rd International Palynological Conference 1971. Novosibirsk, Rusia. Pp. 90-93.
- Avetisjan, E. M. 1986. Palynomorphology of the families Campanulaceae, Sphenocleaceae, and Pentaphragmataceae. Botanicheskii Zhurnal (Moscow & Leningrad) 71(8): 1003-1010.
- Ávila-González, H., J. G. González-Gallegos, J. Rubio-Cardoza y A. Castro-Castro. 2018. The rediscovery of *Lobelia macrocentron* (Campanulaceae) after 169 years, with notes on the morphology, habitat and conservation status. Phytotaxa 374(3): 268-272. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.374.3.9>
- Ayers, T. J. 1987. Four species from western Mexico new to *Lobelia* (Campanulaceae: Lobelioideae). Brittonia 39(4): 417-422. DOI: <https://doi.org/10.2307/2807317>
- Ayers, T. J. 1990. Systematics of *Heterotoma* (Campanulaceae) and the evolution of nectar spurs in the New World Lobelioideae. Systematic Botany 15(2): 296-327. DOI: <http://doi.org/10.2307/2419185>
- Belmont-Fuentes, F. H. 1996. Campanulaceae y Sphenocleaceae de Guerrero, Flora y Palinología. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F., México. 93 pp.
- Chapman, J. L. 1966. Comparative palynology in Campanulaceae. Transactions of the Kansas Academy of Science 69(3/4): 197-200. DOI: <https://doi.org/10.2307/3627415>
- Córdova-Córdova, C. I., E. Ramírez-Arriaga, E. Martínez-Hernández y J. M. Zaldívar-Cruz. 2013. Caracterización botánica de miel de abeja (*Apis mellifera* L.) de cuatro regiones del estado de Tabasco, México, mediante técnicas melisopalinológicas. Universidad y Ciencia 29(2): 163-178.
- Díez, M. J. y B. Valdés. 1991. Pollen morphology of the tribes Eritrichieae and Cynoglosseae (Boraginaceae) in the Iberian Peninsula and its taxonomic significance. Botanical Journal of the Linnean Society 107(1): 49-66. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1991.tb00214.x>
- Dunbar, A. 1973. A short report on the fine structure of some Campanulaceae pollen. Grana 13(1): 25-28. DOI: <https://doi.org/10.1080/00173137309428840>
- Dunbar, A. 1975. On pollen of Campanulaceae and related families with special reference to the surface ultrastructure: II. Campanulaceae subfam. Cyphioideae and subfam. Lobelioideae, Goodeniaceae, Sphenocleaceae. Botaniska Notiser 128(1): 102-118.
- Dunbar, A. 1984. Pollen morphology of Campanulaceae IV. Nordic Journal of Botany 4(1): 1-19. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1984.tb01961.x>
- Dunbar, A. y H. G. Wallentinus. 1976. On pollen of Campanulaceae III. A numerical taxonomic investigation. Botaniska Notiser 129(1): 69-72.
- Eddie, W. M. M., T. Shulkina, J. Gaskin, R. C. Haberle y R. K. Jansen. 2003. Phylogeny of Campanulaceae S. Str. inferred from its sequences of nuclear ribosomal DNA. Annals of the Missouri Botanical Garden 90(4): 554-575. DOI: <https://doi.org/10.2307/3298542>
- EPD. 2025. European Pollen Database. <https://epdweblog.org/> (consultado enero de 2025).
- Erdtman, G. 1943. An Introduction to pollen analysis. Chronica Botanica Company. Massachusetts, USA. 239 pp.
- Erdtman, G. 1972. Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms (An introduction to Palynology I), (corrected reprint to the edition 1952 with a new addendum). Hafner Publishing Company. New York, USA. 553 pp.
- Faegri K. y J. Iversen. 1975. Textbook of pollen analysis. 3rd revised edition. Hafner, Press. Munksgaard, Dinamarca. 295 pp.
- García De Albano, M. E. y A. C. Slanis. 2006. Estudio polínico de las Campanulaceae de la provincia de Tucumán (Argentina). Revista Brasileira de Paleontologia 9(1): 171-180. DOI: <https://doi.org/10.4072/rbp.2006.1.18>
- Govaerts, R. 2024. WCVP: World Checklist of Vascular Plants. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew. <http://sftp.kew.org/pub/data-repositories/WCVP/> (consultado abril de 2025).
- Gutiérrez-Sánchez, R. I., A. Castro-Castro, J. G. González-Gallegos, I. L. López-Enríquez y A. Frías Castro. 2018. Synopsis of the spurred species of *Lobelia* section *Stenotium* (Campanulaceae) in Sierra Madre Occidental, Mexico, and the description of two new species. Phytotaxa 338(1): 33-48. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.338.1.3>
- Hargrove, L. y M. G. Simpson. 2003. Ultrastructure of Heterocolpate Pollen in *Cryptantha* (Boraginaceae). International Journal of Plant Sciences 164(1): 137-151. DOI: <https://doi.org/10.1086/344548>



- Hernández-López, L. y G. Munguía-Lino. 2023. Distribución, estado de conservación y amenazas de *Lobelia villaregalis* (Campanulaceae) en el Bosque La Primavera, Jalisco. Botanical Sciences 101(3): 725-743. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.3274>
- Iversen, J. y J. Troels-Smith. 1950. Pollenmorphologische definitonen und typen. Danmarks Geologiske Undersøgelse Series 43(8): 1-54.
- Lammers, T. G. 2011. Revision of the infrageneric classification of *Lobelia* L. (Campanulaceae: Lobelioideae). Annals of the Missouri Botanical Garden 98(1): 37-62. DOI: <https://doi.org/10.3417/2007150>
- Li, M., C.-F. Tian, M. Idrees, M. Pathak, X.-H. Xiong, X.-F. Gao y X.-R. Wang. 2023. Pollen morphology in *Sorbus* L. (Rosaceae) and its taxonomic implications. Plants 12(18): 3318. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants12183318>
- Martin, A. C. y W. J. Harvey. 2017. The Global Pollen Project: a new tool for pollen identification and the dissemination of physical reference collections. Methods in Ecology and Evolution 8(7): 892-897. DOI: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12752>
- Meudt, H. M. 2016. Pollen morphology and its taxonomic utility in the Southern Hemisphere bracteate-prostrate forget-me-nots (*Myosotis*, Boraginaceae). New Zealand Journal of Botany 54(4): 475-497. DOI: <https://doi.org/10.1080/0028825X.2016.1229343>
- Morris, K. E. y T. G. Lammers. 1997. Circumscription of *Codonopsis* and the allied genera *Campanumoea* and *Leptocodon* (Campanulaceae: Campanuloideae). I. Palynological data. Botanical Bulletin of Academia Sinica 38: 277-284.
- Nair, P. K. K. 1970. Pollen Morphology of angiosperms - A historical and phylogenetic study. Vikas publishing House. Delhi, India. 160 pp.
- Nowicke, J. W., S. G. Shetler y N. Morin. 1992. Exine structure of pantoporate *Campanula* (Campanulaceae) species. Annals of the Missouri Botanical Garden 79(1): 65-80. DOI: <https://doi.org/10.2307/2399810>
- PalDat. 2025. Palynological Database. <https://www.paldat.org/> (consultado febrero de 2025).
- Pérez-Pérez, M. A., T. J. Ayers y J. D. Amith. 2022. A new species of *Lobelia* (Campanulaceae: Lobelioideae) from the Sierra Madre Oriental, Mexico. Phytotaxa 568(1): 001-007. DOI: <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.568.1.1>
- Punt, W., P. P. Hoen, S. Blackmore, S. Nilsson y A. Le Thomas. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. Review of Palaeobotany and Palynology 143(1-2): 1-81. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2006.06.008>
- Ruiz-Domínguez, C., A. P. Vovides y V. Sosa. 2019. Systematic relevance of pollen morphology in tribe Hylocereeae (Cactaceae). PhytoKeys 128: 121-140. DOI: <https://doi.org/10.3897/phytokeys.128.35842>
- Rzedowski, J. 2019. Inventario actualizado de las especies mexicanas de la familia Campanulaceae. Botanical Sciences 97(1): 110-127. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.2085>
- Sáenz de Rivas, C. 1978. Polen y Esporas: introducción a la palinología y vocabulario palinológico. Ed. H. Blume. Madrid, España. 219 pp.
- Sáenz, L. C. 2004. Glosario de términos palinológicos. Lazaroa 25: 93-112.
- Taia, W. K. 2022. Pollen grain diversity and application in taxonomy and evolution. Tackholmia 42(1): 27-42. DOI: <https://doi.org/10.21608/taec.2022.258213>
- Thiers, B. 2024. Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. <https://sweetgum.nybg.org/science/ih/herbarium-list/> (consultado mayo de 2025).
- Thulin, M. 1975. The genus *Wahlenbergia* s. lat. (Campanulaceae) in tropical Africa and Madagascar. Acta Universitatis Upsaliensis: Symbolae botanicae Upsalienses 21(1): 1-223.

