

# POLEN: DIVERSIDAD EN FORMAS Y TAMAÑOS

Por D. D. Soejarto (1) & R. Fonnegra (2)

## ABSTRACTO

En la naturaleza se encuentra una gran diversidad en formas y tamaños de polen. Para averiguar esta diversidad se estudió el polen de más de 200 especies de las plantas del Valle de Aburrá y sus alrededores, principalmente de la región de Guarne (Piedras Blancas). Todos los materiales polínicos para este estudio, se coleccionaron en fresco y se procesaron siguiendo el método de acetólisis de Erdtman. Las observaciones descritas en este artículo se han basado en los análisis microscópico y fotomicrográfico, a base de forma (polaridad, simetría), tamaño, apertura (basada en la clasificación-NPC) y esporodermo del polen. Además se comenta brevemente la importancia del estudio del polen (polinología) en la clasificación de las plantas y en los demás campos de las ciencias aplicadas, tales como en medicina (iatropalinología) y en criminología (criminopolinología).

## INTRODUCCION

El grano de polen es el elemento reproductivo que mantiene la continuidad genética en las plantas superiores (angiospermas y gimnospermas) de una generación a otra. Para realizar esta función, se necesitan dos procesos: 1) *Polinización* y 2) *Fecundación*.

El primero se refiere al traslado del polen de una antera hacia el estigma receptivo de la flor de la misma u otra especie, y el segundo se refiere al acto de encuentro entre un espermatozoide con un huevo para producir un cigoto. Este cigoto se desarrollará formando un embrión, que más tarde crecerá para formar la planta adulta, y así continuar la existencia de la especie. Sin polinización, no se realiza la fecundación ni se forma el cigoto, lo que implica la discontinuación de la generación. Por lo tanto la polinización es un proceso biológico sumamente importante para las plantas.

En la naturaleza se encuentra una gran diversidad en formas y tamaños del polen. Se ha interpretado que esta diversidad ha sido el resultado de una adaptación para asegurar que el polen pueda llegar hacia el estigma de la flor de la misma especie por varios portadores, tales como:

1. Gravedad (principalmente en autopolinización)
2. Viento (principalmente en polinización cruzada)
3. Insectos (tanto en autopolinización como en polinización cruzada)
4. Agua (principalmente en las plantas acuáticas)
5. Otros (pájaros, murciélagos, etc.)

El estudio del polen recibe el nombre de palinología (*palynéin* en griego significa dispersar). Este término fue establecido por Hyde & Williams en 1945, y en un sentido amplio se incluyen los estudios de granos de polen, las esporas y los cuerpos cistiformes de las algas o de origen desconocido, tanto de la época presente como de las épocas geológicas en el pasado. En realidad, un grano de polen es una espora (microspora), ya que este es una estructura unicelular envuelta por pared gruesa y resistente.

En su condición viva, el grano de polen, como cualquier otra célula vegetal, está formada por dos componentes: el protoplasma (la parte viviente) y la pared celular (la parte inerte). Sin embargo, la pared celular del polen (esporodermo) es algo diferente de la pared celular en general, porque el esporodermo generalmente es más grueso y además está constituido por dos capas, una interior (la *intina*) y otra exterior (la *exina*). La intina está en contacto directo con la membrana celular, es delgada y su composición química es de celulosa; la exina es exterior a la intina, es más gruesa que ésta, y su composición química es principalmente de esporopolenina, un polímero de ácidos grasos mono- o dicarboxílicos con peso molecular alto. En las esporas de los helechos hay otra capa llamada perina, exterior a la exina, pero su estructura y composición química no es bien conocida.

El protoplasma del polen permanece vivo por lo general solamente varios días después de que escapa de la antera en el momento de la anthesis, y en ciertos casos permanece vivo por solo varias horas (rf. Echlin, 1968). A su vez, la exina queda intacta y es muy resistente, tanto a las temperaturas

(1) Profesor, Departamento de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín.

(2) Auxiliar Docente, id.

altas (hasta 250° C, en condición anaeróbica) como a las sustancias corrosivas, tales como ácido sulfúrico, ácido acético anhidro, etc. La intina se destruye por temperaturas altas y sustancias corrosivas. De esta manera la forma y el tamaño del polen y la estructura de la exina no se alteran aún cuando el protoplasma del mismo haya muerto por mucho tiempo (hasta millones de años). Esta es la base del estudio palinológico.

Para los estudios e investigaciones palinológicos, los granos de polen se someten a una serie de tratamientos químicos simples para eliminar el protoplasma y la intina, antes de examinarlos al microscopio. Esto es necesario, debido a que el protoplasma impide la transmisión de luz y no permite ver con claridad los detalles de la exina (ver Figs. 54 y 58). Además, el tratamiento químico hace brillar más la exina y aumenta el contraste microscópico. Generalmente no es necesario colorear. Uno de los métodos más ampliamente usados para procesar el polen antes de estudiarlo microscópicamente se conoce como el método de *Acetolisis de Erdtman*.

Esta investigación tiene como propósito principal el de averiguar la diversidad de polen y su importancia en la clasificación de las plantas. Se espera que este trabajo sirva de base para la publicación de un Manual para la Identificación de polen.

## MATERIALES Y METODOS

A. COLECCION. Hay dos maneras de adquirir material polínifero; la primera es *en fresco*, directamente de las plantas en el campo, y la segunda es *en seco*, que se refiere a la colección del polen del herbario (plantas disecadas, montadas en cartulina). La gran mayoría de nuestra colección de polen se hizo en fresco. De esta manera, las flores de las plantas escogidas se coleccionaron en sobres de papel, cada uno de los cuales tenía un número que correspondía al número de los ejemplares de las plantas recolectadas. Estos ejemplares (llamados *vouchers*) son importantes para la identificación correcta de la especie.

Al llegar al laboratorio, las anteras se extrajeron con unas pinzas y se colocaron en tubos de centrifuga. Cuando las anteras correspondían a flores pequeñas, se colocaron en los tubos las flores enteras. Las anteras se pueden conservar dentro de ácido acético glacial, en frascos pequeños, por tiempo indefinido. Tanto en las etapas anteriores como en las posteriores se tuvo mucha precaución para evitar contaminación de una especie con otra.

B. ACETOLISIS DE ERDTMAN. Una vez los materiales políniferos quedaron dentro de los tubos de centrifuga, se inició el proceso de acetolisis. Los pasos de este proceso se describen brevemente a continuación.

1. Se agrega ácido acético glacial (2-3 ml) al tubo de centrifuga, para deshidratar el material polínifero (anteras), y luego se macera con una barra de vidrio para romper el tejido de la antera y liberar los pólenes.
2. Se centrifuga a velocidad media y se descarta el ácido acético glacial. (En este trabajo se utilizó una centrifuga clínica internacional Modelo CL de *International Equipment Co.*, con velocidades desde 1-7).
3. Se agrega al tubo la solución de acetolisis (2-5 ml) consistente en una mezcla de ácido sulfúrico concentrado (una parte) y ácido acético anhidro (nueve partes). Estos dos reactivos son muy corrosivos y su función principal es degradar los tejidos orgánicos y el protoplasma del polen. La exina no se afecta. Para acelerar la degradación, la mezcla y el material polínifero se calienta en agua en ebullición por 2-5 minutos, agitando ocasionalmente con una varilla de vidrio. Debe prepararse una solución nueva de acetolisis para cada tratamiento.
4. Se centrifuga y se descarta la solución de acetolisis.
5. Se lava el precipitado con ácido acético glacial, utilizando la varilla de vidrio para agitarlo.
6. Se centrifuga y se descarta el ácido acético glacial.
7. Se lava el precipitado dos veces con agua destilada (cada vez agitando con la misma varilla de vidrio, centrifugando y descartando el agua destilada).

Finalizados los pasos anteriores, el precipitado final (polen) se suspendió en glicerina al 50 %, luego se cambió a jalea de glicerina, colocando el tubo en agua caliente para derretir la jalea, para conservarlo. La jalea se preparó según la fórmula de Kissler (ver Erdtman, 1971). Finalmente la suspensión del polen se trasladó a frascos pequeños (2 ml de volumen) numerados para posterior referencia.

- C. PREPARACION DE PLACAS MICROSCOPICAS. Se utilizaron palillos limpios para sacar un pedacito de jalea que contuviera polen, y se colocó sobre una placa limpia. Luego, se puso un cubreobjetos limpio encima presionándolo suavemente con la punta de un lápiz, para formar una capa delgada de jalea. El cubreobjetos se fijó a la placa con parafina o esmalte para uñas. Cada placa lleva un número de referencia. (Estas placas se guardan en una posición horizontal).
- D. FOTOMICROGRAFIA. El análisis microscópico se hizo con un microscopio Bausch & Lomb Dyna Zoom, sin discos de contraste de fase. La gran mayoría de la fotomicrografía se hizo con objetivo de in-

mención (97x), usando cámara de 35 mm y película Panatomic-X (ASA-32); las copias fueron hechas en papel duro y extraduro.

ron los siguientes criterios: tamaño, forma, aperturas y esporoderma.

## RESULTADOS

Hasta el momento se han procesado más de 200 especies de las plantas vasculares que crecen en el Valle de Medellín, sus alrededores y especialmente de la región de Piedras Blancas. Varios tipos interesantes del polen estudiado se pueden apreciar en las Láminas I, II, III y IV (Figs. 4 - 60). Desafortunadamente no se ha logrado, hasta el momento de escribir este artículo, terminar la identificación taxonómica de todas las especies coleccionadas. Sin embargo, el análisis del polen de todas las especies identificadas, ha mostrado un rango amplio de variaciones, y consecuentemente las observaciones y discusiones en el resto de este artículo se han basado, en su gran mayoría, en estas especies. Para analizar la diversidad del polen se considera-

### I. TAMAÑO

Existe gran diversidad en el tamaño del polen estudiado, desde 8 - 150  $\mu$ . La gran mayoría de las especies tienen polen con diámetro promedio aproximado desde 15 - 50  $\mu$ . También son comunes los granos que miden 50 - 90  $\mu$ . Polen con tamaño menos de 15  $\mu$  y más de 100  $\mu$  es poco común. Debido a que la forma del polen puede ser esférica, elipsoidal, reniforme, triangular, aplanada o irregular, estos números describen el diámetro promedio del grano. Para ser exacto, las longitudes del eje mayor y del eje menor se indican (p. e. el polen de *Spathodea campanulata*, Beauv. mide 57 x 52  $\mu$ ). Siguiendo la clasificación de Erdtman (1969) sobre los tamaños del polen, distinguimos las especies en varias clases como se puede apreciar en la tabla No. 1.

TABLA I: Tamaños del polen

CLASE	EJEMPLO DE ESPECIES Y SU TAMAÑO
Muy pequeño menor de 10 $\mu$	<i>Piper</i> sp. (aprox. 5 x 8 $\mu$ ).
Pequeño 10 - 25 $\mu$	<i>Gaiadendron punctatum</i> (24.5 x 23.5 $\mu$ ) <i>Chenopodium ambrosioides</i> (25 x 25 $\mu$ )
Mediano 25 - 50 $\mu$	<i>Gramineae</i> (20 - 50 $\mu$ en diámetro, muchas especies) <i>Compositae</i> (15 - 50 $\mu$ en diámetro, muchas especies) <i>Tabebuia</i> sp. (36.5 x 25.25 $\mu$ )
Grande 50 - 100 $\mu$	<i>Aphelondra</i> sp. (100.5 x 108.75 $\mu$ ) <i>Helianthus annuus</i> (63.5 x 63 $\mu$ ) <i>Pyrostegia venosta</i> Baill (88.75 x 56.25 $\mu$ )
Muy grande 100 - 200 $\mu$	<i>Hibiscus schizopetalus</i> (178.55 x 178.50 $\mu$ ) <i>Thespesia populnea</i> (118 x 119.25 $\mu$ ) <i>Matissia cordata</i> (111 x 111,29 $\mu$ )
Gigante mayor de 200 $\mu$	No ha sido observado

En este análisis se ha tenido en cuenta el hecho de que el tamaño del polen puede variar según el grado de madurez de éste, de manera que los datos se han basado en estudios de polen maduro.

Por lo general existe correlación entre el tamaño del polen con los agentes polinizadores. Se pueden citar las familias gramíneas (los pastos) y las compuestas que tienen polen de tamaños que varían desde 15 - 60  $\mu$ , en realidad son generalmente anemófilas (polinizadas por el viento), mientras que las especies con polen más grande que 60  $\mu$  (p.e. *Hibiscus*, *Aphelandra*, *Thunbergia*) son entomófilas (polinizadas por insectos). Estas observaciones corresponden a la conclusión de Echlin (1968).

Vale la pena anotar que el polen más pequeño hasta ahora estudiado, tiene una dimensión de 5 x 2,4  $\mu$ , del género *Myosotis* (Borraginaceae), y el polen más grande (que mide más de 200  $\mu$ ) se encuentra en los miembros de las familias Cucurbitaceae, Nyctaginaceae y Abolbodaceae (Erdtman, 1969).

## II. FORMA

El polen colectado muestra gran diversidad de formas, que en términos generales se puede describir como esférico (Malvaceae), subsférico (*Matisia*, *Oxalis*), elipsoidal (*Aphelandra*, *Tabebuia*), triangular (*Pachira*, *Grevillea*), trilobado (*Gaiadendron*), reniforme (*Lilium*, *Bomarea*), irregular (*Cananguim*, *Magnolia*), o con alas (*Pinus*). Se ha establecido un extenso vocabulario para describir con exactitud la morfología del polen. Aunque discutir todos los términos especiales existentes está fuera del alcance de este artículo, y el espacio es limitado, es inevitable introducir ciertos términos básicos, para facilitar la descripción. Con este propósito se considera la polaridad, la simetría y la relación existente entre la dimensión del eje polar y la dimensión del eje ecuatorial del grano, llamado índice P/E.

1. **Polaridad.** El polen se origina a partir de la célula madre (por meiosis), en grupos de a cuatro, llamados *tétradas* (Gr. *tetras* = cuatro). Cuando los granos de polen se maduran, se separan en forma de granos individuales en la mayoría de las plantas. En algunas plantas, p.e. *Befaria glauca* (ver Figs. 4 y 5), los granos no se separan y permanecen en condición de *tétrada* que puede ser tetrahedral, tetragonal, romboidal, etc. Raras veces los granos se separan en grupos de a dos, llamados *diadas*, (p.e. la especie monocotiledónea *Scheuchzeria palustris* var. *americana*, ver Kapp, 1969) y en casos especiales los granos se agrupan en una masa llamada *polinia*, tal como ocurre en las orquídeas y esclepiadaceas. De todas maneras, un grano de polen tiene dos lados o caras, el lado *proximal* que se halla hacia el centro de la *tétrada*, y el lado *distal* que se halla hacia afuera, opuesto al lado proximal (Lat. *proximus* = lo más cerca; *distalis*, lejano) (Fig. 1).

El eje polar es una línea imaginaria que va desde el centro del *polo proximal* hasta el polo distal. Un plano imaginario que queda perpendicular al eje polar se refiere como *plano ecuatorial*. En un polen *isopolar* el plano ecuatorial divide el grano en dos mitades idénticas (proximal y distal), y en el polen *heteropolar*, el grano se divide en dos mitades desiguales. Una línea imaginaria a lo largo del plano ecuatorial y que corta el eje polar se llama el *eje ecuatorial*. En estos términos se entiende que un grano isopolar con simetría bilateral tiene un eje polar y dos ejes ecuatoriales. (Ver Figs. 19 - 23). Es imposible determinar la polaridad del polen esférico.

2. **Simetría.** Una de las características más sobresalientes de un grano de polen en general, es su simetría. Este hecho ha inducido a Nehemiah

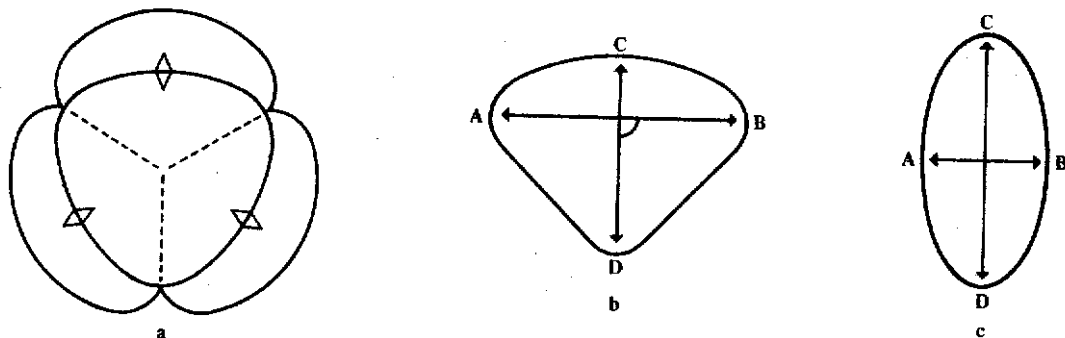


Figura 1. Diagrama de polen en tetrada (a), polen heteropolar (b) y polen isopolar (c). A-B = diámetro ecuatorial, C-D = diámetro polar. C = lado distal, D = lado proximal.

Grew (1628-1712) a proclamar "nature doth every where geometrein" (la naturaleza hace todo de manera geométrica) (citado por Edrtman, 1969). La simetría de un polen se analiza observándolo ecuatorial y polarmente.

Un polen isopolar con simetría radial (posee un plano horizontal ecuatorial) y dos o más planos verticales (polares) de simetría, cada uno de los cuales divide el grano en dos mitades iguales (Figs. 11 - 18, 34 - 36, 51 - 53). Un polen heteropolar con simetría radial posee solamente dos o más planos verticales, sin plano de simetría horizontal (Figs. 44-47).

Un polen isopolar con *simetría bilateral* posee tres planos de simetría, uno horizontal y dos verticales (estos dos planos verticales son perpendiculares uno al otro) (Figs. 19-23). Un polen heteropolar con simetría bilateral posee uno o dos planos de simetría vertical, uno perpendicular al otro (Figs. 44-47 y 54-57). Raramente un polen es asimétrico (Figs. 48-49).

3. *Índice P/E*. Con base en la relación entre la longitud del eje polar (P) y el eje ecuatorial (E) se han establecido términos para describir las formas generales de polen isopolar con simetría radial.

TABLA II: P/E

Índice de relación P/E	Forma	Especies Ejemplares
0.50	Peroblado	<i>Pachira, Gaiadendron, Grevillea</i>
0.50 - 0.75	Oblado	<i>Lepechinia bullata</i>
0.75 - 1.33	Subesferoidal	<i>Caesalpinia, Monnina, Oxalis mollis</i>
1.33 - 2.0	Prolado	<i>Spethodea campanulato, Lafoensia punicitolia</i>
2.0	Perolado	<i>Jacobinia carnea</i>
= 1	Esférico	<i>Hibiscus schizopetalus, Matisia cordata, Chenopodium.</i>

### III. APERTURAS.

El grosor del esporoderma no es uniforme; en ciertas partes de éste se encuentran puntos delgados o perforados llamados *aperturas* o *poros*. Esta apertura está relacionada con la germinación del grano de polen durante el ciclo biológico de la planta, ya que por ahí sale el tubo polínico que conduce los espermatozoides hacia el óvulo para efectuar la fecundación.

Tres aspectos de la apertura se pueden analizar para describir el polen. Estos son: el número, la posición y

el carácter. Este sistema es conocido como Clasificación-NPC (Lat. N = *numerus*, P = *positio*, C = *character*).

- a. *Número (N)*. Teniendo en cuenta el número de las aperturas e ignorando las formas o caracteres de éstas, se han establecido los siguientes términos: *monotreme, ditreme, tritreme, tetratreme*, etc. La palabra *-treme* en griego significa poro o apertura.
- b. *Posición (P)*. Teniendo en cuenta la posición de

las aperturas, se han establecido los siguientes términos: *catatrema* (apertura proximal), *anatrema* (apertura distal), *zonotrema* (aperturas alrededor del plano ecuatorial) y *pantotrema* (aperturas en toda la superficie).

c. *Carácter (C)*. Una apertura puede ser simple o compuesta. Teniendo en cuenta el carácter de

tipo de apertura simple, se distingue un *colpo* (Lat. *colpus* = apertura alargada) y un *poro* (apertura en forma circular). Una apertura compuesta es aquella formada por un poro rodeado por otra estructura que puede ser circular elevada denominada *ora* (Lat. *os* = boca, pl. *ora*), o elíptica (ver Fig. 2).



Figura 2. Diagramas de poro (a), colpo (b), poro en colpo (c) y ora (d).

Con base a este sistema, se han establecido entonces los siguientes términos: monoporado, diporado, triporado, etc.; monocolpado, dicolpado, tricolpado, etc.; monocolpado, dicolporado, tricolporado, etc.; monopororado, dipororado, tripororado, etc.

En esta forma uno puede describir el polen de: *Caesalpinia pulcherrima* como zonotrema, tricolporado (Figs. 11-14); *Abutilon venosum* como pantotrema, poliporado (Figs. 30); *Bomara Caldasii* como anatrema, monocolpado (Fig. 38-41); *Monnina angostata* como zonotrema, exacolporado, etc.)

de tamaño y forma del polen en general, para el estudio del esporoderma se necesita un aumento de 100 X o mayor. Además, solamente el polen acetolizado muestra detalles del esporoderma. Como se ha comentado en la introducción, el esporoderma básicamente consiste en dos capas, *exina* la exterior e *intina* la interior. Debido a que la intina se destruye en el proceso de acetolisis, toda la terminología existente relacionada con el esporoderma se refiere a la estructura o la estratificación de la exina y a las protuberancias (ornamentación) que sobresalen de ella.

Con un microscopio de luz se distinguen dos capas constituyentes de la exina, éstas son la *sexina* (capa exterior) y la *nexina* (capa interior). Ópticamente la *sexina* es algo "porosa", mientras la *nexina* es algo continuo y sólido (Figs. 3, 12, 20, 23, 35, 41, 50).

#### IV. ESPORODERMO

Si un examen microscópico con un aumento desde 100 X-500 X, es adecuado para estudiar la diversidad

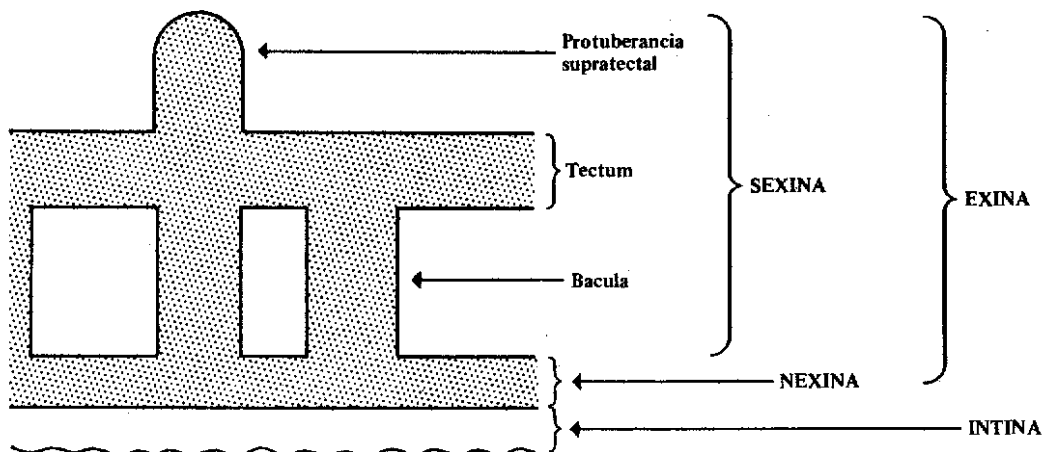


Figura 3. Diagrama de los detalles de la exina.

Se pueden distinguir también varias capas constituyentes de la exina, de fuera hacia adentro; las *protuberancias supracteales* (en forma de espinas, bolillos, etc.), el *tectum* (puede ser continuo o no) y las *baculas* o *columnas* (estructura discontinua en forma de barras que comunica el tectum con la nexina) (Figs. 30, 42). Aunque se reconocen dos capas constituyentes de la nexina (nexina-1 exterior y nexina-2 interior), éstas son generalmente difíciles de distinguir ópticamente (Figs. 9, 12, 14, 17, 20, 26).

Las capas de la exina, mencionadas anteriormente, se pueden ver con el foco medio, produciendo la llamada sección o *corte óptico* del polen. En esta posición de foco se mide el grosor de la exina y las demás capas y la dimensión de las protuberancias supracteales (Figs. 12, 17, 20, 23, 26, 35, 42, 49, 50).

Las protuberancias supracteales pueden ser "islas" individuales, tales como espinas, clavos o bolillos, o pueden unirse formando una red, estriaciones, etc. (Figs. 27, 33, 42, 43).

A estas variaciones de las estructuras supracteales se refieren la *escultura* u *ornamentación* de la exina, y se analiza mejor en la posición de foco alto. Así se distingue si la superficie es reticulada, espinosa, rugosa, clavada o baculada.

Además de la sección óptica, la estructura de la exina se puede analizar microscópicamente mediante un método llamado *análisis - LO* (Lat. *lux* = luz; *obscuritas* = oscuridad). Este análisis se basa en el hecho de que un objeto enfocado aparece blanco mientras este mismo, desenfocado, aparece oscuro. (Figs. 28, 29 y 32, 33). Los interesados en este tipo de análisis pueden buscar más detalles en Erdtman (1969: 46-47).

Debido a que la estratificación y la ornamentación de la exina son características del polen de una especie o género dado, éstas son también importantes para la caracterización del polen al igual que el tamaño y la forma. Recientemente se han desarrollado métodos para estudiar mejor los detalles del esporodermo, principalmente en relación con el uso del microscopio electrónico. En este campo los lectores pueden empezar a familiarizarse con el artículo de Echlin (1968).

## CONCLUSION Y DISCUSION

Este estudio ha comprobado la existencia de una gran diversidad en tamaños y formas del polen de las plantas de Medellín y sus alrededores, tal como se había esperado. Lo mismo que cualquier diversidad biológica, esta diversidad es ordenada, en el sentido de que un tipo particular de polen es característico para cada grupo taxonómico, sea especie, género o familia. De esta manera la importancia principal

del estudio palinológico es su contribución a la clasificación (taxonomía) de las plantas, ya que las evidencias palinológicas pueden aportar conclusiones respecto a las relaciones taxonómicas y filogenéticas basadas en el estudio de la morfología de las partes vegetativas y reproductivas, y aún pueden ayudar a decidir la posición taxonómica de cualquier grupo dudoso. Hemos comprobado varias veces, que este hecho es válido, en nuestra identificación taxonómica de los miembros de Acanthaceae, Euphorbiaceae, Gramineae, Malvaceae, Chenopodiaceae, Compositae y Polygalaceae. Así que la morfología, la taxonomía y la palinología, son tres campos de estudios vegetales muy ligados entre sí.

La conclusión anterior es importante y forma la base, con otros campos de investigaciones, tanto de carácter básico, como aplicado.

En realidad, los estudios palinológicos han hecho importantes contribuciones a la taxonomía, citología, genética, ecología, arqueología, paleobotánica, paleoecología y paleoclimatología. En las ramas de ciencias aplicadas, la palinología ha hecho contribuciones en geología, medicina, farmacología, etc., y así recibe nombres distintivos tales como *geopalinología* (estudio de polen y esporas fósiles en relación con geología, y en detectar los depósitos de petróleo en la tierra), *iatropalinología* (estudio de polen y esporas en medicina, tal como en alergia y medicina forense), *farmacopalinología* (estudio de polen y esporas en heces) y *melitopalinología* (estudio de polen en la miel en relación con apicultura).

Una de las aplicaciones de la palinología que se ha desarrollado recientemente y que es de gran interés jurídico es la *criminopalinología*, el estudio de polen en criminología. Este estudio se basa en el hecho de que una persona presente en el sitio del crimen (homicidio), lleva en su cuerpo y vestimenta, elementos provenientes de ese sitio, uno de los más probables es el polen. Al analizar el barro o el mugre de los zapatos y el vestido, depósitos en las uñas, polvo en el pelo, etc., un palinólogo puede decir si una persona ha estado presente en el sitio del crimen, y así sostener la sospecha o liberar al sindicado. Claro está que en criminopalinología, solamente el polen de una especie vegetal característica del área del crimen, es de importancia. Mejor dicho solamente en regiones donde la flora-polen ha sido bien estudiada, las conclusiones basadas en análisis palinológicos tienen validez. Erdtman (1969: 131-134) cita dos casos de homicidio en Europa, en los cuales el análisis palinológico ha contribuido a aclarar el crimen. En uno de ellos la palinología contribuyó positivamente a descubrir el criminal.

En nuestro medio, la palinología puede tener gran potencial de aplicaciones. Una de las aplicaciones más directas, es tal vez en medicina, en relación con la identificación de polen de las especies de las plantas que causan alergia. Una vez conocido el alérgeno, el médico puede

aconsejar al paciente sobre lo que tiene que hacer para prevenir y evitar la alergia. La identificación del polen en este caso se facilita aún más, si se conoce el ciclo de florecimiento de las plantas en regiones dadas, mediante un calendario polínico anual.

Así que el estudio palinológico es un estudio básico que puede tener gran importancia en el futuro cercano, para el bienestar de la humanidad.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se inició en 1969 cuando el autor principal era un becario del Programa *Latin American Teaching Fellowships* de la Universidad de Tufts (Massachusetts, EE.UU.) en la Universidad de Antioquia. El aporte principal de esta investigación ha sido suministrado por esta universidad, en forma de facilidades de trabajos de campo, equipos de laboratorio y viajes al Herbario Nacional Colom-

biano en Bogotá para realizar los trabajos de identificación taxonómicos. Estamos muy agradecidos por esta colaboración.

Varias personas han prestado su colaboración durante la marcha de la investigación, por lo cual queremos expresar nuestros agradecimientos. En particular, queremos agradecer a la señora Fulvia Osorio de Pineda, técnica de laboratorio del Departamento de Biología de la Universidad de Antioquia, quien procesó la mayor parte del material polínico para este estudio. También, agradecemos a nuestros colegas botánicos del Herbario Nacional Colombiano del Instituto de Ciencias Naturales (Universidad Nacional), en Bogotá, por su gentil colaboración durante el trabajo de identificación taxonómica en dicha institución, especialmente a los doctores Jesús Idrobo y Roberto Jaramillo.

Finalmente, nuestro agradecimiento al doctor Gabriel Roldán, director del Departamento de Biología, quien ha ayudado en obtener la financiación para realizar el trabajo final en el Herbario Nacional, a través del fondo del BSCS de la Universidad de Antioquia.

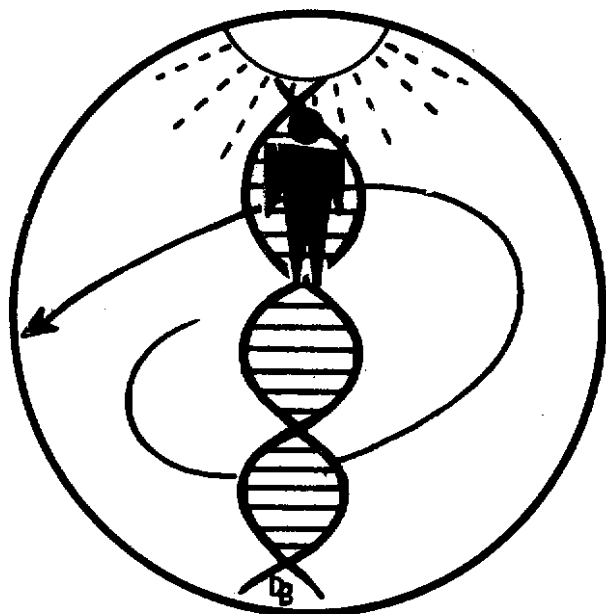
## BIBLIOGRAFIA CITADA

Echlin, P. Pollen. *Sci. Am.* 218:80-90, April, 1968.

Erdtman, G. *Handbook of Palynology*. New York, Hafner Publ., 1969.

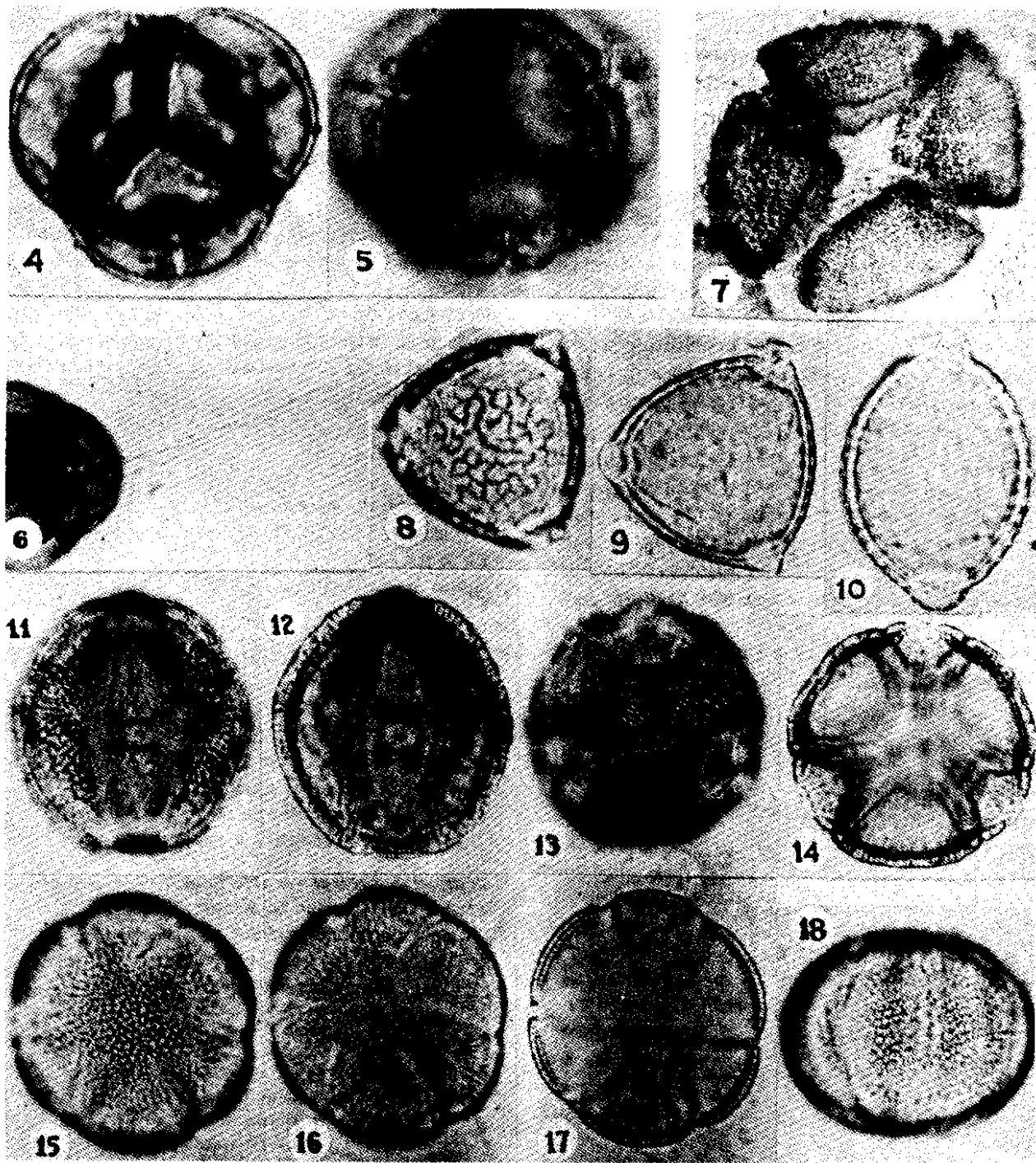
Erdtman, G. *Pollen morphology and plant taxonomy (Angiosperms)*. New York, Hafner Publ., 1971. 553 p.

Kapp, R.O. *Pollen and spores*. Dubuque, Iowa, Um-C. Brown Co. Publ., 1969. 249 p.



Amigo lector: Usted nos seguirá identificando por este emblema. El lleva el mensaje de la vida, desde su forma molecular, el ADN, hasta el hombre. A través de este conjunto hay un constante flujo de energía, la cual viene en último término del sol. Es responsabilidad del hombre el que este conjunto conserve su equilibrio y garantice el bienestar a las futuras generaciones.





LAMINA I.

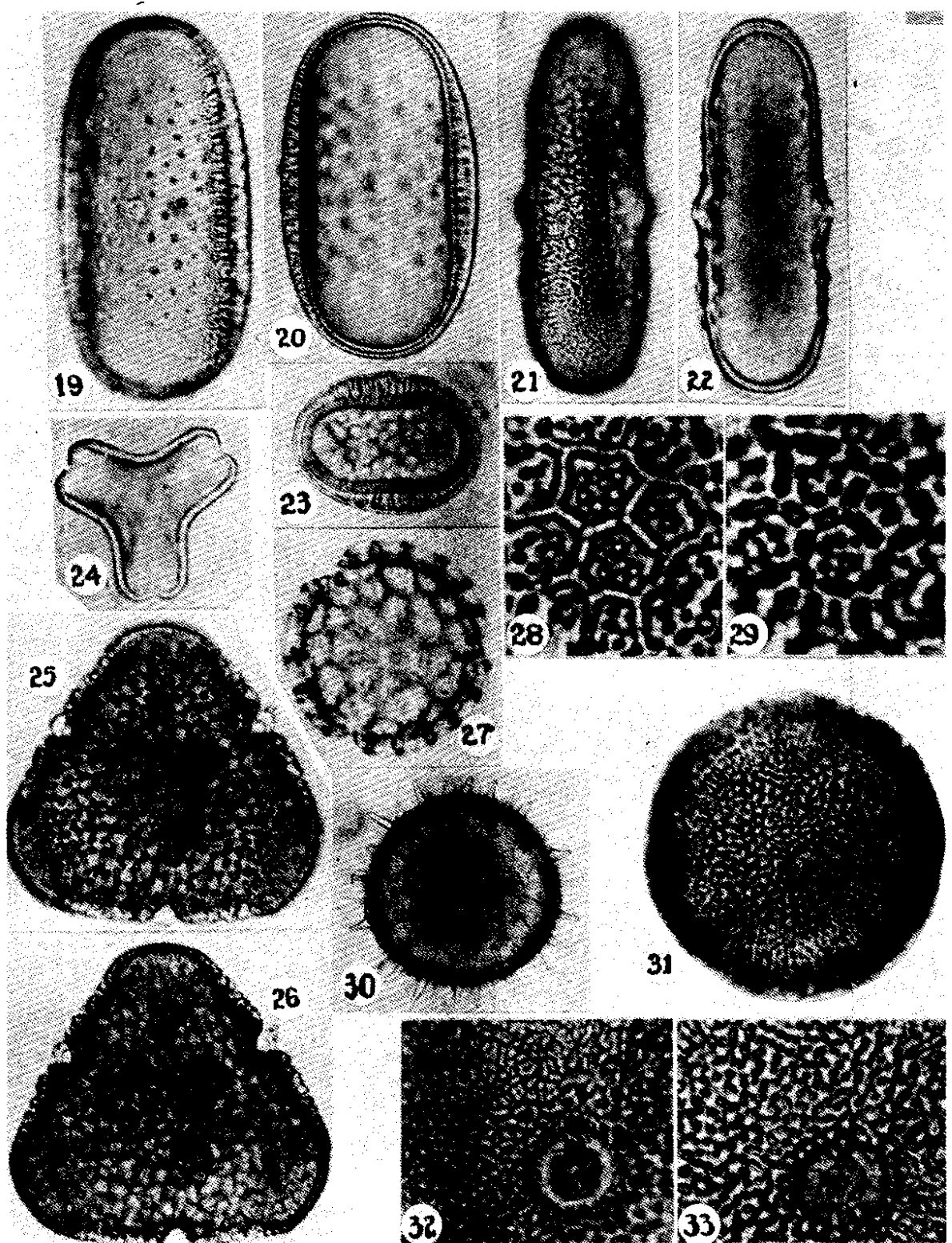
Figuras 4-6: *Befaria glauca* (Ericaceae); polen en tétrada tetrahedral (figs. 4-5, X1000) y tétrada con hilos de viscina que salen de ella (fig. 6, X600).

Figura 7: *Annona muricata* (Annonaceae), tétrada, X160.

Figuras 8-10: *Erythrina glauca* (Leguminosae-Papilionoideae); polen en vista polar con foco alto y foco mediano (sección óptica) y en vista ecuatorial (figs. 8-9, X760; fig. 10, X1000).

Figuras 11-14: *Caesalpinia pulcherrima* (Leguminosae-Caesalpinioideae); polen en vista ecuatorial (figs. 11-12) y vista polar (figs. 13-14); anote el colpo y el poro (colporado) y la unión de los colpos en el polo (sincolporado) (todas, X450).

Figuras 15-18: *Lepechinia bullata* (Labiatae); polen en vista polar, sección óptica y en vista ecuatorial; anote los seis colpos sin poro (6-colpado) (todas, X800).



LAMINA II

Figuras 19–23: *Jacobinia carnea* (Acanthaceae); polen isopolar con simetría bilateral; observe los detalles de la exina, que muestra claramente la sexina y la nexina (figs. 19–22, X600; fig. 23, X960).

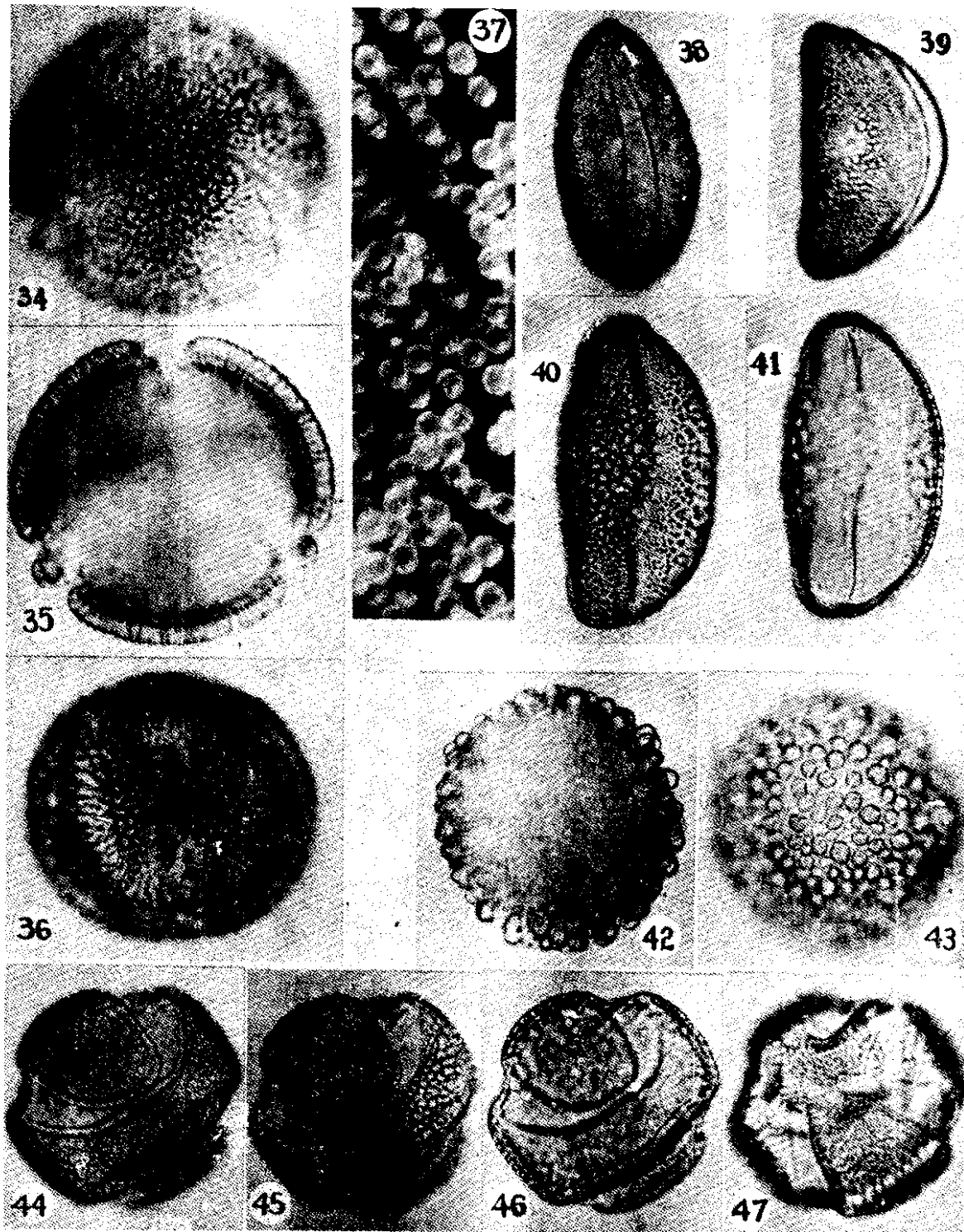
Figura 24: *Gaiadendron punctatum* (Loranthaceae); polen trilobado, triporado y peroblado, en vista polar (X1000).

Figuras 25–26: *Pachira speciosa* (Bombacaceae); polen triangular peroblado, en vista polar (X480).

Figuras 27–29: *Bougainvillea glabra* aff. (Nyctaginaceae); figs. 28 y 29 muestran el efecto del análisis L–O de la exina (fig. 27, X800; figs. 28–29, 1600 aprox.).

Figura 30: *Abutilon venosum* (Malvaceae); polen esférico, poliporado, con protuberancias suprategmáticas asemejan espinas (X210).

Figuras 31–33: *Matisia cordata* (Sterculiaceae); anote la ora y el efecto del análisis L–O en las figs. 32–33 (fig. 31, X400; figs. 32–33, X700 aprox.).



LAMINA III

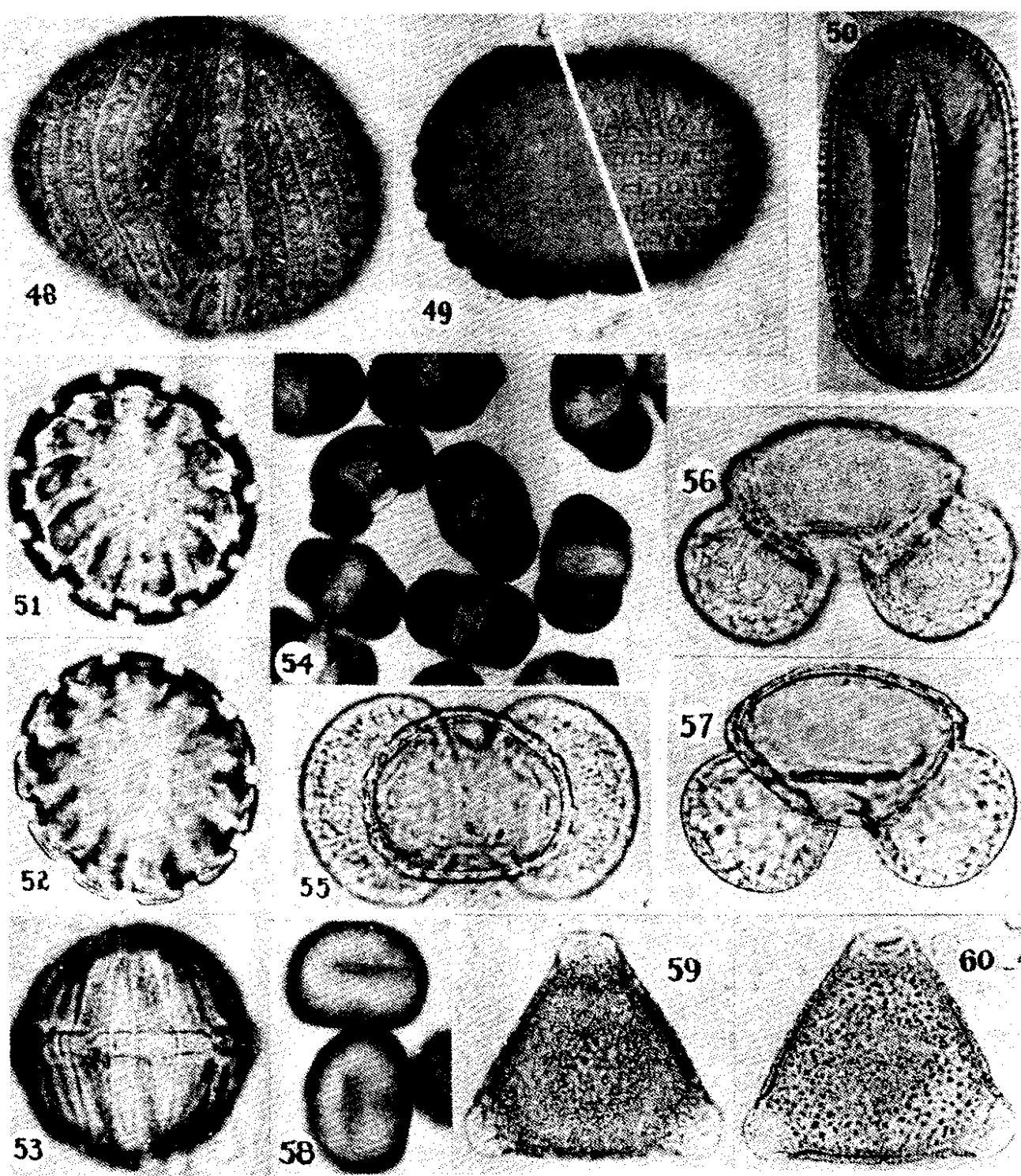
Figuras 34-36: *Oxalis mollis* (Oxalidaceae); polen en vista polar, sección óptica y en vista ecuatorial; la sección óptica muestra claramente los detalles de la exina (tectum, baculas, nexina 1 y nexina 2); anote el opérculo del colpo (figs. 34-35, X900; fig. 36, X800).

Figura 37: *Thunbergia grandiflora* (Acanthaceae); esta foto fue tomada con luz incidente del material fresco no-acetolizado; polen subesferoidal, sincolpado, asemeja el balón del fútbol (X50).

Figuras 38-41: *Bomarea Caldasii* (Amaryllidaceae); polen en vista distal (figs. 38-39) y vista proximal (figs. 40-41); grano reniforme, monocolpado (X520).

Figuras 42-43: *Jatropha multifida* aff. (Euphorbiaceae); grano con protuberancias supratectales que asemejan clavo (clavado) (X450).

Figuras 44-47: *Pyrostegia venusta* (Bignoniaceae); polen heteropolar, sincolpado, mostrando (izquierda a la derecha) foco alto, medio-alto, sección óptica y foco bajo (todas, X430).



LAMINA IV

Figuras 48-49: Acanthaceae no identificado, posiblemente *Aphelandra*; polen diporado con opérculo en cada ora; heteropolar, asimétrico (X500).

Figura 50: *Aphelandra runcinata* aff. (Acanthaceae); vista ecuatorial de un grano prolado, tricolpado (X1000).

Figuras 51-53: *Monnina angustata* (Polygalaceae); polen en vista polar, sección óptica y en vista ecuatorial, en su orden numérico; policolporado (todas, X700).

Figuras 54-57: *Pinus patula* (Pinaceae); polen bisacado (con dos bolsas de aire o alas); la foto en la fig. 54 muestra polen no-acetolizado, las demás fotos son de polen acetolizados; en vista polar (fig. 55) y en vista ecuatorial (figs. 56-57); compare los detalles del polen acetolizado y polen no-acetolizado (fig. 54, X240; figs. 55-57, X600).

Figura 58: *Lantana camara* (Verbenaceae); polen no-acetolizado; anote el colpo (X300).

Figuras 59-60: *Grevillea robusta* (Proteaceae); grano en vista polar y sección óptica; anote los tres poros (tri-porado) (X320).