

CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LA MORFOLOGÍA
DE LOS GRANOS DE POLEN DEL GÉNERO *BOURRERIA* P. BROWNE
(BORAGINACEAE) DE MÉXICO

María Goreti Campos-Ríos
Rita G. Alfaro-Bates

Herbario CICY, Unidad de Recursos Naturales,
Centro de Investigación Científica de Yucatán.
Apartado 87 Cordemex. Mérida, Yucatán, 97310 México
e-mail: magoreti@cicy.mx; magoreti@yahoo.com.mx; rgalfaro@prodigy.net.mx

RESUMEN

Se estudia e ilustra la morfología de los granos de polen de 22 especies mexicanas del género *Bourreria* P. Browne, con base en observaciones de microscopía óptica (MO) y de barrido (MEB). Se encontraron variaciones en el tamaño, la forma, el tipo de las endoaberturas, y en los patrones de ornamentación cuando este carácter se analiza al MEB. Se presenta una clave para la identificación de las especies mexicanas de este género.

Palabras clave: polen, *Bourreria*, Boraginaceae, México.

ABSTRACT

Pollen morphology of 22 Mexican species of the genus *Bourreria* was studied and illustrated using LM and SEM. We found variations in size, shape, endoaperture types and sculpturing patterns during SEM analysis. A key to the Mexican species of this genus is presented.

Key words: pollen, *Bourreria*, Boraginaceae, Mexico.

INTRODUCCIÓN

El género *Bourreria* P. Browne tradicionalmente está considerado dentro de la familia Boraginaceae (Cronquist, 1981; Judd et al., 1999; Miller, 2001) aunque algunos autores lo colocan junto a *Ehretia* P. Browne en Ehretiaceae Lindl. (Watson y Dallwitz, 1992; Gottschling, 2001). El género está representado por alrededor de 50 especies distribuidas esencialmente en México, Centroamérica, norte de Suramérica, el Caribe y áreas adyacentes del sur de Florida y por mucho tiempo se consideró que era un taxón restringido al Nuevo Mundo (Willis, 1973), hasta que Thulin (1987), extendió sus límites geográficos al este de África, al incluir cinco especies anteriormente reconocidas como *Ehretia*.

Los caracteres que nos permiten ubicar al género *Bourreria* en las Boraginaceae, son sus hojas alternas, simples, enteras, con venación pinnada, sin estípulas, flores pentámeras, bisexuales y de simetría radial, pétalos connados, estambres fusionados a la corola, epipétalos, ovario súpero, bicarpelar, tetraloculado y la presencia de un óvulo por lóculo (Judd et al., 1999). Al-

gunos caracteres particulares del género son: la base del cáliz fusionada en un tubo, estilo terminal bifido y el fruto drupáceo o esquizocárpico.

Aún se tienen muchas dudas sobre las relaciones filogenéticas entre las Boraginaceae y se ha analizado la información cromosómica, embriológica, geográfica, morfológica, anatómica y morfología del polen para tratar de esclarecer esta divergencia de criterios obteniéndose resultados interesantes a nivel de género, encontrando que la separación de los mismos es artificial.

Erdtman (1969) analizando el polen de *Myosotis* y *Lithospermum* del Norte de Europa y Canadá, encontró una variación extrema en el tamaño del grano, así como en las aperturas y los caracteres del esporodermo en *Borago*, y propone un estudio detallado del polen en Boraginaceae. Nowicke y Ridgway (1973) encontraron en la familia diferentes tipos de polen y sugieren utilizar la morfología del polen como elemento que apoye la segregación de grupos complejos, como lo sugirió Johnston (1930) con base en caracteres morfológico. No obstante, aún son pocos los géneros de las Boraginaceae descritos palinológicamente, entre ellos *Borago* (Quiroz-García, 1985), *Tournefortia* (Nowicke y Skvarla, 1974), *Cordia* (Palacios-Chávez, 1985a) y *Ehretia* (Erdtman, 1952; Palacios-Chávez, 1985), pero la diversidad registrada se apoya en su segregación, en taxa supragenéricos e incluso a nivel de familia (Gottschling, 2000).

De *Bourreria* sólo se ha descrito el polen de: *B. rubra* E. J. Lott & J. S. Miller (Quiroz-García, 1997), *B. pulchra* (Millsp.) Greenm. (Palacios-Chávez, 1991) y Nowicke y Miller (1989) revisan el polen de *B. oxyphylla*

Standl. en una comparación con el de *Hoplostigma pierreanum* Gilg. (*Hoplostigmataceae*), dadas sus grandes semejanzas, empleando el término de márgenes meridionales para un carácter común a estos taxa.

Los estudios anteriores señalan la gran variabilidad que se presenta en Boraginaceae. Por consiguiente, el análisis morfológico del polen de las especies mexicanas de *Bourreria*, resulta importante como complemento de los estudios morfológicos o fenéticos básicos realizados para la separación de las especies.

Este trabajo forma parte de la revisión que se está realizando del género *Bourreria* P. Browne en México y pretende contribuir a conocer otro de los aspectos relevantes de la morfología del taxón, que nos pueden ayudar al reconocimiento de las especies.

MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras polínicas se obtuvieron de ejemplares de herbario de colecciones nacionales y extranjeras y se incluyen entre las 22 especies estudiadas, seis nuevas inéditas y once tipos.

El procesamiento se hizo siguiendo la técnica de Erdtman (1960) modificando en la acetólisis el tiempo de calentamiento de acuerdo con la reacción de nuestras muestras. Las preparaciones permanentes fueron montadas en gelatina glicerizada y selladas con barniz de uñas para su observación al microscopio óptico. Las laminillas de referencia están depositadas en la colección de polen reciente (Serie M), del Laboratorio de Palinología del Instituto de Geología (anotadas en el texto como IGLUNAM), en el herbario CICY y los duplicados serán distri-

buidos en los herbarios de procedencia de los ejemplares de referencia (anexo 1).

Para las observaciones al microscopio óptico (MO) se utilizó un microscopio ZEISS modelo Axioplan HB050, a 100x, y para la fotografía se utilizó película Plus X – Pan a 125 ó 400 ASA, en todos los casos se utilizó un filtro azul.

Se midieron y observaron las características de 25 granos de polen o los disponibles (si eran menos de 25) por especie al microscopio óptico.

Los caracteres considerados fueron para la vista ecuatorial, los ejes polar y ecuatorial, grosor de la exina, distancia entre los colpos, dimensiones de las aberturas, de los márgenes meridionales, y patrones de ornamentación. En la vista polar, el diámetro polar, distancia entre los colpos, y ornamentación en

los apocolpia. Posteriormente se calculó el índice del área polar (IAP) y la relación eje polar / ecuatorial (P/E). Las medidas se dan en μm , indicando el rango, y entre paréntesis el promedio. La terminología de Praglowski y Punt (1973) y Punt et al. (1994) se utilizó para la descripción de las características del polen.

Para el análisis al MEB las muestras de polen acetolizado y desecado en un gradiente de alcohol al 80%, 90%, 95% y 100%, fueron montadas y recubiertas con oro. Para su observación y fotomicrografía se utilizó un microscopio electrónico de barrido modelo Hitachi S2460N. Se tomaron fotomicrografías de la vista polar y ecuatorial x 2000, superficie del margen meridional y la ornamentación de la concavidad intercolpal (mesocolpia) x 7000, y cuando se encontraron granos fracturados, el detalle de la exina (base, columelas y tectum) x 15000.

Clave para separación de las especies mexicanas de *Bourreria*

1. Polen mediano	2
1. Polen grande	17
2. Subprolato a prolato-esferoidal.....	11
2. Suboblato a oblato-esferoidal.....	3
3. Suboblato.....	4
3. Oblato-esferoidal.....	6
4. Endoabertura lalongada.....	B. sonorae
4. Endoabertura circular.....	5
5. Endoabertura circular-annulada.....	B. hintonii
5. Endoabertura circular no annulada.....	B. veracruzana
6. Endoabertura circular annulada.....	7
6. Endoabertura circular no annulada.....	8
7. Mesocolpia con verrugas alargadas verticales.....	B. longiflora
7. Mesocolpia con verrugas de forma irregular.....	B. oxyphylla
8. Apocolpia psilados a escabrosos.....	9
8. Apocolpia verrugosos.....	10
9. Mesocolpia psilados a finamente verrugoso.....	B. andrieuxii
9. Mesocolpia verrugosos.....	B. formosa

10. Colpos con membranas finamente granulosas.....	B. huanita
10. Colpos con membranas escabrosas.....	B. aquilana
11. Endoabertura lolongada.....	B. rekoii
11. Endoabertura circular o lalongada.....	12
12. Mesocolpia gruesamente verrugosos.....	16
12. Mesocolpia escabroso a finamente verrugosos.....	13
13. Verrugas no aplanadas.....	14
13. Verrugas aplanadas.....	15
14. Membranas de los colpos escabrosas.....	B. purpusii
14. Membranas de los colpos finamente granulosas.....	B. sotoana
15. Endoabertura circular con fisuras transversales	B. obovata
15. Endoabertura circular-annulada.....	B. superba
16. Espacios punctados entre las verrugas.....	B. rubra
16. Sin espacios entre las verrugas	B. juquilana
17. Puente de sexina sobre los colpos presente.....	B. spatulata
17. Puente de sexina sobre los colpos ausente.....	18
18. Endoabertura lalongada.....	19
18. Endoabertura circular.....	20
19. Apocolpia y márgenes meridionales escabrosos.....	B. rowellii
19. Apocolpia y márgenes meridionales finamente verrugosos.....	B. maddougallii
20. Apocolpia y márgenes meridionales psilados a escabrosos.....	21
20. Apocolpia y márgenes meridionales gruesamente verrugosos.....	B. tuxtlensis
21. Endoabertura anulada	B. pulchra
21. Endoabertura no anulada	B. ovata

DESCRIPCIONES de los granos de polen

1. *Bourreria andrieuxii* (DC.) Hemsl., Rancho Seco, Mor., Vázquez 1176 (MEXU) Colección IGLUNAM M9124. Lámina I. Figs. 1 a 7.

Polen tricolporado, tectado-perforado, oblato-esferoidal de 40(44.3)48 x 45(48)51 μm . Vista polar hexagonal-obtusa de 46(49.84)58 μm de diámetro. P/E = 0.92. Exina de 2 μm de grosor en los mesocolpia, 3 μm en los márgenes meridionales, sexina más

gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Presencia de finos gránulos en los espacios intercolumnelares. Al MO los mesocolpia se observan fina y uniformemente verrugosos, con fisuras a lo largo de los márgenes meridionales que se unen en el apocolpio. Al MEB los mesocolpia se observa de psilados a finamente verrugosos. Apocolpia psilados a escabrosos; márgenes meridionales finamente verrugosos. Colpos de 25(31.3)36 μm de largo x 3(6.6)13 μm de ancho, con membranas finamente granulosas. Endoabertura lalongada de 2(6.3)10 μm de largo x 4(8.37)12 μm de an-

cho. Márgenes meridionales de $8(11.1)14$ μm de ancho. IAP = 0.43, mediana.

2. *Bourreria formosa* (DC.) Hemsl., Asunción Ixtaltepec, Chivela, Oax., Orcutt 3275 (MEXU). Colección IGLUNAM 8881. Lámina I. Figs. 8 a 14.

Polen tricolporado, tectado-perforado, oblato-esferoidal de $32(36.7)45 \times 36(40.5)44$ μm . Vista polar hexagonal-obtusa de $40(41.6)46$ μm de diámetro. P/E = 0.91. Exina de 1.5 a 2.5 μm de grosor en los mesocolpia hasta 3 μm en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO el mesocolpia se observa verrugoso, con verrugas irregulares en tamaño y forma de 1.5 a 4 μm . Apocolpia y márgenes meridionales densos, uniformemente verrugosos. Al MEB, los mesocolpia son claramente verrugosos, los márgenes meridionales y apocolpia densos en espesor y escabrosos. Colpos de $25(29.7)38$ μm de largo x $5(6.5)14$ μm de ancho, doblemente constreñidos en el ecuador. Membranas colpales escabrosas. Endoabertura circular de $4(4.7)8$ μm de diámetro. Márgenes meridionales de $5(7.4)10$ μm de ancho. IAP = 0.45, mediana.

3. *Bourreria hintonii* I. M. Johnst., Tecpan de Galeana, San Luis de La Loma, Gro. Hinton 10866 (GH). Colección IGLUNAM M9125. Lámina I. Figs. 15 a 20.

Polen tri- o tetracolporado, tectado-perforado, suboblato de $32(37.9)45 \times 42.5(48.2)53$ μm . Vista polar usualmente triangular-obtusa a cuadrangular de $42(50.29)57$ μm de diámetro. P/E = 0.79. Exina de 1.5 a 2.2 μm en los mesocolpia, hasta 3 μm de grosor en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO y en contraste de fases, los mesocolpia

se observan gruesamente verrugados a rugulados con las verrugas irregulares sinuosas y protuberantes, de 2 a 2.5 μm . Apocolpia y márgenes meridionales con verrugas más grandes y sinuosas que en los mesocolpia. Al MEB los mesocolpia presentan verrugas variables en forma y tamaño, algunas sinuosas. En los márgenes meridionales los elementos esculturales son más grandes y se disponen en capas concéntricas en los apocolpia. Colpos de $25(29.1)35$ μm de largo x $6(9)13$ μm de ancho, con membranas escabrosas. Endoabertura circular-annulada, de $6(8.7)10$ μm de diámetro. Márgenes meridionales engrosados de $2(2.1)2.5$ μm de ancho. IAP = 0.41, mediana.

4. *Bourreria huanita* (La Llave & Lex.) Hemsl., Iglesia de San Pedro de las Huertas, Jal. Campos-Ríos 3191 (CICY) Lámina II. Figs. 21 a 27.

Polen tri- o tetracolporado, tectado-perforado, oblato-esferoidal de $32(42.1)48 \times 36(41.5)46$ μm . Vista polar triangular, raramente tetragonal de $41(48.9)58$ μm de diámetro. P/E = 0.98. Exina de 2 a 3 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia se observan verrugosos, con verrugas de 1×1.5 μm . Apocolpia y márgenes meridionales verrugosos. Al MEB las verrugas de los mesocolpia se observan aplanadas y de contorno denticulado a causa de numerosas perforaciones. La superficie de los márgenes meridionales se observa escabrosa ecuatorialmente y verrugosa hacia los polos. Apocolpia finamente verrugosos. Colpos de $25(32.2)39$ μm de largo x $2(4.5)12$ μm de ancho con membranas finamente granulosas. Endoabertura circular de $4(6.3)9$ μm de diámetro o alargada de $2(5)10$ μm de largo x $5(8.8)13$ μm de ancho.

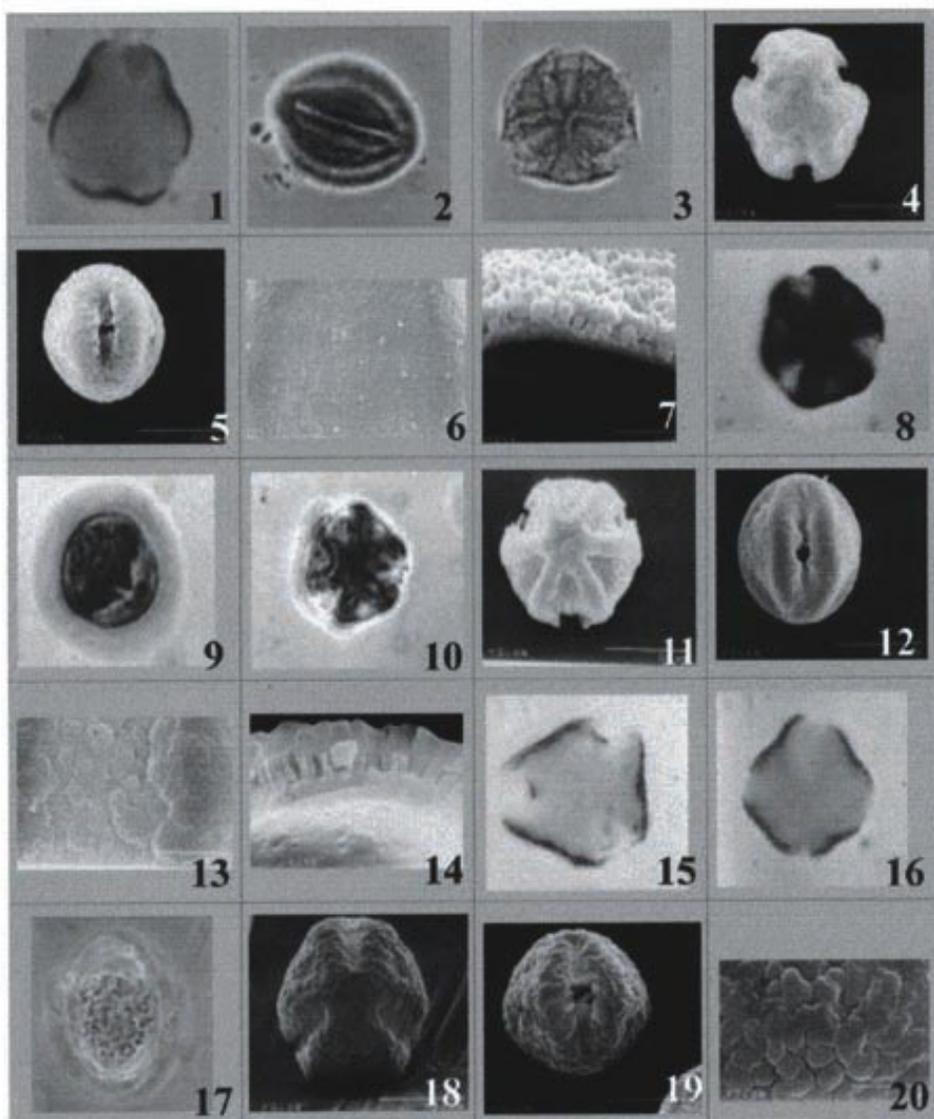


Lámina I. 1-7 *Bourreria andrieuxii*, 8-14 *B. formosa*, 15-20 *B. hintonii* (ver anexo 2).

Márgenes meridionales de 4(5.6)10 μm de ancho. IAP = 0.38, mediana.

5. *Bourreria longiflora* I. M. Johnst., Distrito de Coalcomán, Tizupán, Mich. Hinton 15908 (MEXU), Colección IGLUNAM M9130. Lámina II. Figs. 28 a 34.

Polen tricolporado, tectado-perforado, oblato-esferoidal de 43(47)52 x 43(48.7)53 μm . Vista polar triangular a hexagonal-obtusa de 48(55.9)65 μm de diámetro. P/E = 0.97. Exina de 1 a 3 μm de grosor en los mesocolpia y 1.5 a 3 μm en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia se observan verrugosos, con verrugas de 2 a 2.5 μm . Apocolpia y márgenes meridionales con grupos de verrugas grandes y uniformes. Al MEB, los mesocolpia son verrugosos a rugulados, los elementos esculturales alargados y dispuestos verticalmente. Los márgenes meridionales presentan verrugas de 4 a 7.5 μm , dispuestas horizontalmente, distribuyéndose en los apocolpia en capas concéntricas. Colpos de 31(37.6)41 μm de largo x 4(5.6)8 μm de ancho, constriñéndose en el ecuador. Membranas colpales escabrosas. Endoabertura circular-annulada de 5(6.8)8 μm de diámetro, anillo de 1.5(1.8) 2.4 μm de ancho. Márgenes meridionales de 9(9.5)10 μm de ancho. IAP = 0.30, mediana.

6. *Bourreria obovata* Eastw., Caltepec, Cañada del Agua Colorada, Oax. Tenorio 6707 (MEXU). Colección IGLUNAM M8887. Lámina II. Figs. 34 a 40.

Polen tri- o tetracolporado, heterocolpado, tectado-perforado, subprolato de 37(44.8)60 x 31(38.4)55 μm . Vista polar triangular o cuadrangular-obtusa de 38(50)68 μm de diámetro. P/E = 1.17. Exina de 2.5 a

4.5 μm de grosor en los mesocolpia y hasta 6 μm en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia se ven finamente verrugosos, algunas veces presentan una fisura central. Apocolpia y márgenes meridionales finamente verrugosos a escabrosos. Al MEB, los mesocolpia presentan verrugas irregulares, aplanadas de contorno denticulado. Apocolpia y márgenes meridionales variables dentro de la misma muestra, de escabrosos o finamente verrugosos a verrugosos. Colpos de 20(23.3) μm de largo x 2(9.3)15 μm de ancho, membranas colpales escabrosas. Endoabertura circular de 8(8.8)15 μm de diámetro, en la que se observan fisuras transversales o dispuestas diagonalmente. Márgenes meridionales de 3(8.5)15 μm de ancho, poco diferenciados. IAP = 0.34, mediana.

7. *Bourreria ovata* Miers, Cancún, Zona hotelera Cancún palmar VII. Quintana Roo. Escalante 594 (CICY). Colección IGLUNAM M9132. Lámina III. Figs. 41 a 47.

Polen generalmente tetracolporado (90%) y con menor frecuencia tricolporado, tectado-perforado, oblato-esferoidal de 42(50.6)64 x 48(54.2)62 μm . Vista polar cuadrangular o triangular-obtusa de 47(53.9)60 μm de diámetro. P/E = 0.93. Exina de 2 a 2.8 μm de grosor o hasta 3.7 μm en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO la superficie se ve perforada, los mesocolpia presentan variaciones dentro de la misma muestra y son finamente verrugosos, con las verrugas, si están presentes, pequeñas, muy dispersas e irregulares. Apocolpia y márgenes meridionales escabrosos. Al MEB los mesocolpia varían de escabrosos a finamente verrugosos.

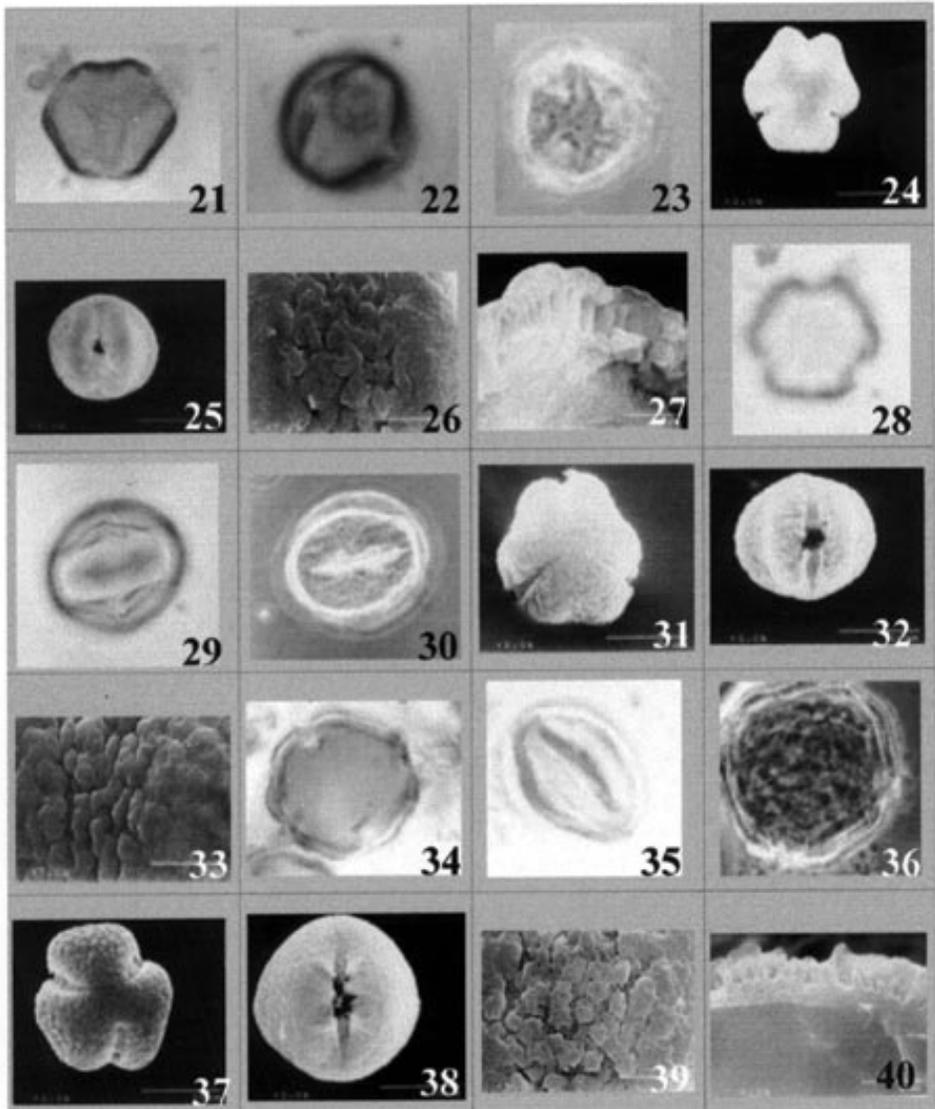


Lámina II. 21-27 *Bourreria huanita*, 28-33 *B. longiflora*, 34-40 *B. obovata* (ver anexo 2).

Apocolpia y márgenes meridionales densos y psilados. Colpos de $30(32.7)38 \mu\text{m}$ de largo x $8(14.2)23 \mu\text{m}$ de ancho, con membranas escabrosas. Endoabertura circular de $7(10.9)15 \mu\text{m}$ de diámetro. Márgenes meridionales de $2.5(2.9)3 \mu\text{m}$ de ancho. IAP = 0.53, grande.

8. *Bourreria oxyphylla* Standl., Ocosingo, 10 km al SE de Crucero Corozal camino a Boca Lacantún, Chis., Martínez 7410 (MEXU). Colección IGLUNAM M9131. Lámina III. Figs. 48 a 53.

Polen tricolporado, tectado-perforado, oblato-esferoidal de $31(37.4)42 \times 38(41.3)45 \mu\text{m}$. Vista polar triangular-obtuso algunas veces cuadrangular de $36(42.4)52 \mu\text{m}$ de diámetro. P/E = 0.91. Exina de 1.75 a $2.5 \mu\text{m}$ de grosor y hasta $3 \mu\text{m}$ en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia se ven gruesamente verrugosos. Apocolpia y márgenes meridionales varían de escabrosos a gruesamente verrugosos con las verrugas más grandes, irregulares y protuberantes que en los mesocolpia. Al MEB los mesocolpia se aprecian verrugoso-rugulados, las verrugas bien delimitadas, irregulares en forma y tamaño. Apocolpia y márgenes meridionales con verrugas gruesas y grandes. Colpos de $15(27.3)35 \mu\text{m}$ de largo x $4(4.8)10 \mu\text{m}$ de ancho, membranas colpales escabrosas. Endoabertura circular-annulada de $8(10.7)11 \mu\text{m}$ de diámetro, anillo de $2(2.4)3 \mu\text{m}$ de ancho. Márgenes meridionales de $7(7.6)8 \mu\text{m}$ de ancho. IAP = 0.39, mediana.

9. *Bourreria pulchra* (Millsp.) Greenm., 36 km al NE de Campeche, 3 km al SO de Pomuch en la torre de microondas, Camp. Martínez 3030 (MEXU). Colección IGLUNAM M8842. Lámina III. Figs. 54 a 60.

Polen tri- o tetracolporado, tectado-perforado, prolato-esferoidal de $43(52.8)58 \times 37(48)58 \mu\text{m}$. Vista polar de triangular a hexagonal o circular de $50(57.6)64 \mu\text{m}$ de diámetro. P/E = 1.10. Exina de 2 a $3 \mu\text{m}$ de grosor en los mesocolpia y $4 \mu\text{m}$ en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia son verrugosos. Apocolpia y márgenes meridionales escabrosos con endofisuras. Al MEB los mesocolpia varían de escabrosos hasta finamente verrugosos. Apocolpia psilados a escabrosos. Márgenes meridionales densos, psilados a verrugosos. Colpos de $38(40.4)42 \mu\text{m}$ de largo x $3(7.3)10 \mu\text{m}$ de ancho con membranas granuladas. Endoabertura circular-annulada de $6(8)10 \mu\text{m}$, anillo de $1(1.3)2.5 \mu\text{m}$ de ancho. Márgenes meridionales de $3.4(4.7)6.4 \mu\text{m}$ de ancho. IAP = 0.27, mediana.

10. *Bourreria purpusii* Brandege, Tuxtla Gutiérrez, East city limits of Tuxtla Gutiérrez along Mexican Highway 190, Chis. Breedlove 9616 (CAS). Colección IGLUNAM M8846. Lámina IV. Figs. 61 a 67.

Polen tri- o tetracolporado, tectado-perforado, prolato-esferoidal de $31(37.3)41 \times 33(37)41 \mu\text{m}$. Vista polar hexagonal a triangular de $36(41.8)46.5 \mu\text{m}$ de diámetro. P/E = 1.01. Exina de 2 a $4 \mu\text{m}$ de grosor, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia son finamente verrugosos. Apocolpia y márgenes meridionales varían de escabrosos a finamente verrugosos. Apocolpia con endofisuras evidentes. Al MEB los mesocolpia varían de escabrosos a finamente verrugosos, las verrugas pueden o no estar bien diferenciadas, presentarse aplanadas o alargadas y sinuosas. Apocolpia y márgenes meridionales de escabrosos a finamente verrugosos. Colpos de $22(27.8)37 \mu\text{m}$ de

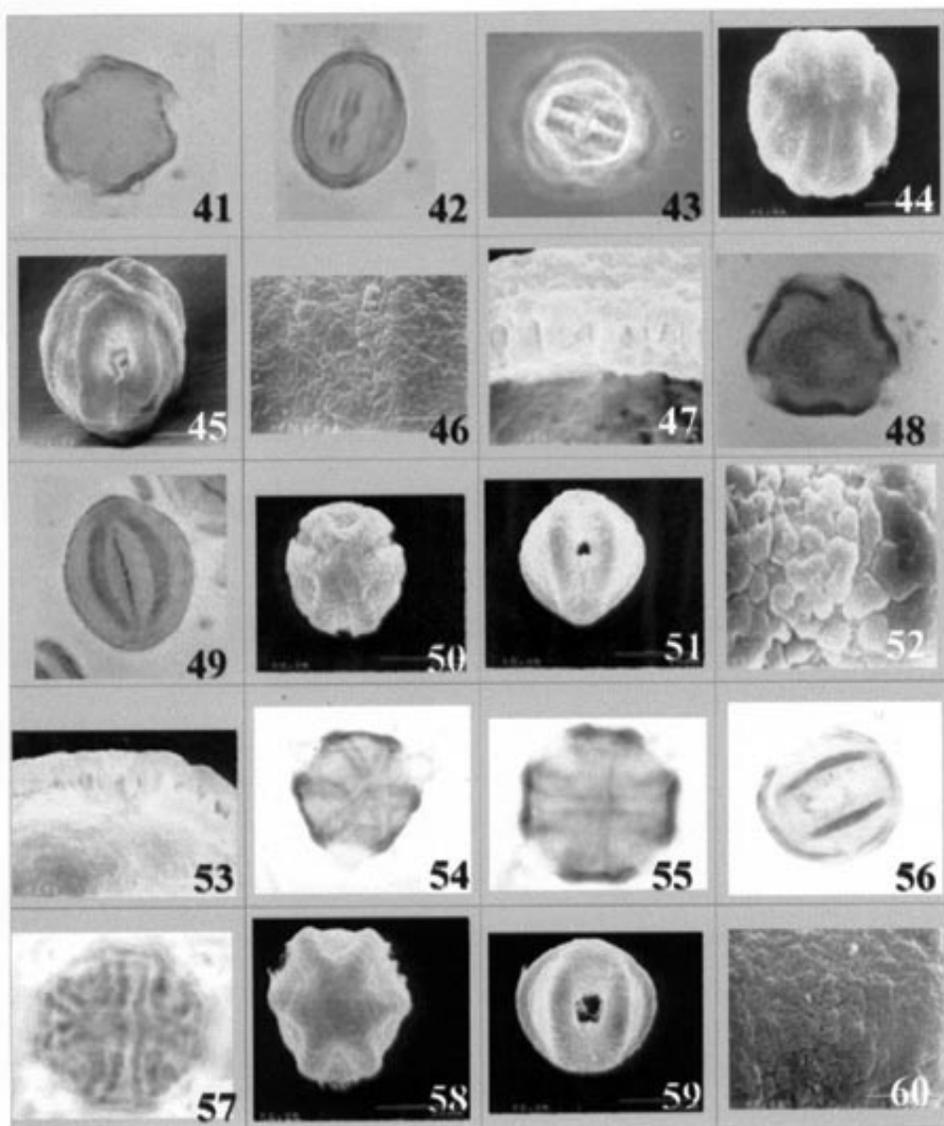


Lámina III. 41-47 *Bourreria ovata*, 48-53 *B. oxiphilla*, 54-60 *B. pulchra* (ver anexo 2).

largo x 2(7.5)12µm de ancho con membranas escabrosas. Endoabertura circular de 6(7.8)10µm de diámetro, algunas veces fisurada diagonalmente. Márgenes meridionales de 4(8.2)11µm de ancho. IAP = 0.44, mediana.

11. *Bourreria rekoi* Standl., San Pedro Pochutla, Cerro Espino, Finca Montecristo entrando por Chacalapa 5 km al N de Pochutla, Oax. Torres 5254 (MEXU). Colección IGLUNAM M8869. Lámina IV. Figs. 68 a 73.

Polen tricolporado, tectado-perforado, prolato-esferoidal de 41(47.9)52 x 36(42.4)47 µm. Vista polar triangular-obtusa a circular de 45(50.6)55 µm de diámetro. P/E = 1.13. Exina de 2 a 3µm de espesor y hasta 4 µm en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia son verrugosos. Apocolpia y márgenes meridionales finamente verrugosos. Al MEB los mesocolpia son rugulados con elementos esculturales de 1.5 µm de ancho x 2.5 µm de largo, sinuosos. Apocolpia y márgenes meridionales finamente verrugosos. Colpos de 30(35.5)40 µm de largo x 2(3)4µm de ancho con membranas escabrosas. Endoabertura lolongada de 6(8.4)10 µm de largo x 3(4.7)5µm de ancho. Márgenes meridionales de 2(4.3)5.8 µm de ancho. IAP = 0.25, pequeña.

12. *Bourreria rowellii* I. M. Johnst., Quechultenango, Colotlipa, 2 mi west of Colotlipa, Gro. Morris 3742 (MICH). Colección IGLUNAM M9134. Lámina IV. Figs. 74 a 80.

Polen tri- o tetracolporado en proporciones similares, tectado-perforado y granular, subprolato de 61(65.8)72 x 48(52.3)60 µm. Vista polar triangular a cuadrangular-obtu-

sa de 48(59)71 µm de diámetro. P/E = 1.26. Exina de 2 a 3.5 µm de grosor, columelas cortas con gránulos, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia son verrugosos. Apocolpia y márgenes meridionales de granuloso a escabrosos, con un endocolpo transversal ecuatorial y una endofisura meridional. Al MEB los mesocolpia son verrugosos, con verrugas irregulares en forma y tamaño, ligeramente aplanadas de 1 a 1.5 µm alto x 2.5 µm de ancho y hasta 5µm de largo. Apocolpia y márgenes meridionales finamente granuloso y punctados. Colpos de 40(50.1)61 µm de largo x 2(5.2)10µm de ancho con membranas granuloso. Endoabertura lolongada de 3(3)3 µm de largo x 8(9)10 µm. de ancho. Márgenes meridionales de 7(9.9)11 µm de ancho. IAP = 0.56, grande.

13. *Bourreria rubra* E. J. Lott & J. S. Miller, La Huerta, Las Alamandas centro turístico, 2.5 km al W de Quemaro, Jal. Lott 1712 (MEXU). Colección IGLUNAM M8891. Lámina V. Figs. 81 a 85.

Polen tricolpor(oid)ado tectado-perforado, subprolato, de 46(49)53 x 36(41.8)52 µm. Vista polar triangular a hexagonal-obtusa o circular de 44(49.3)55 µm de diámetro. P/E = 1.17. Exina de 2 a 3 µm de grosor en los mesocolpia y hasta 4.5 µm en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia se observan con agrupaciones de verrugas regulares de 1.5 x 4 µm. Apocolpia con verrugas concéntricas, márgenes meridionales gruesamente verrugoso, con presencia de fisuras. Al MEB los mesocolpia se observan gruesamente verrugoso, las verrugas son aisladas con los bordes denticulados, los espacios entre las verrugas son punctados. Apocolpia y

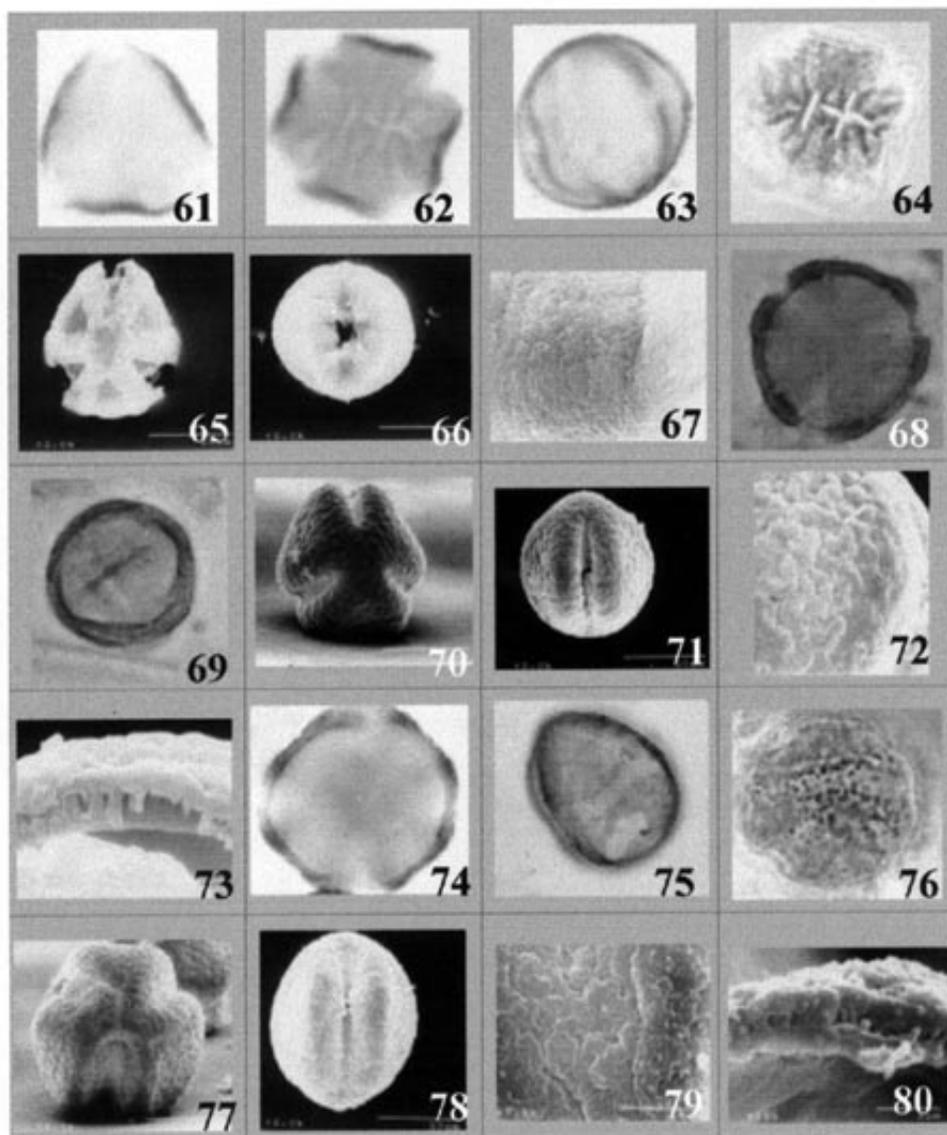


Lámina IV. 61-67 *Borreria purpusii*, 68-73 *B. rekoi*, 74-80 *B. rowellii* (ver anexo 2).

márgenes meridionales de gruesamente verrugosos a rugulados. Colpos adelgazados de 27(32.6)38 μm de largo x 2(3.7)5 μm de ancho con membranas escabrosas, algunas veces se observa un puente de exina que cubre parcialmente a la endoapertura. Endoapertura circular de 4(6.2)9 μm de diámetro. Márgenes meridionales de 3(3.4)7 μm de ancho. IAP = 0.32, mediana.

14. *Bourreria sotoana* G. Campos-Ríos ined., 4 km al NE de Playa Azul, carretera a Cuatro Caminos, Mich. Campos-Ríos 239 (CICY). Lámina V. Figs. 86 a 92.

Polen tricolporado, heterocolpado, tectado-perforado, prolato-esferoidal de 40(45)47 x 36(40.8)43 μm . Vista polar hexagonal-obtusa de 41(42.6)46 μm de diámetro. P/E = 1.10. Exina de 2 a 3 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia presentan verrugas pequeñas y dispersas. Apocolpia finamente granuloso. Márgenes meridionales finamente granulosos, fisurados. Al MEB los mesocolpia son finamente verrugosos ecuatorialmente, psilados y puntados hacia los polos. Apocolpia y márgenes meridionales psilados y puntados. Colpos de 33(35.8)41 μm de largo x 2(3.8)7 μm de ancho con las membranas finamente granulosas. Endoapertura circular de 3(4.3)6 μm de diámetro o lalongada de 3(3.7)4 μm de largo x 5(5.5)7 μm de ancho. Endocolpos subsidiarios, transversales a los márgenes meridionales. Márgenes meridionales de 7(8.6)10 μm de ancho. IAP = 0.39, mediana.

15. *Bourreria juquilana* G. Campos-Ríos ined., San Pedro Mixtepec, Juquila, Puerto Escondido vertiente sur, Oax. Boege 2657 (MEXU). Colección IGLUNAM 8867. Lámina V. Figs. 94 a 100.

Polen tricolporado, tectado-perforado, subprolato de 45(48.8)52 x 39(41)44 μm . Vista polar circular de 43(52)57 μm de diámetro. P/E = 1.19. Exina 1.5 a 3 μm de grosor en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO, mesocolpia verrugosos, verrugas irregulares y alargadas, dispuestas paralelamente al eje polar. Apocolpia y márgenes meridionales finamente verrugosos. Al MEB mesocolpia verrugosos. Apocolpia y márgenes meridionales finamente verrugosos o verrugosos. Colpos delgados de 32(35.3)40 μm de largo x 2(2.7)5 μm de ancho con membranas escabrosas. Colpos subsidiarios situados horizontalmente o diagonalmente sobre el margen meridional. Endoapertura circular de 4(4.7)6 μm de diámetro. Márgenes meridionales de 10(12.3)15 μm de ancho. IAP = 0.29, mediana.

16. *Bourreria aquilana* G. Campos-Ríos ined. Aquila, Río Motín del Oro, Mich. Campos-Ríos 3235 (CICY) Lámina VI. Figs. 101 a 103.

Polen tricolporado, tectado-perforado, oblato-esferoidal de 35(42.6)50 x 38(46.7)52 μm . Vista polar hexagonal-obtusa de 41(48.6)56 μm de diámetro. P/E = 0.91. Exina de 2 a 4.5 μm de grosor, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia son claramente verrugosos. Apocolpia verrugosos y márgenes meridionales verrugosos sólo en sus bordes. No se realizaron observaciones al MEB. Colpos de 25(32.3)40 μm de largo x 3(4.3)5 μm de ancho, con membranas escabrosas. Endocolpos subsidiarios transversos sobre los márgenes meridionales prolongándose hasta cubrir parcialmente la endoapertura. Endoapertura lalongada de 2(2.8)5 μm de largo x 11(13)15 μm de ancho. Márgenes meridionales de 7(10.9)13 μm . IAP = 0.34, mediana.

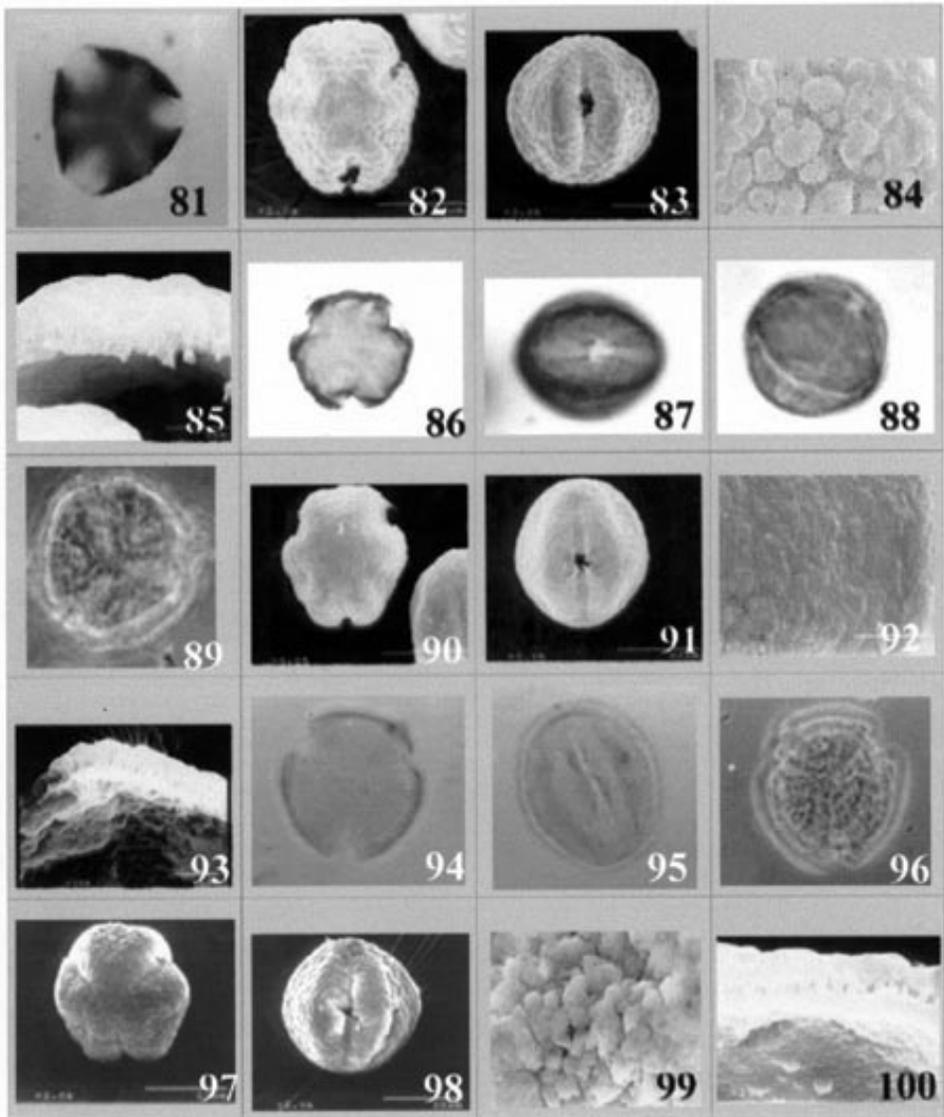


Lámina V. 81-85 *Bourreria rubra*, 86-93 *B. sotoana*, 94-100 *B. juquilana* (ver anexo 2).

17. *Bourreria veracruzana* G. Campos-Ríos ined., Catemaco, La Palma, 24 km al N de Catemaco camino a Montepío, Ver. Cedillo 2857 (MEXU). Colección IGLUNAM M8873. Lámina VI. Figs. 104 a 108.

Polen tricolporado, tectado-perforado, suboblato de $36(39.5)43 \times 28(33)38 \mu\text{m}$. Vista polar hexagonal de $38(40)42 \mu\text{m}$ de diámetro. P/E = 0.83. Exina de 2 a $3 \mu\text{m}$ de grosor en los mesocolpia y 2.5 a $3 \mu\text{m}$ en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia finamente verrugosos, con verrugas irregulares. Apocolpia y márgenes meridionales engrosados, superficie psilada o con ligeras ondulaciones. Presencia de fisuras por todo el grano. Al MEB los mesocolpia con verrugas irregulares, aplanadas. Apocolpia y márgenes meridionales densos, psilados. Colpos delgados de $27(31)35 \mu\text{m}$ de largo x $2(2.5)3 \mu\text{m}$ de ancho, con membranas escabrosas. Endoabertura circular de $3(4)5 \mu\text{m}$ de diámetro. Márgenes meridionales de $2(4.8)7 \mu\text{m}$ de ancho. IAP = 0.31, mediana.

18. *Bourreria macdougalii* G. Campos-Ríos ined., Santo Domingo Tehuantepec, Tehuantepec, Cerro Guiengola, Oax. MacDougall 587.S (MEXU). Colección IGLUNAM M8874. Lámina VI. Figs. 109 a 115.

Polen tricolporado, tectado-perforado, subprolato de $45(51.4)53 \times 39(42.3)47 \mu\text{m}$. Vista polar hexagonal-obtusa de $48(53.8)60 \mu\text{m}$ de diámetro. P/E = 1.22. Exina de 2 a $3.5 \mu\text{m}$ de grosor en los mesocolpia y hasta $4 \mu\text{m}$ en los márgenes meridionales, sexina del mismo espesor que la nexina o más gruesa en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia se observan con verrugas dispersas. Apocolpia escabrosos, márgenes meridionales finamente verrugosos en el contorno y psilados a escabrosos hacia

el centro. Al MEB los mesocolpia se observan finamente verrugosos, con verrugas irregulares en forma y tamaño, ligeramente aplanadas, separadas entre sí, espacio entre verrugas puntado. Apocolpia y márgenes meridionales densos y finamente verrugosos. Colpos de $35(40.8)46 \mu\text{m}$ de largo x $2(5)8 \mu\text{m}$ de ancho, con membranas escabrosas. Endoabertura alargada-acostillada de $2(2.5)3 \mu\text{m}$ de largo x $8(9.1)10 \mu\text{m}$ de ancho. Costa de la endoabertura de $4(4.5)5 \mu\text{m}$. Márgenes meridionales de $4(4.9)12 \mu\text{m}$ de ancho. IAP = 0.29, mediana.

19. *Bourreria spathulata* (Miers) Hemsl., Coyuca, Cutzamala, Jal. Hinton 6310 (GH). Colección IGLUNAM M9136. Lámina VI. Figs. 116 a 120.

Polen tri- o tetracolporado, tectado-perforado, oblato-esferoidal de $38(49.7)61 \times 42(51.8)65 \mu\text{m}$. Vista polar hexagonal de $50(54.9)58 \mu\text{m}$ de diámetro. P/E = 0.96. Exina de 2 a $3 \mu\text{m}$ de grosor en mesocolpia y $3.5 \mu\text{m}$ en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia verrugosos, verrugas irregulares. Apocolpia y márgenes meridionales verrugosos. Al MEB los mesocolpia se observan finamente verrugosos, las verrugas irregulares en tamaño y forma, ligeramente aplanadas, separadas entre sí dejando espacios puntados. Apocolpia y márgenes meridionales de gruesamente verrugosos a regulados con los elementos esculturales dispuestos horizontalmente sobre los márgenes meridionales, agrupándose en forma concéntrica en los apocolpia. Colpos de $23(33.5)40 \mu\text{m}$ de largo x $4(7.8)9 \mu\text{m}$ de ancho con membranas escabrosas. Presencia de un puente de sexina sobre los colpos. Endoabertura circular de $6(8.4)20 \mu\text{m}$ de diámetro o alargada de $5(5.6)7 \mu\text{m}$ de largo x $7(10.6)15 \mu\text{m}$ de ancho. Márgenes meridionales de $4(5.8)10 \mu\text{m}$ de ancho. IAP = 0.34, mediana.

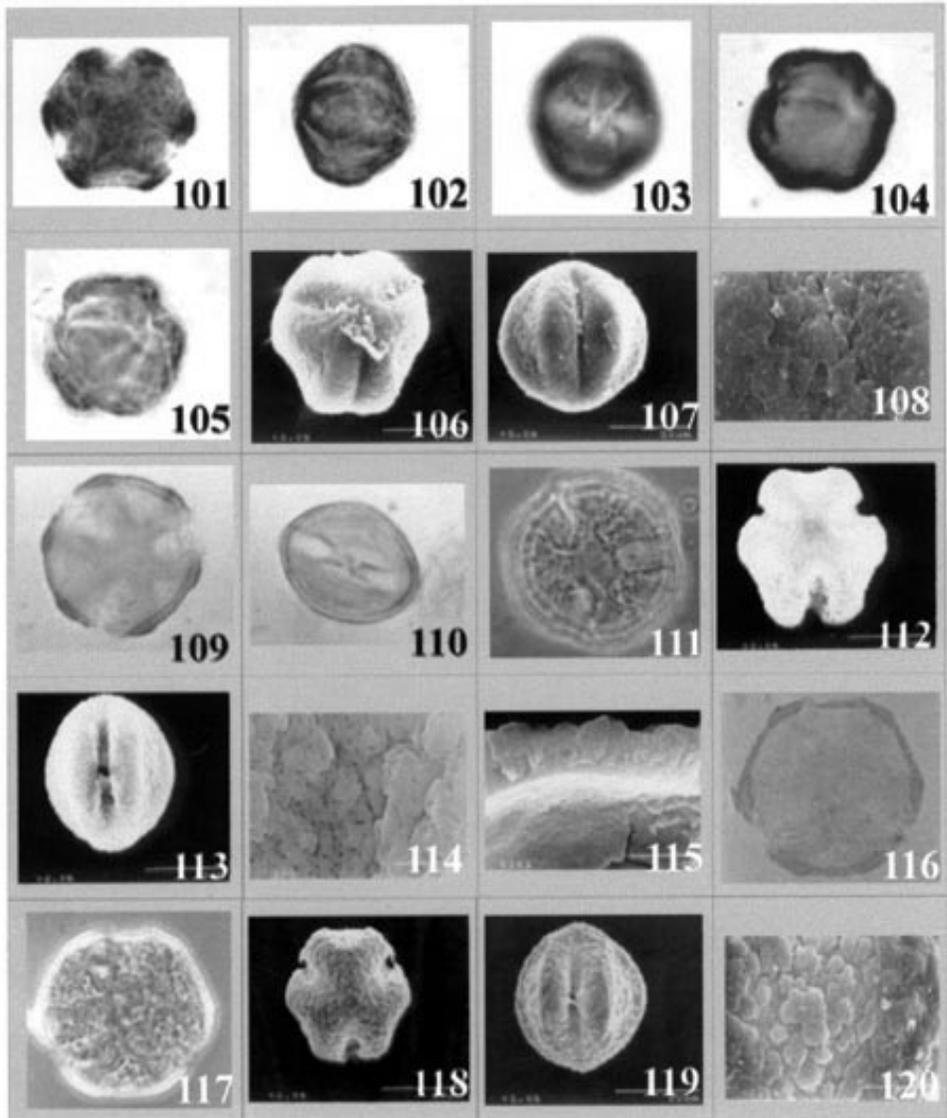


Lámina VI. 101-103 *Bourreria aquilana*, 104-108 *B. veracruzana*, 109-115 *B. macdougallii*, 116-120 *B. spathulata* (ver anexo 2).

20. *Bourreria superba* I. M. Johnst., San José, Coalcomán Mich. Hinton 13834 (GH). Colección IGLUNAM M8895. Lámina VII. Figs. 121 a 127.

Polen tricolporado, tectado-perforado, subprolato de $37(49.8)67 \times 33(40.7)52 \mu\text{m}$. Vista polar hexagonal-obtusa de $58(65.3)70 \mu\text{m}$ de diámetro. P/E = 1.22. Exina de 2 a $3 \mu\text{m}$ de grosor en el mesocolpia y 3 a $7 \mu\text{m}$ en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO los mesocolpia se observan verrugosos. Apocolpia y márgenes meridionales granulados a escabrosos, apocolpia con grandes endofisuras, en algunas de las muestras observadas. Al MEB los mesocolpia se observan finamente verrugosos, con las verrugas aplanadas, separados entre sí dejando ver los espacios punctados. Apocolpia y márgenes meridionales psilados y punctados. Colpos de $35(44.8)59 \mu\text{m}$ de largo x $4(4.9)8 \mu\text{m}$ de ancho con membranas escabrosas. Endoabertura circular-annulada de $7(12)20 \mu\text{m}$ de diámetro o lalongada de $5(6.8)10 \mu\text{m}$ de largo x $17(20)25 \mu\text{m}$ de ancho, anillo de $2(3)4 \mu\text{m}$ de ancho. Márgenes meridionales de $7(13.6)20 \mu\text{m}$ de ancho. IAP = 0.35, mediana.

21. *Bourreria sonora* S. Watson, Near a waterfall in the mountains above Guaymas, Son. Palmer 289 (K). Lámina VII. Figs. 128 a 134.

Polen tricolporado, tectado-perforado, suboblato de $33(37)37 \times 37.5(41.2)45 \mu\text{m}$. Vista polar hexagonal-obtusa de $37(40.8)43 \mu\text{m}$ de diámetro. P/E = 0.84. Exina de 2 a $3 \mu\text{m}$ de espesor en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO, mesocolpia verrugosos a rugulados. Apocolpia y márgenes meridionales con elementos esculturales más grandes y engrosados que en mesocolpia. Al

MEB los mesocolpia se observan gruesamente verrugosos a rugulados, los elementos esculturales se disponen paralelos al eje polar. Apocolpia y márgenes meridionales gruesamente verrugosos a rugulados, los elementos esculturales dispuestos horizontalmente hasta llegar al apocolpia donde se hacen concéntricos. Colpos de $22(24.1)26 \mu\text{m}$ de largo x $2(3.1)6 \mu\text{m}$ de ancho, doblemente constreñidos con membranas escabrosas. En algunos granos se observó una endofisura de $2 \mu\text{m}$ de largo x $10 \mu\text{m}$ de ancho dispuesta horizontalmente en los mesocolpia. Endoabertura lalongada de $2(2.9)4 \mu\text{m}$ de largo x $4(10.3)17 \mu\text{m}$ de ancho. Márgenes meridionales de $9(11.6)13 \mu\text{m}$ de ancho. IAP = 0.41, mediana.

22. *Bourreria tuxtliensis* G. Campos-Ríos ined., Tuxtla Gutiérrez, Rancho Santa Rosalía, entre Terán y Emiliano Zapata, Chis. Campos-Ríos 3208 (CICY). Lámina VII. Figs. 135 a 139.

Polen tri- o tetracolporado, tectado-perforado, prolato-esferoidal de $45(54.5)66 \times 47(51.5)61 \mu\text{m}$. Vista polar circular de $38(49)61 \mu\text{m}$ de diámetro. P/E = 1.06. Exina de 2 a $3.5 \mu\text{m}$ de grosor los mesocolpia y hasta $4 \mu\text{m}$ en los márgenes meridionales, sexina más gruesa que la nexina en los márgenes meridionales. Al MO, mesocolpia verrugosos. Apocolpia y márgenes meridionales con grupos de verrugas regulares y uniformes. Al MEB los mesocolpia se presentan verrugosos con verrugas de 1 a $1.5 \mu\text{m}$ de largo x $2.5 \mu\text{m}$ de ancho, separadas entre sí. Apocolpia y márgenes meridionales densos, gruesamente verrugosos. Colpos de $29(39.3)55 \mu\text{m}$ de largo x $2(5)11 \mu\text{m}$ de ancho con membranas escabrosas. Endoabertura circular de $4(6.5)11 \mu\text{m}$ de diámetro. Márgenes meridionales de $2(3.3)3.5 \mu\text{m}$ de ancho. IAP = 0.33, mediana.

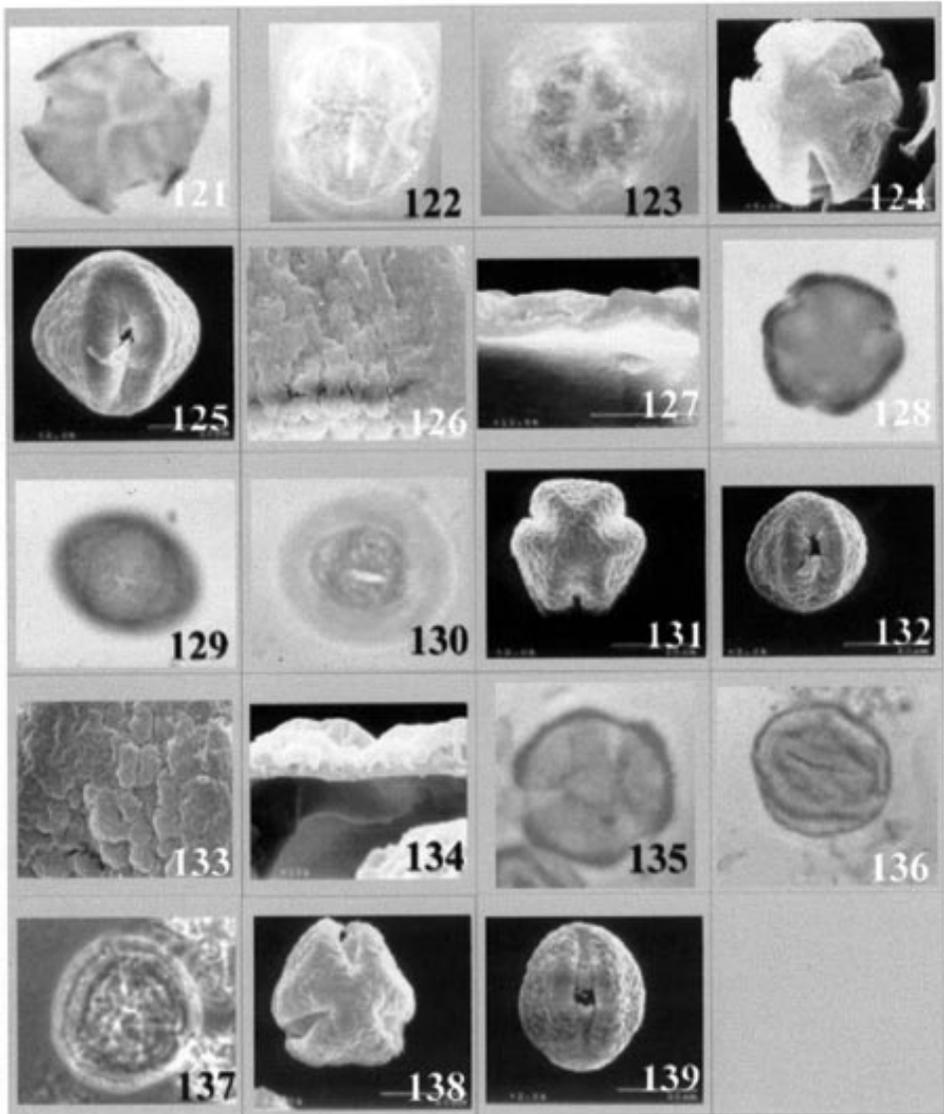


Lámina VII. 121-127 *Bourreria superba*, 128-134 *B. sonorae*, 135-139 *B. tuxtliensis* (ver anexo 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tamaño y forma

De acuerdo a la clasificación de Erdtman (1969), los granos de polen de las especies analizadas son medianos (25 a 50 μm) en 16 especies y grandes (50 a 100 μm) en seis. Por su forma basada en la relación eje polar /eje ecuatorial (Walker y Doyle, 1975), se encontraron polenes suboblato (0.76 a 0.87) en tres especies; subprolato (1.15 a 1.33) en cinco especies; oblato-esferoidal (0.88 a 0.99) en ocho especies y prolato-esferoidal (1.01 a 1.14) en seis especies.

En la vista polar el perímetro más común es el hexagonal (en 12 especies), seguido del triangular a tetragonal (en ocho especies) y circular (en dos especies). El área polar, en la mayoría de las especies es mediana con un índice de 0.27 a 0.5, sólo en *B. rekoii* es pequeña (0.25) y grande (mayor de 0.50) en *B. ovata* y *B. rowellii*, resultando ser un carácter de valor taxonómico relativo.

Número y tipo de aperturas

Doce especies tienen el polen tricolporado predominantemente, sin embargo, en nueve de estas especies se encontraron granos tetracolporados en proporciones distintas (de escasos a predominantes). Los colpos presentan márgenes meridionales engrosados, que pueden ser de material muy denso o medianamente compacto y sus membranas por lo general son escabrosas. En cuanto a las endoaberturas se encontró una variación muy amplia en la forma y la presencia de anillos. La endoabertura circular es la más frecuente (16 especies), es alargada en *B. andrieuxii*, *B. aquilana*, *B. macdougallii*, *B. rowellii*, y *B. sonorae* y lolongada en solo en *B. rekoii*. En *B. hintonii*, *B. longiflora*, *B. oxyphylla*, *B. pulchra* y *B. superba*, la endoabertura varía de circular a lolongada. Por otro lado, es evi-

dente la presencia de anillos en *B. hintonii*, *B. longiflora*, *B. oxyphylla*, *B. pulchra*, *B. superba* y costilla en *B. macdougallii*.

En algunas muestras de polen se observó el adelgazamiento de la exina ecuatorialmente (*B. andrieuxii*, *B. superba*, *B. juquilana*) a manera de pseudocolpos o colpos subsidiarios en los mesocolpia.

Exina

Todas las especies revisadas tienen el tectum perforado, las perforaciones en algunas son pequeños canales alargados y sinuosos describiéndose punctado. Las columelas varían en grosor y altura, generalmente están bien desarrolladas en los márgenes meridionales, desapareciendo a nivel de las aberturas. En dos especies se encontraron gránulos finos en *B. andrieuxii* y gruesos en *B. rowellii*, dispersos entre los espacios intercolumelares. En general, la nexina es más delgada que la sexina en los límites de los márgenes meridionales, con un grosor de 1.5 a 5 μm en el mesocolpia, hasta 2 a 7 μm en los márgenes meridionales de los granos más grandes en *B. superba*.

Ornamentación

En nuestro estudio la superficie del polen resultó variable, de verrugoso a rugulado, punctado, escabroso o psilado. Sin embargo, un mismo grano presenta diferentes tipos de ornamentación, en los mesocolpia, apocolpia y márgenes meridionales. En algunos granos hay ligeras diferencias entre la misma ornamentación a nivel ecuatorial o polar.

El valor taxonómico de los caracteres polínicos dentro de la familia Boraginaceae, ha sido estudiado por diferentes autores, mismos que han reconocido que son de relevante utilidad para la separación de los

distintos taxa. *Ehretia*, un género cercano a *Bourreria*, ha sido descrito por Erdtman (1952) y Palacios-Chávez (1985), distinguiendo como caracteres importantes el tipo y número de aperturas, la forma y la superficie de la exina. La diferencia con géneros como *Cordia*, *Auxemma* y *Patagonula*, también relacionados, es la presencia de los márgenes meridionales.

En las especies mexicanas de *Bourreria*, los granos de polen se caracterizan por la presencia de seis márgenes meridionales, separados por tres mesocolpia; por el número y forma de las aberturas, la presencia de endoaberturas anuladas, colpos subsidiarios y la ornamentación (en márgenes meridionales, apocolpia y mesocolpia). Algunas de estas características fueron descritas en *B. pulchra* por Palacios-Chávez (1991) y *B. rubra* por Quiroz-García (1997).

La presencia de los márgenes meridionales y el número de aperturas compuestas en *Bourreria* y *Ehretia* (*E. latifolia*) apoya los resultados de Gottschling (2003) que los ubica en un taxón monofilético que eleva al rango de familia en *Ehretiaceae*.

La morfología del polen en *Bourreria* es suficientemente variable para distinguir entre especies. Sólo los márgenes meridionales son una característica constante en todas las especies estudiadas, sin embargo, ésta también han sido registrada en *Ehretia* (al menos en *E. latifolia* D.C.), *Hoplostigma pierreanum* (*Hoplostigmataceae*), en *Myrtaceae*, (Nowicke y Miller, 1989); en *Lythraceae* y en el tipo fósil *Verrutricolporites rotundiporis* lo que sugiere que el carácter ha sido sometido a procesos de evolución paralela en diferentes grupos (Müller, 1981).

Es importante hacer notar que Müller (1981) empleó por primera vez el término de márgenes meridionales para las estructuras encontradas en *Lythraceae* y los definió como engrosamientos de la exina que se desarrollan meridionalmente sobre el centro de los mesocolpia, en conjunto o no, con los márgenes colpales, aclarando que ya habían sido llamados "bourrelets" por Van Campo (1966) in Müller (1981). Nowicke y Miller (op. cit.) adaptaron el término para las estructuras presentes en *Bourreria* y *Ehretia* y nombran "concavidades intercolpales" a los mesocolpia. En este estudio se conservó el término de márgenes meridionales, que son propiamente los márgenes colpales unidos meridionalmente en los polos, formando un área apocolpial muy evidente. Sin embargo, no el de concavidades intercolpales, porque no todas las especies revisadas exhiben la forma cóncava; esta característica se determina por el engrosamiento de los márgenes meridionales y es variable, aun dentro de una misma especie, tal y como lo demuestra la variabilidad de la forma en vista polar (triangular, tetragonal, hexagonal y circular). Por esta razón se consideró más apropiado utilizar el término mesocolpia.

En relación con el tamaño y la forma, que presentaron una amplia variación entre las especies estudiadas, se hizo una comparación de los datos aquí presentados con los registrados por Palacios-Chávez et al. (1991) para *B. pulchra*, y se encontró que el promedio del tamaño en sus resultados es de 43 μm (mediano), mientras que aquí se registró que es de 52.8 μm (grande). Como consecuencia, la proporción EP/EE le confiere un valor que corresponde a la forma esferoidal en su descripción y subprolato en este trabajo. Se considera que esta discrepancia pudiera ser un resultado del tamaño de muestra en el que basaron sus des-

cripciones. En el mismo trabajo se describe el polen de *B. huanita*, sin embargo, en la revisión de herbario realizada para el estudio taxonómico, el ejemplar de referencia fue reidentificado como *B. pulchra*, lo cual es consiguiente con la descripción del polen, que es la misma para ambas especies.

Las aberturas, consideradas como caracteres diagnósticos de valor taxonómico (El Ghazali, 1990), la endoabertura, la presencia de anillos o costas y la de colpos subsidiarios, fueron muy útiles para hacer la clave para la identificación de las especies. En las especies consideradas en este trabajo, el número de aberturas es moderada y va de tricolporados a tetracolporados (tricolporoidado sólo en *B. rubra*), a diferencia de lo registrado para otros géneros de la misma familia, granos triporados, tricolpor(oid)ados en *Ehretia*, *Tournefortia*, *Cordia*, *Lepidocordia*, *Auxemma* y *Patagonula* hasta la variación extrema de colpado, tricolpado, triporado, colporado, tricolporado que se ha registrado en *Tournefortia*.

En algunos casos se observó una simple o doble constricción en los márgenes meridionales cubriendo parcialmente la endoabertura (*B. formosa* y *B. longiflora*), semejantes al de *E. latifolia*. Los puentes de ectexina mencionados en *Lepidocordia*, también fueron observados en *B. rubra* y *B. spatulata*.

La presencia de pseudocolpos y tecta rugulado distingue a las subfamilias *Ehretioideae* y *Cordioideae*. Algunas especies de *Ehretia* y dos de *Bourreria* (*B. obovata* y *B. sotoana*) son heterocolpados pudiendo o no presentar el tectum rugulado, lo cual sugiere que estos caracteres son útiles en el reconocimiento de las *Ehretioideae*.

Además de la presencia de pseudoaberturas, a las cuales se llamó colpos subsidiarios ya que pueden actuar en un momento dado como aberturas verdaderas, se observaron también endofisuras (*B. superba*, *B. purpusii*, *B. pulchra*) y endocolpos transversales (*B. rowellii*, *B. aquilana*, *B. obovata*, *B. rekoi*, *B. sotoana*), lo cual sugiere que la variación en el número de aberturas podría ser mayor que las observadas, de modo que se requieren de estudios más amplios y detallados.

La ornamentación es otra de las características muy variable en la familia *Boraginaceae*, Erdtman (1952) describe la exina de *Ehretia* como levemente reticulada; Palacios-Chávez (1985) encuentra que en *E. anacua* y *E. tinifolia* es psilada, foveolada, reticulada o escabrosa; Nowicke y Miller (1990) describen la exina de *Cordia*, *Auxemma* y *Patagonula*, como variablemente rugulosa o irregularmente estriada; o el tectum espinuloso, estriado, reticulado, clavado y ruguloso en *Cordia* (Miller y Nowicke, 1989; Nowicke y Miller, 1990). En *Bourreria*, la ornamentación varía de verrugosa a rugulada, punctada, escabrosa o psilada y un mismo grano presenta diferentes tipos de ornamentación en los mesocolpia, apocolpia y márgenes meridionales. En algunos granos hay ligeras diferencias en la misma superficie a nivel ecuatorial o polar, pero en términos generales los mesocolpia son verrugosos con variantes entre especies o grupos de especies debido a la forma, tamaño y distribución, densidad y forma de las perforaciones sobre las mismas. La transición de verrugoso a rugulado y de finalmente rugulado a rugulado es evidente. Los márgenes meridionales y los apocolpia tienen por lo general el mismo patrón de superficie, ligeramente rugulada o psilada y punctada.

CONCLUSIONES

Del estudio de los caracteres polínicos de las especies mexicanas de *Bourreria* se concluye que los más relevantes son la presencia de seis márgenes meridionales, el número y tipo de aberturas, presencia y forma de las endoaberturas, presencia de anillos o costas en las endoaberturas, colpos subsidiarios y ornamentación (en mesocolpia, márgenes meridionales y apocolpia).

El tamaño y la forma del polen, junto con la superficie de márgenes meridionales, mesocolpia y apocolpia, la forma de las aberturas y tipos de ornamentación son los caracteres más útiles para la identificación de las especies. La variabilidad del polen en el género parece estar correlacionado con algunos aspectos de la morfología y biología floral, sin embargo, es un aspecto que requiere un estudio más profundo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Dr. Enrique Martínez y al Sr. Carlos Núñez Alfaro (IG-UNAM) por la cuidadosa revisión de las descripciones y el apoyo en la preparación de una parte de las muestras; a los curadores de los herbarios MEXU, CAS, GH, K, CICY, por el préstamo de los ejemplares y las facilidades otorgadas para su revisión; a Sara Fuentes Soriano (IB-UNAM) por su entusiasta ayuda en el SEM; a la Arq. Rossana Marrufo (CICY) por su apoyo en el ensamblaje de las ilustraciones; al Dr. Fernando Chiang Cabrera (IB-UNAM), por la revisión crítica del manuscrito y al Dr. Juan Javier Ortiz-Díaz (UADY) por sus valiosos comentarios sobre el manuscrito y su colaboración en la preparación de la clave.

LITERATURA CITADA

- Cronquist, A., 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. New York. 1262 pp.
- Erdtman, G., 1952. Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms. Waltham Mass., U. S. A.
- _____, 1960. "The acetolysis method". Sv. Bot. Tidskr., 54:556-564.
- _____, 1969. Handbook of Palynology. An introduction to the study of pollen grains and spores. Munksgaard, Copenhagen. p. 486.
- El-Ghazali, G., 1990. "An illustrated key to endoaperture morphology". Rev. Palaeobot. Palynol., 63:227-231.
- Gottschling, M. y H. Hilger, 2001. "Phylogenetic Analysis and character evolution of *Ehretia* and *Bourreria* (Ehretiaceae, Boraginales) and their allies, based on ITS1 sequences". Bot. Jahrb. Syst., 123(2):249-268.
- Gottschling, M., 2003. Phylogenetic Analysis of selected Boraginales. PhD Thesis. F. U. Berlín. 89 pp.
- Johnston, I. M., 1930. Studies in the Boraginaceae VIII. "Observations on the species of *Cordia* and *Tournefortia* known from Brazil; Paraguay; Uruguay and Argentina". Contr. Gray Herb., 92:3-89.
- Judd, W. S., Ch. S. Campbell, E. A. Kellogg y P. F. Stevens, 1999. Plant Systematics. A Phylogenetic Approach. Sinauer

- Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts. pp. 361-363.
- Miller, J.S. y J. W. Nowicke, 1989. "Sectional placement of some problematic *Cordia* species (Boraginaceae)". *Syst. Bot.*, 14 (3):271-280.
- , 1990. "Dioecy and a reevaluation of *Lepidocordia* and *Antrophora* (Boraginaceae: Ehretioideae)". *Amer. J. Bot.*, 77(4):543-551.
- Miller, J. S., 2001. *Bourreria*. In: Stevens, W. D. et al. (edits.). "Flora de Nicaragua". *Monogr. Syst. Bot.*, MO 85(1):436-438.
- Müller, J., 1981. "Exine architecture and function in some Lythraceae and Sonneratiaceae". *Review of Palaeobotany and Palinology*, 35:93-123.
- Nowicke, J. W. and J. E. Ridgway, 1973. "Pollen studies in the genus *Cordia* (Boraginaceae)". *Amer. J. Bot.*, 60(6):584-591.
- Nowicke, J. W. and J. J. Skvarla, 1974. A "Palynological investigation of the genus *Tournefortia* (Boraginaceae)". *Amer. J. Bot.*, 61:1021-1036.
- Nowicke, J. W. and J. S. Miller, 1989. "Pollen morphology and the relationships of *Hoplostigmataceae*". *Taxon*, 38(1):12-16.
- Nowicke, J. W. and J. S. Miller, 1990. "Pollen morphology of the *Cordioideae* (Boraginaceae): *Auxemma*, *Cordia*, and *Patagonula*". *Pl. Syst. Evol.*, (5):103-121.
- Palacios-Chávez, R. y B. Ludlow-Wiechers, 1985. Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 25. "Familia Boraginaceae. Género *Ehretia*". *Biótica*, 10:281-288.
- Palacios-Chávez, R. y D. L. Quiroz-García, 1985a. Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 22. "Familia Boraginaceae. Género *Cordia*". *Biótica*, 10:71-113.
- Palacios-Chávez, R., B. Ludlow-Wiechers and R. Villanueva G., 1991. Flora Palinológica de la reserva de la biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, México, p. 321.
- Pragłowski, J. and W. Punt, 1973. "An elucidation of the microreticulate structure of the exine". *Grana Palynol.*, 13:45-50.
- Punt, W., Blackmore S., Nilsson S. and Le Thomas A., 1994. Glossary of pollen and spores terminology. LPP: Contrib. Ser. No. 1 LPP Foundation, Utrech.
- Quiroz-García, D. L. y Palacios-Chávez, 1985. Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 21. "Familia Boraginaceae. Género *Borago*". *Biótica*, 19:67-70.
- Quiroz-García, D. L., Palacios-Chávez, R. and M. L. Arreguín-Sánchez, 1997. "Morfología de los granos de polen de la familia Boraginaceae de la Estación de Biología Chamela, Jalisco, Méx.". *Polibotánica*, 4:37-53.

- Thulin, M., 1987. "Bourreria (Boraginaceae) in tropical Africa". Nord. J. Bot., 7(4):413-417. Identificación, and Information Retrieval. Version: 14th December 2000.
- Walker, J. W. y J. A. Doyle, 1975. "The bases of Angiosperm Phylogeny: Palynology". Ann. Missouri Bot. Gard., 62:664-723. Willis, J. C., 1973. A dictionary of the flowering plants and ferns. Eighth edition, Cambridge at the University Press, 1245 pp.
- Watson, L. y M. J. Dallwitz (1999 onwards). The Families of Flowering Plants: Descriptions, Illustrations,

Anexo I. Ejemplares de referencia de las especies incluidas en este estudio.

Especie	Localidad	Colector	Número	Herbario	Col. IGLUNAM
<i>B. andrieuxii</i> (DC.) Hemsl.	Morelos	Vázquez	1176b	MEXU	M9124
<i>B. aquilana</i> G. Campos-Ríos	Michoacán	Campos-Ríos	3235**	CICY	CICY
<i>B. formosa</i> (DC.) Hemsl.	Oaxaca	Orcutt	3275	MEXU	M8881
<i>B. hintonii</i> I. M. Johnst.	Guerrero	Hinton	10866*	GH	M9125
<i>B. huanita</i> (Llave & Lex.) Hemsl.	Guatemala	Campos-Ríos	3191	CICY	CICY
<i>B. juquilana</i> G. Campos-Ríos	Oaxaca	Boege	2657**	MEXU	M8867
<i>B. longiflora</i> I. M. Johnst.	Michoacán	Hinton	15908*	MEXU	M9130
<i>B. maddougallii</i> G. Campos-Ríos	Oaxaca	MacDougall	587.S**	MEXU	M8874
<i>B. obovata</i> Eastw.	Oaxaca	Tenorio	6707	MEXU	M8887
<i>B. ovata</i> Miers	Quintana Roo	Escalante	594	CICY	M9132
<i>B. oxyphylla</i> Standl.	Chiapas	Martínez	7410	MEXU	M9131
<i>B. pulchra</i> (Millsp.) Greenman	Yucatán	Martínez	3030	MEXU	M8842
<i>B. purpusii</i> Brandege	Chiapas	Breedlove	9616	CAS	M8846
<i>B. rekoi</i> Standl.	Oaxaca	Torres	5254	MEXU	M8869
<i>B. rowellii</i> I. M. Johnst.	Guerrero	Morris	3742	MICH	M9134
<i>B. rubra</i> E. J. Lott & J. S. Miller	Jalisco	Lott	1712*	MEXU	M8891
<i>B. sonora</i> S. Watson	Sonora	Palmer	289*	K	K
<i>B. sotoana</i> G. Campos-Ríos	Michoacán	Campos-Ríos	3239**	CICY	CICY
<i>B. spathulata</i> (Miers) Hemsl.	Jalisco	Hinton	6310	GH	M9136
<i>B. superba</i> I. M. Johnst.	Michoacán	Hinton	13834*	GH	M8895
<i>B. tuxtensis</i> G. Campos-Ríos	Chiapas	Campos-Ríos	3208**	CICY	CICY
<i>B. veracruzana</i> G. Campos-Ríos	Veracruz	Cedillo	2857**	MEXU	M8873

Anexo 2. Morfología del polen: sección, vista polar, vista ecuatorial, superficie (ML), vista polar, vista ecuatorial, sección de la exina en polen fracturado, ornamentación del mesocolpio (MEB).

Lámina I. *Bourreria andrieuxii*: 1) VP, sección óptica; 2) VE, colpo; 3) VP, márgenes meridionales, superficie finamente verrugosa; 4) VP, apocolpio psilado; 5) VE, endoabertura alargada, margen meridional finamente verrugoso; 6) VE, mesocolpio psilado; 7) polen fracturado, tectum perforado. *B. formosa*: 8) VP, márgenes meridionales engrosados, 9) VP, colpo logintudinal; 10) VP, apocolpio escabroso, adelgazamiento de la exina en mesocolpia; 11) VP, márgenes meridionales engrosados; 12) VE, márgenes meridionales doblemente constreñidos en el ecuador; 13) VE, mesocolpio verrugoso; 14) sección de la exina, sexina más gruesa que la nexina. *B. hintonii*: 15) VP, tricolporado; 16) VP, tetracolporado; 17) superficie verrugosa; 18) VP, apocolpio verrugoso; 19) VE, márgenes meridionales gruesamente verrugosos, endoabertura circular-annulada; 20) VP, mesocolpio verrugoso.

Lámina II. *Bourreria huanita*: 21) VP, sección óptica; 22) VE, aberturas colporadas; 23) VP, márgenes meridionales y apocolpio finamente verrugoso; 24) VP, apocolpio finamente verrugoso; 25) VE, endoabertura circular; 26) VE, mesocolpio con verrugas aplanadas; 27) sección óptica, columelas gruesas. *B. longiflora*: 28) VP, sección de la exina; 29) VE, aberturas colporadas; 30) VE, superficie verrugosa; 31) VP, apocolpio verrugoso; 32) VE, colpo con membrana escabrosa y endoabertura circular annulada; 33) VE, mesocolpio verrugoso (verrugas alargadas longitudinalmente). *B. obovata*: 34) VP, sección óptica, tetracolporado; 35) VE, colpo; 36) VP, superficie escabrosa; 37) VP, apocolpio finamente verrugoso; 38) VE, márgenes meridionales con adelgazamientos de la exina diagonales al ecuador, endoabertura circular; 39) VE, mesocolpio con verrugas irregulares aplanadas; 40) polen fracturado, tectum perforado, nexina muy delgada.

Lámina III. *Bourreria ovata*: 41) VP, Sección óptica, tricolporada; 42-43) VE, endoaberturas transversal y circular; 44) VP, tetracolporado, apocolpio psilado; 45) VE, endoabertura circular; 46) VE, márgenes psilados, mesocolpio escabroso; 47) tectum perforado, sexina muy gruesa. *B. oxyphylla*: 48) VP, sección óptica; 49) VE, colpo con membrana escabrosa; 50) VP, apocolpio verrugoso; 51) VE, endoabertura circular-annular; 52) VE, mesocolpio verrugoso; 53) sexina y nexina de igual espesor. *B. pulchra*: 54) VP, tricolporado; 55) VP, tetracolporado; 56) VE, colpos; 57) VP, superficie escabrosa con endofisuras; 58) VP, apocolpio psilado; 59) VE, endoabertura circular-annulada; 60) VE, mesocolpio finamente verrugoso.

Lámina IV. *Bourreria purpusii*: 61) VP, tricolporado; 62) VP, tetracolporado; 63) VE, aberturas colporadas; 64) VP, superficie finamente verrugosa, endofisuras; 65) VP, apocolpio y márgenes meridionales gruesos; 66) VE, endoabertura circular, adelgazamientos de la exina diagonales sobre los márgenes meridionales; 67) VE, mesocolpio escabroso. *B. rekoii*: 68) VP, sección óptica; 69) VE, colpo; 70) VP, apocolpio, finamente verrugoso; 71) VE, endoabertura parcialmente cubierta por una extensión del margen meridional; 72) VE, mesocolpio regulado; 73) polen fracturado, sexina engrosada. *B. rowellii*: 74) VP, tetracolporado; 75) VE, colpo transversal; 76) VP, superficie escabrosa; 77) VP, apocolpio finamente granuloso; 78) VE, colpo y márgenes engrosados; 79) VE, mesocolpio verrugoso; 80) polen fracturado, exina con colmuelas cortas y gránulos.

Anexo 2. (Continuación).

Lámina V. *Bourreria rubra*: 81) VP, tricolporado; 82) VP, apocolpio y márgenes meridionales gruesamente verrugoso; 83) VE, endoabertura circular; 84) VE, mesocolpio verrugoso, grandes espacios punctados entre las verrugas, 85) polen fracturado. *B. sotoana*: 86) VP, sección de la exina; 87) VE, abertura colporada y constreñida en el ecuador; 88) VE, endoabertura transversal; 89) VP, superficie con verrugas pequeñas dispersas, 90) VP, apocolpio psilado; 91) VE, endoabertura circular, endocolpos subsidiarios transversales; 92) VE, mesocolpio finamente verrugoso en el ecuador; 93) polen fracturado, tectum perforado. *B. juquilana*: 94) VP, sección óptica; 95) VE, abertura colporada; 96) VP, Superficie finamente verrugosa; 97) VP, apocolpio finamente verrugoso; 98) VE, endoabertura circular, adelgazamientos de la exina diagonales sobre los márgenes meridionales; 99) VE, mesocolio gruesamente verrugoso; 100) polen fracturado, sexina y nexina engrosadas.

Lámina VI. *Bourreria aquilana*: 101) VP, tricolporado; 102) VE, colpos y endocolpo longitudinal; 103) VE, endocolpos subsidiarios transversales. *B. veracruzana*: 104) VP, tricolporado; 105) VP, endofisuras; 106) VP, márgenes meridionales y apocolpio psilados; 107) VE, márgenes engrosados; 108) VE, mesocolpio verrugas irregulares aplanadas. *B. macdougallii*: 109) VP, sección óptica; 110) VE, constricción en el ecuador; 111) VP, superficie verrugosa; 112) VP, apocolpio finamente verrugoso; 113) VE, endoabertura alargada apostillada; 114) VE, mesocolpio con verrugas aplanadas; 115) polen fracturado, sexina de mayor espesor que la nexina. *B. spathulata*: 116) VP, sección óptica; 117) VP, superficie verrugosa; 118) VP, apocolpio gruesamente verrugoso, puente de sexina; 119) VE, endoabertura circular, puente de sexina, 120) VE, mesocolpio gruesamente verrugoso.

Lámina VII. *Bourreria superba*: 121) VP, tricolporado; 122) VE, endoabertura longitudinal; 123) VP, superficie endofisuras; 124) VP, apocolpio psilado; 125) VE, endoabertura circular; 126) VE, mesocolpio con verrugas aplanadas y espacios punctados; 127) polen fracturado, sexina más gruesa que la nexina. *B. sonorae*: 128) VP, sección óptica; 129-130) endoabertura alargada; 131) VP, apocolpio finamente verrugoso; 132) VE, endoabertura parcialmente cubierta con proyecciones de la sexina; 133) VE, mesocolpio gruesamente verrugoso; 134) polen fracturado, nexina delgada. *B. tuxtlenensis*: 135) VP, tricolporado, sección óptica; 136) VE, colpo; 137) VP, superficie verrugosa; 138) VP, apocolpio y márgenes meridionales verrugosos; 139) VE, endoabertura circular.