

Flora palinológica de la cuenca media del río San Eugenio, Risaralda (Cordillera Central), Colombia

The palynological flora of the middle San Eugenio river drainage, Risaralda (Central Cordillera), Colombia

Jorge D. Mercado-Gómez^{1, 5}, Deysi T. Carmona-Duque^{2, 6}, Luis C. Jiménez-Bulla^{3, 7}, Francisco J. Aceituno-Bocanegra^{4, 8}

Resumen

Se presenta un atlas palinológico de la cuenca media del río San Eugenio (Risaralda), Colombia, con el fin de establecer bases de referencia para posteriores estudios polínicos de los Andes colombianos durante el cuaternario. Las especies de este estudio se seleccionaron utilizando la metodología RAP en dos relictos de bosque, un bosque fragmentado y un bosque de galería, además, el listado se complementó con base en la información consignada en estudios florísticos realizados en la zona de trabajo. Las muestras de polen se procesaron y se describieron utilizando los métodos convencionales de acetólisis y microscopía de luz. En total, se describieron 31 especies vegetales clasificadas en 16 familias que son características de los bosques subandinos. Los sitios estudiados se caracterizan por ser fragmentos de bosque intervenidos, con elementos que hacen parte de la sucesión de la vegetación. Adicionalmente, se incluyeron granos de polen de especies domesticadas como *Manihot esculenta*, *Phaseolus* sp. y *Zea mays*.

Palabras clave: bosque andino, Colombia, palinología, río Cauca

Abstract

A palynological atlas of the middle San Eugenio river drainage (Risaralda), Colombia is presented in order to established points of reference for future palynological studies of the Colombian Andes during the quaternary period. The study species were selected from two forest patches used RAP methods, one a forest fragment and the other section of riparian forest. In addition, we completed the list by including information contained in floristics surveys that were conducted near this study area. The pollen samples were processed and described using conventional methods of acetolysis and light microscopy. In total, 31 plant species distributed in 16 families that are characteristic of sub-Andean forests were described. The sites studied were characterized as disturbed forest fragments with successional vegetative elements. In addition, pollen grains from domesticated species such as *Manihot esculenta*, *Phaseolus* sp., and *Zea mays* were included.

Key words: Andean forest, Colombia, palynology, Cauca river

INTRODUCCIÓN

Los granos de polen presentan variaciones morfológicas diagnósticas que permiten la identificación de los taxones a diferentes niveles de la jerarquía taxonómica (familia, género y en algunos casos hasta especie) (Mercado-Gómez et al.

2011). La exina, la pared externa del grano, está compuesta de esporopolenina que posee cualidades químicas que permite a estos soportar fuertes cambios climáticos y conservarse en diferentes sustratos o sedimentos a través del tiempo. Lo anterior favorece la utilización del polen en estudios de reconstrucción histórica del clima y la

Recibido: agosto 2014; aceptado: febrero 2015.

¹ Herbario Universidad de Sucre. Grupo de investigación en Evolución y Sistemática Tropical. Universidad de Sucre. Sincelejo (Sucre), Colombia.

² Herbario Universidad de Antioquia (HUA), Instituto de Biología, Universidad de Antioquia. A. A. 1226. Medellín (Antioquia), Colombia.

³ Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia.

⁴ Departamento de Antropología, Grupo medio ambiente y sociedad. Universidad de Antioquia. A. A. 1226, Medellín, Colombia.

Correos electrónicos: ⁵ <jorge.mercado@unisucra.edu.co>; ⁶ <deysi.carmona@gmail.com>; ⁷ <lcjimenezb@unal.edu.co>. ⁸ <fjaceutuno@quimbaya.udea.edu.co>.

vegetación de una región, así como también escenificar la relación entre el hombre y la vegetación (Aceituno y Lalinde 2011, Hooghiemstra y van der Hammen 2004).

El territorio colombiano fue un área importante en el proceso de colonización y expansión de la especie humana por el continente americano, debido a su ubicación geográfica como corredor de paso de Norte y Centro América a Suramérica y viceversa. Las evidencias encontradas en los diferentes asentamientos arqueológicos muestran que la región colombiana conocida como el Cauca medio fue uno de los principales corredores de la expansión del poblamiento humano a través de este puente continental desde el Holoceno hasta el Pleistoceno tardío (18-12 millones de años) (Aceituno y Castillo 2005, Aceituno y Loaiza 2007).

Los estudios paleopalinológicos han sido una herramienta fundamental para evaluar y entender el impacto de la explotación del hombre sobre los recursos vegetales y la influencia del clima en los movimientos verticales de la flora sobre los Andes (Hooghiemstra et al. 2006). Sin embargo, estas reconstrucciones con base en granos de polen enfrentan dificultades por la falta o carencia de atlas palinológicos de referencia, tanto a nivel local como regional que mejoren la resolución taxonómica de los estudios (Hooghiemstra y van der Hammen 2004, Piperno y Pearsall 1998).

Se presenta aquí el primer atlas palinológico de algunos taxones característicos del bosque subandino de la cuenca media del río San Eugenio (Risaralda), Colombia, como también se incluyen otras especies indicadoras de impacto antrópico sobre dicho ecosistema vegetal, tales como: vegetación de sucesión, plantas domesticadas y cultivadas. Con estos resultados se espera construir una base taxonómica para el desarrollo de futuros estudios palinológicos y la reconstrucción y escenificación del impacto del hombre durante el Cuaternario en el Cauca medio colombiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El río San Eugenio es afluente del río Cauca que pertenece al municipio de Santa Rosa de Cabal (departamento de Risaralda), Colombia, sobre el piedemonte occidental de la Cordillera Central (4° 53' 32,7" N, 75° 38' 01,9" O), región conocida como Cauca medio (figura 1) (Mercado-Gómez 2010). El sitio de estudio está ubicado dentro del bosque subandino con un ámbito altitudinal que abarca desde los 1.000 hasta los 2.400 m. s. n. m. (Cuatrecasas 1958), y en la zona de vida

de bosque húmedo premontano (**bh - PM**) (Holdridge 1978). El tramo medio forma un pequeño valle subandino en la vertiente occidental de la Cordillera Central (Macizo volcánico) que se caracteriza por un paisaje ondulado de colinas redondeadas, con vertientes poco empinadas, recubiertas por secuencias muy espesas de cenizas alteradas y suelos profundos (Thouret 1983, Thouret y Fabre 1989). Actualmente, la vegetación natural del área ha sido parcial o completamente sustituida por cultivos de importancia comercial, como café, plátanos y guadua. En algunas áreas se conservan todavía relictos de bosques primarios y secundarios, como también pequeños bosques de galerías (Mercado-Gómez 2010).

Selección, recolección y procesamiento de las muestras de polen. Se realizaron dos RAP (*Rapids Assessment Program*) metodología propuesta por Gentry 1982, en dos coberturas vegetales diferentes. El primero de ellos en un bosque fragmentado y el segundo en bosques de galería. Adicionalmente, se incluyeron otras especies con base en los registros florísticos y las reconstrucciones paleoecológicas existentes para la cuenca del río San Eugenio, las cuales tienen importancia tanto en las interpretaciones climáticas como estudios arqueológicos (Aceituno 2012, Aceituno y Lalinde 2011, Mercado-Gómez 2010, Salomons 1986).

Las muestras de polen fueron tomadas de botones florales de las plantas en campo, y cuando no presentaron floración, se tomaron de ejemplares herborizados en el herbario de la Universidad de Antioquia (**HUA**), Medellín, Colombia, donde también fue determinado el material vegetal. Los granos de polen fueron preparados siguiendo el método de acetólisis de Erdtman (1986) y montados en gelatina glicerínada de acuerdo a la fórmula de Kissler (Brown 1960). Las observaciones se hicieron en un microscopio de luz Olympus BH2 con micrómetro, y se contaron 25 granos de polen por entidad taxonómica. Asimismo, se elaboró un atlas con microfotografías aumentadas a 100X, las cuales se citan en la descripción del polen de cada especie del estudio en el inicio de dicha descripción. La nomenclatura seguida fue la de Faegrie y Iversen (1975) y Punt et al. (2007) con modificaciones hechas por Mercado-Gómez et al. (2007), donde los caracteres medidos en μm fueron los siguientes, *en vista ecuatorial*: eje ecuatorial (**E.E.**), eje polar (**E.P.**), y largo y ancho del colpo; *en vista polar*: diámetro ecuatorial (**D.E.**) y lado de apolcolpio (**L.A.**), y otros caracteres como grosor de la exina, sexina, nexina, largo y ancho del poro y presencia de anillo. Finalmente, las placas fueron almacenadas en la palinoteca de la Universidad de Antioquia (**P. U de A**).

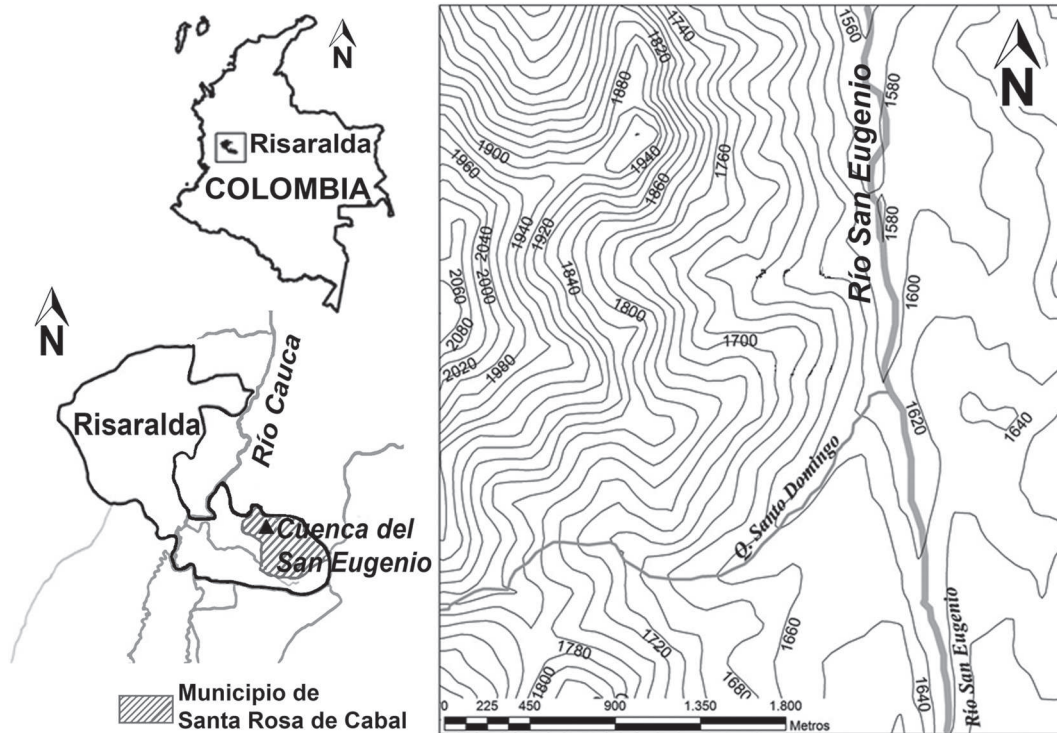


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca del río San Eugenio en Santa Rosa de Cabal (Risaralda), Colombia

RESULTADOS

Se presenta en orden alfabético empleando como referencia el esquema filogenético de Angiospermas consignado en el APG III, la descripción de los granos de polen de 31 especies.

CHLORANTHALES

Chloranthaceae

Hedyosmum racemosum (Ruiz & Pav.) G. Don. 1834.

Figura 2 A-B

Mónadas, apolar, ámbito circular; inaberturados; exina de 3,7 μm ($\pm 0,48$) de grosor; intectada-clavada, clavav conspicuas distribuidas sobre toda la superficie del grano. Dimensiones: E.E. 8,8 μm ($\pm 0,63$); E.P. 11 μm ($\pm 0,51$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 613 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.250.

MONOCOTILEDÓNEAS

Araceae

Anthurium flavidum N. E. E. Br. 1885.

Figura 2 C-E

Mónadas, isopolar, simétrico radial, ámbito circular y forma prolado esferoidal (P/E: 0,90); triporado, poros circulares de 2 μm ($\pm 1,3$) de diámetro; exina 2,47 μm ($\pm 0,51$) de grosor, tectada, sexina de mayor grosor que nexina y escultura reticulada con lúmenes homobrocados. Dimensiones: E.E. 22,6 μm ($\pm 2,54$); E.P. 20,4 μm ($\pm 2,71$).

Espécimen estudiado: Colombia: Risaralda: Ricardo Callejas 11576 (HUA), placa palinológica P. U de A 703.

Anthurium nigrescens Engl. 1898.

Figura 2 F-H

Mónadas, isopolar, simétrico radial, ámbito elíptico, forma suboblado (P/E: 0,86); triporado, poros circulares de 2 μm (± 1) de diámetro; exina de 2 μm ($\pm 0,1$) de

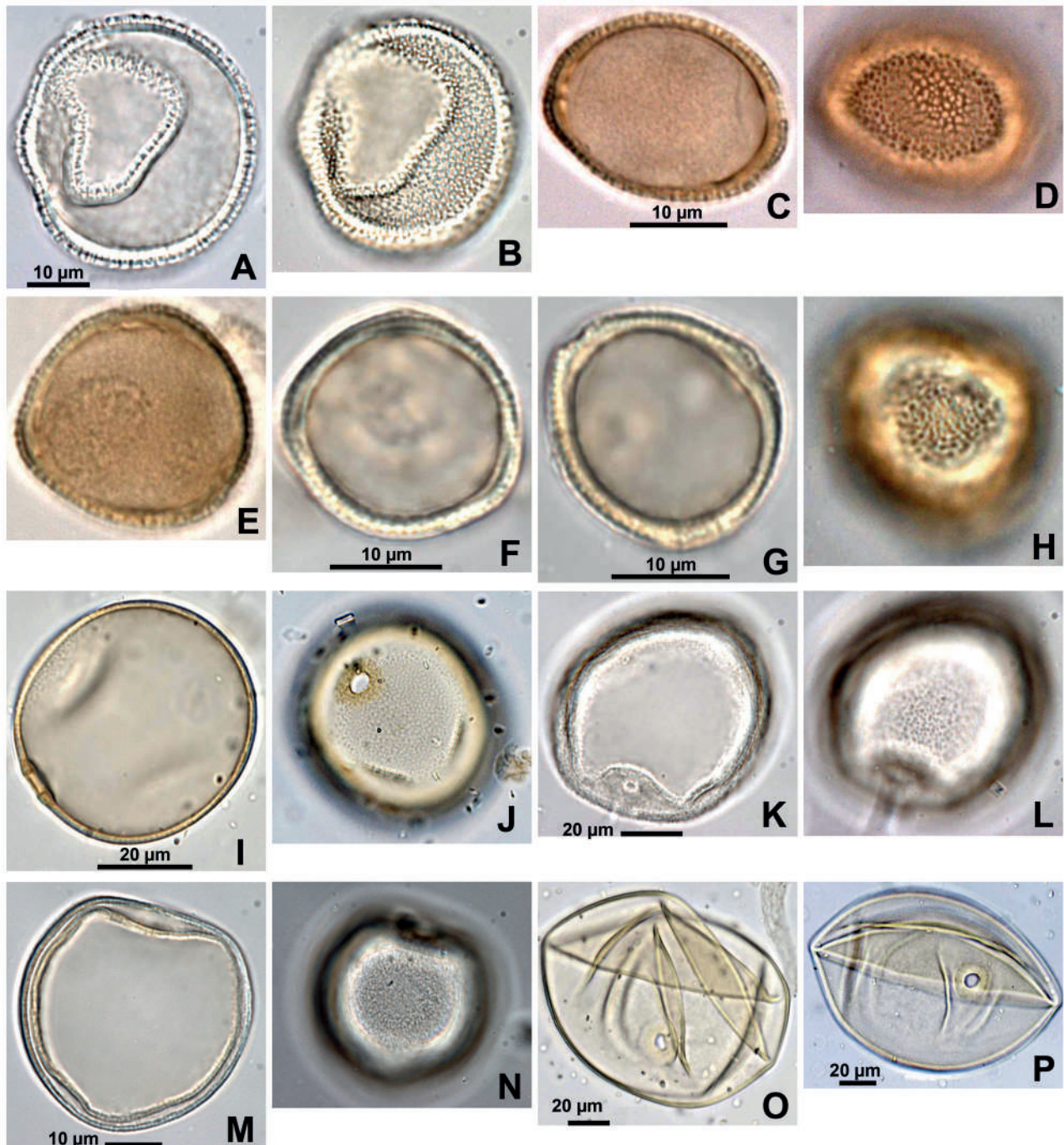


Figura 2. Atlas palinológico de la cuenca del río San Eugenio en Santa Rosa de Cabal (Risaralda), Colombia. Chloranthales: Chloranthaceae: A-B. *Hedyosmum racemosum*. Monocotiledóneas: Araceae: C-E. *Anthurium flavidum*; F-H. *Anthurium nigrescens*. Poaceae: I-J. *Panicum maximum*; K-L. *Poidium juergensii*; M-N. *Polypogon elongatus*; O-P. *Zea mays*

grosor, tectada, sexina de igual grosor que nexina y escultura microrreticulada con lúmenes homobrochados. Dimensiones: E.E. 22,2 μm (± 1); E.P. 19,2 μm ($\pm 1,61$).

Especimen estudiado: Colombia: Antioquia: Corregimiento de Sta. Helena, vereda El Tambito, 23 km de Medellín; 2.300 m, Ricardo Callejas 11575 (HUA), placa palinológica P. U de A 702.

Poaceae

Panicum maximum Jacq. 1781.

Figura 2 I-J

Mónadas, heteropolar, simetría bilateral, ámbito circular; monoporado, poro de 4,5 μm ($\pm 0,5$) de diámetro, anillo presente de 3,5 μm ($\pm 0,5$) de grosor; exina de 2 μm grosor, tectada, sexina igual que nexina, escultura microrreticulada. Dimensiones: E.E. 50 μm ($\pm 3,93$). E.P. 48 μm ($\pm 1,2$).

Especimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 601 (HUA), placa palinológica P. U de A 666.

Poidium juergensii (Hack.) Matthei. 1875.

Figura 2 K-L

Mónadas, heteropolar, simetría bilateral, ámbito circular; monoporado, poro de 4 μm ($\pm 0,5$) de diámetro, anillo presente de 2,3 μm ($\pm 0,5$) grosor; exina de 2 μm grosor, tectada, sexina de igual grosor que nexina, escultura escabrada. Dimensiones: E.E. 49,3 μm ($\pm 0,57$) E.P. 46 μm (± 1).

Especimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 603 (HUA), placa palinológica P. U de A 608.

Polypogon elongatus Kunth. 1815.

Figura 2 M-N

Mónadas, heteropolar, simetría bilateral, ámbito circular a sub-circular; monoporado, poro de 4 μm de diámetro, anillo presente de 3 μm grosor; exina de 2 μm grosor, tectada, sexina de mayor grosor que nexina y escultura escabrada. Dimensiones: E.E. 54 μm (± 1); E.P. 48 μm ($\pm 0,8$).

Especimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 600 (HUA), placa palinológica P. U de A 607.

Zea mays L. 1753.

Figura 2 O-P

Mónadas, heteropolar, simetría bilateral, ámbito elíptico; monoporado, poro 3 μm de largo x 8 μm de ancho, anillo de 3 μm ($\pm 1,19$) de grosor; tectada, exina 3 μm de grosor, sexina de menor grosor que nexina, escultura escabrada a ligeramente perforada. Dimensiones: E.E. 130 μm ($\pm 1,19$).

Especimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 604 (HUA), placa palinológica P. U de A 608.

EUDICOTILEDÓNEAS

Acanthaceae

Justicia filibracteolata Lindau. 1897.

Figura 3 A-C

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito elíptico y forma subprolado (P/E 1,31); diporado, poros de 4,91 μm ($\pm 1,43$) de largo x 3,72 μm ($\pm 0,93$) de ancho; exina 3 μm de grosor, tectada, nexina de menor grosor que sexina, escultura psilada, columelas prominentes cerca al mesocolpo. Dimensiones: E.E. 30 μm ($\pm 1,19$); E.P. 39,5 μm ($\pm 4,08$).

Especimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 345 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.213.

Amaranthaceae

Amaranthus spinosus L. 1753.

Figura 3 D-E

Mónadas, apolares, asimétricos, ámbito elíptico, periporados entre 18 a 22 poros circulares de 3 μm de diámetro; exina de 3 μm grosor, semitectada, sexina de mayor grosor que nexina, escultura reticulada con lumen heterobrocado. Dimensiones: E.E. 25,1 μm ($\pm 0,9$).

Especimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 701 (HUA), placa palinológica P. U de A 703.

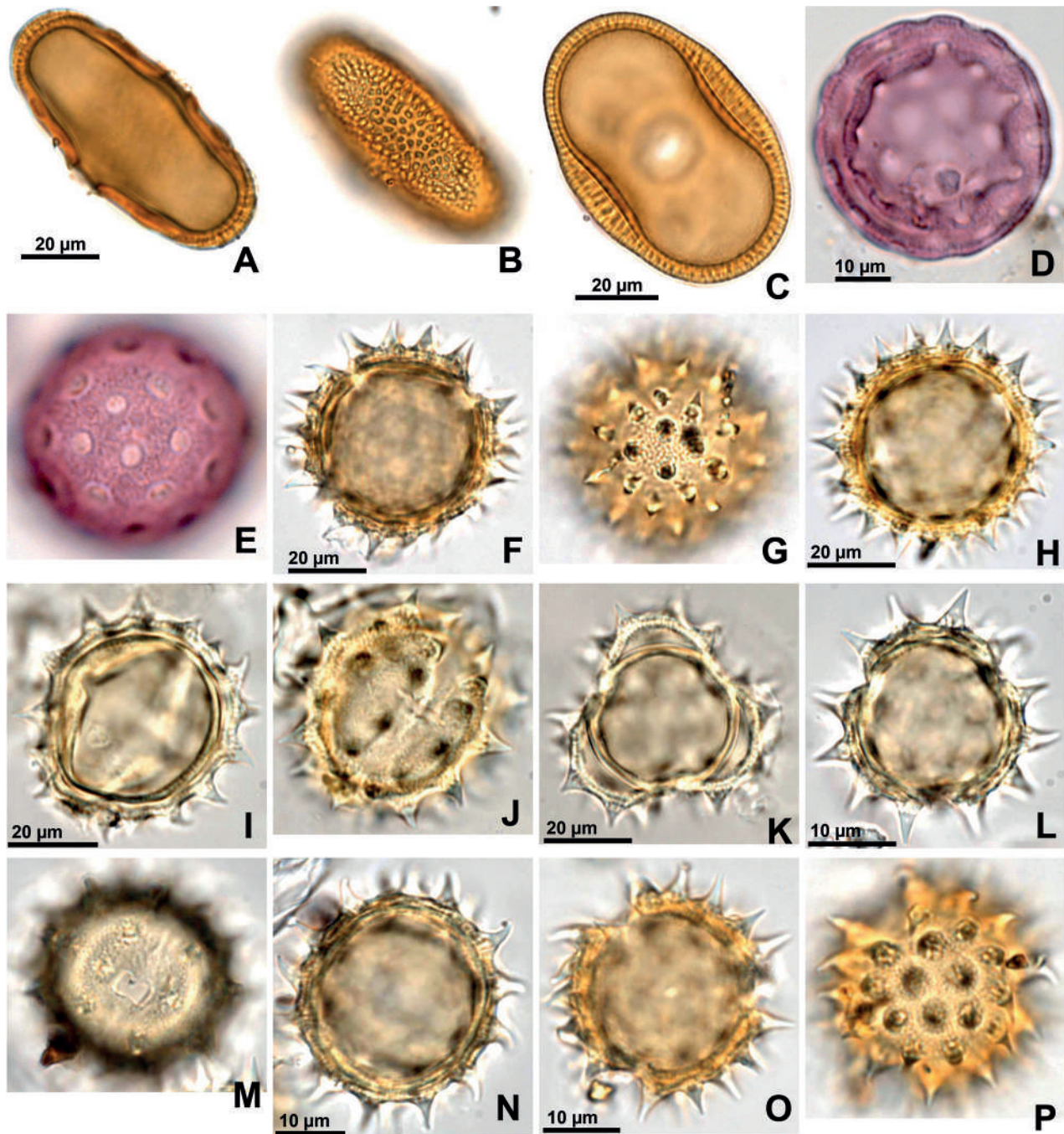


Figura 3. Atlas palinológico de la cuenca del río San Eugenio en Santa Rosa de Cabal (Risaralda), Colombia. Eudicotiledóneas: Acanthaceae: A-C. *Justicia filibracteolata*. Amaranthaceae: D-E. *Amaranthus spinosus*. Asteraceae: F-H. *Acmella oppositifolia*; I-K. *Austroeupatorium inulifolium*; L-N. *Clibadium asperum*; O-P. *Elaphandra patentipilis*

Asteraceae

Acmella oppositifolia (Lam.) R.K. Jansen. 1985.

Figura 3 F-H

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito circular y forma prolado esferoidal (P/E 1,06); tetracolporado (2 colporos y 2 pseudocolpos), colpos de 12,73 μm ($\pm 1,2$) de largo x 1,9 (± 1) de ancho, ápice agudo, poros de 1,98 μm de largo x 4,68 μm de ancho, lalongado; área polar mediana (IAP: 0,36); exina fina de 2,5 μm ($\pm 0,81$) de grosor, tectada, sexina de menor tamaño que nexina, escultura equinada, número de espinas en vista polar 4. Dimensiones: E.E. 31,8 μm ($\pm 3,2$); E.P. 33,6 μm ($\pm 3,3$); D.E. 34,5 μm ; L.A. 12,4 μm .

Especimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 363 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.217.

Austroeupeatorium inulifolium (Kunth) R.M. King & H. Rob. 1970.

Figura 3 I-K

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma esferoidal; tricolporado, colpo de 16,7 μm ($\pm 0,71$) de largo x 2,9 μm ($\pm 0,17$) de ancho, ápice agudo, poros circular de 1,9 μm ($\pm 0,17$) de largo x 2,8 μm ($\pm 0,23$) de ancho, lalongado; área polar mediana (IAP: 0,41); exina fina de 3,04 μm ($\pm 0,84$) de grosor, tectada-perforada, sexina de igual grosor que nexina, columelas conspicuas y escultura equinada, número de espinas en vista polar 16. Dimensiones: E.E. 35 μm ($\pm 3,41$); E.P. 35,3 μm ($\pm 2,64$); D.E. 35,5 μm ($\pm 2,96$); L.A. 6,3 μm ($\pm 1,15$).

Especimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 295 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.192.

Clibadium asperum (Aubl.) DC. 1836.

Figura 3 L-N

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma prolado; tricolporado, colpos de 12,2 μm ($\pm 4,63$) de largo x 3,3 μm ($\pm 1,86$) de ancho, ápice agudo, poros de 1,8 μm ($\pm 0,47$) de largo x 4,7 μm ($\pm 1,37$) de ancho, lolongado; área polar mediana (IAP: 0,45); exina fina de 3,24 μm ($\pm 0,61$) de grosor, tectada, sexina de menor tamaño que nexina, columelas conspicuas y escultura equinada, número de espinas en vista polar 16. Dimensiones: E.E. 36 μm ($\pm 2,14$); E.P. 38 μm ($\pm 3,19$); D.E. 37 μm ($\pm 2,43$); L.A. 17 μm ($\pm 6,34$).

Especimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 298 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.194.

Elaphandra patentipilis (S.F. Blake) Pruski & G.P.

Méndez. 2001.

Figuras 3 O-P, 4A

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma esferoidal; tricolporado, colpos de 21,5 μm ($\pm 1,06$) de largo x 1,87 μm ($\pm 0,64$) de ancho, ápice agudo, poros de 1,5 μm ($\pm 0,23$) de largo x 3,4 μm ($\pm 0,5$) de ancho, lolongado; área polar mediana (IAP: 0,43); exina fina de 2,5 μm ($\pm 1,1$) de grosor, tectada, sexina de menor tamaño que nexina, columelas conspicuas y escultura equinada número de espinas en vista polar 15. Dimensiones: E.E. 28 μm ($\pm 1,4$); E.P. 30,3 μm ($\pm 0,9$); D.E. 30,9 μm ($\pm 1,2$); L.A. 13,3 μm ($\pm 3,4$).

Especimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 329 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.215.

Munnozia hastifolia (Poepe) H. Rob. & Brettell. 1974.

Figura 4 B-E

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma prolado esferoidal; tricolporado, colpos de 15,7 μm ($\pm 3,2$) de largo x 3,6 μm ($\pm 1,06$) de ancho, ápice agudo, poros de 1,9 μm ($\pm 0,32$) de largo x 1,53 μm ($\pm 0,30$) de ancho, lolongado; área polar mediana (IAP: 0,46); exina fina de 2,5 μm ($\pm 0,6$) de grosor, tectada, sexina de igual grosor que nexina, columelas conspicuas y escultura equinada, número de espinas en vista polar 14. Dimensiones: E.E. 35,1 μm ($\pm 2,4$); E.P. 36,5 μm ($\pm 1,7$); D.E. 35,05 μm ($\pm 1,9$); L.A. 16,2 μm ($\pm 3,9$).

Especimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 283 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.216.

Bignoniaceae

Tabebuia chrysantha (Jacq) G.Nicholson. 1887.

Figura 4 F-I

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma esferoidal; tricolporado, colpos de 24,9 μm ($\pm 2,3$) de largo x 3,7 μm ($\pm 0,48$) de ancho, constricto hacia el ecuador y ápice agudo, poros de 2,6 μm ($\pm 0,3$) de largo x 2,3 μm ($\pm 0,69$) de ancho, lalongado; área polar

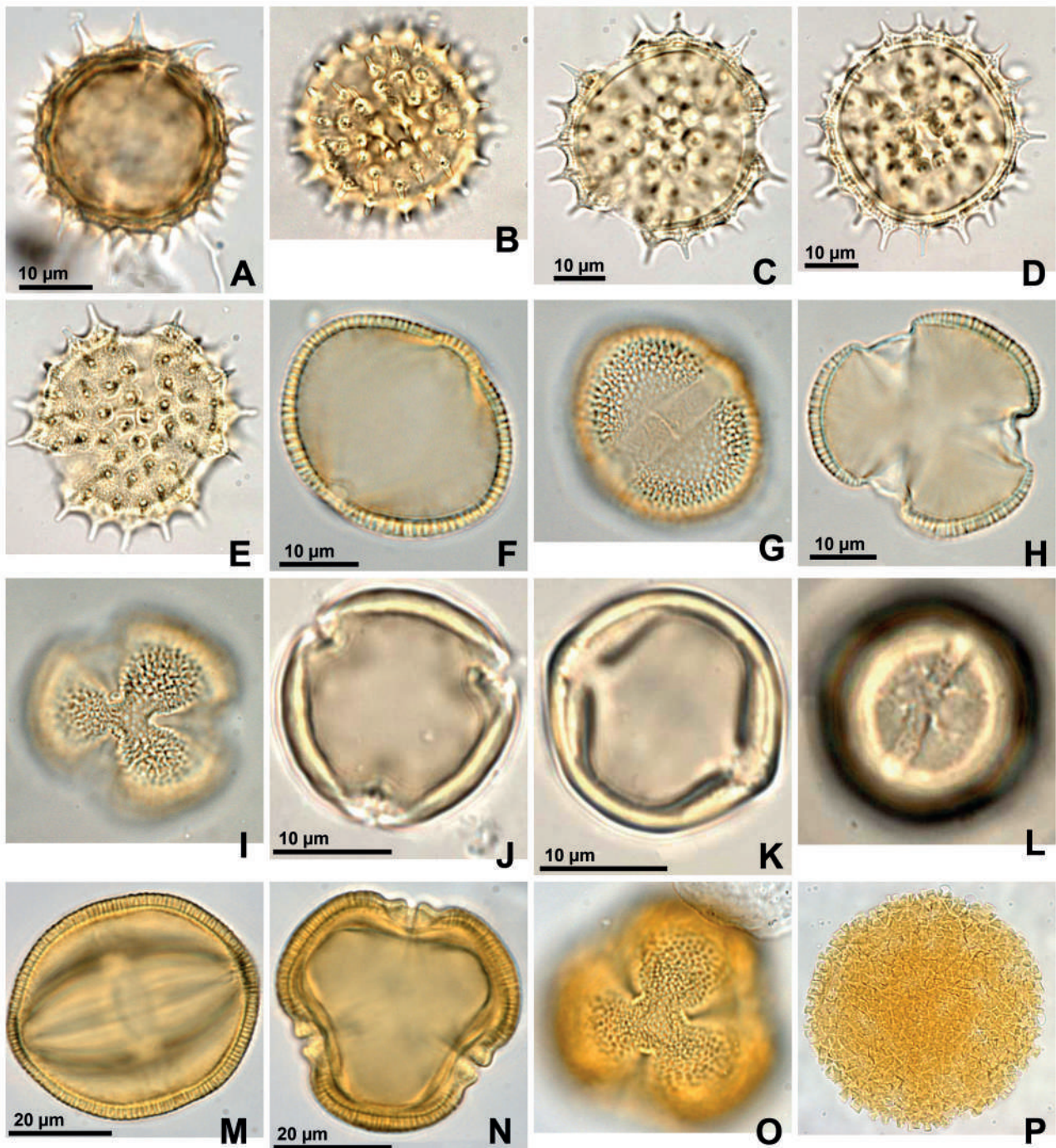


Figura 4. Atlas palinológico de la cuenca del río San Eugenio en Santa Rosa de Cabal (Risaralda), Colombia. Eudicotiledóneas: Asteraceae: A. *Elaphandra patentipilis*; B-E. *Munnozia hastifolia*. Bignoniaceae: F-I. *Tabebuia chrysantha*. Clethraceae: J-L. *Clethra revoluta*. Euphorbiaceae: M-N. *Euphorbia splendens*; O. *Manihot esculenta*

pequeña (IAP: 0,13); exina gruesa de 4,72 μm (± 1) de grosor, semitectada, sexina de mayor de grosor que nexina, columelas conspicuas y escultura reticulada con lúmenes heterobrocados, reduciendo su tamaño hacia el mesocolpo. Dimensiones: E.E. 32,9 μm ($\pm 2,3$); E.P. 31,7 μm ($\pm 2,11$); D.E. 33,8 μm ($\pm 1,9$); L.A. 4,4 μm ($\pm 0,86$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Mónica Ospina 003 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.109.

Clethraceae

Clethra revoluta (Ruiz & Pav.) Spreng. 1825.

Figura 4 J-L

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito circular y forma esferoidal; tricolporado, colpos de 11,7 μm ($\pm 0,67$) de largo x 1,4 μm ($\pm 0,51$) de ancho, constricto hacia el ecuador, ápice agudo, poros de 2,4 μm ($\pm 0,48$) de largo x 2 μm (± 0) de ancho; área polar mediana (IAP: 0,40); exina fina de 1,3 μm ($\pm 0,29$) de grosor, tectada, sexina de menor tamaño que nexina, columelas inconspicuas y escultura psilada. Dimensiones: E.E. 20,6 μm ($\pm 0,69$); E.P. 19,6 μm ($\pm 0,84$); D.E. 20,8 μm ($\pm 1,03$); L.A. 8,4 μm ($\pm 1,17$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 614 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.251.

Euphorbiaceae

Euphorbia splendens Bojer ex Hook. 1829.

Figura 4 M-N

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma esferoidal; tricolporado, colpos de 36,8 μm ($\pm 2,04$) de largo x 2,32 μm ($\pm 0,41$) de ancho, constricto hacia el ecuador, ápice bifido; poros de 2,4 μm ($\pm 0,69$) de largo x 9,7 μm ($\pm 0,48$) de ancho, lalongado; área polar pequeña (IAP: 0,22); exina gruesa de 4,83 μm ($\pm 0,69$) semitectada, sexina de mayor de grosor que nexina, columelas conspicuas y escultura reticulada, con lúmenes heterobrocados. Dimensiones: E.E. 41,2 μm ($\pm 4,07$); E.P. 46,2 μm ($\pm 2,20$); D.E. 40,1 μm ($\pm 6,15$); L.A. 8,8 μm ($\pm 1,47$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 615 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.251.

Manihot esculenta Crantz. 1766.

Figura 4 O

Mónadas, apolar, asimétrica, ámbito circular; periporado, 12-24 poros de 6,6 μm ($\pm 2,22$) de largo x 6,6 μm ($\pm 2,22$) de ancho; exina delgada de 9 μm ($\pm 0,42$) de grosor, intectada, escultura clavada, clava de 5,6 μm ($\pm 0,51$) de largo x 4,2 μm ($\pm 1,68$) de ancho, sobre toda la superficie del grano, con forma irregular. Dimensiones: D.E. 157 μm ($\pm 8,5$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 616 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.253.

Ricinus communis L. 1753.

Figura 5 A-C

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma oblado esferoidal; tricolporado, colpos de 27,8 μm ($\pm 3,35$) de largo x 2,5 μm ($\pm 0,52$) de ancho, ápice agudo, estrechos, constrictos hacia el ecuador, poros de 4,1 μm ($\pm 1,10$) de largo x 4,5 μm ($\pm 1,17$) de ancho, lalongado; área polar pequeña (IAP: 0,24); exina fina de 2,95 μm ($\pm 0,60$) de grosor, semitectada, sexina de menor tamaño que nexina, columelas conspicuas y escultura microrreticulada con lúmenes homobrocados. Dimensiones: E.E. 37 μm ($\pm 2,36$); E.P. 35 μm ($\pm 3,52$); D.E. 35,9 μm ($\pm 2,73$); L.A. 8 μm ($\pm 0,98$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 517 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.212.

Fabaceae

Phaseolus coccineus L. 1753.

Figura 5 D-F

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma prolado esferoidal; triporado, poros de 5,6 μm ($\pm 0,96$) de largo x 10,1 μm ($\pm 0,73$) de ancho, anillo de 2 μm ($\pm 0,5$) de grosor; exina fina de 4 μm (± 0) de grosor, tectada, nexina de igual grosor que nexina y escultura foveolada, foveolas disminuyendo hacia el mesoporo. Dimensiones: E.E. 55,5 μm ($\pm 2,99$); E.P. 57,1 μm ($\pm 3,92$); D.E. 54,5 μm ($\pm 2,59$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 617 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.253.

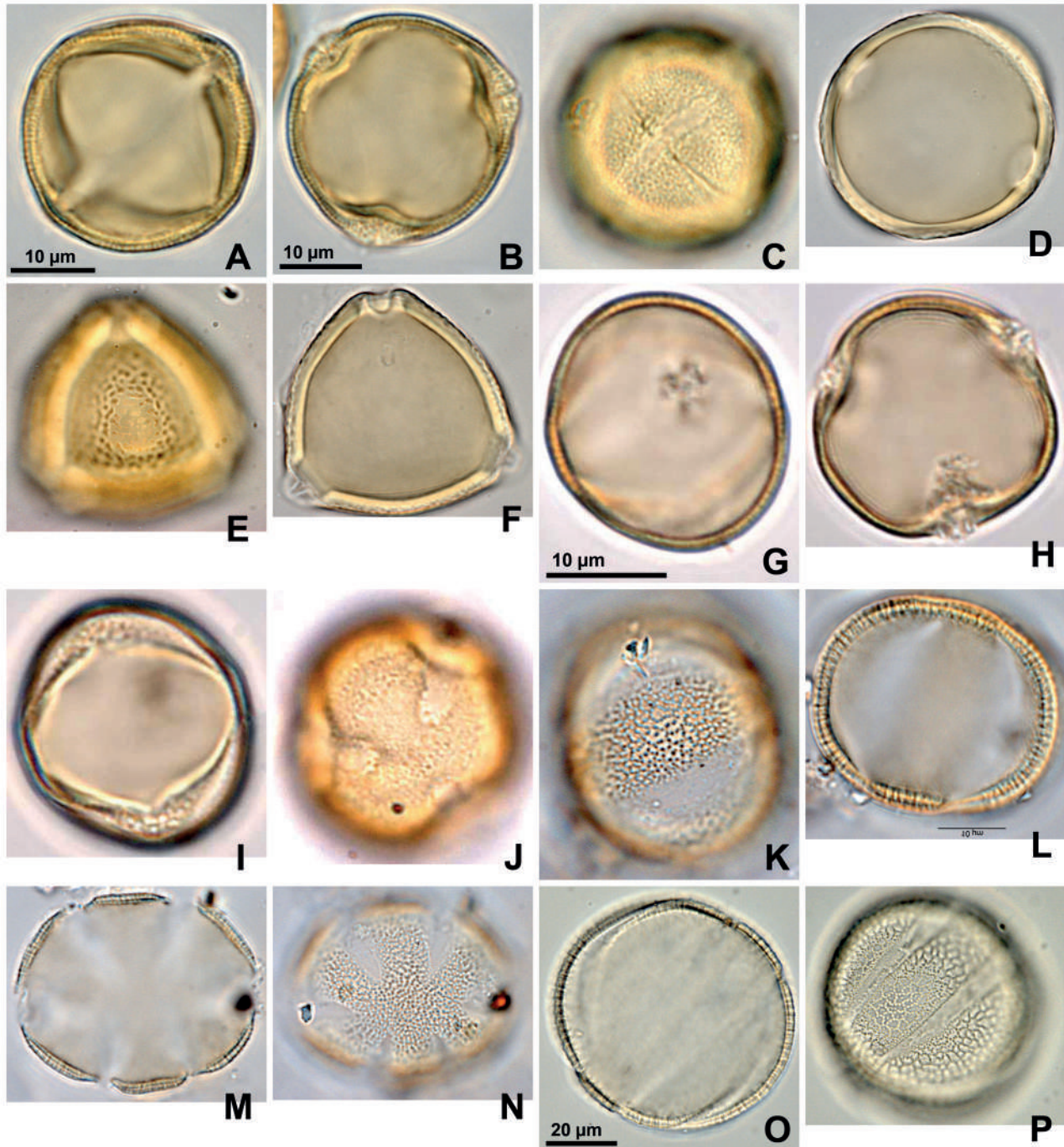


Figura 5. Atlas palinológico de la cuenca del río San Eugenio en Santa Rosa de Cabal (Risaralda), Colombia. Eudicotiledóneas: Euphorbiaceae: A-C. *Ricinus communis*. Fabaceae: D-F. *Phaseolus coccineus*. Gesneriaceae: G-J. *Kohleria spicata*; Lamiaceae: K-N. *Hyptis capitata*. O-P. *Salvia scutellarioides*

Gesneriaceae

Kohleria spicata (Kunth) Oerst. 1858.

Figura 5 G-J

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma prolado; tricolporado, colpos de 17,6 μm ($\pm 1,42$) de largo x 2,39 μm ($\pm 0,98$) de ancho, ápice redondeado, poros de 2,8 μm ($\pm 0,63$) de largo x 2,9 μm ($\pm 0,99$) de ancho, lalongado; área polar pequeña (IAP: 0,24); exina fina de 2,11 μm ($\pm 0,22$) de grosor, tectada, sexina de menor tamaño que nexina, columelas conspicuas y escultura escabrada. Dimensiones: E.E. 22,7 μm ($\pm 1,25$); E.P. 21,7 μm ($\pm 1,57$); D.E. 22,4 μm ($\pm 0,96$); L.A. 5,3 μm ($\pm 1,49$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 299 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.212.

Lamiaceae

Hyptis capitata Jacq. 1786.

Figura 5 K-N

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma esferoidal; tricolpado, colpos de 20,6 μm ($\pm 2,36$) de largo x 6,7 μm ($\pm 2,95$) de ancho, ápice agudo, área polar mediana (IAP: 0,34); exina fina de 2,4 μm ($\pm 0,39$) de grosor, semitectada, sexina igual que nexina, columelas conspicuas y escultura reticulada con lúmenes heterobrocados reducidos hacia el área polar. Dimensiones: E.E. 30,36 μm ($\pm 0,78$); E.P. 41,21 μm ($\pm 2,77$); D.E. 37,91 μm ($\pm 3,9$); L.A. 12,84 μm ($\pm 2,26$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 367 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.218.

Salvia scutellarioides Kunth. 2001.

Figuras 5 O-P, 6 A-B

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito elíptico y forma subprolado; estefanocolpado, 6 colpos de 25 μm (± 3) de largo x 2 μm ($\pm 1,1$) de ancho, ápice agudo, área polar pequeña (IAP: 0,20); exina fina de 3 μm ($\pm 0,42$) de grosor, semitectada, sexina de mayor grosor que nexina, columelas conspicuas y escultura reticulada con lúmenes homobrocados Dimensiones: E.E. 57 μm ($\pm 4,71$); E.P. 67 μm ($\pm 3,82$); D.E. 67 μm ($\pm 7,49$); L.A. 14 μm ($\pm 3,07$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 326 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.199.

Melastomataceae

Aciotis purpurascens (Aubl.) Triana. 1871.

Figura 6 C-E

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma subprolado; heterocolporado (tres colporos y tres pseudocolpos), colpos de 13,9 μm ($\pm 5,49$) de largo x 1 μm ($\pm 1,1$) de ancho, ápice agudo, área polar mediana (IAP: 0,42), exina gruesa de 2,61 μm ($\pm 0,48$) de grosor, tectada, sexina de menor tamaño que nexina y escultura psilada. Dimensiones: E.E. 20 μm ($\pm 1,15$); E.P. 23 μm ($\pm 2,33$); D.E. 21 μm ($\pm 1,21$); L.A. 9 μm ($\pm 1,02$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1400-2100 m, Jorge Mercado 310 (HUA), placa palinológica P U de A 1200.

Aciotis rubricaulis (Mart. ex DC.) Triana. 1871.

Figura 6 F-I

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma prolado esferoidal; heterocolporado (tres colporos y tres pseudocolpos), colpos de 24 μm ($\pm 3,4$) de largo x 1,1 μm ($\pm 0,3$) de ancho, ápice agudo, área polar grande (IAP: 0,56), exina fina de 2,21 μm ($\pm 0,52$) de grosor, tectada, sexina de menor tamaño que nexina y escultura psilada. Dimensiones: E.E. 31,6 μm ($\pm 1,81$); E.P. 32,4 μm ($\pm 1,47$); D.E. 31,5 μm ($\pm 1,67$); L.A. 17,8 μm ($\pm 3,8$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 305 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.209.

Clidemia ciliata Pav. ex D. Don. 1823.

Figura 6 J-L

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito circular y forma subprolado; heterocolporado (tres colporos y tres pseudocolpos), colpos de 17,1 μm ($\pm 2,3$) de largo x 1,3 μm ($\pm 0,3$) de ancho, ápice agudo, área polar mediana (IAP: 0,35), exina 1,9 μm ($\pm 0,81$) de grosor, tectada, sexina de menor tamaño que nexina y escultura psilada. Dimensiones: E.E. 17 μm ($\pm 2,39$); E.P. 21 μm ($\pm 2,50$); D.E. 17 μm ($\pm 0,95$); L.A. 6 μm ($\pm 1,42$).

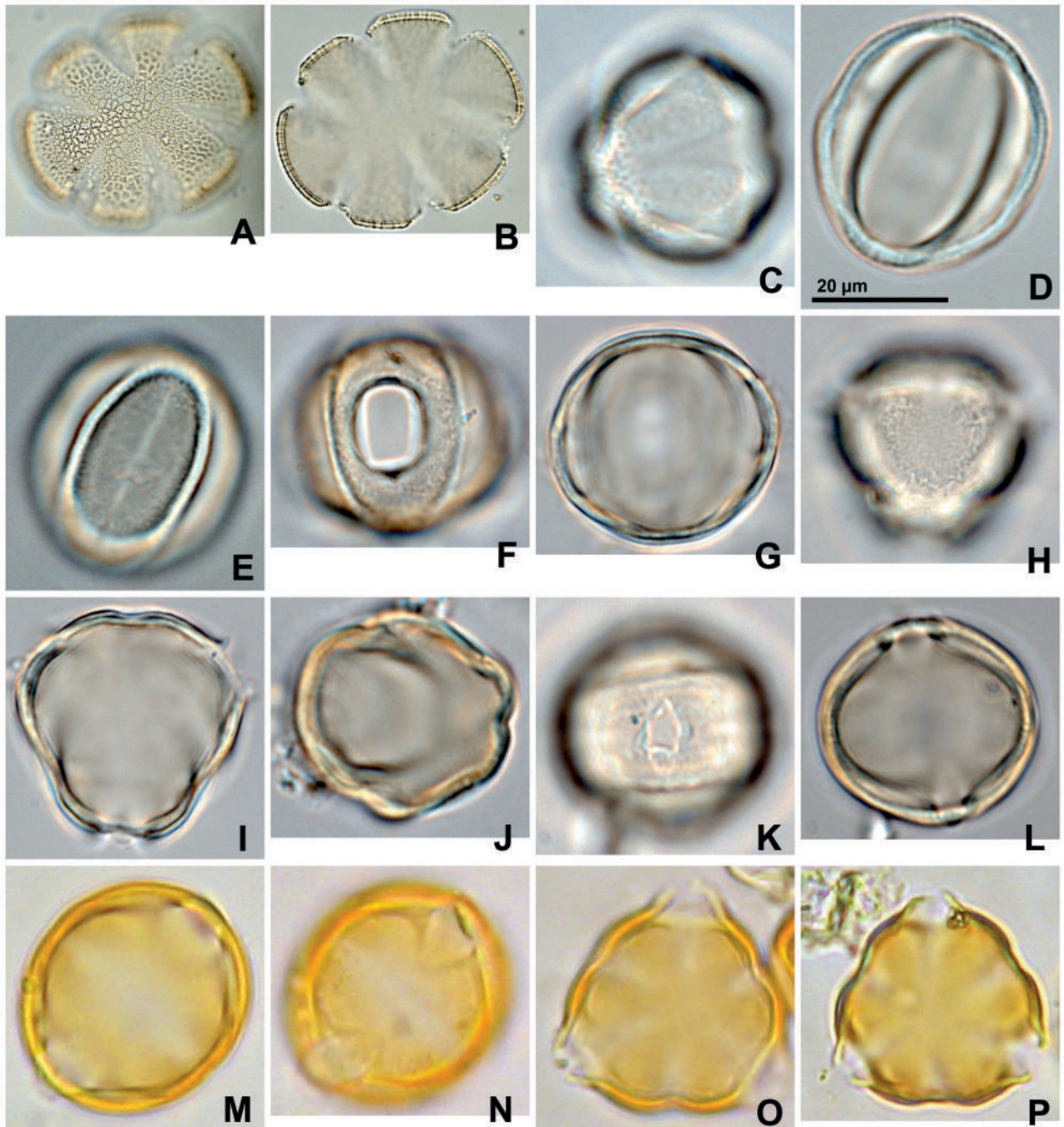


Figura 6. Atlas palinológico de la cuenca del río San Eugenio en Santa Rosa de Cabal (Risaralda), Colombia. Eudicotiledóneas: Lamiaceae: A-B. *Salvia scutellarioides*. Melastomataceae: C-E. *Aciotis purpurascens*; F-I. *Aciotis rubricaulis*; J-L. *Clidemia ciliata*; M-P. *Tibouchina kingii*

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 303 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.211.

Tibouchina kingii Wurdack. 1969.

Figura 6 M-P

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular y forma oblato esferoidal; heterocolporado (tres o cuatro colporos y tres o cuatro colpos), colpos de 14,1 μm ($\pm 0,7$) de largo x 2,2 μm ($\pm 0,6$) de ancho, ápice agudo, área polar pequeña (IAP: 0,16), exina fina de 1,0 μm de grosor, tectada, no se diferencia sexina de nexina y escultura psilada Dimensiones: E.E. 18 μm ($\pm 1,07$); E.P. 17 μm ($\pm 0,74$); D.E. 18 μm ($\pm 1,10$); L.A. 3 μm .

Espécimen estudiado: Colombia. Antioquia: Medellín 1.400 m., L. Uribe-U. 6.511 (Herbario COL); placa palinológica 5.966.

Phyllanthaceae

Phyllanthus symphoricarpoides Kunth. 1817.

Figura 7 A-D

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo y forma esferoidal; tricolporado y tetracolporado, colpos de 8,7 μm ($\pm 0,48$) de largo x 1,5 μm ($\pm 0,52$) de ancho, ápice agudo, poros de 2 μm (± 0) de largo x 2 μm (± 0) de ancho, con anillo de 1 μm ($\pm 0,11$) de grosor, lalongado; área polar pequeña (IAP: 0,25); exina gruesa de 3 μm ($\pm 0,3$) de grosor, semitectada, sexina de mayor de grosor que nexina, columelas conspicuas y escultura reticulada con lúmenes homobrocados. Dimensiones: E.E. 24,4 μm ($\pm 1,42$); E.P. 23,9 μm ($\pm 0,87$); D.E. 23,7 μm ($\pm 0,94$); L.A. 6,3 μm ($\pm 0,48$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 516 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.252.

Solanaceae

Solanum acerifolium Dunal. 1816.

Figura 7 E-G

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso recto y forma esferoidal; tricolporado, colpos de 27,7 μm ($\pm 0,82$) de largo x 1,0 μm de ancho, ápice agudo, poros 4,7 μm ($\pm 0,95$) de largo x 4,7 μm ($\pm 0,95$) de ancho, lalongado; área polar mediana (IAP: 0,24), exina fina de 2,0 μm (± 0) de

grosor, tectada, sexina de igual grosor que nexina y escultura psilada. Dimensiones: E.E. 26,5 μm ($\pm 1,72$); E.P. 27,8 μm ($\pm 0,92$); D.E. 27,0 μm ($\pm 0,67$); L.A. 6,6 μm ($\pm 0,70$).

Espécimen estudiado: Colombia. Santander: Suaita, J.L. Fernández-A et al. 20.903 (Herbario COL); placa palinológica 5.967.

Solanum quitoense Lam. 1794.

Figura 7 H-J

Mónadas, isopolar, simetría radial, ámbito triangular obtuso convexo, forma esferoidal; tricolporado, colpos de 12,9 μm ($\pm 1,20$) de largo x 1,0 μm (± 0) de ancho, poros de 5,0 μm de largo x 2,0 μm de ancho, lalongado; área polar mediana (IAP: 0,38); exina fina de 1,0 μm (± 0) de grosor, tectada, no se diferencia sexina de nexina y escultura psilada Dimensiones: E.E. 15,3 μm ($\pm 0,95$); E.P. 17,2 μm ($\pm 0,63$); D.E. 15,0 μm ($\pm 0,67$); L.A. 5,7 μm ($\pm 0,82$).

Espécimen estudiado: Colombia. Caldas, Viterbo; J.M. Peláez (Herbario COL); placa palinológica 4.863.

Urticaceae

Cecropia peltata L. 1759.

Figura 7 K-L

Mónadas, isopolar, simetría bilateral, ámbito elíptico y forma subprolado; diporado, poros de 2 μm de largo x 3,1 μm ($\pm 0,87$) de ancho; exina de 1 μm (± 1) de grosor, tectada, sexina de igual grosor que nexina, columelas inconspicuas y escultura psilada a escabrada Dimensiones: E.E. 8,8 μm ($\pm 0,63$); E.P. 11 μm ($\pm 0,51$).

Espécimen estudiado: Colombia. Risaralda: Santa Rosa de Cabal, cerro Mala Cara, 1.400-2.100 m, Jorge Mercado 612 (HUA), placa palinológica P. U de A 1.172.

DISCUSIÓN

En la familia Araceae, los granos de polen de las dos especies del género *Anthurium* no muestran clara distinción morfológica entre ellas, ambas son mónadas, triporadas, con exina de escultura reticulada y tamaños que varía entre los 20 a 23 μm .

La familia Poaceae por su parte, se caracteriza por presentar granos de polen monoporados, poros con anillo presente y escultura reticulada; sin embargo, aunque estos granos son

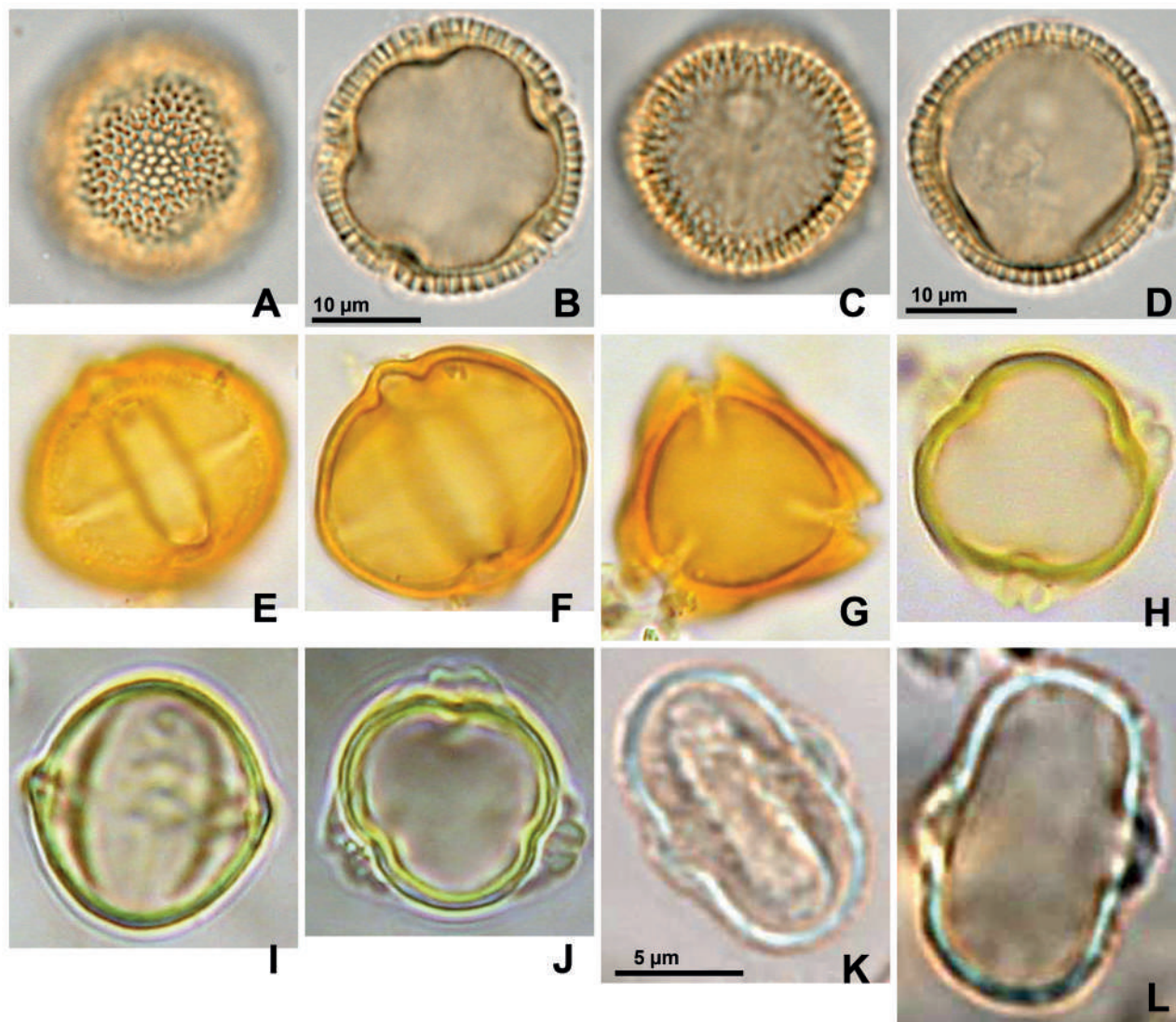


Figura 7: Atlas palinológico de la cuenca del río San Eugenio en Santa Rosa de Cabal (Risaralda), Colombia. Eudicotiledóneas: Phyllanthaceae: A-D. *Phyllanthus symphoricarpoides*. Solanaceae: E-G. *Solanum acerifolium*; H-J. *Solanum quitoense*. Urticaceae: K-L. *Cecropia peltata*

fácilmente distinguibles de los de otros taxones, al revisar las variaciones al interior de la familia no fue posible hallar grandes diferencias morfológicas, exceptuando *Zea mays*; esta especie posee granos que superan los 130 µm, característica única para su identificación.

En la familia Acanthaceae, sólo fue hallada *Justicia filibracteolata*, la cual presenta granos de polen con características únicas (diporados y columelas pronunciadas hacia el lado ecuatorial). En la familia Amaranthaceae,

Amaranthus spinosus tiene granos de polen periporados y con escultura reticulada, fácilmente distinguible de otras especies.

En general, la familia Asteraceae tiene granos de polen que se caracterizan por ser mónadas, tricolporados, tectados, tectados-perforados y de escultura equinada. En el sitio de estudio no existen granos de polen diferentes a Asteraceae con escultura equinada; sin embargo, aunque estas características permiten diferenciar bien a esta familia de plantas de otros taxones, las variaciones infragenéricas

no son tan claras. No obstante, *A. oppositifolia* presenta granos con 4 colpos (2 colporos y 2 pseudocolporos) lo cual indica una diferencia significativa con respecto a los otros taxones. *Elaphandra patentipilis* tiene los granos de polen con el mayor tamaño de esta familia (EE. 27-29 μm), con respecto a las especies estudiadas.

Se encontró solo una especie de las familias Bignoniaceae y Urticaceae. En Bignoniaceae, *Tabebuia chrysantha* presenta granos tricolporados con exina gruesa y escultura reticulada. Para Urticaceae, *Cecropia peltata*, es una especie de granos pequeños (8-10 μm) y diporados, lo que hace que esta especie sea identificada fácilmente.

El tamaño de los granos de polen de *Clethra revoluta* (Clethraceae) está entre 19 y 21 μm y tiene escultura psilada; mientras que *Hedyosmum racemosum* (Chloranthaceae) es inaperturado y su escultura es clavada. Estas distinciones morfológicas, hacen que estos dos palinomorfos sean únicos en el registro de polen sobre esta zona de vida.

Las especies analizadas de Euphorbiaceae, presentan el patrón morfológico más variable dentro de los taxones estudiados en el sitio de estudio. Como tendencia general la familia presenta granos de polen en mónadas, tricolporados con exina semitectada e intectada y escultura reticulada. En la especie *Euphorbia splendens* son tricolporados, con colpos constrictos hacia el ecuador, ápices bifidos y poro lalongado; además, la escultura es reticulada con lúmenes heterobrocados; mientras que *Ricinus communis* aunque similar a *E. splendens* difiere por el ápice agudo. *Manihot esculenta* (yuca) es una especie que presenta granos periporados, intectados, con escultura clavada (clavas irregulares) y de tamaño grande (150-160 μm).

Los granos de *Phaseolus coccineus* (fríjol petaco) son fácilmente distinguibles de las demás especies por la presencia de 3 poros y gran tamaño de 52-57 μm .

Por otra parte, *Kohleria spicata* (Gesneriaceae) especie con granos carentes de caracteres conspicuos en su diagnosis (excepto su ápice redondeado), muchas especies de este género se adaptan fácilmente a lugares con poca luz, y alta humedad (Kvist y Skog 1992).

En la familia Lamiaceae, los granos de polen tuvieron caracteres diagnósticos distinguibles como los colpos hexacolpados de ápice agudo, exina fina y escultura reticulada. Sin embargo, al interior del grupo para separar los géneros y/o especies las características son menos conspicuas. No obstante, se encontró que la reducción

de los retículos hacia el eje polar y lúmenes hetero u homobrocados permiten generar clara diferencia entre *Hyptis capitata*, que tiene lúmenes heterobrocados reducidos hacia el área polar y *Salvia scutellarioides* con lúmenes homobrocados.

La familia Melastomataceae tiene granos de polen heterocolporados, la cual es una característica específica de esta familia en el sitio de estudio. No se encontraron caracteres diagnósticos al nivel de las especies, excepto el tamaño en *Aciotis rubricaulis* (E.E. 30-32 μm ; E. P. 31-34 μm) con respecto a *Aciotis purpurascens*, *Clidemia ciliata* y *Tibouchina kingii* las cuales presentan axis ecuatorial y polar que oscila entre 17-22 μm y 16-21 μm , respectivamente.

Phyllanthus symphoricarpoides (Phyllanthaceae) tiene granos de polen con 4 colporos con anillo y escultura reticulada convirtiéndolos en palinomorfos de clara identificación.

Los granos de polen de la familia Solanaceae se caracterizan por no presentar características morfológicas conspicuas para establecer diferencias entre los géneros, pero el tamaño es un buen carácter para diferenciar a *Solanum acerifolium* (E.E. 25-28 μm ; E.P. 26-28 μm ; D.E.: 26-28 μm) de *Solanum quitoense* (E.E. 14-16 μm ; E.P. 16-18 μm ; D.E. 14-16 μm).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por el Comité para el Desarrollo de la Investigación (CODI) de la Universidad de Antioquia y realizado dentro del marco del proyecto "Patrón de movilidad y estructura interna de los sitios tempranos en la vertiente Oriental y Andina del Cauca medio". Los autores expresan su agradecimiento a Ana Zabala, Diana Zapata y Laura Gómez por su trabajo en el laboratorio. De igual forma, los autores presentan sus agradecimientos a Felipe Cardona por facilitar el uso del Herbario Universidad de Antioquia (HUA); a Francisco J. Roldán, Ricardo Callejas, y Álvaro Idárraga por su contribución en las determinaciones taxonómicas.

REFERENCIAS

- Aceituno FJ. 2012. Orígenes de la domesticación y desarrollo de la agricultura en Colombia. En: Hermo D, Miotti L, editores. Biografías de paisajes y seres. Visiones desde la arqueología sudamericana. Córdoba (Argentina): Encuentro Grupo Editor y Editora UN Catamarca. p. 17-36.

- Aceituno FJ, Castillo N. 2005. Mobility strategies in Colombia's middle mountain range between the early and middle Holocene. *Before Farming*, 2 (2): 1-17.
- Aceituno FJ, Lalinde V. 2011. Residuos de almidones y el uso de plantas durante el Holoceno medio en el Cauca Medio (Colombia). *Caldasia*, 33 (1): 1-20.
- Aceituno FJ, Loaiza N. 2007. Ecología histórica en sociedades de pequeña escala. En: Aceituno FJ, Loaiza N, editores. 2007b. Domesticación del bosque en el Cauca medio colombiano entre el Pleistoceno final y el Holoceno medio. *British Archaeological Reports (International Series 1654)*. Oxford: Archaeopress. p. 21-25.
- APG III. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161 (2): 105-121.
- Brown CA. 1960. *Palynological techniques*. Baton Rouge (Louisiana, E. U. A.): Louisiana State University Press. p.188.
- Cuatrecasas J. 1958. Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas*, 10 (40): 221-268.
- Erdtman G. 1986. *Pollen morphology and plant taxonomy: angiosperms: an introduction to palynology*. Leiden (Holanda): E.J. Brill. p. 553.
- Faegri K, Iversen J. 1975. *Textbook of pollen analysis*. 3.ªed. Nueva York (E. U. A.), Hafner Press. p. 295.
- Gentry AH. 1982. Patterns of neotropical plant species diversity. *Evolutionary biology*, 15: 1-84.
- Holdridge LR. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. San José (Costa Rica): Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. p. 216.
- Hooghiemstra H, van der Hammen T. 2004. Quaternary Ice-Age dynamics in the Colombian Andes: developing an understanding of our legacy. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 359 (1442): 173-181.
- Hooghiemstra H, Wijninga VM, Cleef AM. 2006. The paleobotanical record of Colombia: implications for biogeography and biodiversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 93 (2): 297-325.
- Kvist LP, Skog LE. 1992. Revision of *Kohleria* (Gesneriaceae). *Smithsonian Contributions to Botany*, 79:1-83.
- Mercado-Gómez J, Solano L, Sánchez L. 2007. Morfología polínica de especies pertenecientes a 5 géneros de Melastomataceae para Pamplona Colombia. *Bistua*, 5 (1): 71-86.
- Mercado J. 2010. Análisis polínico en el yacimiento la Pochola: un contexto precerámico en el río San Eugenio (Cauca Medio, Risaralda-Colombia) [Tesis de maestría]. [Medellín (Colombia)]: Instituto de Biología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia. p. 122.
- Mercado-Gómez JD, Jiménez-Bulla LC, Sánchez-Montaña LR. 2011. Polen de las Magnoliopsida en el Volcán (Pamplona, Colombia) I: familias Apiaceae, Asteraceae, Cunoniaceae, Ericaceae, Fabaceae y Gentianaceae. *Caldasia*, 33 (2): 619-635.
- Piperno DR, Pearsall DM. 1998. *The origins of agriculture in the Lowland Neotropics*. San Diego (California, E. U. A.): Academic Press. p. 400.
- Punt W, Hoen PP, Blackmore S, Nilsson S, Le Thomas A. 2007. Glossary of pollen and spore terminology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 143(1): 1-81.
- Salomons JB. 1986. Paleocology of volcanic soils in the Colombian Central Cordillera (Parque Nacional Natural de los Nevados). *El Cuaternario de Colombia*, 13: 1-212.
- Thouret JC. 1983. La temperatura de los suelos: temperatura estabilizada en profundidad y correlaciones térmicas y pluviométricas. En: van der Hammen T, Pérez-Preciado A, Pinto-E P (editores). *La Cordillera Central Colombiana: transecto Parque Los Nevados. Estudios de Ecosistemas Tropandinos (Studies on tropical Andean ecosystems)*. Volumen 1. Vaduz (Liechtenstein): J. Cramer Publisher. p. 142-149.
- Thouret JC, Fabre D. 1989. Procesos morfodinámicos sobre las vertientes de la Cordillera Central (Morphodynamic processes on the slopes of the Central Cordillera). En: van der Hammen T, Diaz-Piedrahita S, Alvarez VJ, editores. *La Cordillera Central Colombiana Transecto Parque los Nevados. Estudios de Ecosistemas Tropandinos (Studies on tropical Andean ecosystems)*. Volumen 3 (Segunda parte). Vaduz (Liechtenstein): J. Cramer Publisher. p. 279-298.