

**MORFOLOGÍA DE LOS GRANOS DE POLEN DE LA FAMILIA BORAGINACEAE  
DE LA ESTACIÓN DE BIOLOGÍA CHAMELA, JALISCO, MÉXICO**

**David Leonor Quiroz-García  
Rodolfo Palacios-Chávez  
Ma. de la Luz Arreguín-Sánchez**

*Escuela Nacional de Ciencias Biológicas  
Instituto Politécnico Nacional  
Prolongación de Carpio y Plan de Ayala  
Col. Santo Tomás, 11340, México, D. F.*

**RESUMEN**

Se presenta e ilustra la morfología del polen de cuatro géneros y catorce especies de Boraginaceae de Chamela, Jalisco. Las observaciones se realizaron al microscopio de luz y al microscopio electrónico de barrido. Siete tipos polínicos fueron diferenciados: tricolporado, reticulado en *Bourreria rubra* Lott y Miller; tricolporado, microequinado en *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken, *C. elaeagnoides* DC. y *C. gerascanthus* L.; tricolporado, estriado-reticulado en *C. seleriana* Fern; triporado, eureticolado en *C. curassavica* (Jacq.) Roemer y Schultes y *C. inermis* (Miller) I.M. Johnston; tricolporado con pseudocolpos, psilado, verrugado o rugulado en *Heliotropium angiospermum* Murray, *H. procumbens* Miller; *Tournefortia hartwegiana* Steud y *T. volubilis* L.; tricolporado con retículo negativo en *H. indicum* L. y *Cordia dentata* Poiret; porado, gemado en *T. hirsutissima* L. Se discute la relación entre los tipos polínicos encontrados y la taxonomía de la familia.

**Palabras clave:** Morfología, polen, Boraginaceae, Valle de México.

**SUMMARY**

Pollen morphology of four genera and fourteen species of Boraginaceae was studied and illustrated. The observations of pollen grains were carried out under the light microscopy and the scanning electron microscopy. Seven main pollen types were found: tricolporate, reticulate in *Bourreria rubra* Lott y Miller; tricolporate, microechinate in *Cordia alliodora* Ruiz y Pavon, *C. elaeagnoides* DC. y *C. gerascanthus* L.; tricolporate, striate-reticulate in *C. seleriana* Fern; triporate, eureticolate in *C. curassavica* (Jacq.) Roemer y Schultes and *C. inermis* (Miller) I.M. Johnston; tricolporate with pseudocolpi, psilate, verrugate or rugulate in *Heliotropium angiospermum* Murray, *H. procumbens* Miller, *Tournefortia hartwegiana* Steud and *T. volubilis* L.; tricolporate with negative reticulum in *H. indicum* and *Cordia dentata* Poiret; porate, gemmate in *T. hirsutissima* L. These pollen types are correlated with taxonomy of the family.

**Key words:** Morphology, pollen, Boraginaceae, Valley of Mexico.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo forma parte del proyecto Flora polínica de Chamela, Jalisco (Palacios-Chávez *et al.*, 1986). La familia Boraginaceae incluye hierbas, árboles o raramente lianas, abarca cerca de 100 géneros y aproximadamente 2,000 especies, distribuidas en ambos hemisferios (Lawrence, 1951). En la estación de Biología de Chamela se encuentran representados cuatro géneros y catorce especies (Lott, 1985).

Gurke (1897) divide a la familia en cuatro subfamilias: Cordioideae, Ehretioideae, Heliotropioideae y Borragnioideae, esta última la fracciona en siete tribus. La subfamilia Cordioideae incluye al género *Cordia* tal vez el más grande y más complejo de las Boraginaceae. El autor reconoce seis secciones basadas principalmente en las características del cáliz. La sección Myxa la divide en cuatro subsecciones. En la sección *Gerascanthus* se encuentra a *Cordia alliodora*, *C. elaeagnoides* y *C. gerascanthus* y en la sección Myxa subsección Spiciformis a *C. curassavica*. En la subfamilia Heliotropioideae sitúa a los géneros *Heliotropium* y *Tournefortia*; el primero en la sección Heliophytum en cuya subsección Tiaridium está *Heliotropium indicum* y al segundo en la sección Pittonia en donde están *Tournefortia hirsutissima* y *T. volubilis*. En la subfamilia Ehretioideae se tiene al género *Beureria*.

Johnston (1928, 1930, 1949) en estudios regionales trata con mayor detalle a la familia Boraginaceae; a *Heliotropium* lo separa en diez secciones (1928), en la sección Schobera incluye a *H. angiospermum*; en la sección Tiaridium a *H. indicum* y en la sección Orhostachys subsección Ebracteata a *H. procumbens*. Al género

*Cordia* lo divide en siete secciones (1930), a *C. alliodora* la ubica en la sección *Gerascanthus* y a *C. elaeagnoides* en la sección *Rhabdocalyx*, en este mismo trabajo sitúa a *Tournefortia hirsutissima* en la sección *Eutournefortia*. En un estudio posterior, Johnston (1949) comenta que el género *Bourreria* ha sufrido variaciones en su ortografía encontrándolo también como *Beurreria* y *Beureria*, sin embargo, el primer nombre es el correcto de acuerdo con las reglas de nomenclatura taxonómica.

## ANTECEDENTES

El polen de la familia Boraginaceae ha sido estudiado por varios autores entre los que destacan, Erdtman (1952) que considera el de 35 géneros y 65 especies de diferentes partes del mundo, incluyendo algunos de México. González (1969) describe el polen en dos especies de *Heliotropium* del estado de Hidalgo. Heusser (1971), en su trabajo sobre el polen y las esporas de Chile, incluye la descripción de una especie del género *Cordia*. Huang (1972) describe los granos de polen de 10 géneros y 16 especies de boragináceas de la flora de Taiwan, entre ellos están *Cordia*, *Heliotropium* y *Tournefortia* con una especie cada uno. De los trabajos más completos sobre *Cordia* está el de Nowicke y Ridgway (1973), que examinan los granos de polen de 40 especies de este género, hacen las observaciones al microscopio de luz, microscopio electrónico de barrido y de transmisión. Encuentran tres tipos polínicos que relacionan con la morfología del esporofito. Nowicke y Skvarla (1974) hacen un estudio semejante al anterior para *Tournefortia*, observan 65 especies de este género y agrupan su polen en cuatro tipos polínicos distintos que correlacionan con la morfología del esporofito. Markgraf y D'Antoni (1978)

describen el polen de seis especies de boragináceas, entre ellas cuatro del género *Heliotropium*.

Para el estado de Veracruz se describe la morfología de polen de 46 especies de Boraginacea (Ludlow-Wiechers y Palacios-Chávez, 1985; Palacios-Chávez y Ludlow-Wiechers, 1985; Palacios-Chávez y Quiroz-García, 1985 a, b, c, d, 1986. Quiroz-García y Palacios-Chávez, 1985 a, b, 1986; a) que representan a 12 géneros diferentes; sin embargo, son *Cordia*, *Heliotropium* y *Tournefortia*, los que incluyen el mayor número de especies.

Lozano-García y Martínez-Hernández (1990) estudian el polen de cuatro especies de *Cordia*, entre ellas el de *C. alliodora*.

Roubik y Moreno (1991) presentan e ilustran la morfología del polen de tres géneros y once especies de Boraginaceae entre ellas *Cordia alliodora*, *Heliotropium indicum* y *Tournefortia hirsutissima*.

Palacios-Chávez *et al.* (1991) describen los granos de polen de cuatro géneros y diez especies de esta familia, entre las que se encuentran *Cordia curassavica*, *C. gerascanthus*, *Heliotropium indicum*, *H. procumbens* y *Tournefortia volubilis*. En el registro fósil se han encontrado granos de polen de *Cordia* (Muller 1981 y Palacios, 1985) y *Tournefortia* (Graham y Janzen, 1969; Graham 1976; Palacios, 1985).

#### MATERIAL Y MÉTODO

Las muestras polínicas se obtuvieron de ejemplares de la colección de Chamela o en especímenes de otras partes del país depositados en el herbario ENCB, previa corroboración de los mismos cuando los de

Chamela no presentaron polen. El procesamiento de las muestras se hizo de acuerdo con Palacios-Chávez *et al.* (1986). Para las observaciones al microscopio electrónico de barrido, el polen no recibió tratamiento químico, siendo recubiertos con oro para su estudio en el microscopio JEOL-JSM 35. La clave polínica para la separación de especies es una adaptación de la de Sánchez-Colón y Quiroz-García (1991).

#### CLAVE PARA LA SEPARACIÓN DE LAS ESPECIES DE LA FAMILIA BORAGINACEAE DE CHAMELA, JALISCO

- 1.-  $P/E \leq 1.14$  ..... 2
- 1.-  $P/E \geq 1.14$  ..... 7
- 2.- Espesor de la exina  $\leq 3.5$  ..... 3
- 2.- Espesor de la exina  $\geq 3.5$  ..... 6
- 3.- Eje polar  $\leq 21 \mu\text{m}$  .....  
..... *Tournefortia hirsutissima*  
(Lám. IV, figs. 75 a 77)
- 3.- Eje polar  $\leq 22 \mu\text{m}$  ..... 4
- 4.- Exina semitectada . . . . *Cordia seleriana*  
(Lám. IV, figs. 42 a 50)
- 4.- Exina tectada ..... 5
- 5.- Ornamentación reticulada .....  
..... *Cordia dentata*  
(Lám. I, figs. 18 a 24)
- 5.- Ornamentación equinada .....  
..... *Cordia alliodora*  
(Lám. I, figs. 7 a 12)  
..... *Cordia elaeagnoides*  
(Lám. III, figs. 25 a 31)  
..... *Cordia gerascanthus*  
(Lám. III, figs. 32 a 36)
- 6.- Polen tricolporado .....  
..... *Bourreria rubra*  
(Lám. I, figs. 1 a 6)
- 6.- Polen triporado .....  
..... *Cordia curassavica*  
(Lám. II, figs. 13 a 17)

- Cordia inermis*  
(Lám. III, figs. 37 a 38)  
(Lám. IV, figs. 39 a 41)
- 7.- Vista polar con el contorno semiangular o angular ..... 8
- 7.- Vista polar con el contorno circular o lobado ..... 9
- 8.- Área polar muy grande, índice del área polar 0.75 o mayor, polen sin pseudocolpos ..... *Heliotropium indicum*  
(Lám. V, figs. 54 a 60)
- 8.- Área polar mediana, índice del área polar de 0.25 a 0.5, polen con pseudocolpos . . . . .  
..... *Tournefortia hartwegiana*  
(Lám. VI, figs. 69 a 74)
- 9.- Colpos verdaderos con poros lalongados ..... *Heliotropium angiospermum*  
(Lám. IV, figs. 51 a 53)  
*Heliotropium procumbens*  
(Lám. V, figs. 61 a 68)
- 9.- Colpos verdaderos con surcos transversos . . . . . *Tournefortia volubilis*  
(Lám. VI, figs. 78 a 82)

#### DESCRIPCIÓN E ILUSTRACIÓN DE LOS GRANOS DE POLEN

*Bourreria rubra* E. J. Lott y J. S. Miller.  
Estación de Biología Chamela, Jal. **S. H. Bullock 1136** (MEXU) Lám. I, figs. 1 a 6.

Polen tricolporado, tectado-perforado, acostillado, suboblado de 33(36)39 X 40(42)48  $\mu$ . Vista polar semiangular. P/E= 0.86. Exina de 4  $\mu$  de grosor, con la sexina y la nexina del mismo espesor. La ornamentación de la exina al ML con patrón reticulado, al MEB los engrosamientos acostillados puntitegilados, en el mesocolpio se contrae dando la impresión de verrugas. Colpos situados entre dos engrosamientos de la sexina de 19(22)24  $\mu$  de largo X 4(4.5)5  $\mu$  de ancho. Colpo transverso de 10(15)20  $\mu$  de largo X 3(6)9  $\mu$

de ancho. Índice del área polar 0.31, mediana.

*Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken.  
Estación de Biología Chamela, Jalisco **S. H. Bullock 82** (MEXU) Lám. I, figs. 7 a 12.

Polen tricolporado, tectado, suboblado de 31(36)40 X 35 (41)46  $\mu$ . Vista polar circular. P/E= 0.88. Exina de 1.4  $\mu$  de grosor, con la sexina y la nexina aproximadamente del mismo espesor. La ornamentación de la exina al ML y MEB microequinada, espinas ca. de 1  $\mu$  de largo. Colpos de 24(28)31  $\mu$  de largo X 3.7  $\mu$  de ancho, con membranas equinuladas. Colpo transverso de 7(11)13  $\mu$  de largo X 3  $\mu$  de ancho. Índice del área polar 0.37, mediana.

*Cordia curassavica* (Jacq.) Roem. & Schult.  
Estación de Biología Chamela, Jal. **E. Lott 1742** (MEXU) Lám. II, figs. 13 a 17.

Polen triporado, semitectado, esferoidal de 40(55)70 X 40(58)76  $\mu$ . Vista polar circular. P/E= 0.95. Exina de 3.9  $\mu$  de grosor, con la nexina de menor espesor que la sexina. La ornamentación de la exina al ML y MEB euretículada, con espinas menores de 1  $\mu$  sobre los muros. Poros circulares, de 4(6)8 de diámetro.

*Cordia dentata* Poiret. Estación de Biología Chamela, Jalisco **E. Lott 1062** (MEXU) Lám. II, figs. 18 a 24.

Polen tricolporado a tetracolporado, tectado, esferoidal de 43(46)53 X 41(47)53  $\mu$ . Vista polar semiangular. P/E= 0.98. Exina de 1.3  $\mu$  de grosor, con la sexina y la nexina casi del mismo espesor. La ornamentación de la exina al ML con retículo negativo y al MEB microverrugada. Colpos de 32(35)94  $\mu$  de largo X 3  $\mu$  de ancho con membranas

granulosas. Colpo transverso difuso de 10(11)13  $\mu$  de largo X 4  $\mu$  de ancho. Índice del área polar 0.22, chica.

*Cordia elaeagnoides* DC. Estación de Biología Chamela, Jal. **S. H. Bullock 83** (MEXU) Lám. III, figs. 25 a 31.

Polen tricolporado, tectado, suboblado de 27(29)32 X 32(35)37  $\mu$ . Vista polar circular. P/E= 0.83. Exina de 1.3  $\mu$  de grosor, con la sexina y la nexina aproximadamente del mismo espesor. La ornamentación de la exina al ML es microequinada, espinas menores de 1  $\mu$  de largo. Colpos de 22(24)26  $\mu$  de largo X 1.8  $\mu$  de ancho con membranas equinuladas. Colpo transverso irregular de 5(6)10  $\mu$  de largo X 2.4  $\mu$  de ancho. Índice del área polar 0.26, mediana.

*Cordia gerascanthus* L. Estación de Biología Chamela, Jal. **A. Solís 4321** (MEXU) Lám. III, figs. 32 a 36.

Polen tricolporado, tectado, suboblado de 28(31)33 X 32(37)41  $\mu$ . Vista polar circular. P/E= 0.84. Exina de 1.5  $\mu$  de grosor, con la sexina y la nexina aproximadamente del mismo espesor. La ornamentación de la exina al ML y MEB es microequinada, espinas menores de 1  $\mu$  de largo. Colpos de 22(24)26  $\mu$  de largo X 4.3  $\mu$  de ancho, con membranas equinuladas. Colpo transverso irregular de 7(9)10  $\mu$  de largo X 1.7  $\mu$  de ancho. Índice del área polar 0.40, mediana.

*Cordia inermis* (Miller) I.M. Johnston. Estación de Biología Chamela, Jal. **E. Lott 1786** (MEXU) Lám. III, figs. 37 a 38 y Lám. IV, figs. 39 a 41.

Polen triporado, semitectado, esferoidal de 39(47)58 X 44(49)59  $\mu$ . Vista polar circular. P/E= 0.96. Exina de 4.0  $\mu$  de grosor, con la

sexina de mayor espesor que la nexina. La ornamentación de la exina al ML y al MEB eureticular, con espinas menores de 1  $\mu$  de largo sobre los muros, simplibaculada. Poros semicirculares, de 5.2(5.7)6.5  $\mu$  X 5.2(6.7)7.8  $\mu$  de diámetro, cubiertos de membranas microequinadas.

*Cordia seleriana* Fern. Estación de Biología Chamela, Jal. **A. Pérez 1142** (MEXU) Lám. IV, figs. 42 a 50.

Polen tricolporado, semitectado, oblado-esferoidal de 27(29)34 X 24(32)35  $\mu$ . Vista polar circular. P/E= 0.91. Exina de 1.4  $\mu$  de grosor, con la sexina y la nexina aproximadamente de igual espesor. La ornamentación de la exina al ML y MEB es estriada-reticular. Colpos de 23(25)29  $\mu$  de largo X 3.0  $\mu$  de ancho, con membranas granulosas. Colpo transverso irregular de 6(7)8  $\mu$  de largo X 3.4  $\mu$  de ancho. Índice del área polar 0.16, chica.

*Heliotropium angiospermum* Murray. El Quineo, Veracruz, **F. Ventura 1507** (ENCB) Lám. IV, figs. 51 a 53.

Polen tricolporado, heterocolporado, los colpos alternan con los pseudocolpos, tectado, prolado, de 26(29)31 X 18(20)21  $\mu$ . Vista polar hexalobada. P/E= 1.45. Exina de 1.25  $\mu$  de grosor, con la sexina de mayor espesor que la nexina. La ornamentación en la exina es psilada. Colpos de 21(23)25  $\mu$  de largo X 1.3  $\mu$  de ancho, cubiertos con membranas lisas. Poro lalongado de 4(5)6  $\mu$  de largo X 3  $\mu$  de ancho, constreñido en la parte media, con terminaciones truncas. Índice del área polar 0.27, mediana.

*Heliotropium indicum* L. Úrsulo Galván, Veracruz, **F. Ventura 3395** (ENCB) Lám. V, figs. 54 a 60.

Polen tricolporado, tectado, prolado de 40(46)52 X 25(30)34  $\mu$ . Vista polar angular. P/E= 1.53. Exina de 1.7  $\mu$  de grosor, con la sexina de mayor espesor que la nexina. La ornamentación de la exina al ML y MEB es verrugada con retículo negativo en los mesocolpos y en los polos. Colpos de 12(13)15  $\mu$  de largo X 1  $\mu$  de ancho, cubiertos con membranas lisas. Poro lalongado de 5(8)10  $\mu$  de largo X 5  $\mu$  de ancho, constreído en la parte media, con terminaciones romas. Índice del área polar 0.81, muy grande.

*Heliotropium procumbens* Miller. Estación de Biología Chamela, Jal. **A. Pérez 1324** (MEXU) Lám V, figs. 61 a 68.

Polen tricolporado, heterocolpado, los colpos alternan con los pseudocolpos, tectado, prolado de 28(49)48 X 23(29)34  $\mu$ . Vista polar circular-lobada. P/E= 1.38. Exina de 1.4  $\mu$  de grosor, con la sexina de mayor espesor que la nexina. La ornamentación de la exina al ML es psilada, al MEB punteada, rugulada. Colpos de 16(30)35  $\mu$  de largo X 1.5  $\mu$  de ancho, con membranas lisas. Poro lalongado de 4(5)6  $\mu$  de largo X 3  $\mu$  de ancho. Índice del área polar 0.63, grande.

*Tournefortia hartwegiana* Steud. Estación de Biología Chamela, Jal. **E. Lott 1666** (MEXU) Lám. VI, figs. 69 a 74.

Polen tricolporado, rara vez tetracolporado, heterocolpado, los pseudocolpos alternan con los colpos, subprolado de 23(29)34 X 22(25)29  $\mu$ . Vista polar circular a semiangular. P/E= 1.16. Exina de 1.4  $\mu$  de grosor, con la sexina y la nexina aproximadamente de igual espesor. La ornamentación de la exina al ML y al MEB es rugulada. Colpos de 18(22)26  $\mu$  de largo X 1.3  $\mu$  de ancho, con membranas lisas. Colpo transverso de 4(5)5  $\mu$  de largo

X 3.2  $\mu$  de ancho, constreído en la parte media. Índice del área polar 0.33, mediana.

*Tournefortia hirsutissima* L. Estación de Biología Chamela, Jal. **S. Bullock 1323** (MEXU) Lám. VI, figs. 75 a 77.

Polen monoporado, poro poco visible, intectado, esférico de 16(19)25  $\mu$  de diámetro. Exina de ca. de 1  $\mu$  de grosor, sin tomar en consideración las gemas. La ornamentación de la exina al ML y al MEB se observa con gemas, las mayores de 2.5  $\mu$  de diámetro.

*Tournefortia volubilis* L. Estación de Biología Chamela, Jal. **A. Pérez 1843** (MEXU) Lam. VI, figs. 78 a 82.

Polen tricolporado, heterocolpado, los colpos alternan con los pseudocolpos, tectado, subprolado de 21 (24) 27 X 17 (19) 22  $\mu$ . Vista polar hexalobada. P/E= 1.26. Exina de 1.2  $\mu$  de grosor, con la sexina de mayor espesor que la nexina. La ornamentación en la exina al ML y MEB psilada. Colpos de 15 (19) 24  $\mu$  de largo X 1  $\mu$  de ancho, con membranas lisas. Colpo transverso lalongado de 4 (6) 10  $\mu$  de largo X 2  $\mu$  de ancho, constreído en la parte media, con terminaciones redondeadas. Índice del área polar 0.25, mediana.

#### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El polen de las catorce especies de Boraginaceae estudiadas, por sus características morfológicas se pueden separar en siete tipos polínicos.

**Tipo I.** Polen tricolporado, acostillado, de apariencia reticulada en *Bourreria rubra*.

**Tipo II.** Polen tricolporado, microequinado, se encontró en *Cordia alliodora*, *C.*

*elaeagnoides* y *C. gerascanthus*.

**Tipo III.** Polen tricolporado, estriado-reticulado presente en *Cordia sekeriana*.

**Tipo IV.** Polen triporado, semitectado, euretulado se observó en *Cordia curassavica* y *C. inermis*.

**Tipo V.** Polen tricolporado, tectado, liso, escabroso o rugulado, con pseudocolpos en número variable en *Heliotropium angiospermum*, *H. procumbens*, *Tournefortia hartwegiana* y *T. volubilis*.

**Tipo VI.** Polen tricolporado, tectado con microverugas y escabras que forman un retículo negativo en *Cordia dentata* y *Heliotropium indicum*.

**Tipo VII.** Polen porado, intectado, gemado en *Tournefortia hirsutissima*.

El polen de las Boraginaceae es euripalinológico sobre todo el del género *Cordia*, que muestra tres tipos polínicos diferentes; uno de ellos agrupa a *Cordia alliodora*, *C. elaeagnoides* y *C. gerascanthus*, estas especies corresponden a la sección *Gerascanthus* (Gurke, 1897) y la morfología polínica apoya su ubicación en dicha sección. Por el contrario Johnston (1930) separa a *Cordia alliodora* y *C. elaeagnoides* en secciones diferentes; sin embargo, muestran las mismas características polínicas. A *Heliotropium* y *Tournefortia*, Gurke (1897) los considera en la misma subfamilia pero en secciones diferentes; a este respecto es de llamar la atención que si bien *Tournefortia hirsutissima* y *T. volubilis* están en la misma sección, las características de sus granos de polen son muy diferentes entre sí. Johnston (1928) a *Heliotropium*

*angiospermum*, *H. procumbens* y *H. indicum* los sitúa en tres diferentes secciones, no obstante las dos primeras especies tienen granos de polen muy semejantes.

Es evidente que si bien se han realizado un gran número de trabajos sobre la taxonomía de las boragináceas éstos son incompletos y están muy fraccionados, con lo que se dificulta el poder relacionar la morfología de los granos de polen de las especies incluidas en este estudio con los tratamientos taxonómicos correspondientes; sin embargo, los pocos casos en que sí se pueden relacionar estos aspectos parecen indicar que la morfología polínica concuerda más con la clasificación de Gurke (1897) que con la de Johnston (1928 y 1930). Por otro lado, los estudios sobre granos de polen de esta familia, previos a los de la presente investigación en buena parte coinciden con las características morfológicas aquí encontradas.

#### AGRADECIMIENTOS

Al Doctor. S. H. Bullock exmiembro de la Estación de Biología Chamela, Jalisco, por las muestras florales enviadas y al M. en C. Jorge Valdés del Colegio de Posgraduados de Chapingo, por las fotografías proporcionadas al microscopio electrónico de barrido.

#### LITERATURA CITADA

- Erdtman G. 1952. *Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms.* Almquist and Wiksell, Stockholm. 555 pp.
- González, Q. L. 1969. *Morfología polínica: La flora del Valle del Mezquital, Hidalgo.* Departamento de Prehistoria.

- Intituto Nacional de Antropología e Historia, México. *Paleoecología*/3. 185 p.
- Graham, A. 1976. "Studies in Neotropical Paleobotany II. The Miocene communities of Veracruz, Mexico". *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 83:787-842.
- Graham, A. y D. M. Janzen. 1969. "Studies in Neotropical paleobotany. I. The Oligocene communities of Puerto Rico". *Ann. Missouri Bot. Gard.*, 56:308-357.
- Gurke, M. 1897. Boraginaceae. En: A. Engler y K. Prantl (ed). *Die Natürlichen Pflanzenfamilien*. IV. 3a. Engelmann Leipzig. pp. 71-173.
- Heusser, C. J. 1971. *Pollen and spores of Chile*. The University of Arizona Press, Tucson. 276 p.
- Huang, T. C. 1972. *Pollen flora of Taiwan*. National University Botany Department Press, Taipei. 276 p.
- Johnston, I. M. 1928. "I. Studies in the Boraginaceae. The South American Species of *Heliotropium*. 2. Notes on various Boraginoideae". *Contr. Gray Herb.*, 81:3-83.
- \_\_\_\_\_. 1930. "Studies in the Boraginaceae.- VIII.1. Observations on the species of *Cordia* and *Tournefortia* known from Brazil, Paraguay and Argentina". *Contr. Gray Herb.*, 92:1-89.
- \_\_\_\_\_. 1949. "Studies in the Boraginaceae".- XVIII. *Boraginaceae of the Southern West Indies*. *J. Arnold Arbor.*, 30:111-138.
- Lawrence, G.H.M. 1951. *Taxonomy of vascular plants*, New York. 823 p.
- Lott, E. 1985. Listado florístico de México III. La Estación de Biología Chamela, Jalisco. Instituto de Biología, UNAM, México. 47 p.
- Lozano-García, M. S. Y E. Martínez-Hernández. 1990. "Palinología de los Tuxtlas: Especies arbóreas". *Publicaciones Especiales*, 3. Instituto de Biología, UNAM, México. 61 p.
- Ludlow-Wiechers, B. y R. Palacios Chávez. 1985. "Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 24. Familia Boraginaceae. Género *Cynoglossum*". *Biótica*, 10:277-280.
- Markgraf, V. y H. L. D'Antoni. 1978. *Pollen flora of Argentina*. The University of Arizona Press, Tucson. 143 p.
- Muller, J. 1981. "Fossil pollen records of extant Angiosperms". *Bot. Rev.*, 47(1):1-42.
- Nowicke, J. W. y J. E. Ridgway. 1973. "Pollen studies in the genus *Cordia* (Boraginaceae)". *Amer. J. Bot.*, 60:584-591.
- Nowicke, J. W. y J. J. Skvarla. 1974. "A palynological investigation of the genus *Tournefortia* (Boraginaceae)". *Amer. J. Bot.* 61(9):1021-1036.
- Palacios-Chávez, R. 1985. "Estudio palinológico y paleoecológico de las floras fósiles del Mioceno Inferior y principios del Mioceno Medio de la región de Pichucalco, Chiapas, México". Tesis doctoral, Escuela Nacional



- de Ciencias Biológicas, IPN. México. 265 p.
- 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. 1985 a. "Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 22. Familia Boraginaceae. Género *Cordia*". *Biótica*, 10:71-113.
- . 1985 b. "Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 26. Familia Boraginaceae. Género *Hackelia*". *Biótica*, 10:289-292.
- . 1985 c. "Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 28. Familia Boraginaceae. Género *Lithospermum*". *Biótica*, 10:359-362.
- . 1985 d. "Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 29. Familia Boraginaceae. Género *Macromeria*". *Biótica*, 10:363-367.
- . 1986. "Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 30. Familia Boraginaceae. Género *Myosotis*". *Biótica*, 11:43-46.
- Palacios-Chávez, R., D. L. Quiroz-García, M. L. Arreguín-Sánchez y D. Ramos-Zamora. 1986. "Flora polínica del bosque tropical caducifolio de Chamela, Jalisco, México". *Phytologia*, 61(3):147-149.
- Palacios-Chávez, R., B. Ludlow-Wiechers y R. Villanueva G. 1991. *Flora palinológica de la reserva de la biósfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. Centro de investigaciones de Quintana Roo, México. 321 p.
- Quiroz-García, D. L. y R. Palacios-Chávez. 1985. "Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 21. Familia Boraginaceae. Género *Borago*". *Biótica*, 19:67-70.
- . 1985 a. "Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 23. Familia Boraginaceae. Género *Cryptantha*". *Biótica*, 10:211-213.
- . 1985 b. "Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 27. Familia Boraginaceae. Género *Heliotropium*". *Biótica*, 10:341-358.
- . 1986. "Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 31. Familia Boraginaceae. Género *Rochefortia*". *Biótica*, 11:47-50.
- . 1986 a. "Catálogo palinológico para la flora de Veracruz. No. 32. Familia Boraginaceae. Género *Tournefortia*". *Biótica*, 11:51-66.
- Roubik, W. D. y J. E. Moreno. 1991. *Pollen and spores of Barro Colorado Island*. Missouri Botanical Garden. 268 p.
- Sánchez-Colón, S. y D. L. Quiroz-García. 1991. "Aplicación del Análisis Divisivo de información a la construcción de claves dicotómicas para la identificación de granos de polen". *Palynol et Palaeobot.*, 3(1): 81-100.

## Lista de Láminas

## Lámina I.

*Bourreria rubra*. 1. Vista ecuatorial, se observa el grosor de la exina. 2. Vista ecuatorial, se muestra uno de los colpos. 3. Vista ecuatorial, se aprecian perforaciones en la exina y una de las aberturas al MEB. 4. Vista ecuatorial mostrando el mesocolpio y las aberturas al MEB. 5. Vista polar, se observa el apocolpio al MEB. 6. Vista polar, se aprecia el grosor de la exina y la ornamentación al centro. *Cordia alliodora*. 7. Vista ecuatorial, se muestra el grosor de la exina. 8. Vista ecuatorial se observa uno de los colpos y la superficie microequinada. 9. Vista polar, se muestra el grosor de la exina. 10. Vista polar, se aprecia la ornamentación microequinada. 11. Vista ecuatorial, se observa uno de los colpos y la ornamentación microequinada al MEB. 12. Vista polar mostrando el apocolpio. Escala de la barra 10  $\mu$ .

## Lámina II.

*Cordia curassavica*. 13. Vista ecuatorial, se aprecia el grosor de la exina. 14. Vista ecuatorial, se observa un poro en la parte central. 15. Vista polar mostrando el apocolpio. 16. Vista ecuatorial, se aprecia la membrana microequinada del poro al MEB. 17. Grano de polen al MEB, se observa la ornamentación reticulada y las microespinas sobre los muros. *C. dentata*. 18. Vista ecuatorial, se aprecia el mesocolpio y la ornamentación microverugada al MEB. 19. Vista ecuatorial, mostrando el grosor de la exina. 20. Grano de polen acetolizado, vista ecuatorial, se observa el mesocolpio. 21. Vista ecuatorial, se aprecia la endoapertura. 22. Vista polar, se muestra el grosor de la exina. 23. Vista polar, se observa el retículo

negativo. 24. Vista polar, se aprecia la ornamentación microverugada al MEB. Escala de la barra 10  $\mu$ .

## Lámina III.

*Cordia elaeagnoides*. 25. Vista ecuatorial, mostrando el grosor de la exina. 26. Vista ecuatorial, se observa la endoapertura y la ornamentación microequinada. 27. Vista ecuatorial, se aprecia el mesocolpio con ornamentación microequinada. 28. Vista polar, se muestran las microespinas que sobresalen del contorno. 29. Vista polar, se observa la ornamentación microequinada. 30. Vista polar, se aprecia el apocolpio al MEB. 31. Grano de polen al MEB, se muestra detalle de la ornamentación. *C. gerascanthus*. 32. Vista ecuatorial, se observan dos colpos con la endoapertura en su parte media. 33. Vista ecuatorial, se aprecia el grosor de la exina. 34. Vista ecuatorial, mostrando la endoapertura en su parte media. 35. Vista polar, se observa la membrana microequinada de los colpos. 36. Vista polar, se aprecia la ornamentación microequinada. *C. inermis*. 37. Grano de polen al MEB, vista ecuatorial, se muestran dos de los poros. 38. Acercamiento superficial al MEB, que permite apreciar microespinas sobre los muros. Escala de la barra 10  $\mu$ .

## Lámina IV.

*Cordia inermis*. 39. Vista ecuatorial, se observa la ornamentación eureticular. 40. Vista ecuatorial, mostrando el grosor de la exina. 41. Vista polar, se aprecian las capas de la exina. *C. seleriana*. 42. Vista ecuatorial, se observa el grosor de la exina. 43. Vista ecuatorial, se muestran dos colpos con la endoapertura en su parte media. 44. Vista ecuatorial, se aprecia la ornamentación

estriada-reticulada. 45. Vista ecuatorial, se observa la endoapertura en la parte central del grano. 46. Vista polar, se muestra el grosor de la exina. 47. Vista polar, se aprecia el apocolpio y la ornamentación estriado-reticulada. 48. Vista ecuatorial, se observa uno de los colpos al MEB. 49. Vista polar mostrando el apocolpio y la membrana de los colpos al MEB. 50. Detalle de la ornamentación al MEB. *Heliotropium angiospermum*. 51. Vista ecuatorial, se aprecia el grosor de la exina. 52. Vista ecuatorial, se muestran colpos y pseudocolpos. 53. Vista ecuatorial, se observan las aberturas. Escala de la barra 10  $\mu$ .

Lámina V.

*Heliotropium indicum*. 54. Vista ecuatorial, se aprecia la ornamentación al MEB. 55. Detalle de la abertura y la ornamentación al MEB. 56. Vista ecuatorial, se muestra el grosor de la exina. 57. Vista ecuatorial, se observa un poro lalongado. 58. Vista polar, se aprecia el grosor de la exina. 59. Vista polar, se observa el retículo negativo. 60. Vista polar, se muestra el apocolpio al MEB. *H. procumbens*. 61. Vista ecuatorial al MEB, se aprecia un colpo al centro con pseudocolpos a los lados. 62. Vista ecuatorial, se observa el grosor de la exina. 63. Vista ecuatorial mostrando dos colpos con su endoapertura. 64. Vista ecuatorial, se aprecia un colpo con el poro lalongado. 65. Vista polar, se observa el grosor de la exina. 66. Vista polar, se muestra el apocolpio. 67. Grano de polen al MEB, vista polar, se aprecia la exina psilada. 68. Grano de polen al MEB, detalle de la apertura, se observan perforaciones en la superficie. Escala de la barra 10  $\mu$ .

Lámina VI.

*Tournefortia hartwegiana*. 69. Vista ecuatorial, se muestra un colpo con el poro constreído en la parte media. 70. Vista ecuatorial, se aprecia el grosor de la exina. 71. Grano de polen al MEB, vista ecuatorial, se observan colpos y pseudocolpos. 72. Grano de polen al MEB, detalle de la ornamentación rugulada. 73. Grano de polen al MEB, vista polar mostrando el apocolpio. 74. Grano de polen acetolizado, vista polar, se observa el grosor de la exina. *T. hirsutissima*. 75. Se aprecia el grosor de la exina. 76. Se muestran gemas de diferentes tamaños. 77. Grano de polen al MEB, se observa detalle de la ornamentación. *T. volubilis*. 78. Vista ecuatorial, se observa el grosor de la exina. 79. Vista ecuatorial, se aprecian las aberturas. 80. Vista polar, se muestra el grosor de la exina y el contorno hexalobado. 81. Vista polar, se aprecia el apocolpio. 82. Grano de polen al MEB, vista semipolar, se aprecian las aberturas. Escala de la barra 10  $\mu$ .

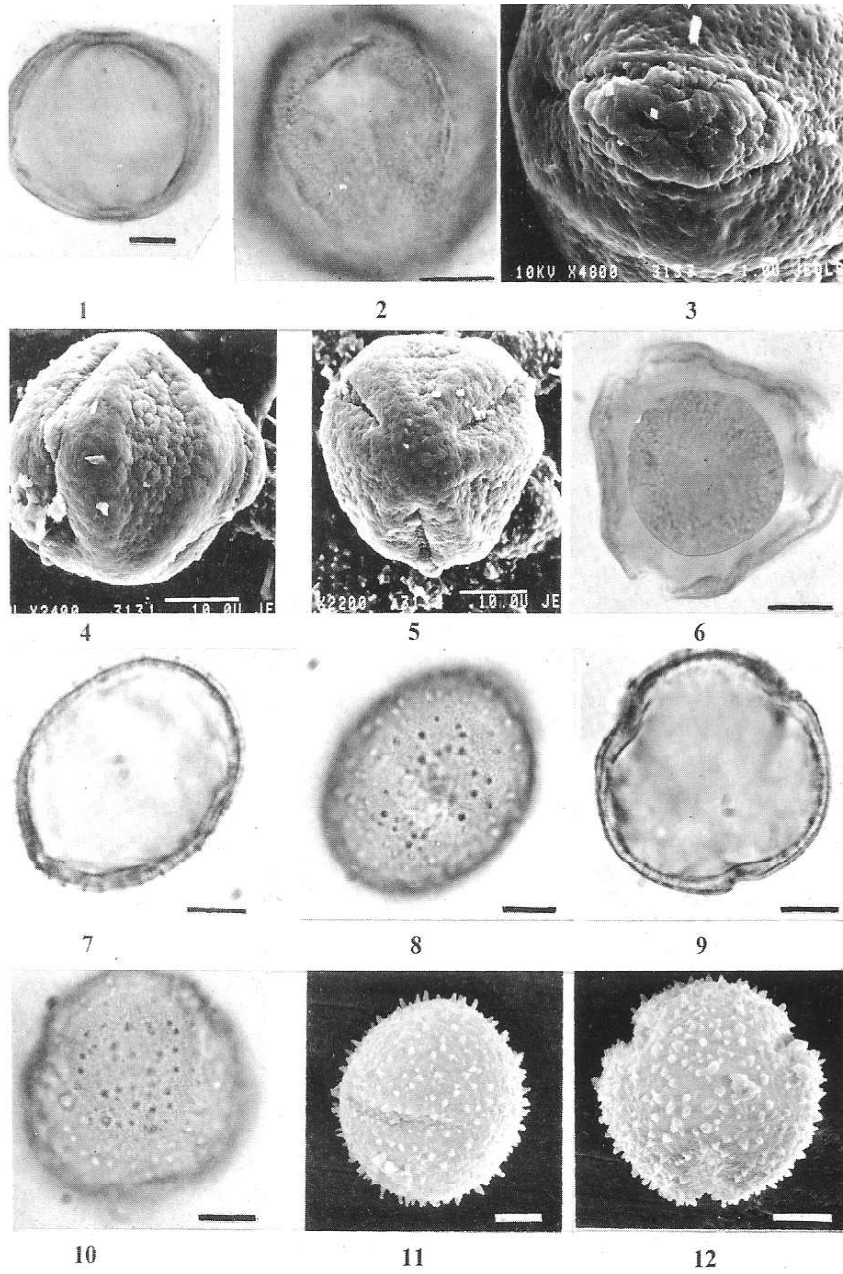


Lámina I

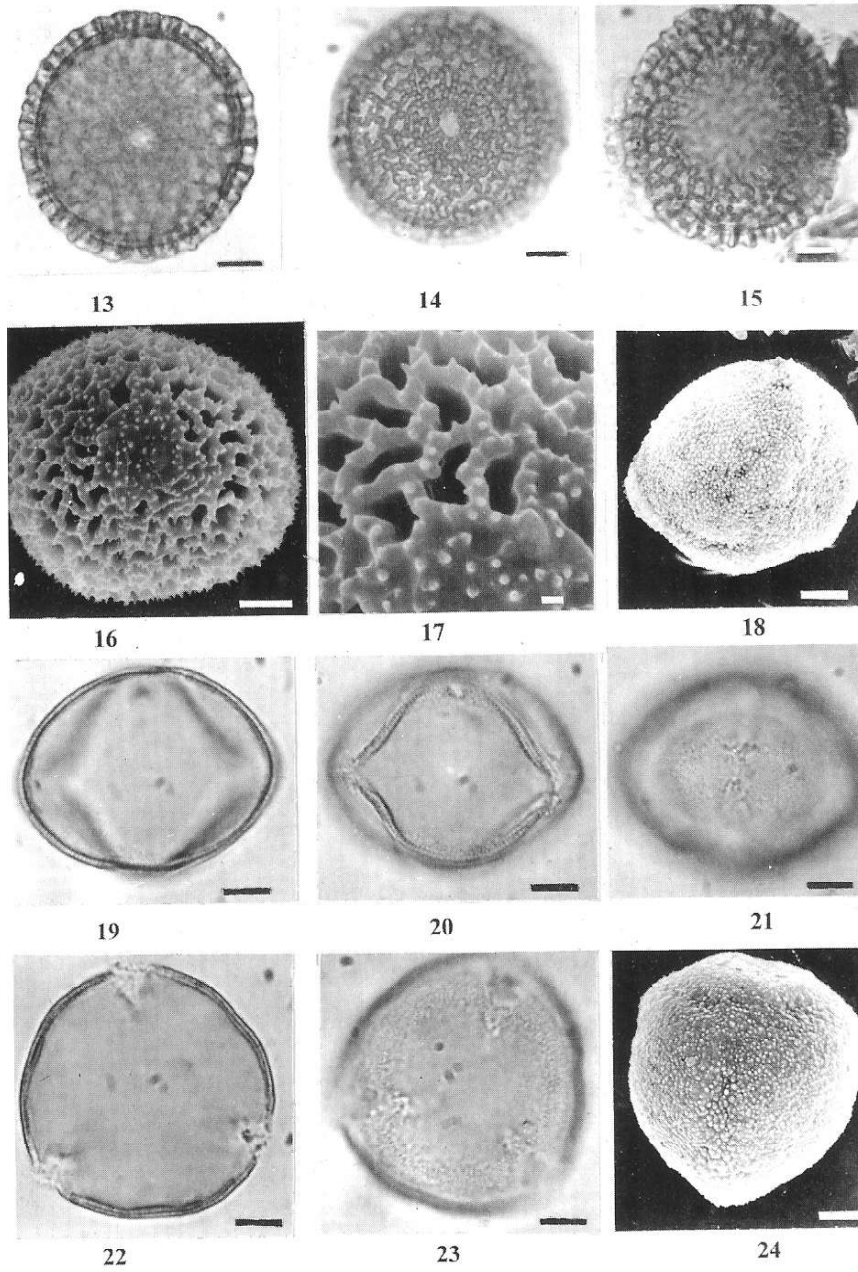


Lámina II

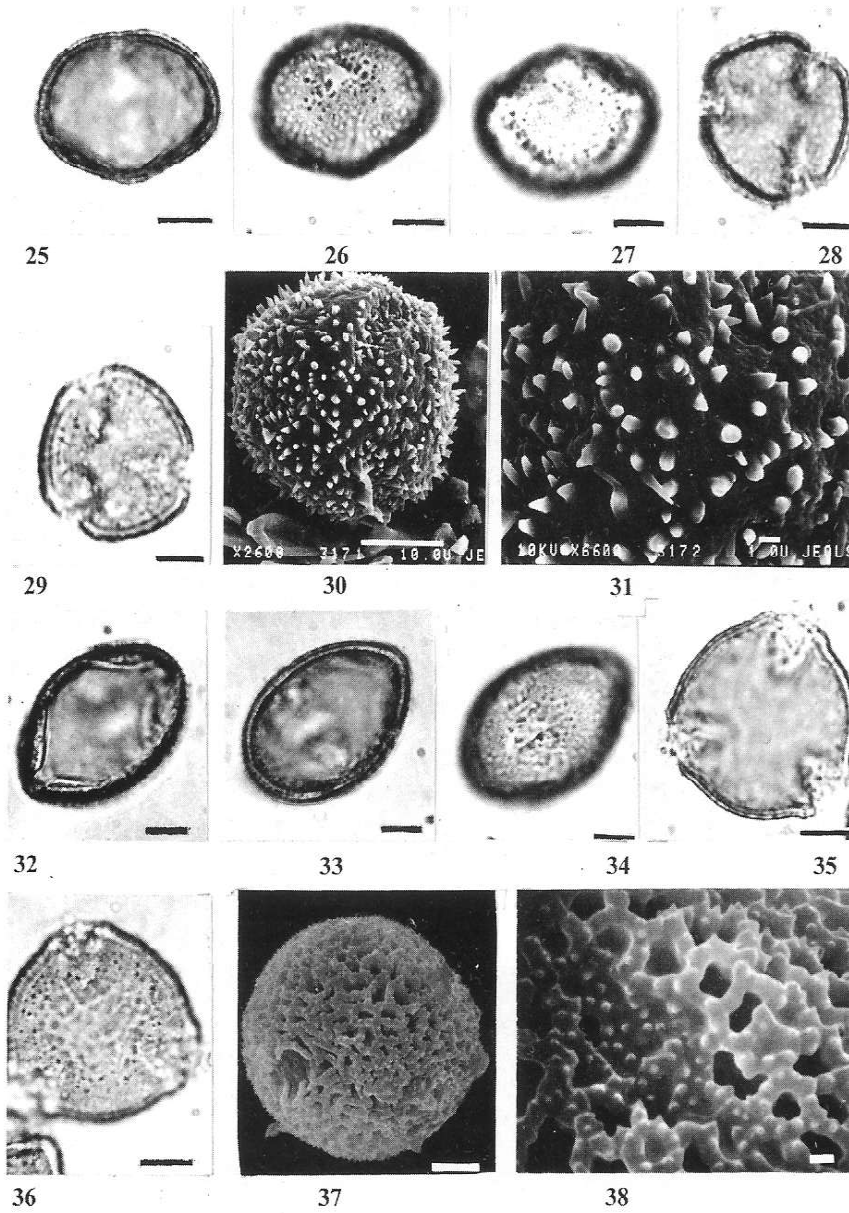


Lámina III

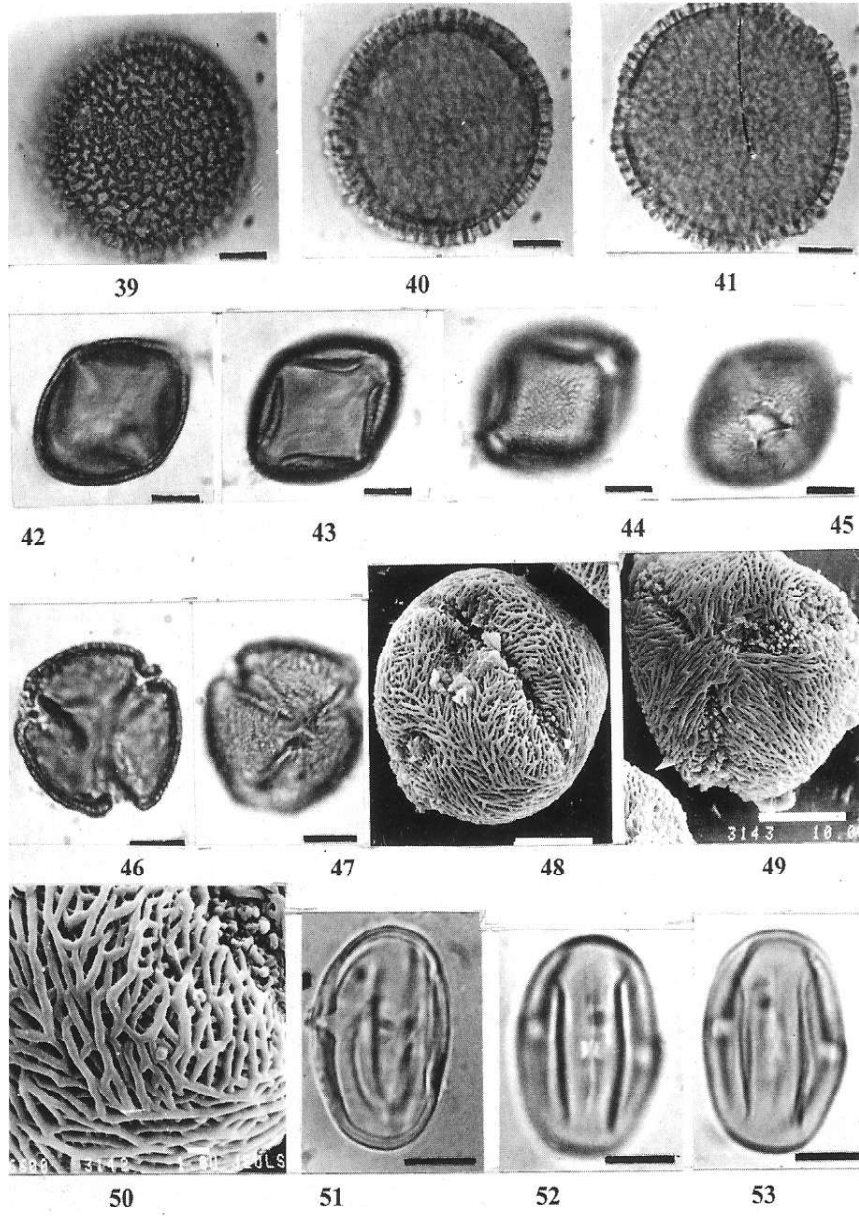


Lámina IV



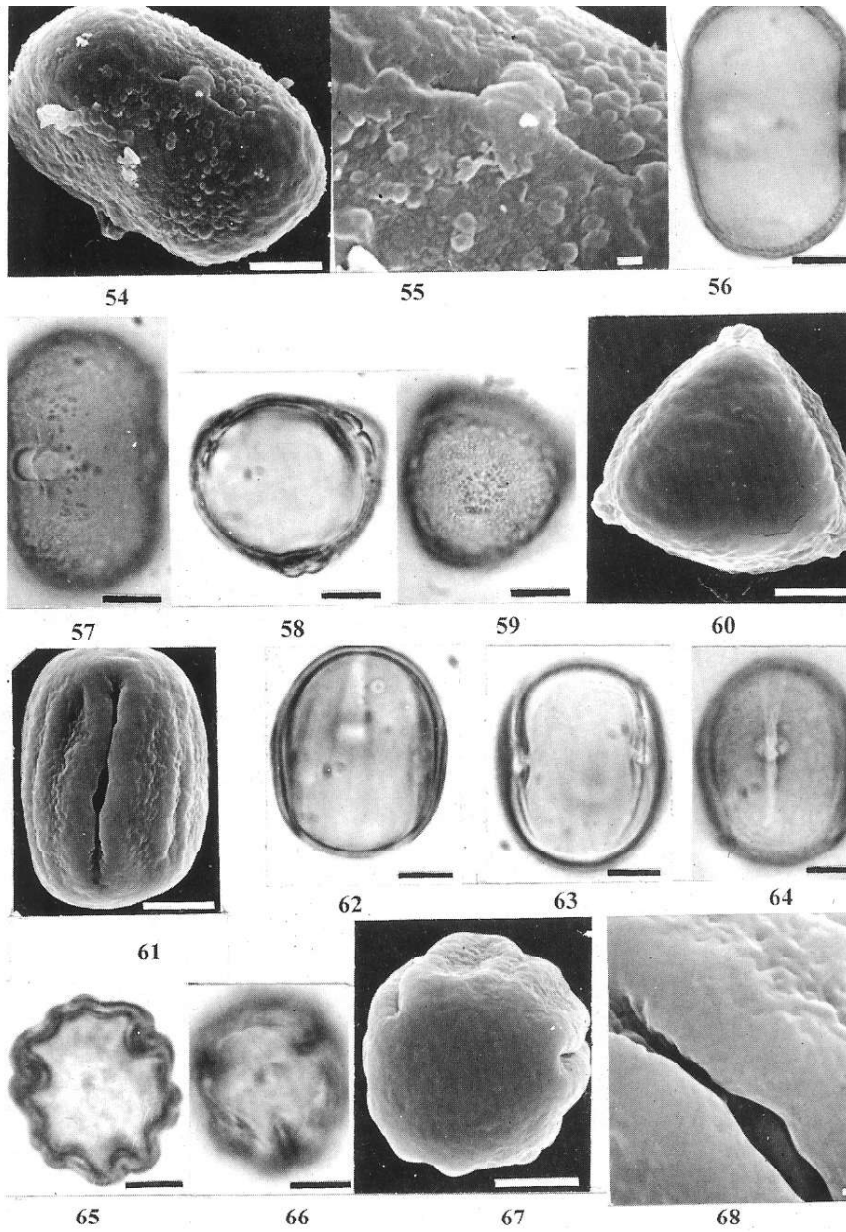


Lámina V



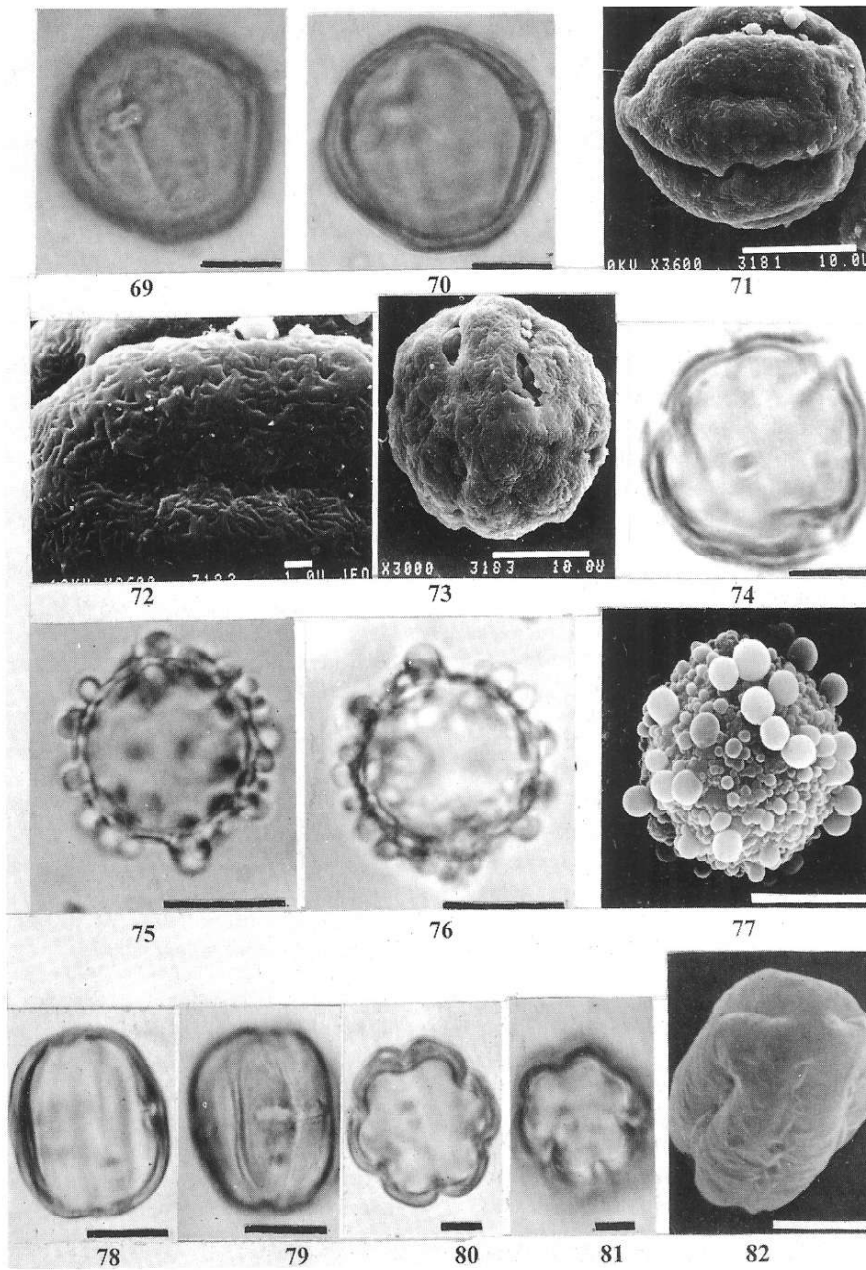


Lámina VI