

ATLAS PALINOLÓGICO DE LAS ESPECIES PERTENECIENTES A LA FAMILIA
ERICACEAE PRESENTES EN LOS ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA EN EL
SANTUARIO DE FLORA Y FAUNA GALERAS

CAROLA LUCIA LARA JIMÉNEZ
CLAUDIA PATRICIA MUÑOZ MUÑOZ

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
SAN JUAN DE PASTO
2004

ATLAS PALINOLÓGICO DE LAS ESPECIES PERTENECIENTES A LA FAMILIA
ERICACEAE PRESENTES EN LOS ECOSISTEMAS DE ALTA MONTAÑA EN EL
SANTUARIO DE FLORA Y FAUNA GALERAS

CAROLA LUCIA LARA JIMÉNEZ
CLAUDIA PATRICIA MUÑOZ MUÑOZ

Trabajo de grado para optar el título de Biólogo con énfasis en Ecología

Director:
Eduardo Aquiles Gutiérrez Zamora
Biólogo (c) Msc. Ecología
Universidad Nacional de Colombia

UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA
SAN JUAN DE PASTO
2004

Dedicamos nuestra investigación a la fuerza espiritual que guía y entreteteje los hilos de nuestras vidas. A nuestros padres fuentes de regocijo y refugios permanentes de sabiduría. Al espíritu del Volcán Galeras de una bella e infinita grandeza.

AGRADECIMIENTOS

A nuestro Director Aquiles Gutiérrez Zamora, por guiarnos con sus conocimientos en el desarrollo y culminación satisfactoria de nuestra investigación.

Unidad Administrativa del Sistema de Parques Naturales Nacionales, a Nancy López de Viles, Directora del Santuario de Flora y Fauna Galeras y a los guardaparques por brindarnos su gran ayuda durante el trabajo de campo.

Bernardo Ramírez de la Universidad del Cauca, Dr. Julio Betancur del Instituto de Ciencias Naturales, Nelson Salinas estudiante de Biología Universidad Nacional y el Dr. James Luteyn del New York Botanical Garden, por su colaboración en la identificación del material vegetal.

Jefatura de Laboratorios de la Universidad de Nariño, por el apoyo en el acceso a equipos y reactivos necesarios para nuestro trabajo de laboratorio.

Nuestros padres quienes nos apoyaron espiritual y económicamente durante la realización del trabajo.

Familiares, amigos y compañeros quienes de alguna u otra forma nos brindaron su ayuda.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	22
1. FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
1.1. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	24
1.2. HIPÓTESIS	24
2. JUSTIFICACIÓN	26
3. OBJETIVOS	27
3.1. OBJETIVO GENERAL	27
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	27
4. MARCO TEÓRICO	28
4.1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL ORIGEN DEL POLEN Y LAS PLANTAS CON FLORES	28
4.2. CIRCUNSCRIPCIÓN GENERAL, DISTRIBUCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS ERICALES	29
4.3. HISTORIA NATURAL DE LAS ERICACEAS DEL NEOTROPICO	30
4.4. USOS ECONÓMICOS GENERALES DE ERICACEAE	31
4.5. EL POLEN	32
4.5.1. Estructura y Composición del Grano de Polen	33
4.6. EXÁMEN DE CORTE ÓPTICO	37
4.7. ANÁLISIS LO-OL	37
4.8. MORFOLOGÍA DE LOS GRANOS DE POLEN	38
4.8.1. Unidad Polínica	38
4.8.2. Polaridad	42
4.8.3. Simetría	44
4.8.4. Aberturas	44
4.8.5. Forma	45
4.8.6. Tamaño	48
4.8.7. Índice de Área Polar	48
4.9. PROCESO DE ACETÓLISIS	49
4.10. PREPARACIÓN DEL MATERIAL POLINÍFERO AL NATURAL	50
5. ANTECEDENTES	51
6. METODOLOGÍA	53
6.1. ÁREA DE ESTUDIO	53
6.1.1. Localización y descripción	53
6.2. TRABAJO DE CAMPO	59
6.3. TRABAJO DE LABORATORIO	59
6.3.1. Trabajo de Herbario	59
6.3.2. Montaje de Placas en Fresco	60
6.3.3. Proceso de Acetólisis para muestras de flores	60
6.3.4. Montaje de Placas Acetolizadas	60

7.	CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LOS GRANOS DE POLEN	61
7.1.	ABREVIATURAS USADAS EN LAS DESCRIPCIONES	61
7.2.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	62
7.3.	CLAVES TAXONÓMICAS	62
7.4.	TRABAJO FOTOMICROGRÁFICO	62
8.	RESULTADOS	64
8.1.	GRANOS DE POLEN EN FRESCO	68
8.2.	GRANOS DE POLEN ACETOLIZADOS	72
8.3.	ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE POLEN FRESCO Y ACETOLIZADO	77
8.4.	DIFERENCIACIÓN DE LAS ESPECIES A PARTIR DE LAS CARACTERÍSTICAS PALINOLÓGICAS	80
9.	ATLAS PALINOLÓGICO	91
9.1.	CLAVES PARA DIFERENCIAR LOS GRANOS POLEN EN FRESCO DE LAS ESPECIES DE ERICACEAE	92
9.2.	CLAVES PARA DIFERENCIAR LOS GRANOS DE POLEN ACETOLIZADOS DE LAS ESPECIES DE ERICACEAE	94
9.3.	DESCRIPCIÓN MORFOMÉTRICA DE LOS GRANOS DE POLEN EN FRESCO Y ACETOLIZADOS DE LAS ESPECIES DE ERICACEAE	96
10.	DISCUSIÓN	120
	CONCLUSIONES	131
	RECOMENDACIONES	133
	CITAS DE PIE DE PÁGINA	134
	BIBLIOGRAFÍA	143
	ANEXOS	148

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Algunas clases de esculturación de la exina de los granos de polen.	34
Figura 2. Ornamentación del grano de polen.	35
Figura 3. Puntos polares y ecuatoriales del grano de polen.	35
Figura 4. Formas y contornos de los granos de polen según la vista polar y ecuatorial.	36
Figura 5. Corte óptico del grano de polen.	37
Figura 6. Esculturación de la exina en corte óptico y LO.	39
Figura 7. Tipos de granos de polen según unidad polínica.	41
Figura 8. Diagramas de polaridad en tétradas.	43
Figura 9. Eje polar y ecuatorial del grano de polen.	43
Figura 10. Tipos de aberturas en los granos de polen.	46
Figura 11. Clasificación de los granos de polen según tipo de aberturas.	47
Figura 12. Mapa de ubicación del Santuario de Flora y Fauna Galeras.	54
Figura 13. Precipitación de los últimos 9 años reportados en la Estación de Obonuco.	56
Figura 14. Temperatura de los últimos 9 años reportados en la Estación de Obonuco.	56
Figura 15. Zona de páramo en el Santuario de Flora y Fauna Galeras.	57
Figura 16. Zona de subpáramo en el Santuario de Flora y Fauna Galeras.	57
Figura 17. Zona de bosque en el Santuario de Flora y Fauna Galeras.	58
Figura 18. Hábito de crecimiento de especies de la familia Ericaceae.	66
Figura 19. Coloración floral presente en las especies de Ericaceae.	66

Figura 20. Orientación floral de las especies de Ericaceae.	67
Figura 21. Tamaños de los granos de polen en fresco de las Ericaceae.	69
Figura 22. Forma de mónadas en los granos de polen de Ericaceae.	70
Figura 23. Tipos de esculturación de la exina de los granos de polen de Ericaceae.	70
Figura 24. Largo de las aberturas (colpos) de los granos de polen en fresco.	73
Figura 25. Largo de las aberturas (colpos) de los granos de polen acetolizados.	76
Figura 26. Variables AT y DE con diferencias estadísticamente significativas en los dos tratamientos fresco y acetolizados en <i>G. glomerata</i>	78
Figura 27. Variables altamente significativas en los tratamientos fresco y acetolizado.	79
Figura 28. Variables AT y Lhem con diferencias estadísticamente significativas en <i>D. microphylla</i> y <i>V. floribundum</i> en el tratamiento en fresco	81
Figura 29. Variables DE y AT con diferencias estadísticamente significativas en <i>P. prostrata</i> y <i>V. floribundum</i> en el tratamiento de acetólisis	83
Figura 30. Variables LT y DE con diferencias estadísticamente significativas en <i>G. glomerata</i> y <i>G. arachnoidea</i> en el tratamiento en fresco	84
Figura 31. Variables AT y EP con diferencias estadísticamente significativas en <i>G. erecta</i> y <i>G. foliolosa</i> en el tratamiento de acetólisis.	86
Figura 32. Variables AT y EP con diferencias estadísticamente significativas en <i>C. bracteata</i> y <i>B. resinosa</i> en el tratamiento en fresco.	87
Figura 33. Variables Lhem y LC con diferencias estadísticamente significativas en <i>M. rupestris</i> y <i>B. mathewsii</i> en el tratamiento de acetólisis.	89
Figura 34. Variables altamente significativas en las especies con tratamiento en fresco.	90
Figura 35. Variables altamente significativas en las especies con tratamiento acetolizado.	90

Figura 36. <i>Disterigma microphylla</i>	106
Figura 37. <i>Pernettya prostrata</i>	107
Figura 38. <i>Vaccinium floribundum</i>	108
Figura 39. <i>Disterigma codonanthum</i>	109
Figura 40. <i>Gaultheria glomerata</i>	110
Figura 41. <i>Gaultheria erecta</i>	111
Figura 42. <i>Gaultheria insipida</i>	112
Figura 43. <i>Gaultheria foliolosa</i>	113
Figura 44. <i>Cavendishia bracteata</i>	114
Figura 45. <i>Macleania rupestris</i>	115
Figura 46. <i>Gaultheria arachnoidea</i>	116
Figura 47. <i>Bejaria mathewsii</i>	117
Figura 48. <i>Disterigma acuminatum</i>	118
Figura 49. <i>Bejaria resinosa</i>	119

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Tipos polínicos según la longitud del área polar.	48
Cuadro 2. Tipos de área polar según la relación LA/DE.	48
Cuadro 3. Especies de la familia Ericaceae registradas en el Santuario de Flora y Fauna Galeras.	64
Cuadro 4. Características morfométricas expresadas en μm de los granos de polen en fresco.	71
Cuadro 5. Características morfométricas expresadas en μm de los granos de polen acetolizados.	74

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Registro fotográfico de las especies de la familia Ericaceae del Santuario de Flora y Fauna Galeras.	148
Anexo B. Reporte de los valores estadísticos (t-Student (t) o Mann-Whitney (w) y la probabilidad (p)) para todas las en los dos tratamientos Fresco y Acetolizado.	149
Anexo C. Reporte de los valores estadísticos (t-Student (t) y probabilidad p) para el grupo 1 en Fresco.	150
Anexo D. Reporte de los valores estadísticos (t-Student (t) y probabilidad p) para el grupo 1 Acetolizados.	151
Anexo E. Reporte de los valores estadísticos (t-Student (t) y probabilidad p) para el grupo 2 en Fresco.	152
Anexo F. Reporte de los valores estadísticos (t-Student (t) y probabilidad p) para el grupo 2 Acetolizados.	153
Anexo G. Reporte de los valores estadísticos (t-Student (t) y probabilidad p) para el grupo 3 en Fresco.	154
Anexo H. Reporte de los valores estadísticos (t-Student (t) y probabilidad p) para el grupo 3 Acetolizados.	155

GLOSARIO

ABERTURAS O APERTURAS: son una parte perdida de la exina, la cual es independiente del modelo de la exina, tienen la función de dar salida normal al contenido interno del grano de polen, pueden ser colpos o poros.

AEROPALINOLOGÍA: ciencia que estudia el contenido esporopolínico del aire y su relación con la sedimentación polínica.

AMBITO: contorno de un grano de polen o espora visto con el eje polar en posición normal (perpendicular al observador).

ANTESIS: momento en que se abre el capullo floral.

APOCOLPIO: o apocolpo, área polar delimitada por los extremos polares de los mesocolpos.

APOLAR: cuando después de separado de la tétrada no presenta polaridad definida.

BACULADO: o con baculo, elemento escultural no puntiagudo mas alto que ancho en forma de bastón, base no constricta, puede estar sobre el tectum (baculo supratactales).

BÁCULO: elemento estructural alargado.

COLPOS: es una abertura larga en forma de bote con extremos agudos, sin ramificaciones, dos veces mas larga que ancha.

COLUMELA: elementos columnares orientados radialmente y formando la capa interna de la sexina. Están ligados con sus bases a la nexina y con sus cabezas al techo.

CONSPICUO: fácilmente visible, aparente.

CLAVADO: o con clava, elemento escultural no puntiagudo mas alto que ancho en forma de mazo, es decir con la parte superior mas ancha que la base la cual es constricta.

CRIMINOPALINOLOGÍA: estudio de los granos de polen y esporas en relación a intereses jurídicos.

DIÁDES: cuando permanecen unidos en pares.

DIÁMETRO ECUATORIAL: línea imaginaria perpendicular al eje polar y que atraviesa el grano por su parte media.

DISTAL: parte de una espora o grano de polen que da hacia la parte externa de una tétrada.

ECTOABERTURA: abertura del grano de polen formada por la ausencia de la sexina.

EJE POLAR: línea imaginaria que pasa por el centro del grano y atraviesa el centro del polo proximal y el del distal.

ENDOABERTURA: abertura formada por la ausencia de la nexina en los granos de polen.

EQUINADO: o con espinas que son elementos puntiagudos mas altos que anchos, de longitud mayor a 3.0 μm .

EQUINULADO: similar al equinado pero la longitud de las espinas es menor a 3.0 μm , recibiendo el nombre de espínulas.

ESCARBADO: o esrabido, cuando presentan proyecciones en forma de diminutas escamas.

ESCULTURACIÓN: relieves que constituyen la ornamentación de los granos de polen.

ESPOROPOLENINA: polímero de carotenos y ésteres de carotenos, resistente a varios procesos químicos, especialmente a la acetólisis; es afectada por dos bases hidróxido de potasio y 2 amino etanol.

ESTRIADO: o con estrías son líneas laterales mas o menos paralelas.

EXINA: se encuentra alrededor de la intina; es la pared más resistente de la esporodermis, químicamente formada por una sustancia llamada esporopolenina. Se divide en dos capas: sexina y nexina.

FARMACOPALINOLOGÍA: uso de granos de polen y esporas como medicamentos.

FIXIFORME: con forma definida.

GEMADO: con gemas, elementos esculturales no puntiagudos cortos y globulosos cuya anchura es mayor o igual que la altura de la base constricta.

GRANO DE POLEN: (lat. *Pollen*, *-inis* y *Pollis*, *-inis*: polvo muy fino). Es un elemento microscópico reproductivo masculino.

GRANULOSO: o granulado, con elementos isodiamétricos no puntiagudos.

HEMICOLPORO: colpo o colporo compartido por dos granos simultáneamente.

HETEROPOLAR: cuando los dos polos son diferentes, por ejemplo un polo con una abertura y el otro no.

INAPERTURADOS: sin aberturas.

INCONSPICUO: poco aparente y de pequeño tamaño.

INTINA: capa interna del grano de polen compuesta de celulosa, similar a la constitución de la pared celular de una planta ordinaria, se destruye fácilmente durante los procesos de folicización y acetólisis.

ISOPOLAR: con las porciones distales y proximales idénticas en forma, aberturas y esculturas.

LEPTOMA: área delgada que funciona como una abertura.

MÁSULAS: agrupaciones de muchos granos de polen cuyo número es muy difícil de averiguar.

MELISOPALINOLOGÍA: ciencia que estudia esporas y granos de polen contenidos en la miel de abejas y su relación con la apicultura en general.

MESOCOLPIO: o mesocolpo, área en la superficie de un grano delimitada por dos colpos adyacentes y las líneas transversales que conectan los extremos de los mismos (apocolpio).

MÓNADAS: unidad aislada de una tétrada.

MONOCOLPADOS: con un colpo.

NEXINA: capa mas interna no ornamentada de la exina, sólida u ocasionalmente laminada.

OCTADES: compuesta de 8 elementos.

PALEOPALINOLOGÍA: ciencia que estudia las esporas y granos de polen fósiles o subfósiles. Este tipo de estudio son de gran importancia al relacionarse directamente con la estratigrafía, paleoecología y arqueología.

PALINOLOGÍA: ciencia que estudia las paredes de los granos de polen y esporas.

PALINOMORFO: nombre dado a los granos de polen.

PALINOTAXONOMÍA: ciencia que estudia la taxonomía vegetal con base en la morfología polínica.

PILADO: o con pilos, elemento no puntiagudo con cabeza dilatada con forma de clavo, mas altos que anchos.

POLIADES: con mas de 8 elementos mas o menos firmemente unidos.

POLINEA: es una masa de granos de polen de toda la teca.

POLO DISTAL: área mas alejada (lado externo) del centro de la tétrada.

POLO PROXIMAL: área que esta mas cerca del centro de la tétrada (lado interno).

POROS: (hoyo o agujero) es una abertura más o menos esférica pero algunas veces pueden ser ligeramente alargados con extremos redondeados.

PSILADO: o liso, cuando la exina no presenta elementos estructurales.

RETICULADO: con mallas o retículos mas o menos salientes, los retículos forman un muro que son salientes perpendiculares al grano y el espacio entre los muros recibe el nombre de lumen, que puede ser liso o presentar algún tipo de ornamentación (pilos, granos, etc.).

RUGULADO: con salientes laterales irregulares dos veces mas largas que anchas.

SEXINA: es la capa más externa de la exina, generalmente ornamentada, compuesta normalmente por las columelas y el techo.

SUBISOPOLAR: más o menos intermedio entre iso- y heteropolar, presenta un plano ecuatorial mas o menos curvo.

SULCO: una sola abertura en forma de surco, es característica de los granos de polen de gimnospermas, angiospermas primitivas y monocotiledóneas.

SYNCOLPADO: 2 o más colpos posiblemente fusionados, usualmente en los polos de los granos.

TECTUM: también llamado tegilio o techo, es el estrato mas externo de la exina.

TÉTRADA TETRAÉDRICA: tétrada en que 3 granos estan en un mismo plano y el cuarto en otro diferente.

TÉTRADES: permanecen formando grupos de cuatro granos organizados con alguna configuración geométrica, según la cual reciben diferentes nombres tétrade lineal, tétrade tetrahedral, tétrade tetragonal, tétrade romboidal.

TRICOLPADOS: con tres colpos.

TRICOLPORADOS: con tres colporos .

TRICOTOMOCOLPADOS: son granos con aberturas ramificadas en las cuales las ramas son dos veces mas largas que anchas.

TRIPORADOS: con tres poros.

VERRUGOSO: con verrugas, elemento escultural no puntiagudo de ancho igual o mayor que la altura, base no constricta.

VISTA ECUATORIAL: o posición lateral, cuando el grano de polen se observa con el eje polar en ángulo recto al observador.

VISTA POLAR: cuando el grano se observa con el eje polar, es decir con uno de los polos al observador.

RESUMEN

La familia Ericaceae se constituye en uno de los grupos florísticos más diversos, mejor adaptados y con una gran capacidad para colonizar tierras en condiciones extremas de alta montaña. En la parte oriental del Santuario de Flora y Fauna Galeras realizamos recorridos sobre los senderos cubriendo zonas de páramo, subpáramo y bosque donde colectamos muestras vegetales y florales. Las muestras fueron identificadas taxonómicamente constituyéndose en el inventario de las especies de la familia Ericaceae encontradas en la zona de vida que ocurre entre los 3200 y 3950 msnm.

Encontramos 7 géneros y 14 especies de las cuales destacamos a *Disterigma acuminatum*, registrada por primera vez en el presente estudio. En general los individuos se caracterizan por presentar un hábito de crecimiento arbustivo, corola floral roja, de forma urceolada y tubular, y con orientación péndula. Las flores se disponen en inflorescencias axilares acompañadas de brácteas muy llamativas y de diversos tamaños.

El Atlas Palinológico de las especies de Ericaceae presentes en la zona altoandina del Santuario es un aporte como herramienta indispensable para diferentes tipos de investigación donde se caracterizó los granos de polen extraídos de las muestras florales, tratados en fresco y con acetólisis química.

Los granos de polen de las especies registradas, en general se caracterizaron por presentar un tipo polínico mediano (25-50 μ), con mónadas de forma circular, esculturación reticulada, aberturas (colpos) largas pudiéndose presentar cortas y muy largas.

En el análisis de los dos tratamientos, observamos que los granos en fresco hay mayor variabilidad con relación a sus características métricas, mientras que los acetolizados tienden a homogenizarse. Por esto se hacen indispensable las claves taxonómicas en fresco y acetolizadas para lograr identificar los granos de las especies estudiadas, usando las características más relevantes que presentan diferencias altamente significativas como AT, LT, DE, EP y LB.

Para la diferenciación de las especies a partir de características palinológicas tratadas en fresco se destacan AT, LT, EP y Lhem, por presentar los porcentajes más altos con relación a las diferencias altamente significativas. De igual manera en especies con tratamiento acetolizado, sobresalen las variables AT, LB, LC y Lhem, quienes pueden tomar mayor o menor importancia dependiendo de las especies que se este determinando.

En la familia Ericaceae tanto las características macroscópicas (tamaño, forma, orientación y color), como las microscópicas (tamaño, forma, esculturación y aberturas), juegan un papel indispensable en la reproducción vegetal, desarrollándose de una manera sorprendente para garantizar la llegada de sus polinizadores y el transporte de los granos de polen. Convirtiéndose en fuente indispensable de energía, especialmente para la comunidad de colibríes, quienes se han convertido en los principales vectores de polen.

PALABRAS CLAVES: Ericaceae, granos de polen, características palinológicas.

ABSTRACT

The Ericaceae family constitutes one of the most diverse floristic groups. They are better adapted and have big capacity to colonize lands in extremely conditions of high mountain. In the eastern side of Sanctuary the Flora and Fauna Galeras we went through over the ways covering moor zones, submoor and forest, where we collected vegetable and floral samples. The samples were identified taxonomically, then we created the inventory of the Ericaceae family species that were found in the life zone between 3200 and 3950 msnm.

We found 7 types and 14 species, where we underline the *Disterigma acuminatum*, that is registered for first time in this research. In general, the individuals are characterized to present a custom of shrubs growing, red floral corolla who have urceolada and tubular form and pendulum orientation. The flowers are disposed in inflorescences axillary who are accompanied of attractive bracts and several sizes.

The palynological atlas of Ericaceae species present in the Santuario altoandina zone, is a contribution like a indispensable tool to different kind of researches where we characterized the pollen grains obtained from the floral samples, that were treated in fresh and with chemical acetolysis.

The pollen grains of the registered species, in general were characterized to present a medium pollen type (25-50 μ m) with monads of circular form reticulated sculpture, long apertures (colpos) with possibilities to present short and very long.

In the analysis of two treatments we could observe that in the grains in fresh, there is major variability with relation to its metrical characteristics, while, the acetolysis spread out to homogenized. For this reason is indispensable the taxonomic keys in fresh and acetolysis in order to achieve to identify the grains of the studied species, using the characteristics more outstanding who present high significant differences like AT, LT, DE, EP y LB.

In order to establish the differentiation of the species using the palinology characteristics treated in fresh, we underline AT, LT, EP y Lhem because they present the highest percentages with relation to high significant differences. At the same form in species with acetolysis treatment, stand out the variables AT, LB, LC y Lhem who can take major or minor importance. That depends of the species where it is determinate.

In the Ericaceae family the macroscopic characteristics (size, form, orientation and color) and microscopic characteristics (size, form, sculpture and apertures) plays a indispensable roll in the vegetal reproduction, developing itself in an amazing form in order to guarantee the arrive of its pollinators and the transportation of the pollen grains. In this form the Ericaceae family became in an indispensable energy fountain, specially to humming bird community who have become in the principal pollen vectors.

KEY WORDS: Ericaceae, grains of pollen, characteristic palinology.

INTRODUCCIÓN

Colombia es quizás el país donde hay mayor disponibilidad de información sobre la historia natural de la flora y la vegetación de alta montaña del norte de los Andes, algunas de estas contribuciones se han fundamentado en la investigación palinológica¹ (actual y paleopalinología)², lo que no quiere decir que constituye una información completa y suficiente en esta área de estudio. Sin embargo en la región sur de los Andes colombianos, los trabajos de investigación son escasos. Especialmente en lo que se refiere al Santuario de Flora y Fauna Galeras solo se describen de manera general el polen de especies de plantas polinizadas por colibríes (aves *Trochilidae*)³; y otros que hacen referencia a la taxonomía y morfología macroscópica general de la vegetación⁴.

Las investigaciones en estudios palinológicos son cada vez más numerosas ya que además de su significado en taxonomía, filogenia y evolución de plantas, el estudio de la morfología polínica es esencial para el reconocimiento de las esporas y granos de polen que se encuentran en una gran variedad de medios⁵. Gracias a la diversidad y por su constancia morfológica dentro del taxón los granos de polen representan una excelente evidencia que puede ser utilizada en sistemática o para definir líneas y procedencias de los distintos grupos taxonómicos⁶, es decir el trabajo palinológico puede complementar la labor de reconocimiento de las especies evaluando diferenciación o variabilidad a nivel estructural, comprometidas directamente a la reproducción de las plantas, detalles microscópicos de estructuras reproductivas; con un alto grado de información ecológica (polinización), que en este caso es dinámica y efectuada por vectores animales: aves e insectos.

El grano de polen es un elemento microscópico reproductivo masculino que mantiene la continuidad genética en las plantas superiores de una generación a otra, esta formado por dos componentes: una parte viviente o protoplasma y una parte inerte o pared celular llamada esporodermis, donde generalmente se encuentran la aberturas de germinación y la ornamentación; a partir de las cuales se realizan las descripciones morfométricas de los palinomorfos⁷.

El Santuario de Flora y Fauna Galeras encierra una gran diversidad de flora, donde la familia Ericaceae es una de las más representativas en estos ecosistemas⁸. Se caracterizan por ser uno de los grupos florísticos mejor adaptados a zonas húmedas, de tierras ácidas, características de los ecosistemas altoandinos. Su interés radica en la capacidad que han desarrollado para colonizar tierras con actividad volcánica y/o con alto grado de intervención antrópica⁹. Son algunas de las plantas con mayor grado de diversificación en condiciones extremas de altamontaña en los Andes; entre ellas se pueden encontrar algunas de las adaptaciones mas notables para sobrevivir en estos ambientes¹⁰, sin embargo no han sido centro de atención para realizar estudios científicos de una forma detallada.

En este trabajo nos hemos propuesto estudiar la familia Ericaceae no solo desde el punto de vista palinológico, sino también contribuir a la identificación de las especies de este grupo florístico, como también describir algunos aspectos generales sobre la morfología de la flor como unidad indispensable en el proceso de polinización.

Es así como esperamos generar el Atlas Palinológico a través de la caracterización de los granos de polen extraídos de las muestras florales e iniciar con la primera colección palinológica de referencia en el sur de Colombia como herramientas indispensables para investigaciones de orden ecológico, arqueológico y taxonómico entre otras.

1. FORMULACIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Santuario de Flora y Fauna Galeras se han realizado algunos estudios de caracterización taxonómica y morfológica de la vegetación sin incluir trabajos palinológicos que permitan un mayor conocimiento sobre la morfología reproductiva de las plantas a través de la descripción detallada de los granos de polen de las especies. En general al sur de los Andes Colombianos no se encuentran estudios palinológicos y son escasos los trabajos florísticos.

El Atlas palinológico incluye la caracterización morfométrica y fotográfica de los granos de polen de las especies en la familia Ericaceae. Este trabajo servirá como registro de las especies que pueden encontrarse en la zona altoandina: en el Santuario de Flora y Fauna Galeras y en otras localidades de los Andes; y se constituye en una herramienta importante para adelantar estudios sobre la biología reproductiva de estas plantas, así como aspectos generales de la ecología de los ecosistemas de alta montaña.

1.1. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- ¿ Como es el comportamiento en cuanto a riqueza de la familia Ericaceae a diferentes rangos altitudinales en el Santuario de Flora y Fauna Galeras?
- ¿ Cuáles son las características morfométricas de los granos de polen en las especies pertenecientes a la familia Ericaceae?
- ¿ Qué caracteres morfométricos presentes en los granos de polen de las especies a estudiar permiten diferenciar las entidades específicas?
- ¿ Cuáles son las características palinológicas de las especies que pueden estar relacionadas con el síndrome de polinización o el proceso de transporte por agentes bióticos?

1.2. HIPÓTESIS

- Las características morfométricas de los granos de polen de las especies de Ericaceae en el área de estudio permiten establecer diferencias interespecíficas, siendo posible determinar las especies particulares a la cual pertenece cada grano de polen.
- Los caracteres importantes para establecer diferencias interespecíficas a nivel palinológico son: tamaño de la tétrada, escultura de la exina, tamaño de los colpi y hemicolpos.

- La riqueza de las especies de la familia Ericaceae varia según el rango de distribución altitudinal incluyendo toda la zona de estudio entre los 3200 y 3950 metros.
- En la parte oriental del Santuario de Flora y Fauna Galeras la riqueza de especies de la familia Ericaceae disminuye al incrementar la altura sobre el nivel del mar.
- Los granos de polen de las especies de Ericaceae presentan una agrupación en tétradas con forma esferoidal, con esculturación reticulada, aberturas tricolporadas y con variación en el tamaño del grano de polen.
- Existen patrones morfométricos constantes en las estructuras palinológicas de especies que comparten estrategias de polinización como tipos de abertura, escultura de la exina y tamaño del grano que pueden ser caracteres relevantes a este nivel.

2. JUSTIFICACIÓN

A pocos kilómetros de la ciudad de Pasto, se encuentra ubicado el Santuario de Flora y Fauna Galeras, el cual es de importancia vital para su desarrollo. El valor fundamental radica en que este ecosistema, poco estudiado, constituye una de las mayores fuentes abastecedoras de agua que dispone la ciudad junto a otras cabeceras municipales cercanas al santuario.

Sin embargo, el abastecimiento futuro de este recurso se encuentra amenazado debido al continuo proceso de desmantelamiento de la vegetación y el uso inadecuado de los suelos¹¹ que están limitando con dicho lugar. Esta devastación está ocasionando serias alteraciones tanto en la flora como en la fauna¹², posiblemente con la extinción de plantas y animales sin ser estudiados, haciéndose muy necesaria la conservación y el conocimiento de estos ecosistemas de alta montaña.

El desarrollo de pocos trabajos de investigación dentro del Santuario se inclinan a la descripción macroscópica general de la vegetación¹³. En cuanto a los estudios palinológicos son muy escasos a nivel nacional y más aun a nivel regional. Solo un trabajo incluye de manera indirecta el estudio de granos de polen de plantas ornitófilas en el suroeste de los andes colombianos¹⁴, donde no se hace de una manera profunda la caracterización de los palinomorfos.

A través de los años, el estudio del grano de polen se ha ido incrementando elaborándose diferentes técnicas para un mejor conocimiento de su morfología. Aunque a comienzos del siglo XX el polen era usado solo como un carácter auxiliar en la taxonomía de algunos grupos vegetales, actualmente la palinología es una ciencia que se relaciona con otras disciplinas científicas a las cuales puede auxiliar o recibir ayuda de ellas como por ejemplo aeropalinología, palitaxonomía, farmacopalinología, melisopalinología, criminopalinología, paleopalinología, entre otras; por tal motivo son cada vez más numerosos los investigadores interesados en este tipo de estudios para reconocer e identificar tanto granos de polen como esporas que se encuentran en gran diversidad de medios (agua, suelo, aire, sedimentos, mieles, etc)¹⁵.

La elaboración del Atlas palinológico además de proporcionar un conocimiento profundo acerca del grano de polen como unidad reproductiva de las plantas, es una herramienta básica para la identificación de especies en investigaciones de tipo ecológico, arqueológico y taxonómico entre otros, como parte indispensable para la interpretación de interacciones o cambios ocurridos en los ecosistemas. De igual manera contribuir al conocimiento y comprensión de los recursos naturales que se encuentran amenazados principalmente por el acercamiento de la frontera agrícola y centros urbanos.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar en forma detallada la morfología de los granos de polen de las especies de la familia Ericaceae presentes en la zona altoandina del Santuario de Flora y Fauna Galeras.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un inventario de las especies de Ericaceae en las zonas de vida que ocurren entre los 3200 y 3950 metros de altitud en la vertiente oriental del Santuario de Flora y Fauna Galeras.
- Elaborar claves taxonómicas que nos permitan diferenciar fácilmente las especies de esta familia con base en las estructuras de los granos de polen.
- Elaborar un Atlas Palinológico de las especies de la familia Ericaceae del Santuario de Flora y Fauna Galeras, utilizando diferentes técnicas de preparación y montaje de las muestras de polen.
- Identificar las características palinológicas de mayor importancia ecológica dentro del proceso de polinización en las especies de Ericaceae del área de estudio.
- Iniciar la primera colección palinológica de referencia de especies de ecosistemas altoandinos en el sur occidente de Colombia.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE EL ORIGEN DEL POLEN Y LAS PLANTAS CON FLORES

Los primeros restos fósiles claramente atribuibles a las angiospermas aparecen en el Cretácico inferior (Mesozoico) (aunque se supone que ya estaban presentes en el Triásico y Jurásico)¹⁶, consisten en granos de polen, restos de hojas y de madera. Primero se encontró tipos de polen parecidos a los de la Gimnospermas y los miembros de la subclase Magnoliidae (granos monocolpados), luego aparecen granos de polen más evolucionados (tricolpados, tricolporados y finalmente triporados), primeras hojas enteras y paralelinervias (similares a las monocotiledóneas) y también hojas con inervación irregularmente pinnatinervias, posteriormente aparece la nerviación regularmente pinnada y pinnaticompuesta¹⁷.

Las primeras angiospermas que se originaron en los trópicos y luego fueron radiando hacia las zonas templadas en el hemisferio boreal fueron sustituyendo a los helechos y gimnospermas en el Cretácico medio, donde las angiospermas comienzan a ser dominantes, se extinguen las Cycadeoidopsida, y se reducen las Cycadopsida y Gynkgopsida¹⁸.

Las angiospermas son el grupo mayoritario en el mundo de los vegetales vasculares y están presentes en la mayor parte de los ecosistemas. Se estima que actualmente hay unas 220.000 especies de angiospermas. Se caracterizan por la posesión de flores verdaderas, que son estructuras reproductoras más avanzadas y complejas que de las gimnospermas. Tradicionalmente se ha relacionado el origen de las angiospermas con el origen de la flor¹⁹.

Desde el punto de vista morfológico, la flor se interpreta como una rama modificada para realizar la reproducción sexual. Básicamente, la flor consta de cuatro series o verticilos dispuestos centrífugamente alrededor de un eje: a) un verticilo externo de brácteas modificadas y hojas, los sépalos, que son comúnmente, aunque no siempre verdes, y que sirven como elementos de protección. Los sépalos forman el cáliz; b) un verticilo externo de brácteas modificadas y hojas, los pétalos, muy a menudo coloreados, que desempeñan la función de atracción. Los pétalos constituyen la corola; c) uno o más verticilos de órganos masculinos, los estambres, que contienen el polen y que colectivamente se conocen como androceo, y d) un verticilo de estructuras femeninas, los carpelos, que contienen los óvulos (más tarde se transforman en semillas), y en conjunto constituyen el ovario o gineceo²⁰.

“Un carácter importante de las angiospermas es que los óvulos están dentro de un ovario coronado por un estilo y un estigma, este último es el encargado de captar los granos de polen. En cambio, las gimnospermas tienen los óvulos expuestos o sin protección, por lo que se les considera “flores desnudas”²¹.

Biológicamente, el papel primordial de las flores es el de producir semillas a partir de la fecundación del óvulo por el grano de polen después de la polinización. La polinización es entonces el proceso de transporte de polen desde las anteras hasta el estigma de la flor. Este proceso está claramente diferenciado de la fecundación que se constituye en la etapa siguiente en la reproducción sexual de las angiospermas. La polinización puede darse en virtud de diferentes mecanismos (mecanismos de polinización), en estos pueden estar involucrados agentes abióticos (viento, mareas, etc) o bióticos, cuando el transporte lo realizan animales. Entre los vectores de polen más importantes pueden encontrarse los insectos y grupos como las aves en ecosistemas de alta montaña²².

4.2. CIRCUNSCRIPCIÓN GENERAL, DISTRIBUCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS ERICALES

Ericales es un orden de aproximadamente 4500 especies de plantas, tradicionalmente se colocó en ocho familias con aproximadamente 160 géneros, según los autores. Las ocho familias tradicionales incluyen: Cyrillaceae, Clethraceae, Grubbiaceae, Empetraceae, Epacridaceae, Pyrolaceae, Monotropaceae, y Ericaceae. Cerca del 90% de las especies pertenecen a Ericaceae (en el sentido tradicional) y la mayoría del resto a Epacridaceae. Las otras seis familias sólo tienen un poco más de cien especies en total. Cyrillaceae (o familia Cyrilla) consta de 3 géneros y 14 especies y se ubican en América del Sur, América del Norte, América Central, Indias Orientales, y en la llanura costera del sudeste de Estados Unidos. Clethraceae (o familia Clethra) consta de 1 género (Clethra) con aproximadamente 65 especies, se encuentran desde la parte norte tropical de América del Sur a México y sudeste de Estados Unidos, y también en la parte tropical y subtropical del sudeste de Asia y el oriente de la India. Grubbiaceae (o familia Grubbia) consta de 1 género (Grubbia) con 3 especies, localizada solo en la región del Capotillo del sur de África. Empetraceae (o familia Crowberry) consta de 3 géneros con aproximadamente 5 especies, se encuentra en las partes más frías del hemisferio Norte, en la parte sur de Sudamérica, y en la llanura costera del sudeste de Estados Unidos. Epacridaceae (o familia Epacris) consta de 30 géneros y 400 especies, se ubica principalmente en Australia y Nueva Zelanda, pero también alcanza el norte de las Islas Filipinas y el sudeste del continente Asiático, se extiende desde el este de las Islas de Hawai y Patagonia. Pyrolaceae (o familia hoja de espina) consta de 4 géneros y aproximadamente 45 especies, solo se encuentra en el hemisferio Norte, y es muy diverso al norte de las regiones templadas y boreales. Monotropaceae (o familia Pipa de la India) consta de 10 géneros y 12 especies, se encuentra principalmente en las regiones templadas y boreales del hemisferio norte, pero en el nuevo mundo hay una especie ubicada al sur de Colombia fronteras con Ecuador, y otra especie en el viejo mundo cerca de la misma latitud en la península Malaya. A esta familia

le falta la clorofila y es mejor conocida por el género de Pipa de Indio (*Monotropa*). Ericaceae (o familia del Matorral) consta de aproximadamente 110 géneros y 4000 especies, es muy

diversa y geográficamente es una familia muy extendida, se encuentra en regiones tropicales, templadas y frescas en todos los continentes, excepto en la Antártica, y con una gran diversidad en el montano Neotropical. En bases mundiales, muchos de los subgrupos dentro de la familia Ericaceae se han extendido en distintas áreas continentales. Por ejemplo, en la subfamilia del arándano (*Vaccinioideae*), con mas de 1000 especies, es el mas abundante en el trópico del Nuevo Mundo, Malasia, y el sudeste de Asia. Ellos usualmente se encuentran como arbustos epifitos en la región montano, frescas, húmedas, conocidos como bosques de niebla, aunque unas especies se encuentran típicamente en las zonas tropicales. El género del arándano mas grande es *Vaccinium* con unas 450 especies, distribuidas a lo largo del mundo, pero sobre todo en el sudeste de Asia y Malasia. La subfamilia del matorral (*Ericoideae*) se confina a África y Europa, con una proliferación de mas de 650 especies de *Erica* en la región del Capotillo de África del sur. La subfamilia de *Rhododendron* (*Rhododendroideae*) consta principalmente del género ornamental *Rhododendron* (incluyendo las azaleas) que contiene de 800-900 especies en las montañas del Himalaya y China occidental, y en la isla de Nueva Guinea²³.

4.3. HISTORIA NATURAL DE LAS ERICACEAE DEL NEOTRÓPICO

En el Neotrópico, las Ericaceae se concentran en el noreste de América del sur, en las zonas frías, húmedas, habitan en el bosque montano entre los 1500 a 3000 msnm., principalmente Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, donde casi el 50% de las especies son epifitas y aproximadamente el 94% son endémicas²⁴. Hay 46 géneros y aproximadamente 900 especies, con el género mas grande *Cavendishia* (150), *Thibaudia* (60), *Psamimisia* (60), *Vaccinium* (ca. 48), *Macleania* (40), *Disterigma* (ca. 40), *Gaylussacia* (40), *Gaultheria* (37), y *Ceratostema* (34). Como una regla general, Ericaceae prefiere hábitats parcialmente expuestos, húmedos, frescos y tierras ácidas, y esta estrechamente asociada con micorriza del endotrópico. Las Ericaceae son frecuentemente sobresalientes, siendo el tipo de vegetación más característico y dominante de las regiones del montano tropical, conocido como “el cinturón de ericaceae”, y debido a su ecología “sol-amorosa”, ellas se encuentran frecuentemente como pioneras de zonas cercanas a los cráteres volcánicos o áreas de desprendimientos de tierras recientes. Luteyn en 1995²⁵ encontró a *Pernettya prostrata* con de forma alfombras o esteras arrastrándose encima de muchos acres de montañas de México y Guatemala, así como en el superpáramo en el Nevado del Cocuy en Colombia. En el páramo de elevación alta, *Pernettya* se resiste al pisoteo por el ganado y es una especie sucesora donde hay presión por aumento de pastos. Frecuentemente es una especie

pionera en nuevos hábitats donde existen construcción de caminos, deslizamientos, fuego artificial o la actividad volcánica. Invade el páramo cuando la estructura de la vegetación es baja y abierta, pero puede permanecer cuando esta se recupera. El fuego no la afecta directamente, pero realmente los auxilios lo extendieron indirectamente porque abre la vegetación. En Colombia se encuentran varias ericaceas como epifitas en los mangles de la

costa Pacífica. En la Guayana Venezolana, *Notopora schomburgkiana* y *Vaccinium spp.*, son elementos típicos de la sabana arenosa. En el Neotrópico en general siempre que el hábitat se ponga seco (por ejemplo, en el lado del abrigo de una montaña), mas estacional, o demasiado caluroso (bosque de lluvia tropical), Ericaceae desaparece²⁶.

La polinización de Ericaceae en latitudes templadas y subtropicales esta dada principalmente por abejas, pero en la polinización por aves del Neotrópico esta a cargo de colibríes que actúan como el vector principal. Las flores de muchos arándanos Americanos tropicales despliegan varios rasgos morfológicos asociados con la polinización por colibríes: las flores son inoloras (los colibríes no tienen sentido del olfato); las flores son relativamente vistosas y sus brácteas asociadas tienen a menudo contrastantes en alguna sombra de rojo, violeta o naranja (que atrae colibríes y no esta tentando particularmente a los insectos); las corolas en su forma son regulares y tubulares, con cuello estrecho y lóbulos extendidos (para excluir insectos grandes); las flores tienen un hábito pendular o arqueado y se encuentran visibles, solitarias o en racimos poco florecidos (satisfaciendo a colibríes que se alimentan en vuelo); el néctar se localiza en un disco secreto encima del ovario en la base de la corola (los visitantes necesitan una probóscide); los tubos de la corola son gruesos y carnosos (para protegerlas de daños por la prueba de aves); las corolas corresponden bien al tamaño y proporciones de los picos de los colibríes visitantes; y las concentraciones de azúcar en el néctar entran en el rango preferido por colibríes (rango total 7-32%)²⁷.

4.4. USOS ECONÓMICOS GENERALES DE ERICACEAE

En regiones templadas, el número de especies de Ericaceae usadas como ornamentales es inmoderadamente grande cuando se comparó con otros grupos de plantas de tamaño similar. Las Ericaceae son las más hermosas y apreciadas plantas hortícolas a lo largo de las regiones templadas del mundo, ejemplos notables son las azaleas, rododendros, brezal y brezos. Algunas de los estallidos más espectaculares de color por la Primavera son producidos por estos arbustos, y ellos son usados ampliamente, no solo por la belleza de sus flores, sino también por el valor de muchas especies de hoja perenne como arbustos eficaces de segundo plano. Las especies naturales son cultivadas, y muchos de los híbridos se han originado en cultivos (hay más de 6000 cultivos de rododendros y azaleas). Económicamente, en regiones templadas, arándanos y arándano agrios, están dentro de los miembros más importantes de la familia y con demanda constante. Su valor en producción comercial excede los cien millones de dólares anualmente²⁸.

La sustancia tóxica mayor en Ericaceae parece ser andromedotoxin. Este compuesto se conoce moderadamente en especies de *Rhododendron*, *Leucothoe*, *Menziesia*, *Ledum*, y *Kalmia*, y es probablemente mas extendido ahora que es conocido. Las hojas, ramas, flores, y el grano de polen de estos géneros, contienen andromedotoxin. El curso del envenenamiento incluye humedad en boca, ojos y nariz, pérdida de energía, vomito, pulso

lento, presión sanguínea baja, falta de coordinación, convulsiones, parálisis lenta y progresiva de brazos y piernas hasta la muerte; las muertes, sin embargo, son raras. Los humanos pueden ser envenenados masticando las hojas o ramas o con té de hojas, o chupando néctar de estas plantas. La miel venenosa producida por abejas después de sus

largas visitas a *Rhododendron*, es conocida por varios de cientos de años. La miel normalmente es muy amarga al sabor, sin embargo, es muy poco lo que puede comerse. Varias especies de *Rhododendron* y Laurel (*Kalmia*) se han conocido por ser venenosas para animales domésticos hace mucho tiempo²⁹.

En el Neotrópico, hubo una publicación de los usos de las Ericaceae nativas. *Rhododendron simsii*, nativa de Asia, es a menudo cultivada en tierra o cestos colgantes en las regiones montañas de Centro América y noreste de América del Sur. *Vaccinium floribundum* parece ser de las especies nativas frecuentemente más usadas, sobre todo en Ecuador y Colombia, donde, de las frutas se hacen mermeladas, bebidas, y de vez en cuando pasteles³⁰.

4.5. EL POLEN

Los granos de polen son las células sexuales masculinas de las plantas con flores. Se forman en el interior de los estambres y, una vez maduros, son liberados. Su función biológica es alcanzar la parte femenina de una flor de su misma especie y hacer posible la fecundación de la ovocélula. En algunas especies (plantas autógamias) el polen puede realizar su función en la misma flor o en la misma planta que lo ha formado, pero en la inmensa mayoría de las especies (plantas alógamas) el polen sólo resulta viable si alcanza una ovocélula de otra planta de su misma especie. El traslado del polen desde el órgano donde se ha formado hasta la parte femenina de la flor se conoce con el nombre de polinización y puede efectuarse de maneras diversas, que son características para cada especie. En nuestras latitudes, los casos más frecuentes de polinización son por anemofilia, con el viento como medio de arrastre y diseminación de los granos de polen, por entomofilia, cuando la polinización corre a cargo de insectos (abejas, mariposas, escarabajos, etc.) y por ornitofilia, es decir por aves³¹.

El proceso de la polinización requiere que los pólenes sean células especialmente resistentes, ya que se ven sometidos a condiciones ambientales adversas que podrían provocar el colapso y desecación de los componentes celulares, alterándolos y haciendo el polen inviable. Como adaptación a ello, los pólenes están recubiertos por una pared de notable resistencia llamada exina. Está

constituida por uno de los materiales más inalterables de la naturaleza, la esporopolenina, muy resistente a ácidos y bases y no afectado por las variaciones térmicas habituales en la naturaleza³².

Como cualquier célula, los pólenes se caracterizan por su tamaño y su forma. Pero en el caso de los granos de polen, hay otras características que los describen, como son la estructura y la escultura (ornamentación) de su exina y las aberturas que pueden presentar, de las que debe observarse el tipo (poros, colpos, la combinación de ambos o su ausencia), el número y la disposición en la superficie del grano³³.

4.5.1. Estructura y Composición del Grano de Polen. En la vida del grano de polen de una angiosperma, la pared está compuesta de dos capas; la externa se denomina exina compuesta por una sustancia muy inusual, esporopolenina³⁴, la capa interna o intina, compuesta de celulosa que es muy similar en constitución a la pared celular de una planta ordinaria. En la fosilización sólo queda la capa resistente, la exina y es la que posee todas las características morfológicas para el reconocimiento del polen; la esporopolenina, se define así por su resistencia a varios métodos de ataques químicos, especialmente al proceso de acetólisis, esta solo es afectada por dos bases, hidróxido de potasio y 2 amino-etanol. Broocks y Shaw en 1968, sugirieron que la esporopolenina es un polímero complejo de carotenos y ésteres de carotenos con oxígeno³⁵. La terminología usada difiere entre varios autores y algunas definiciones son necesarias. Erdtman observó que la exina del polen se encuentra dividida, en una estructura externa sexina y una estructura interna, nexina³⁶. La sexina normalmente toma la forma de un juego de varas radialmente dirigidas, apoyadas en el techo. Este techo puede estar completo, parcialmente o ausente. Siguiendo las sugerencias de Reitsma, llamó al tejado tectum, a una vara que se apoya en el tectum o en cualquier parte de él, una columela, y las varas que están suspendidas y no están apoyadas, se llama bacula³⁷.

Con el microscopio de luz es fácil distinguir la estructura externa la sexina y la estructura interna la nexina que conforman la capa más externa del grano del polen llamada exina, así estos términos son buenos desde el punto de vista del analista del polen, que tiene como su principal objetivo describir las características del grano de polen para identificar el grano o comparar sus características con otros granos de polen³⁸.

Aunque las gimnospermas aparentemente tienen una pared de estratificación similar a la de las angiospermas, las esporas de pteridophytas y briophytas no se asemejan a las angiospermas en la estructura de la pared. Las paredes de las esporas de vez en cuando aparentan ser laminadas. En pteridophytas tienen una división diferente a las bases adquiridas, porque se pueden encontrar capas externas alrededor de las capas internas. La externa es llamada exosporium y la capa interna se llama endosporium³⁹.

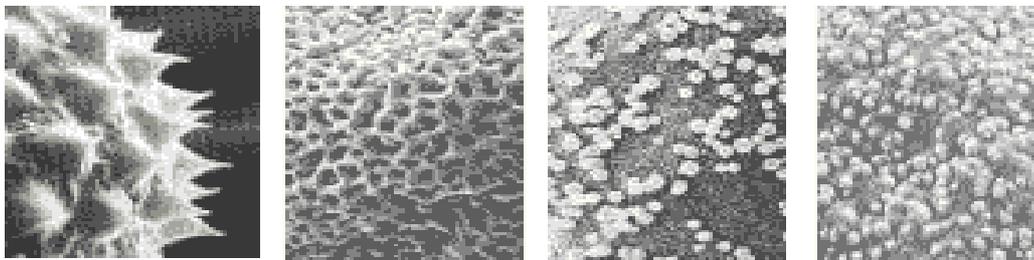
Sobre la sexina, generalmente sobre el tectum, puede o no haber una serie de elementos esculturales o relieves que constituyen la ornamentación o escultura de las esporas y granos de polen; estos elementos son variados aunque permanecen constantes dentro de una misma especie, además que es un carácter utilizado para diferenciar los tipos polínicos y de esporas. Entre las esculturas se encuentra: Psilado o Liso, cuando no presentan elementos esculturales; Escrabido o Escarbado, cuando presentan proyecciones en forma de diminutas escamas; Granuloso o Granulado con elementos isodiamétricos no puntiagudos; Gemado

con gemas, elementos esculturales no puntiagudos cortos y globulosos cuya anchura es mayor o igual que la altura de la base constricta; Pilado o con pilos, elemento no puntiagudo con cabeza dilatada con forma de clavo, mas altos que anchos; Verrugoso con verrugas, elemento escultural no puntiagudo de ancho igual o mayor que la altura, base no constricta; Clavado o con

clava, elemento escultural no puntiagudo mas alto que ancho en forma de mazo, es decir con la parte superior mas ancha que la base la cual es constricta; Baculado o con baculo, elemento escultural no puntiagudo mas alto que ancho en forma de bastón, base no constricta, puede estar sobre el tectum (baculo suprategmiales); Equinado o con espinas que son elementos puntiagudos mas altos que anchos, de longitud mayor a $3.0 \mu\text{m}$; Equinulado similar al equinado pero la longitud de las espinas es menor a $3.0 \mu\text{m}$, recibiendo el nombre de espinulas; Reticulado con mallas o retículos mas o menos salientes, los retículos forman un muro que son salientes perpendiculares al grano y el espacio entre los muros recibe el nombre de lumen, que puede ser liso o presentar algún tipo de ornamentación (pilos, granos, etc.); Estriado o con estrías son líneas laterales mas o menos paralelas; Rugulado con salientes laterales irregulares dos veces mas largas que anchas⁴⁰ (Figura 1, 2).

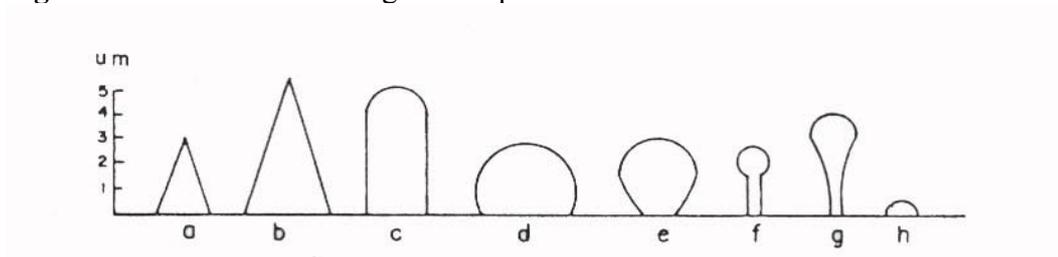
Los granos de polen son descritos por la forma de su diseño en los puntos polares y ecuatoriales (Figura 3), y estos a su vez pueden presentar diferentes clases de formas dependiendo de la posición en que se los este observando (Figura 4).

Figura 1. Algunas clases de esculturación de la exina de los granos de polen.



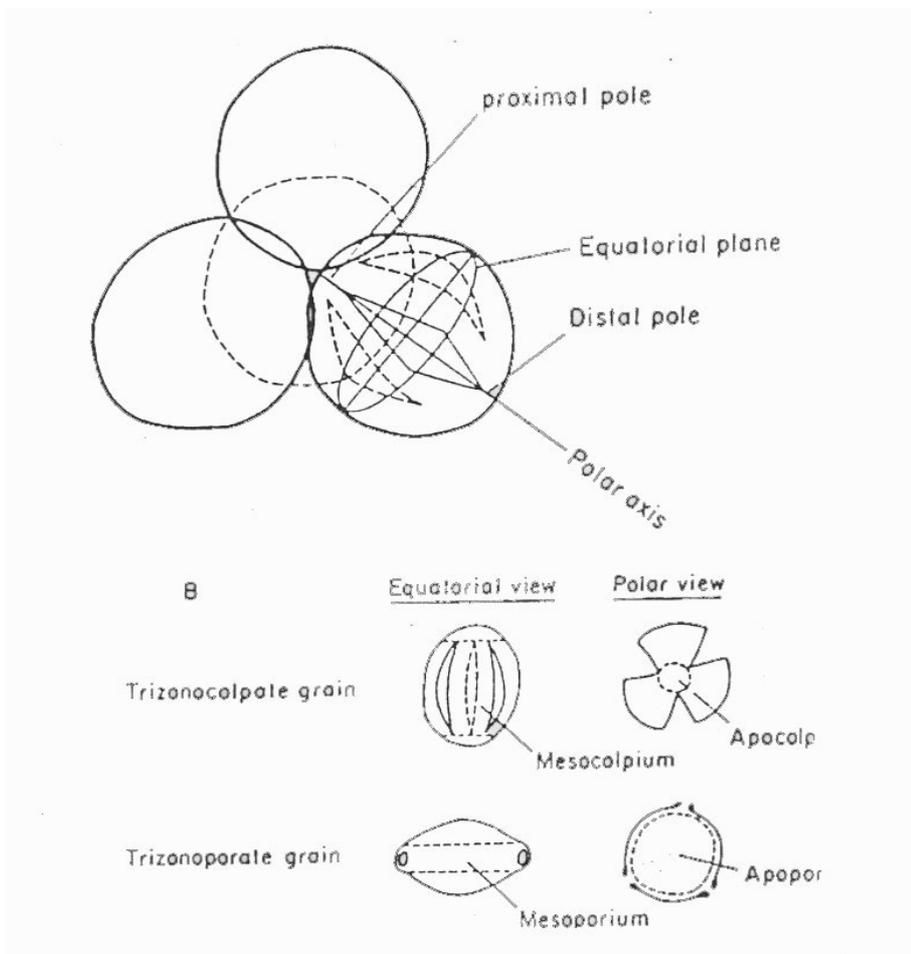
(Tomado de Unidad de Alergia Infantil, Hospital la Fe Valencia).

Figura 2. Ornamentación del grano de polen.



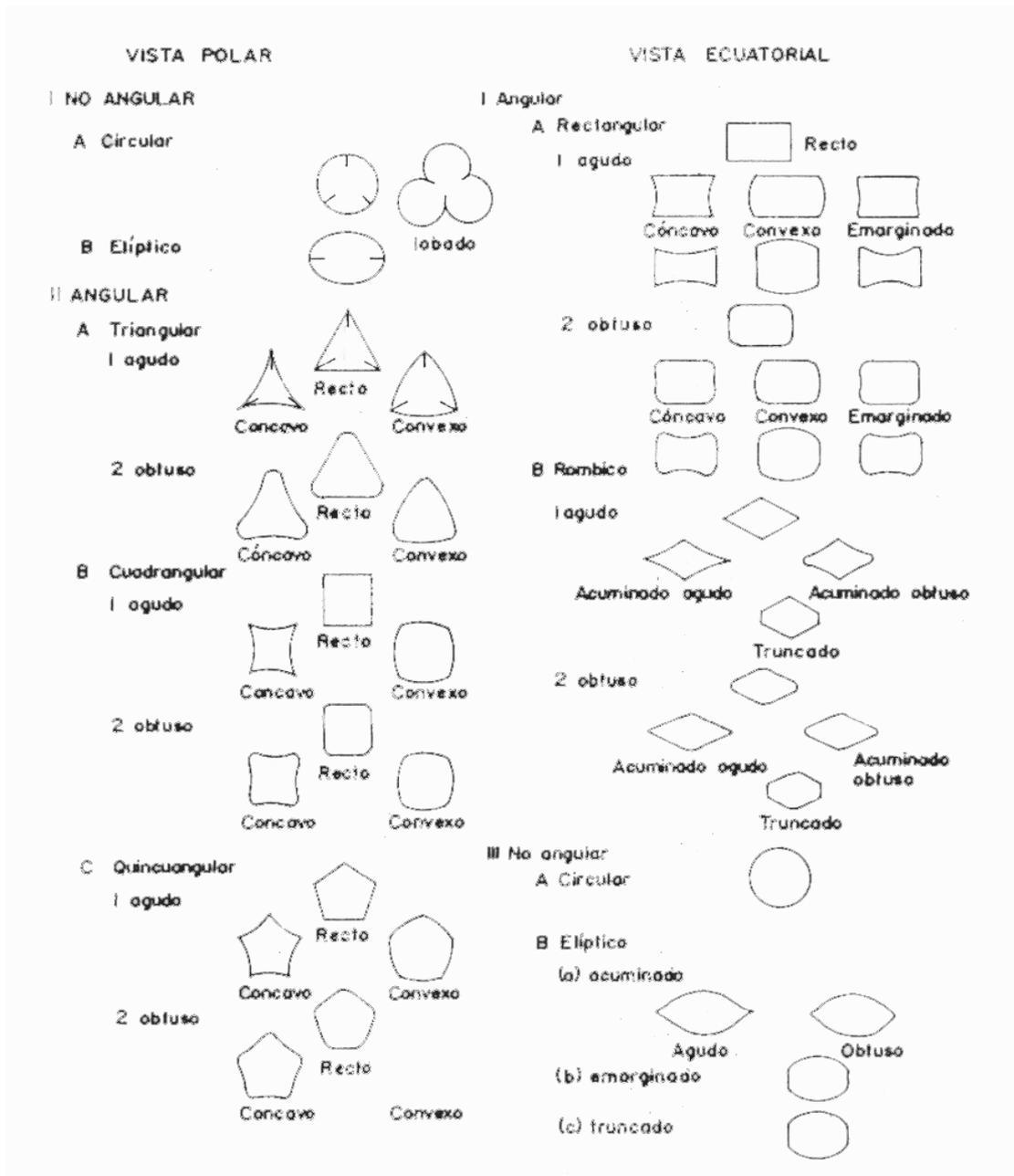
a. Espinula, b. Espina, c. Báculo, d. Verruga, e. Gema, f. Pilo, g. Clava, h. Gránulo. (Tomado de Fonnegra, 1989).

Figura 3. Puntos polares y ecuatoriales del grano de polen.



(Tomado de Moore & Webb, 1978).

Figura 4. Formas y contornos de los granos de polen según la vista polar y ecuatorial.



(Tomada de Fonnegra, 1989).

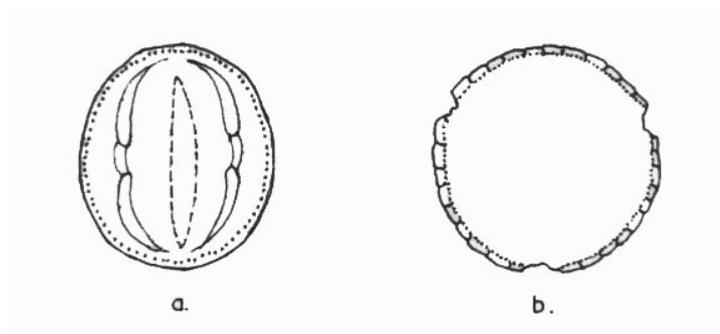
Por el uso de los rasgos de la morfología y estructura es posible identificar recientes granos de polen, con un alto grado de resolución.

4.6. EXAMEN EN CORTE ÓPTICO

El corte óptico meridional es en el cual la estratificación de la exina es nítidamente visible cuando el grano se observa en vista ecuatorial y el corte óptico ecuatorial es aquel en que la estratificación de la exina es nítidamente visible cuando el grano se observa en vista polar⁴¹.

A través de este tipo de examen se puede observar como esta constituida la esporodermis, tanto su capa externa (exina) como su capa interna (intina), y a su vez identificar los diferentes tipos de ornamentación o esculturación del grano de polen (Figura 5).

Figura 5. Corte óptico del grano de polen.



a. Meridional, b. Ecuatorial. (Tomado de Fonnegra, 1989).

4.7. ANÁLISIS LO-OL

Como no siempre en el corte óptico es posible observar la estructura y escultura de la exina, es necesario realizar un cuidadoso enfoque a través de patrones presentados en dicha superficie. En este análisis se utilizan diferentes índices de refracción en los estratos de la exina ya que la luz del microscopio óptico al atravesar la exina se refracta directamente según la capa que este iluminando. Método denominado por Erdtman Análisis Luz y Oscuridad⁴².

Se trata de observar en la pared de la espora o grano de polen a bajo aumento una zona plana o ligeramente curva (apocolpio o mesocolpio); si el grano esta en un medio de índice de refracción mas bajo (aire, agua, gelatina glicerinada, bálsamo de Canadá, etc) pasando a un alto aumento y alejando el objetivo, de modo que la pared no este lejos del foco hasta conseguir observar bien enfocados y definidos los primeros detalles (Ej. salientes

supraterrestres) que aparecen como “islas claras” (luz, L), y en el plano inferior del foco aparecen canales oscuros (oscuridad, O)⁴³.

Patrón LO: al observar la superficie del grano en foco alto, las salientes son vistas como “islas” claras brillantes (L) sobre un fondo oscuro (O).

Patrón OL: es cuando la figura se invierte y las “islas” se ven oscuras (O) sobre un fondo claro (L) (Figura 6).

4.8. MORFOLOGÍA DE LOS GRANOS DE POLEN

4.8.1. Unidad Polínica. Las esporas y granos de polen pueden presentarse como una unidad polínica simple conocidos como mónadas, los cuales al alcanzar su madurez no permanecen unidos, es decir que en su estado adulto son solitarios; este tipo de grano se presenta en la mayoría de las plantas actuales⁴⁴.

Los compuestos son aquellos que en estado adulto permanecen unidos formando grupos de diferente número de elementos y posición dentro del grupo (Figura 7).

- Diádes: cuando permanecen unidos en pares.
- Tétrades: permanecen formando grupos de cuatro granos organizados con alguna configuración geométrica, según la cual reciben diferentes nombres tétrade lineal, tétrade tetrahedral, tétrade tetragonal, tétrade romboidal.
- Octades: compuesta de 8 elementos.
- Poliades: con mas de 8 elementos mas o menos firmemente unidos.
- Másulas: agrupaciones de muchos granos de polen cuyo número es muy difícil de averiguar.
- Polínea: es una masa de granos de polen de toda la teca⁴⁵

Figura 6. Esculturación de la exina en corte óptico y LO. Continúa.

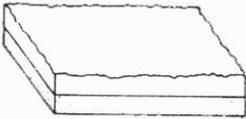
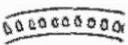
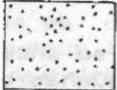
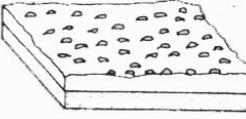
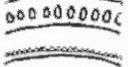
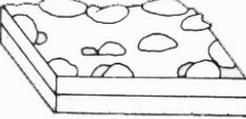
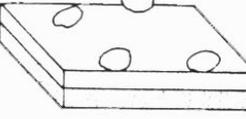
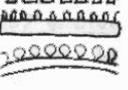
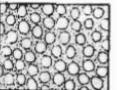
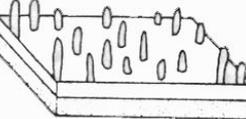
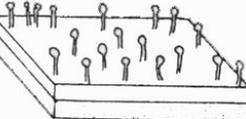
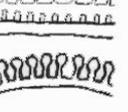
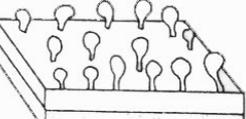
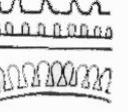
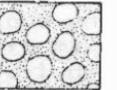
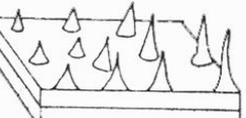
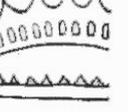
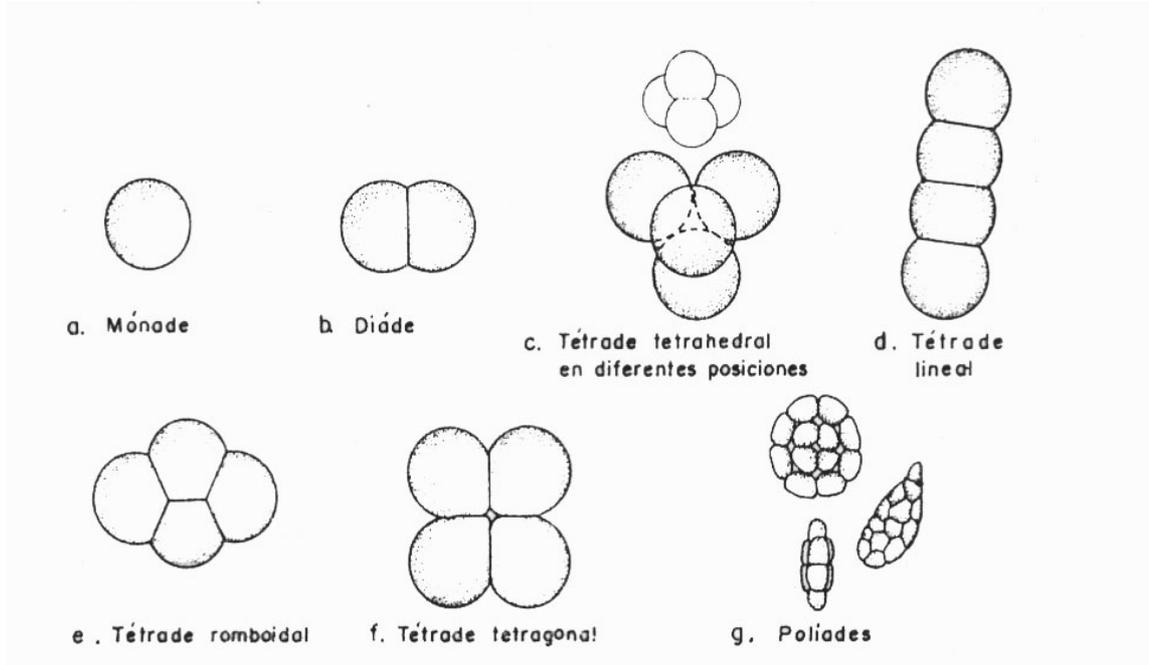
TIPO DE ORNAMENTACION	VISTA SUPERFICIAL	CORTE OPTICO	ANALISIS L (luz, enfoque alto)	GRANO DE POLEN	EJEMPLO
Psilado				Tectado	Aconitum
Escabrido y Granuloso (Según tamaño)				Tectado Intectado	Thelycrania Populus
Verrugoso				Tectado Semitectado Intectado	Plantago Cyperaceae Nymphaea
Gemado				Tectado Intectado	Nymphaea
Baculado				Tectado Intectado	Linum
Pilado				Tectado Intectado	Mercurialis
Clozado				Tectado Intectado	Ilex
Equinado				Tectado Intectado	Malva

Figura 6. Continuación. Esculturación de la exina en corte óptico y LO

TIPO DE ORNAMENTACION	VISTA SUPERFICIAL	CORTE OPTICO	ANALISIS L (luz, enfoque)	GRANO DE POLEN	EJEMPLO
Rugulado				Tectado Semitectado	Nymphoides Polemonium
Estriado				Tectado Semitectado	Menyanthes Saxifraga
Reticulado				Tectado Semitectado	Trifolium Salix
Perforado				Tectado	Cerastium
Foveolado				Tectado	Fagopyrum
Fesulado				Tectado	

(Tomado de Fonnegra 1989).

Figura 7. Tipos de granos de polen según la unidad polínica.



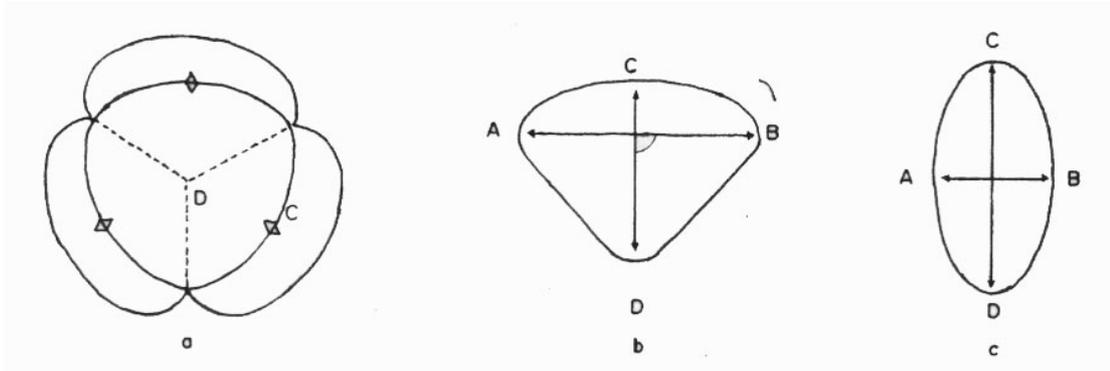
(Tomado de Fonnegra 1989).

4.8.2. Polaridad. A partir de una célula madre del polen, después de la meiosis, se forma la tétrada o conjunto de cuatro microsporas haploides, que permanecen unidas hasta la maduración, cuando generalmente se separan aunque hay algunos grupos en los cuales permanecen unidas en diádes, tétrades, políades, etc. Cuando los granos están todavía unidos en tétrada, se llama Polo Proximal, de cada grano, al área que está más cerca del centro de la tétrada (lado interno) y al área más alejada (lado externo) se le denomina Polo Distal. El mismo criterio se aplica a diádes, políades, etc. Una vez separada la tétrada es casi imposible determinar la orientación de los polos del grano. Según la polaridad un grano de polen puede ser: Apolar cuando después de separado de la tétrada no presenta polaridad definida, Heteropolar, cuando los dos polos son diferentes, por ejemplo un polo con una abertura y el otro no, Subisopolar, más o menos intermedio entre iso- y heteropolar, presenta un plano ecuatorial más o menos curvo⁴⁶ (Figura 8).

El grano de polen es tridimensional, generalmente tiene forma elipsoide, frecuentemente de elipse de rotación. La línea imaginaria que pasa por el centro del grano y atraviesa en centro del polo proximal y el del distal, se denomina Eje Polar o eje de rotación de la elipse. La línea imaginaria perpendicular al eje polar y que atraviesa el grano por su parte media, recibe el nombre de Diámetro Ecuatorial⁴⁷ (Figura 9).

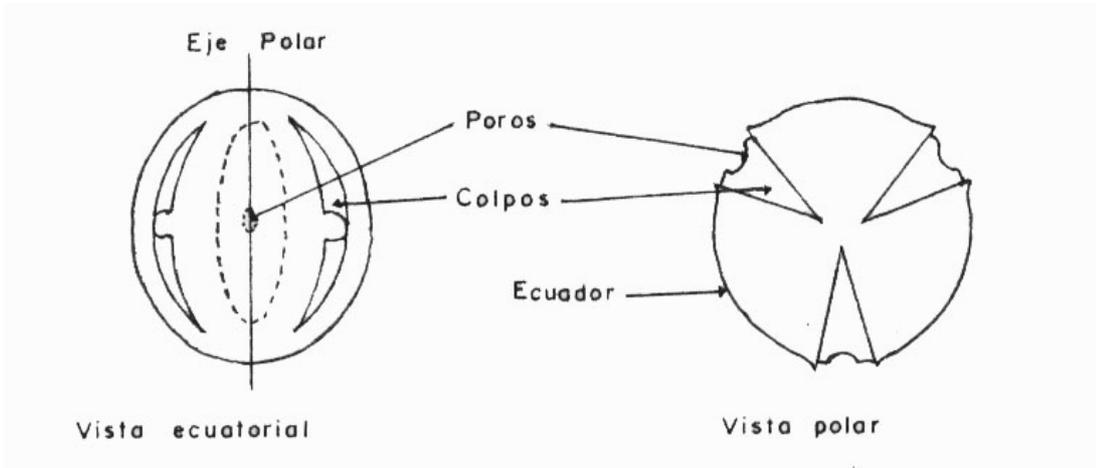
Existen dos posibles posiciones de observar los granos: Vista Ecuatorial o posición lateral, cuando el grano de polen se observa con el eje polar en ángulo recto al observador; Vista Polar, si el grano se observa con el eje polar, es decir con uno de los polos, hacia el observador⁴⁸.

Figura 8. Diagrama de polaridad en tétradas.



a. Polen heteropolar, b. Polen isopolar, c. A-B = diámetro ecuatorial, C-D = eje polar, C = lado distal, D = lado proximal. (Tomado de Soejarto & Fonnegra, 1972 en Fonnegra, 1989).

Figura 9. Eje polar y ecuatorial del grano de polen.



(Tomado de Fonnegra, 1989).

4.8.3. Simetría. El grano de polen es simétrico cuando tiene al menos un plano de simetría, en caso contrario se le llama asimétrico. El grano de polen isopolar puede ser de simetría radial, cuando presenta un plano horizontal y dos o mas planos verticales de simetría, si solo presenta un plano de simetría es isopolar bilateral⁴⁹.

4.8.4. Aberturas. Para la identificación de algún grano de polen, el primer paso es contar las aberturas, que son una parte perdida de la exina, la cual es independiente del modelo de la exina. Las aberturas no pueden ser confundidas con los hoyos del modelo reticular porque son más grandes y se cortan a través del modelo. Hay dos clases llamadas poros y colpos⁵⁰.

Los colpos son más primitivos que los poros y son distinguidos desde la antigüedad por ser largos y su forma acorazonada, con puntos en sus extremos. Los poros son usualmente huecos e isodiamétricos, pero pueden ser suavemente alargados por los finales reducidos; los granos con poros son llamados porados, con colpo, colpados; cuando los poros están combinados en la misma abertura se llaman colporados⁵¹.

En la vida del grano de polen, las aberturas no son totalmente abiertas pero están cubiertas por una delgada capa de exina. En contraste la intina se encuentra debajo de las aberturas, es usualmente la mas gruesa que se encuentra en el grano. La abertura es usualmente el sitio de emergencia del tubo polínico para la germinación que es compatible con el estigma. Solo una abertura es usada para la salida del tubo polínico, el gran número de aberturas encontradas en ciertos granos lideran la idea que ellos deben tener alguna función adicional⁵².

La región gruesa de la intina debajo de las aberturas ha sido encontrada como una tienda de fácil obtención de proteínas las cuales pueden funcionar en la reacción y reconocimiento entre el grano de polen y el estigma (Heslop-Harrison citado en Moore & Webb, 1978). Las aberturas son así puntos de salida de éstas proteínas. Wodehouse (citado en Moore & Webb, 1978), fue el primero que sugirió que éstas aberturas eran reguladoras, controlando el movimiento del agua dentro y fuera del grano. La deshidratación podría causar envolvimiento de la intina a los colpos y sus márgenes se cierran. Esto reduce el área a través de la cual el agua puede perderse. La inhibición del agua causa una obstrucción de las márgenes del colpos y la membrana cubierta se estrecha. Así crece la abertura a través de la cual el agua puede entrar. El poro opera en el mismo camino, pero éste es menos notable⁵³.

Una abertura es causada por cambios en el grosor de la sexina o nexina o en las dos. En detalle, en el análisis de la estructura del grano de polen, una abertura la cual es distintiva de la sexina es llamado ectoabertura (ectocolpos, ectoporos) y una abertura la cual es distintiva de la nexina es llamado endoabertura (endocolpos, endoporos). En algunos casos endo y ectoaberturas son del mismo tipo (poro o colpo) y ocurren en el mismo lugar, en otros casos ellos pueden ser de diferentes tipos encontrándose ligeramente en otras posiciones⁵⁴.

Los granos de polen y las esporas pueden ser divididos en grupos dentro de la base del número, posición y carácter de sus aberturas. La clasificación es básicamente simple y consistente. El número de aberturas es indicado por la unión de los prefijos mono, di, tri, tetra, penta y hexa antes de los términos colpado, porado y colporado. Mas de 6 aberturas es indicado por el uso del prefijo poly. En mas casos el poro y/o colpo son colocados equidistantemente alrededor del ecuador del grano. Esta situación es indicada por el prefijo zono. Si las aberturas están esparcidas sobre toda la superficie del grano, se usa el prefijo panto:

Por ejemplo:

Polyzono porado: con más de seis poros situados en la zona ecuatorial.

Polyzono pantoporado: con más de seis poros esparcidos por toda la superficie.

Pentazono porado: con cinco poros ubicados en la zona ecuatorial.

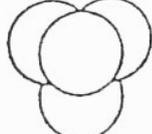
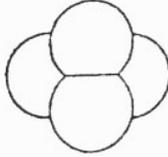
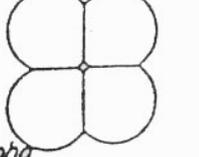
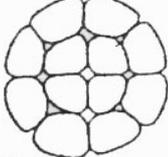
Pentazono pantoporado: con cinco poros esparcidos por toda la superficie del grano⁵⁵

Las Figuras 10 y 11 muestra toda la clasificación posible de los tipos de polen. Hay algunos tipos los cuales no encajan ordenadamente dentro del sistema del bosquejo. Uno de éstos es el syncolpado. Aquí hay 2 o más colpos posiblemente fusionados, usualmente en los polos de los granos (Ej. *Nymphoides*, *Pedicularis*), son ocasionalmente encontrados⁵⁶.

Según el carácter de las aberturas pueden ser: Leptoma área delgada que funciona como una abertura, Sulco una sola abertura en forma de surco, es característica de los granos de polen de gimnospermas, angiospermas primitivas y monocotiledóneas, Tricotomocolpados son granos con aberturas ramificadas en las cuales las ramas son dos veces mas largas que anchas, Colpo es una abertura larga en forma de bote con extremos agudos, sin ramificaciones, dos veces mas larga que ancha, Poro (hoyo o agujero) es una abertura más o menos esférica pero algunas veces pueden ser ligeramente alargados con extremos redondeados. El Poro es considerado como un carácter mas avanzado que el colpo⁵⁷.

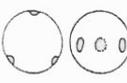
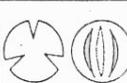
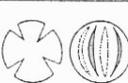
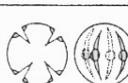
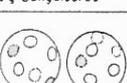
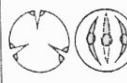
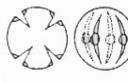
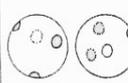
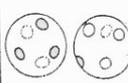
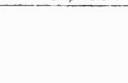
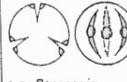
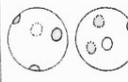
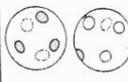
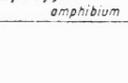
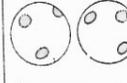
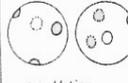
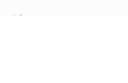
4.8.5. Forma. Las forma de las esporas y granos de polen puede ser útil para su identificación. Sin embargo, no se debe dar mucho énfasis a este carácter especialmente cuando son formas relacionadas por ejemplo subprolato, prolato, perprolato, ya que pueden variar considerablemente dentro de un tipo y aún dentro de una especie⁵⁸.

Figura 10. Tipos de aberturas en los granos de polen.

	polar	eq.		
MONOCOLPATE			DYADS	 e.g. <i>Scheuchzeria</i>
MONOPORATE			TETRADS	
TRILETE (3-slit)				 (i) <i>Ericaceae</i>
SYNCOLPATE			POLYADS	 (i) <i>Pedicularis</i>
				 (ii) <i>Typha</i>
				 (i) <i>Mimosa</i>
SACCATE				 (ii) <i>Orchidaceae</i>
INAPERTURATE				
				e.g. <i>Polypogon</i>

(Tomado de Moore & Webb, 1978).

Figura 11. Clasificación de los granos de polen según el tipo de abertura.

	DI-		TRI-		TETRA-		PENTA-		HEXA-		POLY-	
	polar	eq	polar	eq	polar	eq	polar	eq	polar	eq	polar	eq.
ZONOPORATE												
	e.g. <i>Calchicum</i>		e.g. <i>Betula</i>		e.g. <i>Alnus, Ulmus</i>							
ZONOCOLPATE												
	e.g. <i>Tofieldia</i>		e.g. <i>Acer</i>		e.g. <i>Hippuris</i>		e.g. <i>Labiatae, Rubiaceae</i>					
ZONOCOLPORATE												
		e.g. <i>Parnassia</i>		e.g. <i>Rumex</i>		e.g. <i>Viola</i>		e.g. <i>Sanguisorba</i>		e.g. <i>Utricularia</i>		
PANTOPORATE												
				e.g. <i>Urtica</i>		e.g. <i>Plantago</i>				Chenopodiaceae		
PANTOCOLPATE												
			e.g. <i>Panunculaceae</i>			e.g. <i>Spergula</i>		e.g. <i>Polygonum amphibium</i>				
PANTOCOLPORATE												
			e.g. <i>Rumex</i>			e.g. <i>Polygonum raii</i>						

(Tomado de Moore & Webb, 1978).

La forma también puede variar según el método de obtención, preparación e inclusión de la muestra para su estudio. El grano de polen de las angiospermas raramente es amorfo y su inmensa mayoría es fixiforme (con forma definida)⁵⁹.

4.8.6. Tamaño. El tamaño del grano de polen generalmente permanece constante dentro de la misma especie, pero puede ser afectado por el método de preparación llegando a ser un carácter inestable. Según el tamaño el tipo polínico se define por la longitud del eje polar, basándose en los rangos sugeridos por Erdtman⁶⁰ (Cuadro 1).

4.8.7. Índice de Área Polar (I.A.P.). Es un factor importante en la caracterización del grano en vista polar, el cual indica la relación entre las distancias de dos aberturas adyacentes (lado del apocolpio o apoporo LA) y el diámetro ecuatorial en vista polar (DE). Iversen & Troles-Smith y Faegri & Iversen⁶¹ definen los tipos de área polar como se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 1. Tipos polínicos según la longitud del eje polar

RANGO (μm)	TIPO POLÍNICO
< 10	Muy pequeño
10-25	Pequeño
25-50	Mediano
50-100	Grande
100-200	Muy grande
> 200	Gigante

(Tomado de Erdtman, 1966).

Cuadro 2. Tipos de área polar según relación LA/DE

RANGO I.A.P. (μm)	TIPO DE AREA POLAR	ABERTURA
0	Ausente	Unida en los polos
< 0.25	Pequeña	Muy larga
0.25-0.50	Mediana	Larga
0.50-0.75	Grande	Corta
> 0.75	Muy grande	Muy corta

(Tomado de Fonnegra, 1989).

4.9. PROCESO DE ACETÓLISIS

En algunos casos la intina y el protoplasma de las esporas y granos de polen impiden la transmisión de la luz, no permitiendo visualizar claramente los detalles de la exina, es entonces necesario, en los estudios palinológicos someter los granos de polen a una serie de tratamientos químicos que además de eliminar tales componentes, hacen que la exina quede más brillante permitiendo observarla con detalles e incrementado el contraste bajo el microscopio de luz. La exina generalmente permanece intacta, pues su componente principal, la esporopolenina, es muy resistente a las altas temperaturas y a las sustancias corrosivas tales como ácido acético glacial, ácido sulfúrico y anhídrido acético, entre otras. Mientras que la celulosa y demás componentes orgánicos de la pared de los restos vegetales (flores, hojas, tallos, etc.) se destruyen con dicho tratamiento químico⁶².

El método generalmente utilizado para la preparación del material de referencia en las investigaciones palinológicas, es el método de la acetólisis ácida del material polínico, empleándose una mezcla de ácido sulfúrico concentrado (una parte) y anhídrido acético (nueve partes). Estos dos reactivos son muy corrosivos, motivo por el cual son utilizados para degradar los tejidos orgánicos y el protoplasma de las esporas y granos de polen, haciendo que la exina se vuelva transparente y con el mismo aspecto del grano fosilizado. Esto permite comparaciones entre materiales fósiles y actuales, frescos o de herbario, para fines de identificación. El método permite la conservación permanente de las placas preparadas con el material polínico. Aunque generalmente no se utiliza coloración, para facilitar la observación de los detalles de la exina y de las aberturas, en ciertos casos es necesario teñir los granos de polen de algunas especies utilizándose fucsina básica en solución acuosa bien diluida⁶³.

La acetólisis de Erdtman causa arrugamiento y deformaciones en las esporas y granos de polen de especies de varias familias. Este material debe ser preparado con el método de acetólisis láctica (ACLAC) de Raynal & Raynal (citado en Fonnegra, 1989). Este método no permite montar placas permanentes y altera las medidas de las esporas y granos de polen, pero presenta el contenido protoplasmático, posibilitando suspender el proceso antes de que ocurra la deformación polínica⁶⁴.

Para estudios complementarios de la morfología polínica, algunas veces es necesario recurrir al método de Wodehouse (1935), el cual permite observar mejor las aberturas, debido al contraste dado por coloración con fucsia básica u otro colorante. Este método sirve también para definir el tipo de tétrada, en algunas especies⁶⁵.

En angiospermas y gimnospermas, la pared del grano de polen tiene una importante función de proteger el gametofito masculino en su viaje entre las anteras y estigma. En plantas bajas como pteridophytas y briophytas las esporas tienen la función de dispersión de la planta para adecuar hábitats húmedos, donde el gametofito puede crecer. El grano de polen y las paredes de la espora por lo tanto son muy resistentes a la pérdida de agua, por esto una pared resistente es necesaria principalmente para evitar la desecación durante la jornada aérea⁶⁶.

4.10. PREPARACIÓN DEL MATERIAL POLINIFERO AL NATURAL

Esta técnica consiste en observar al microscopio de luz el grano de polen sin ningún tipo de procesamiento, excepto el medio de montaje que debe ser una sustancia no deformante tal como aceite de cedro, bálsamo de Canadá o glicerina. Esta metodología permite examinar el grano con sus caracteres (color, forma, tamaño, etc.) más o menos intactos⁶⁷.

El polen al natural puede ser teñido usando una solución que no produzca deformación, o si lo hace, que sea mínima. Se pueden utilizar diferentes colorantes tales como: violeta de genciana, verde de metilo, fucsina básica, safranina, verde yodo o azul de Cresyl⁶⁸.

5. ANTECEDENTES

SALAZAR O., 1984. En su investigación botánica relacionada directamente con las zonas de vida en el Volcán Galeras registró y describió 55 familias dentro de angiospermas, 46 pertenecientes a la clase Dicotyledónea y 9 a la clase Monocotiledónea. En la descripción es importante resaltar el uso de estas especies como medicinal, alimento, ornamentales, industriales y de reforestación.

En Colombia existen algunos estudios palinológicos que incluyen descripciones de granos de polen de las especies más representativas del país.

BOGOTA & LAMPREA, 1995. Presentaron el Atlas Palinológico de las especies pertenecientes a las subclases: Magnoliidae, Hamamelidae, Caryophyllidae, Dilleniidae y Rosidae presentes en el Páramo de Monserrate, donde se registran 35 familias, incluyendo Ericaceae con 11 especies, de las cuales se realiza la descripción de los granos de polen a partir de muestras colectadas en herbario, dentro de las características más importantes se encuentran el tipo polínico, aberturas, forma, exina y las medidas.

VELÁSQUEZ & RANGEL, 1995. Presentaron la primera parte del Atlas Palinológico de la Flora Vascular del Páramo Norte Colombiano, que incluye las 12 familias con mayor número de especies. Se elaboran claves dicotómicas para diferenciar las familias y especies seleccionadas, las descripciones morfológicas comprenden aspectos de las aberturas, la exina y su ornamentación y las medidas de los ejes polar y ecuatorial.

JIMÉNEZ B., 1996. Presentó las descripciones de los granos de polen de 19 géneros de Caesalpinaceae, 37 de Fabaceae y 11 de Mimosaceae, con especies de distribución en la región Amazónica. La familia que presenta una mayor variabilidad en cuanto a escultura polínica es Fabaceae (10 tipos), seguida por Caesalpinaceae (5 tipos) y Mimosaceae (4 tipos). La estructura de la exina más común es la reticulada (Fabaceae, Caesalpinaceae), mientras que en Mimosaceae predomina la exina psilada. Caesalpinaceae presenta palinomorfos principalmente tricolporados, las Fabaceae presenta abertura tricolporada en la mayoría de las especies (19), pero también son las clases tricolpadas (10), triporada y estefanocolpada. Las especies de Mimosaceae son esencialmente inaperturadas.

JIMÉNEZ & RANGEL, 1997. Describieron 26 palinomorfos de la región Amazónica colombiana, pertenecientes a los géneros más importantes en cuanto a número de especies de la familia Asteraceae y dentro de esta a las tribus Heliantheae (10), Eupatorieae (6), Vernoniaeae (6), Senecioneae (2), Mutisieae (1), Inulineae (1). Las aberturas son tricolporadas o tetracolporadas, los granos son tectados y el tipo de escultura que más se repite es la equinada.

VELÁSQUEZ C., 1999 En el Atlas palinológico de la flora vascular paramuna de Colombia: Angiospermas, realizó una descripción palinológica de 67 familias

colectadas en campo y ejemplares de herbario, preparadas con el método de acetólisis de Erdtman (1952), entre las cuales se encuentra Ericaceae con 15 especies. En las características morfológicas se tuvo en cuenta la Forma, Tipos de aberturas y exina, con sus respectivas medidas.

GUITIÉRREZ – ROJAS, 2001. En su trabajo realizado en la zona altoandina del Volcán Galeras, describieron los granos de polen de 33 especies de plantas ornitófilas incluidas en 13 familias, dentro de las que se encuentran 8 palinomorfos pertenecientes a las familia Ericaceae, los cuales presentan en general un tamaño mediano entre 20 a 41 μm de diámetro, tricolporados y reticulados.

6. METODOLOGÍA

6.1. ÁREA DE ESTUDIO

6.1.1. Localización y Descripción. El Santuario de Flora y Fauna Galeras hace parte del ramal centro-oriental de la cordillera de los Andes en el nudo de los Pastos, en el extremo sur occidental de Colombia. Los límites del Santuario son los siguientes: al norte el Municipio de La Florida, al sur con los Municipios de Tangua y Yacuanquer, al oriente con el Municipio de Pasto y occidente con los Municipios de Consacá y Sandoná⁶⁹ (Figura 12).

Cuenta con un área de 8.886 hectáreas, con una distribución altitudinal entre los 1950 m y 4276 msnm (medidos en la cima del Volcán Galeras).

Sus coordenadas geográficas son:

Latitud	Longitud
01°15'41, 16" Norte	077° 26'28, 73" Oeste
01°09'09, 21" Norte	077°19'37, 10" Oeste

Sus coordenadas planas son:

X = 631.325 Y = 960.550

La precipitación media anual es de 793.3 mm , con lluvias que disminuyen en los meses de julio y agosto, incrementándose en los meses de marzo y abril, llegando al punto mas alto en los meses de octubre y noviembre (Figura 13). La temperatura promedio anual es de 13°C permaneciendo casi constante durante todo el año, aunque estas temperaturas pueden disminuir o incrementar en las partes altas del volcán (Figura 14). Los valores son reportados por el IDEAM en la estación meteorológica mas cercana ubicada en el Corregimiento de Obonuco a 2871 msnm.

El área de estudio se limitó a la parte oriental, cubriendo la zona altoandina del Volcán Galeras ubicada entre los 3.200 y 3.950 metros de altura, abarcando parte del bosque, subpáramo, clasificado como Bosque Húmedo Montano (bh-M)⁷⁰, y el páramo clasificado como Páramo subandino (P-SA)⁷¹.

El Páramo esta comprendido entre los 3.600 y 3.950 msnm, caracterizado por presentar vegetación achaparrada de tipo herbáceo y leñosa que no sobrepasan alturas de 1.20 m; esta zona se encuentra dominada especialmente por pajonales (*Calamagrostis sp.*), frailejonales (*Espeletia sp.*), plantas en cojín (*Werneria humilis*) y algunos parches de arbustos del género *Hypericum*. Su topografía es ondulada con presencia de pendientes suaves y depresiones donde puede haber reservorios de agua (Figura 15).

El Subpáramo es una zona de transición entre el bosque y el páramo propiamente dicho, comprendido entre los 3.400 y 3.600 msnm; se caracteriza por presentar un mosaico de arbustos y árboles achaparrados que no sobrepasan los 3m de altura, en general, la vegetación es de tipo leñoso con algunos pajonales dispersos (*Calamagrostis sp.*). Este sector donde la topografía muestra continuas pendientes se la puede considerar como zona de recuperación por exhibir tipos vegetales secundarios normalmente presentes en regiones que han sido sometidas a cierto grado de intervención antrópica. En general el subpáramo en la cuenca alta del río Mijitayo es muy difícil de definir por las condiciones abruptas de su topografía, siendo este muy reducido o inexistente⁷² (Figura 16).

La zona de bosque ubicada entre los 3.200 y 3.500 msnm se identifica por presentar la mayor variedad de especies vegetales como árboles, arbustos, hierbas, lianas, orquídeas, líquenes y musgos; los árboles son de aproximadamente 30 m de altura cargados en su gran mayoría de plantas epífitas, sobre el suelo se desarrolla un tapete también de epífitas, otras plantas briofitas y arbustos menores. En este sector domina el Encenillo (*Weinmania sp.*) (Figura 17).

Figura 13. Precipitación de los últimos 9 años, reportados en la Estación de Obonuco.

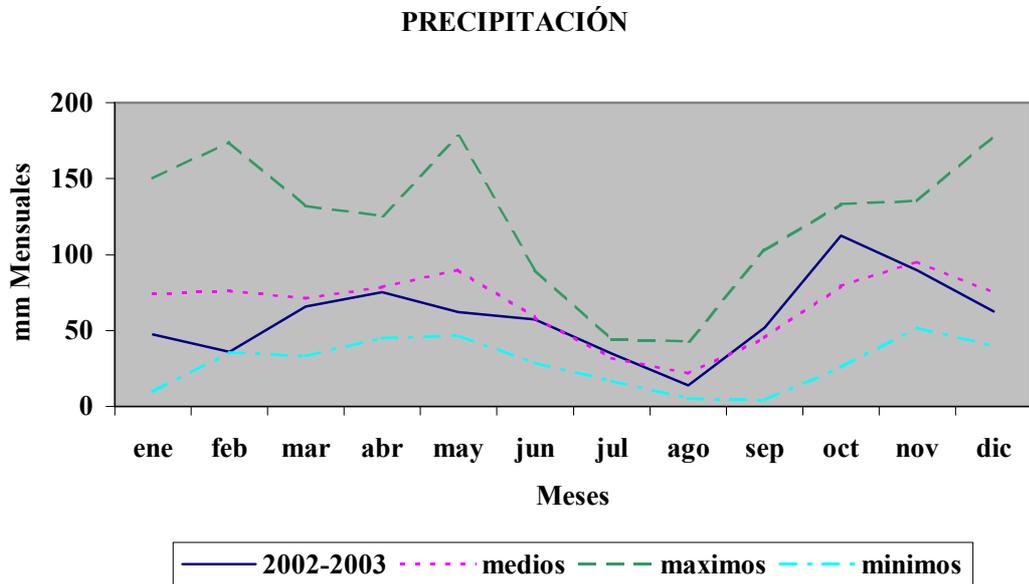


Figura 14. Temperatura anual de los últimos 9 años, reportada en la estación de Obonuco.

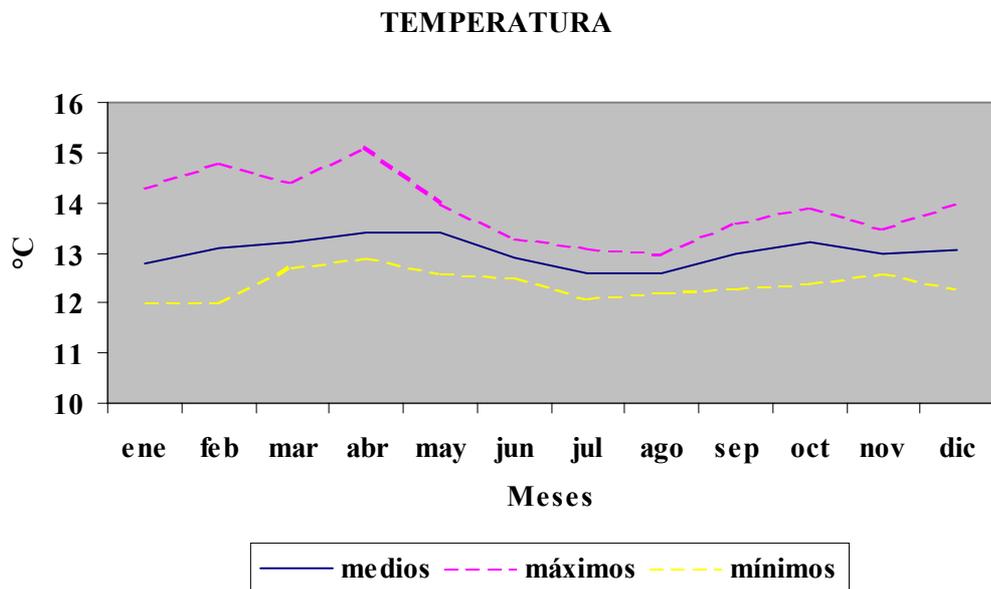


Figura 15. Zona de Páramo en el Santuario de Flora y Fauna Galeras



Figura 16. Zona de Subpáramo en el Santuario de Flora y Fauna Galeras



Figura 17. Zona de Bosque en el Santuario de Flora y Fauna Galeras



6.2. TRABAJO DE CAMPO

Se realizó el reconocimiento del área de estudio a través de recorridos sobre los senderos del Santuario de Flora y Fauna Galeras en su parte oriental, desde los 3200 msnm a 3950 msnm. Se identificaron rutas de estudio o transectos en ecosistemas de páramo, subpáramo y bosque. Una vez establecidas las zonas de los recorridos, se adelantó un inventario de las especies de Ericaceae presentes en los diferentes hábitats. Para hacerlo se colectaron ejemplares botánicos fértiles, junto con sus respectivos botones florales; el material de cada especie fue rotulado y almacenado en bolsas plásticas, para evitar la posible contaminación entre ejemplares durante su transporte al laboratorio. Adicionalmente se conservaron muestras de flores en alcohol para tener fuentes adicionales de polen de las especies en el transcurso de la investigación.

Se tomaron datos como: hábito de crecimiento, hábitat, características florales, presencia o ausencia de indumento piloso en tallo, hojas y flores; altura en centímetros del ejemplar; altura de colección en metros sobre el nivel del mar; y se documentó fotográficamente el material, al igual que las zonas de estudio.

Se realizó la selección de las épocas de muestreo de acuerdo a los patrones de floración de las especies de Ericaceae en el área de estudio. Se hizo una salida de reconocimiento en julio de 2002 en las inmediaciones de la Cabaña de Parques. También seis salidas de campo distribuidas en septiembre de 2002 con tres días de trabajo de campo, en octubre dos, en noviembre tres y en enero de 2003 una. Se contó con la colaboración de un funcionario de Parques Nacionales durante el trabajo de campo en la primera salida para cada sector.

Se tuvo en cuenta para los análisis que todas las muestras botánicas estuvieran en buena floración, con flores abiertas y cerradas, éstas últimas se utilizaron para el montaje de las placas polínicas en fresco y acetolizadas para una mayor confiabilidad, evitando posibles contaminaciones con granos de polen de otras especies; aunque en algunos casos, se tomaron muestras de flores abiertas por no encontrarse material suficiente en antesis.

6.3. TRABAJO DE LABORATORIO

6.3.1. Trabajo de Herbario. En el Herbario de Investigación de la Universidad de Nariño se identificaron y clasificaron las especies de la familia Ericaceae colectadas en Santuario de Flora y Fauna Galeras, las especies que no pudieron ser determinadas en el Herbario fueron identificadas taxonómicamente por el Dr. James Luteyn del New York Botanical Garden, el Profesor Bernardo Ramírez de la Universidad del Cauca y el Dr. Julio Betancur del Herbario Nacional Colombiano.

El material botánico colectado en este estudio fue registrado y catalogado en el Herbario de Investigación de la Universidad de Nariño PSO, formando parte del inventario de las especies de la familia Ericaceae halladas en las zonas de vida que ocurren entre los 3200 y 3950 metros de altitud en el Santuario de Flora y Fauna Galeras.

6.3.2. Montaje de placas en Fresco. Para el montaje de placas en fresco se tomaron muestras de polen con ayuda de gelatina glicerina coloreada, de todas las especies de Ericaceae encontradas en el campo, seleccionando especialmente botones florales antes de la anthesis para evitar la contaminación realizada por los polinizadores; estas muestras fueron montadas en placas de vidrio, con siete repeticiones para cada especie, se sellaron con esmalte sin color y se etiquetaron con los respectivos datos de colección (Especie, tipo de tratamiento, número de placa, colectores, número de colección de muestra, lugar, altura y fecha colección).

6.3.3. Proceso de Acetólisis para Muestras de Flores. En los morteros se colocaron las muestras de botones florales colectados en campo de cada una de las especies de Ericaceae, agregando KOH al 10%, y macerando el material vegetal, luego se lo llevó a la estufa durante 5 minutos; filtrando el contenido en una gasa y trasvasandolo a los tubos de ensayo. Este filtrado se centrifugó a 4500 rpm durante 5 minutos y se descartó el sobrenadante, el precipitado fue lavado con agua destilada dos veces, centrifugando cada vez, al precipitado se le adicionó Ácido acético glacial centrifugando nuevamente.

Una vez descartado el sobrenadante a cada tubo se le adicionó 5 ml de la mezcla acetolítica (Ácido acético anhídrido y Ácido sulfúrico en proporción 9:1) y fueron llevados a baño maría durante 5 minutos a 65-70 grados centígrados.

Los tubos de nuevo se llevaron a la centrifuga, lavando el precipitado dos veces con agua destilada y tres veces con alcohol etílico, en cada caso se centrifugó.

El precipitado se colocó en vidrios de reloj y se le adicionó 3-4 gotas de glicerina, llevándolo posteriormente al horno a 40°C durante doce horas para evaporar restos de agua y alcohol.

6.3.4. Montaje de placas acetolizadas. Se colocó un pedazo de gelatina glicerina coloreada en el portaobjeto derritiéndola, luego se tomó una muestra de polen acetolizado, mezclándolo con la gelatina, se colocó el cubreobjeto y posteriormente se selló la placa con esmalte transparente. Las placas fueron rotuladas con las datos de colección.

7. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LOS GRANOS DE POLEN

Para la descripción de la morfometría polínica de cada especie se siguió la nomenclatura de Erdtman (1952), Iversen & Troles-Smith y Faegri & Iversen (1966) y Fonnegra (1989).

Se tomaron sesenta medidas de granos (treinta en vista polar y ecuatorial), a excepción del lado del Apocolpio, para cuyo caso se registraron diez mediciones; estos fueron observados en un microscopio de luz Olympus CH-B145-2 modelo CHS/CHT, ocular CWHK 10x/18L en un objetivo AE100 expresadas en unidades micrométricas. A cada medición realizada se obtuvo el promedio, el error estándar y la desviación estándar.

La presentación de las características polínicas se expresaron teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

Forma: descripción general de forma y ámbito de la tétrada y la mónada en vista polar.

Tipo polínico: tamaño de la monada en vista polar.

Aberturas: expresa el número, posición y características generales en vista polar.

Exina: esculturación y grosor.

Simetría: plano en que se encuentra la tétrada en vista polar.

Mediciones: AT, LT, DE, AE, Acolp, Lcolp, AP en vista polar; EP, LB, LC, Ahem, Lhem, en vista ecuatorial; IAP, área polar.

Material estudiado: lugar, altitud, fecha de colección, colector, número de colección y número de placa palinológica.

7.1. ABREVIATURAS USADAS EN LAS DESCRIPCIONES

AT	=	Ancho de la tétrada
LT	=	Largo de la tétrada
DE	=	Diámetro ecuatorial en vista polar
AE	=	Ancho de la exina
Acolp	=	Ancho del colporo en vista polar
Lcolp	=	Largo del colporo en vista polar
AP	=	Ancho del poro
EP	=	Eje polar en vista ecuatorial
LB	=	Largo B
LC	=	Largo C
Ahem	=	Ancho del hemicolporo
Lhem	=	Largo del hemicolporo
IAP	=	Índice de área polar
LA	=	Lado del apocolpio

7.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico de las variables obtenidas en la caracterización métrica de los granos de polen de Ericaceae, se aplicaron las siguientes pruebas en el Programa STATGRAFICS Plus 4.0:

Análisis de Varianza: determina las diferencias estadísticamente significativas entre las medias de la variable dependiente en los grupos establecidos por las combinaciones de los valores de las variables independientes.

Prueba t-Student: determina si la diferencia entre las medias de una variable en dos grupos distintos de individuos es estadísticamente significativa, la cual se aplicó para comparar las especies con sus variables en Fresco y Acetolizadas.

Mann-Whitney: es una prueba no paramétrica para muestras independientes, determina si la diferencia entre el número de veces en que el valor de la variable en un grupo es mayor que en el otro y el número de veces en que es menor, es estadísticamente significativa.

En el análisis para los dos tratamientos Fresco y Acetólisis verificamos si los datos presentaban homogeneidad con la comparación de desviaciones estándar, observando si las diferencias son estadísticamente significativas respecto a los promedios donde el valor de P sea menor a 0.05; sin embargo para este caso, se tuvo únicamente presente la homogeneidad, la cual puede cambiar con relación a los tratamientos. En el caso de la normalidad los datos de las variables se consideran como tales, teniendo en cuenta el teorema del Limite Central: “las muestras grandes (> 30) de la media muestral de una variable se aproxima a una distribución normal”.

Todas las pruebas que fueron utilizadas se desarrollaron a un nivel de confianza del 95%.

Finalmente se utilizó las gráficas Box-plot y los Histogramas de Frecuencia que permiten observar diferencias o similitudes entre las especies.

7.3. CLAVES TAXONÓMICAS

Al definir claramente las diferencias que presentó cada grano de polen, se procedió a realizar la clave taxonómica con base en las características morfométricas específicas de cada especie.

7.4. TRABAJO FOTOMICROGRÁFICO

Una vez caracterizados los granos de polen, las placas fueron llevadas al laboratorio fotomicrográfico del Programa de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño,

donde se utilizó un microscopio Nikon con cámara Nikon FX35DX y obtuvo fotografías en un objetivo de 100x y 40x, con una película blanco y negro de asa 100. Se tomaron cuatro microfotografías, dos en vista polar y dos ecuatorial, para cada especie en los dos tratamientos.

8. RESULTADOS

En los recorridos realizados durante los meses de Julio de 2002 y Enero de 2003 en el Santuario de Flora y Fauna Galeras parte oriental (Cabaña de Parques y cuenca del río Mijitayo) se registraron 7 géneros y 14 especies pertenecientes a la familia Ericaceae, localizadas principalmente en las zonas de páramo, subpáramo y bosque, desde los 3200 msnm a 3950 msnm (Cuadro 3) (Anexo A).

Cuadro 3. Especies de la familia Ericaceae registradas en el Santuario de Flora y Fauna Galeras.

Especie	Hábito	Color Flor	Orien Flor	Frecuencia		
				Páramo	Subpmo	Bosque
<i>Disterigma microphylla</i>	AH	B-Rs	P		C	E
<i>Pernettya prostrata</i>	A	B	P	Ab	Ab	C
<i>Vaccinium floribundum</i>	A	Rs	P	Ab	Ab	C
<i>Disterigma codonanthum</i>	A	Rs-V	H		Ab	C
<i>Gaultheria glomerata</i>	A	Rs	P		C	C
<i>Gaultheria erecta</i>	A	R	P		C	C
<i>Gaultheria insipida</i>	AH	R	P		C	C
<i>Gaultheria foliolosa</i>	AH	R	P		C	C
<i>Cavendishia bracteata</i>	A	R	Er		C	Ab
<i>Macleania rupestris</i>	A	R	P		C	Ab
<i>Gaultheria arachnoidea</i>	A	R	P	E		
<i>Bejaria methewsii</i>	A	R	Er			C
<i>Disterigma acuminatum</i>	A	Rs	P			E
<i>Bejaria resinosa</i>	A	R	Er			E

Hábito: A=arbusto, AH=arbusto hemiepífito; Color: R=rojo, Rs=rosado, B=blanco, V=verde; Orientación de la flor: P=péndula, Err=erecta, H=horizontal; Frecuencia: Ab=Abundante, C=Comun, E=Escasa.

Se identificaron todas las especies de Ericaceae, incluyendo la especie *Disterigma acuminatum* quien no había sido registrada en el Santuario de Flora y Fauna Galeras, hasta el presente trabajo, lo cual puede sugerir que estudios de campo mas intensos (abarcando el flanco occidental del volcán) puede revelar una mayor riqueza de este grupo en el santuario.

Todas las especies se caracterizaron por presentar un hábito de crecimiento arbustivo y arbustivo hemiepífito, este último se presenta únicamente en tres especies (Cuadro 3), siendo en su gran mayoría especies de crecimiento arbustivo de alturas que varían entre 50 cm a 500 cm (Figura 18); dentro de las especies mas pequeñas en altura se destacan *Pernettya prostrata*, *Vaccinium floribundum* y *Gaultheria erecta*; mientras que *Macleania rupestris* sobresale entre las demás especies por presentar la mayor altura registrada.

La coloración de la corola floral muestra una variación baja: registrando colores como blanco, rosado, rojo y pocos casos verde, sin embargo la gran mayoría de las flores en las Ericaceae del Santuario son de color rojo (Figura 19) (Cuadro 3).

Para atraer polinizadores eminentemente visuales algunas señales de atracción incluyen partes vegetativas como tallos y meristemos jóvenes que presentan diferentes tonalidades de rojo. Este es el caso de especies como *Cavendishia bracteata*, *Macleania rupestris*, entre otras, que han desarrollado estas estrategias para garantizar en cierta medida la visita de sus vectores de polen.

Las flores presentan principalmente un tipo de orientación péndula observándose esta característica en 10 de las especies estudiadas, una orientación erecta se registró en 3 especies y solo *Disterigma codonanthum* tiene flores de orientación horizontal (Figura 20) (Cuadro 3).

Las características morfológicas de flores de Ericaceae de Galeras fueron dialipétalas, de forma tubular, es decir con pétalos libres como el caso de *Bejaria resinosa*. y *Bejaria mathewsii*; gamopétalas con pétalos fusionados con forma urceolada presente en la mayoría de las especies estudiadas como *Disterigma microphylla*, *Pernettya prostrata*, *Vaccinium floribundum*, *Gaultheria glomerata*, *Gaultheria erecta*, *Gaultheria insipida*, *Gaultheria foliolosa* y *Gaultheria arachnoidea*; con forma tubular en *Cavendishia bracteata* y *Macleania rupestris* y de forma campanulada en las especies *Disterigma codonanthum* y *Disterigma acuminatum*.

Figura 18. Hábito de crecimiento de especies estudiadas de la familia Ericaceae.

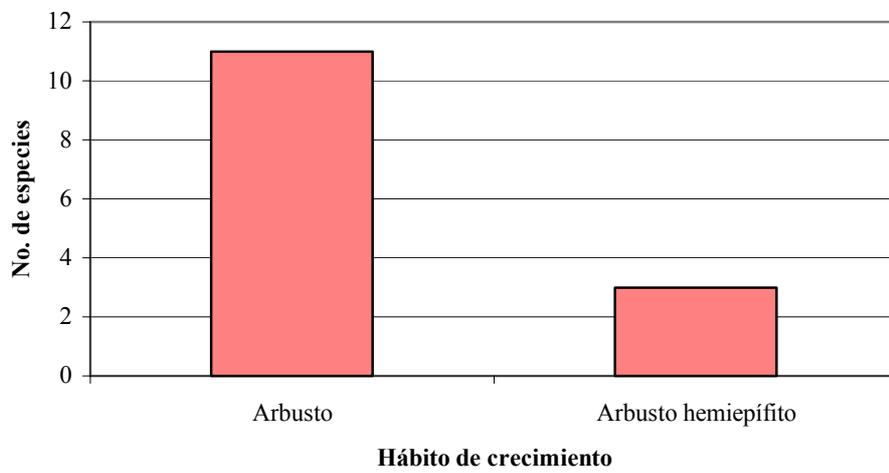


Figura 19. Coloración floral presente en las especies de Ericaceae.

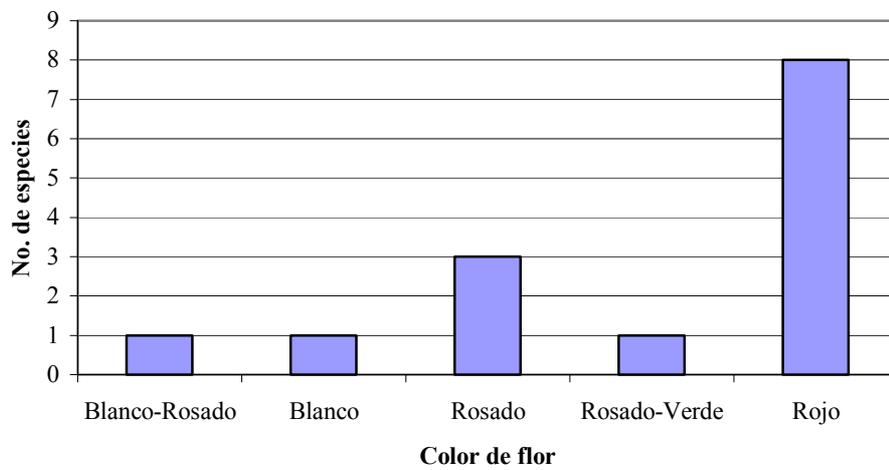
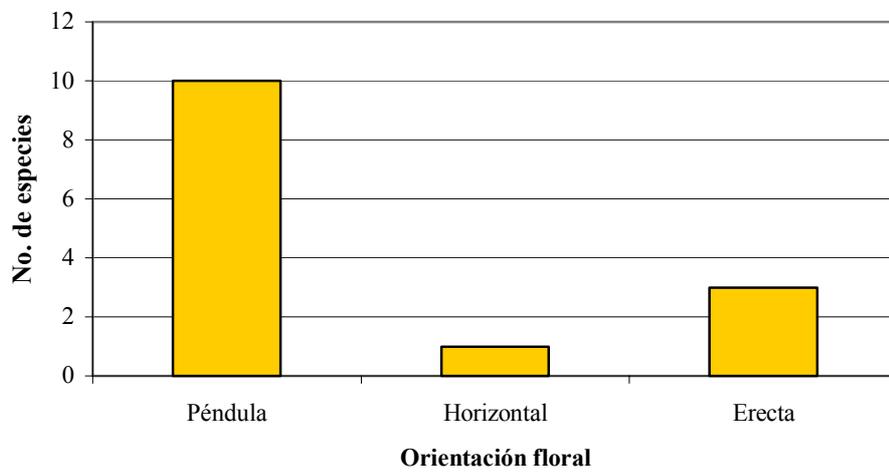


Figura 20. Orientación floral de las especies de Ericaceae.



Las 14 especies encontradas a lo largo de los recorridos por el Santuario de Flora y Fauna Galeras, cubrieron áreas de páramo, subpáramo y bosque, dentro de las que podemos destacar las dos últimas, donde se registraron el mayor número de especies (Cuadro 3), entre los 3200 y 3600 msnm.; mientras que para la zona de páramo se reportaron solamente tres especies, recalcando a *Gaultheria arachnoidea* que fue exclusiva y se presentó de manera escasa en esta región, las dos especies restantes, *Pernettya prostrata* y *Vaccinium floribundum* se registraron en todos los hábitats del área, abarcando una distribución altitudinal desde 3200 a 3790 msnm, siendo principalmente abundantes en las zonas altas de estudio (páramo y subpáramo) (Cuadro 3).

Especies como *Bejaria mathewsii*, *Bejaria resinosa* y *Disterigma acuminatum* presentaron una distribución que se limitó a la zona de bosque entre los 3200 y 3300 msnm, siendo importante mencionar que las dos últimas especies se reportaron en una sola ocasión, considerándose escasas en la zona de estudio.

Aunque las Ericaceae presentaron una distribución altitudinal amplia fue evidente que la riqueza en términos de diversidad es baja en la zona de páramo y va incrementando a medida que disminuye la altura sobre el nivel del mar (subpáramo y bosque), donde se concentró el mayor número de especies registradas.

El estudio realizado no cubre zonas por debajo de los 3200 msnm, pero se observó la presencia de la mayoría de especies registradas, principalmente para bosque, en alturas menores con una abundancia alta, demostrando la amplia distribución que tienen las especies de Ericaceae.

En general las Ericaceae en el área de estudio presentaron especies arbustivas de tamaños medianos que oscilan entre los 70 y 120 cm de altura. Se caracterizaron por presentar en su gran mayoría inflorescencias acompañadas de brácteas muy llamativas y de diversos tamaños. Las flores varían de colores presentándose en su mayoría rojo y en menor frecuencia rosado y blanco.

8.1. GRANOS DE POLEN EN FRESCO

Los granos de polen en fresco registrados para las especies de Ericaceae fueron en general de tamaño mediano (10 especies), sin embargo algunas especies presentaron granos de polen pequeños (4 especies) (Figura 21). En cuanto a la forma de las mónadas se encontró que la gran mayoría son circulares y solo en tres de las especies estudiadas son triangulares (Figura 22).

La esculpación reticulada de la exina se observó con mayor frecuencia, la cual fue clasificada en microreticulada, reticulada y macroreticulada, dependiendo del tamaño del retículo. La mayoría de especies (6 especies) exhibieron una exina macroreticulada (Figura 23).

Especies como *B. mathewsii*, *D. acuminatum* y *G. glomerata* presentaron un tipo de esculturación totalmente diferente como granulada y rugulada (Figura 23) (Cuadro 4), siendo una característica de gran importancia en el momento de la identificación de las especies dentro de los análisis morfológicos.

De acuerdo con la morfometría de los granos de polen y el tipo polínico, se destaca *D. microphylla* por ser la especie más pequeña en cuanto a la tétrada (AT, LT) y a la mónada (DE, EP), *M. rupestris* por ser la especie de mayor tamaño, registrando valores altos para LT, DE, EP reflejando así, su gran tamaño en comparación con las demás especies, aunque las variables AT, LB y LC más con valores altos los presentó *B. resinosa* a quien también se consideró como una especie con granos de polen gran tamaño (Cuadro 4).

Figura 21. Tamaños de los granos de polen en fresco de las Ericaceae.

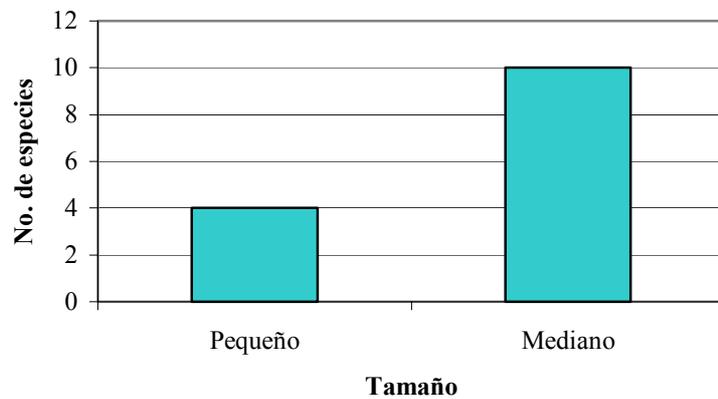


Figura 22 . Forma de mónadas en los granos de polen de Ericaceae.

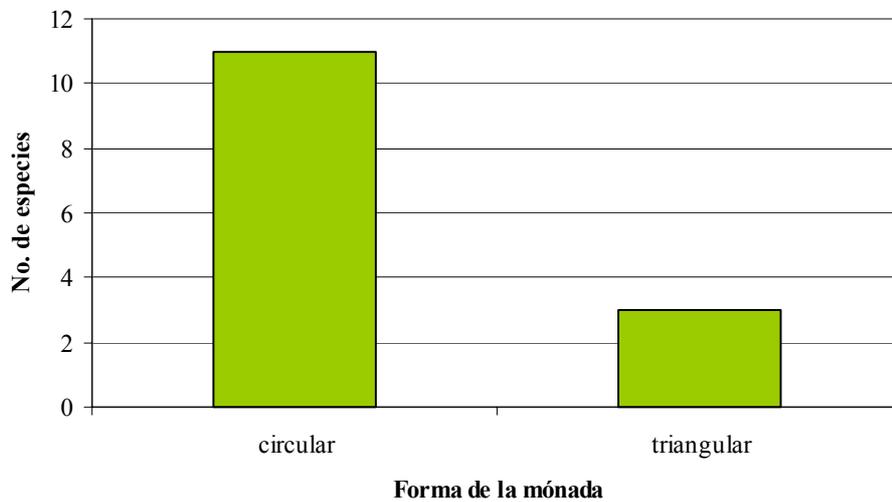
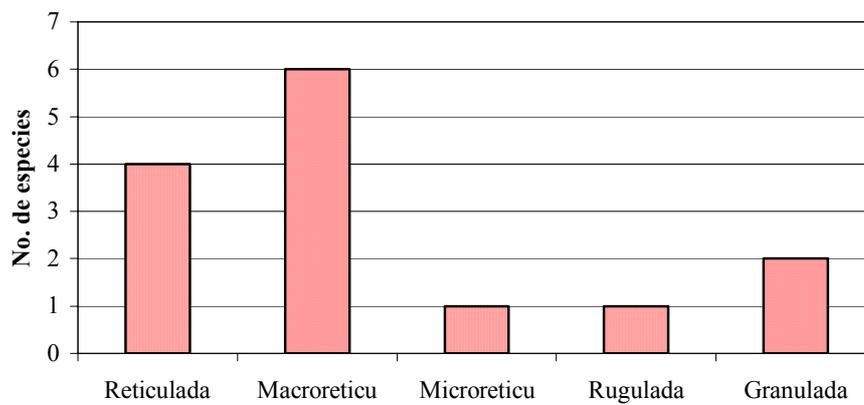


Figura 23. Tipos de esculturación de la exina de los granos de polen de Ericaceae.



Cuadro 4. Características morfométricas expresadas en μm de los granos de polen en fresco.

Especie	Tamaño	Escul	AT	LT	DE	AE	EP	LB	LC	Ahem	Lhem
<i>D.microphylla</i>	pequeño	Reticulados	31.29 ± 0.28	30.45 ± 0.29	22.93 ± 0.24	2.03 ± 0.021	22.10 ± 0.203	31 ± 0.22	30.58 ± 0.25	3.07 ± 0.094	17.94 ± 0.27
<i>P.prostrata</i>	pequeño	Microretic	31.38 ± 0.34	30.88 ± 0.34	24.82 ± 0.32	2.07 ± 0.031	23.307 ± 0.138	30.65 ± 0.19	30.12 ± 0.29	3.82 ± 0.21	19.20 ± 0.31
<i>V.floribundum</i>	mediano	Reticulados	37.08 ± 0.22	35.94 ± 0.204	28.28 ± 0.29	1.83 ± 0.044	27.54 ± 0.25	36.11 ± 0.28	35.50 ± 0.34	4.08 ± 0.08	23.19 ± 0.407
<i>D.codonanthum</i>	mediano	Reticulados	35.92 ± 0.24	35.21 ± 0.35	26.64 ± 0.28	1.84 ± 0.047	25.75 ± 0.17	35.14 ± 0.37	34.42 ± 0.406	3.23 ± 0.11	21.40 ± 0.25
<i>G.glomerata</i>	pequeño	Rugulado	31.33 ± 0.31	31.14 ± 0.19	23.13 ± 0.31	1.58 ± 0.086	22.86 ± 0.16	30.54 ± 0.301	28.45 ± 0.301	5.19 ± 0.11	17.08 ± 0.25
<i>G.erecta</i>	pequeño	Macroretic	32.85 ± 0.36	33.44 ± 0.49	24.65 ± 0.42	2.03 ± 0.208	24.41 ± 0.21	32.97 ± 0.28	31.63 ± 0.34	2.509 ± 0.088	14.34 ± 0.28
<i>G.insipida</i>	mediano	Reticulados	36.55 ± 0.22	37.18 ± 0.28	27.26 ± 0.27	1.95 ± 0.042	26.36 ± 0.21	35.05 ± 0.25	31.42 ± 0.34	4.01 ± 0.104	18.59 ± 0.35
<i>G.folilosa</i>	mediano	Macroretic	34.63 ± 0.22	34.98 ± 0.19	26.36 ± 0.28	1.86 ± 0.074	25.73 ± 0.19	34.63 ± 0.206	32.95 ± 0.024	4.01 ± 0.101	20.00 ± 0.23
<i>C.bracteata</i>	mediano	Macroretic	44.01 ± 0.35	44.31 ± 0.302	33.49 ± 0.51	2.05 ± 0.045	31.45 ± 0.22	44.24 ± 0.27	42.80 ± 0.31	3.41 ± 0.106	17.08 ± 0.65
<i>M.rupestris</i>	mediano	Macroretic	49.68 ± 0.44	51.95 ± 0.44	38.23 ± 0.45	2.14 ± 0.058	36.62 ± 0.406	50.806 ± 0.48	37.49 ± 0.44	3.64 ± 0.11	33.902 ± 0.62
<i>G.arachnoidea</i>	mediano	Macroretic	34.54 ± 0.22	34.81 ± 0.25	25.94 ± 0.28	1.98 ± 0.046	26.36 ± 0.21	34.83 ± 0.24	32.75 ± 0.27	3.34 ± 0.14	16.19 ± 0.26
<i>B.mathewsii</i>	mediano	Granulado	45.84 ± 0.42	47.43 ± 0.33	35.97 ± 0.31	2.02 ± 0.030	34.82 ± 0.501	47.10 ± 0.49	44.34 ± 0.52	3.98 ± 0.11	13.37 ± 0.35
<i>D.acuminatum</i>	mediano	Granulado	36.34 ± 0.23	36.52 ± 0.27	26.06 ± 0.36	1.84 ± 0.065	25.38 ± 0.25	36.03 ± 0.25	33.65 ± 0.42	2.03 ± 0.076	20.21 ± 0.22
<i>B.resinosa</i>	mediano	Macroretic	50.17 ± 0.47	51.25 ± 0.37	35.404 ± 0.31	2.107 ± 0.044	36.13 ± 0.41	52.27 ± 0.77	49.93 ± 0.61	4.83 ± 0.12	19.13 ± 0.52

Tamaño= tamaño del grano de polen según el tipo polínico, pequeño= 10-25 μm , mediano= 25-50 μm ; Escul= esculturación de la exina; AT=ancho de la tetrada; LT=largo de la tetrada; DE=diámetro ecuatorial en vista polar; AE=ancho de la exina; EP=eje polar en vista ecuatorial; LB=largo B; LC=largo C; Ahem=ancho del hemicolporo; Lhem=largo del hemicolporo.

En los valores obtenidos para el grosor de la exina, *G. glomerata* tuvo el más bajo, presentando una exina delgada; en caso contrario, *M. rupestris* registró el más alto, exhibiendo una exina gruesa.

En cuanto a las aberturas los granos de polen mostraron una dominancia por colpos largos, las aberturas cortas se presentaron en 4 especies y solo *M. rupestris* tuvo colpos muy largos (Figura 24).

Otra de las características importantes dentro de las aberturas es la presencia de colpos bifurcados en la parte apical en dos de las especies estudiadas (*V. floribundum* y *D. acuminatum*), jugando un papel relevante en el momento de realizar las descripciones e identificaciones morfológicas.

Para el ancho del hemicolporo, dentro de las especies analizadas se encontró que *D. acuminatum* y *B. resinosa*, tuvieron el valor más bajo y alto, respectivamente, mientras que el largo mayor lo presentó, nuevamente, *M. rupestris* y el largo menor *B. mathewsii* (Cuadro 4).

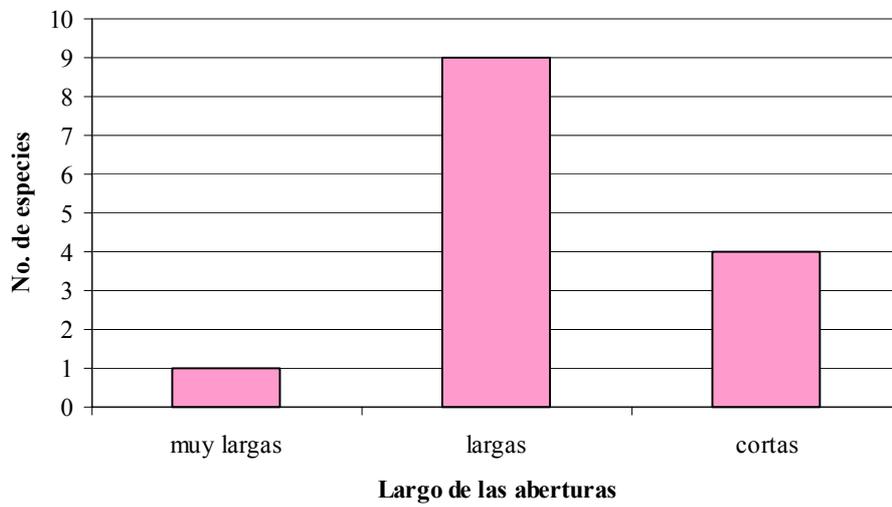
8.2. GRANOS DE POLEN ACETOLIZADOS

Los granos de polen acetolizados presentaron una mayor variación con relación a sus medidas en comparación con los granos de polen en fresco, pero conservando sus características morfológicas.

En este caso los granos acetolizados presentaron en su totalidad un tipo polínico mediano, sobresaliendo dentro de estas, *P. prostrata* que tuvo valores bajos para LT, DE y EP, considerándose como la especie más pequeña en cuanto a mónada y a tétrada, aunque el menor valor para AT, LB y LC esta dado para *G. folilosa*; *B. resinosa* obtuvo valores altos para LT, DE y LC destacándose así como una de las especies de mayor tamaño, al igual que *M. rupestris* registrando el valor más alto para AT, EP y LB (Cuadro 5).

V. floribundum reportó la exina mas delgada, mientras que *B. resinosa* presentó la exina de mayor grosor.

Figura 24. Largo de aberturas (colpos) de los granos de polen en fresco.



Cuadro 5. Características morfométricas expresadas en μm de los granos de polen acetolizados.

Especie	Tamaño	AT	LT	DE	AE	EP	LB	LC	Ahem	Lhem
<i>D.microphylla</i>	mediano	41.91 ± 0.36	42.30 ± 0.41	30.21 ± 0.45	2.56 ± 0.081	29.97 ± 0.24	41.84 ± 0.36	39.402 ± 0.55	2.98 ± 0.090	21.64 ± 0.37
<i>P.prostrata</i>	mediano	38.84 ± 0.35	39.92 ± 0.27	29.38 ± 0.34	2.09 ± 0.03	29.29 ± 0.25	38.72 ± 0.38	39.07 ± 0.49	2.29 ± 0.065	20.37 ± 0.22
<i>V.floribundum</i>	mediano	46.02 ± 0.35	47.03 ± 0.34	33.94 ± 0.34	1.76 ± 0.041	34.67 ± 0.34	47.67 ± 0.509	45.77 ± 0.51	3.86 ± 0.12	28.03 ± 0.44
<i>D.codonanthum</i>	mediano	47.61 ± 0.28	47.52 ± 0.33	34.26 ± 0.31	2.01 ± 0.047	33.86 ± 0.21	48.55 ± 0.44	47.401 ± 0.406	2.97 ± 0.105	25.94 ± 0.35
<i>G.glomerata</i>	mediano	43.89 ± 0.24	44.10 ± 0.29	32.15 ± 0.302	2.09	31.807 ± 0.23	43.19 ± 0.24	41.79 ± 0.65	3.42 ± 0.086	23.84 ± 0.36
<i>G.erecta</i>	mediano	46.76 ± 0.24	47.13 ± 0.35	34.67 ± 0.33	2.63 ± 0.092	34.42 ± 0.32	45.49 ± 0.30	44.24 ± 0.42	3.78 ± 0.11	22.27 ± 0.25
<i>G.insipida</i>	mediano	44.65 ± 0.44	44.55 ± 0.47	32.01 ± 0.46	2.85 ± 0.082	32.54 ± 0.29	45.11 ± 0.52	43.19 ± 0.39	4.58 ± 0.15	23.04 ± 0.274
<i>G.foliosa</i>	mediano	37.98 ± 0.29	40.18 ± 0.36	30.20 ± 0.45	2.15 ± 0.032	29.57 ± 0.38	38.61 ± 0.044	36.45 ± 0.61	2.68 ± 0.108	21.19 ± 0.49
<i>C.bracteata</i>	mediano	63.01 ± 0.55	63.58 ± 0.603	43.76 ± 0.73	2.21 ± 0.06	42.66 ± 0.45	62.85 ± 0.74	56.72 ± 0.77	3.64 ± 0.17	26.64 ± 0.44
<i>M.rupestris</i>	mediano	65.08 ± 0.88	63.99 ± 0.708	44.52 ± 0.59	2.56 ± 0.091	44.38 ± 0.49	64.35 ± 0.75	46.85 ± 0.53	3.26 ± 0.12	40.53 ± 0.81
<i>B.mathewsii</i>	mediano	60.63 ± 0.604	61.76 ± 0.79	43.66 ± 0.57	2.809 ± 0.069	42.19 ± 0.44	62.03 ± 0.59	60.16 ± 0.74	4.08 ± 0.103	13.09 ± 0.41
<i>D.acuminatum</i>	mediano	46.79 ± 0.502	46.44 ± 0.44	32.36 ± 0.24	2.12 ± 0.035	32.54 ± 0.34	48.11 ± 0.43	45.03 ± 0.58	2.35 ± 0.089	26.29 ± 0.66
<i>B.resinosa</i>	mediano	62.33 ± 0.49	64.17 ± 0.56	45.67 ± 0.55	2.92 ± 0.066	44.18 ± 0.43	65.36 ± 0.68	62.04 ± 0.72	4.38 ± 0.13	20.77 ± 0.36

Tamaño= tamaño del grano de polen según el tipo polínico, mediano= 25-50 μm ; AT=ancho de la tétada; LT=largo de la tétada; DE=diámetro ecuatorial en vista polar; AE=ancho de la exina; EP=eje polar en vista ecuatorial; LB=largo B; LC=largo C; Ahem=ancho del hemicolporo; Lhem=largo del hemicolporo.

En los granos de polen acetolizados predominaron las aberturas largas, presentándose en 9 especies de Ericaceae. Los colpos cortos y muy largos, aunque son poco frecuentes, se registraron para algunos palinomorfos de mayor tamaño como es el caso de *B. mathewsii* y *M. rupestris* respectivamente (Figura 25).

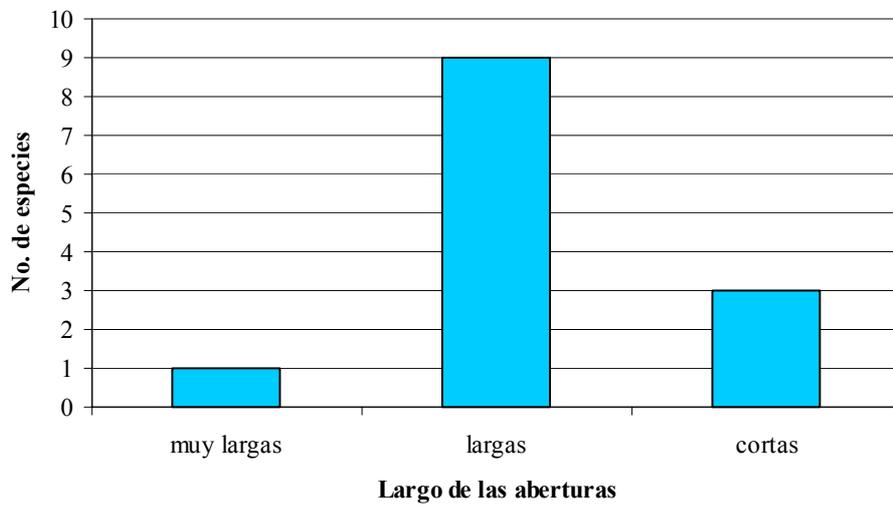
En general los granos de polen en fresco y acetolizados se presentaron en tétradas tetrahedrales con ámbito triangular y mónada con ámbito circular, de tamaño mediano, tricolporados y esculturación reticulada (incluyendo macro y microreticulados). Las características morfológicas que se observaron en los granos de polen, las cuales son bien marcadas y homogéneas en la mayoría de las especies se relacionan con la polinización por aves y en menor medida a la polinización por insectos.

Dentro del análisis realizado a los granos de polen acetolizados se puede decir que este proceso afecta en gran medida las características métricas, lo cual se observó fácilmente al comparar con los granos de polen en fresco, donde las variables AT, LT, DE, EP, LB y LC presentaron mayor variabilidad, incrementando notablemente su tamaño en todas o casi todas las especies, las otras variables aquí estudiadas presentaron una variabilidad pero es mucho menor.

El tratamiento de acetólisis tiende a estandarizar las medidas de los granos de polen, lo que no ocurre en el tratamiento en fresco donde hay una mayor variabilidad en los palinomorfos siendo una característica importante al momento de diferenciar las especies.

También es importante resaltar que algunas de las variables pueden no verse afectadas por el proceso de acetólisis, donde sus valores permanecen casi constantes después del tratamiento químico, sin embargo en la variable *Ahem* se observó una alteración en sus valores, presentándose una evidente disminución en la mayoría de las especies estudiadas.

Figura 25 . Largo de aberturas (colpos) de los granos de polen acetolizados.



8.3. ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE POLLEN FRESCO Y ACETOLIZADO

Dentro del análisis estadístico se observó que la mayoría de especies presentaron diferencias estadísticamente significativas en los dos tratamientos.

En los granos de polen con tratamiento en fresco hubo una mayor variabilidad al momento de diferenciar los palinomorfos, mientras que en los granos acetolizados la tendencia a la homogenización de las variables fue evidente a causa del tratamiento químico. Aun así no dejan de ser importantes al momento de una diagnosis confiable.

Esto hizo pensar que es indispensable la elaboración de claves taxonómicas para los dos tratamientos permitiendo diferenciar los granos de polen de las especies estudiadas.

Las especies analizadas en los dos tratamientos, *G. glomerata*, *G. erecta* y *D. acuminatum*, presentaron diferencias estadísticamente significativas en todas las variables estudiadas, por lo tanto son especies que fácilmente pueden ser diferenciadas a partir de los granos de polen tratados químicamente o al natural (Anexo B).

Esto lo se puede observar fácilmente en la Figura 26 donde *G. glomerata*, presentó valores diferentes para AT y DE, facilitando de esta manera el reconocimiento entre los dos tratamientos aplicados.

Entre las especies a las que se aplicó los dos tratamientos sobresalió *B. mathewsii* por ser la única que obtuvo cierto grado de semejanza en tres de sus variables AP, Ahem y Lhem, sin ningún grado de diferencias estadísticamente significativas. Esto hizo comprender que los granos de polen en estas características no fueron afectados por el tratamiento químico o simplemente sufrieron cambios leves en sus estructuras (Anexo B).

En general podemos las variables analizadas para todas las especies en los dos tratamientos, tuvieron diferencias estadísticas altamente significativas, donde AT, LT, DE, EP y LB fueron las más relevantes por presentar el 100% en estas diferencias, es decir que los palinomorfos fueron totalmente diferentes en estos caracteres, siendo determinantes al momento de realizar la identificación de los granos de polen (Figura 27).

Dentro de las variables, AP fue la de menor porcentaje (15.38%) en las diferencias altamente significativas registradas para los dos tratamientos, aunque no se puede descartar como herramienta de identificación entre especies.

Figura 26. Variables AT y DE con diferencias estadísticamente significativas en los dos tratamientos fresco y acetolizados en *G. glomerata*.

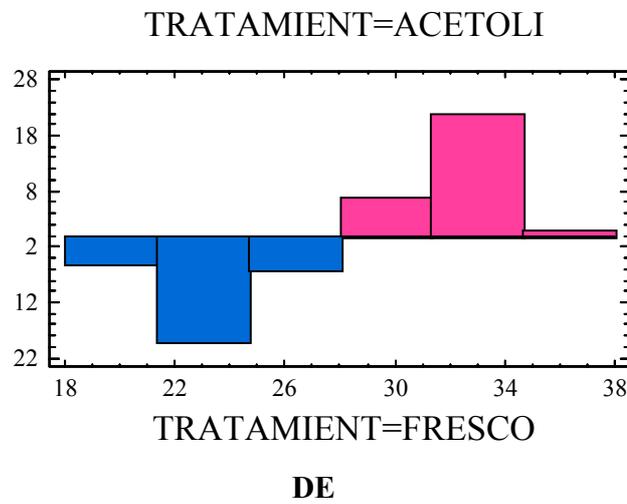
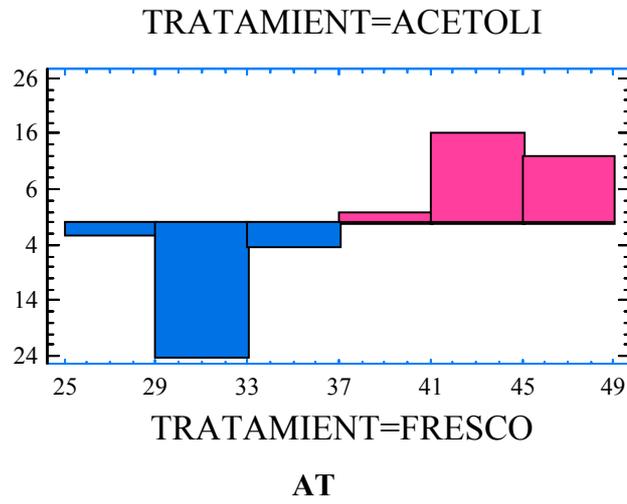
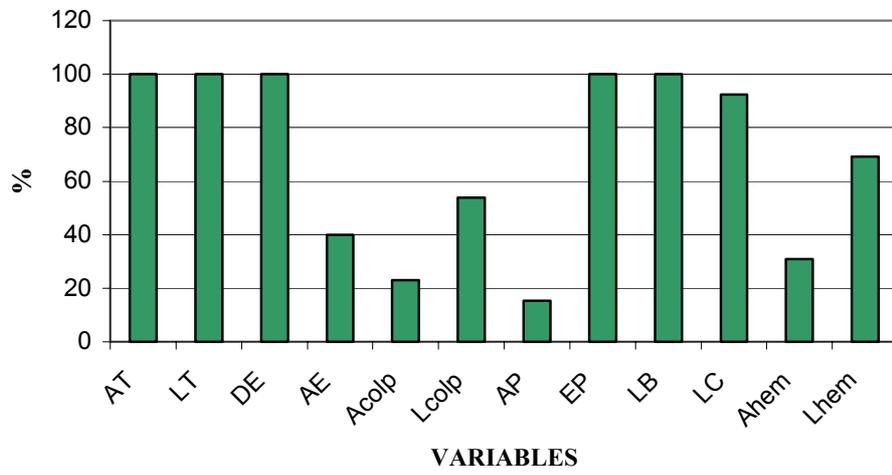


Figura 27. Variables altamente significativa en los tratamiento fresco y acetolizado.



8.4. DIFERENCIACIÓN DE LAS ESPECIES A PARTIR DE CARACTERÍSTICAS PALINOLÓGICAS

En el análisis estadístico, las especies se agruparon teniendo en cuenta su afinidad taxonómica y métrica de los granos de polen y similitud en las características morfológicas florales como longitud de corolas y color: se obtuvieron tres grupos a partir de los cuales se aplicó por separado la prueba t-Student con probabilidad $\alpha = 0.05$ como criterio límite para la prueba de hipótesis estadísticas.

Por cada grupo en general se realizó la comparación de las medias en cada una de las variables, evaluando de esta manera las diferencias estadísticamente significativas. De igual manera en cada grupo se analizó por parejas con la prueba t-student observando así las diferencias entre especies.

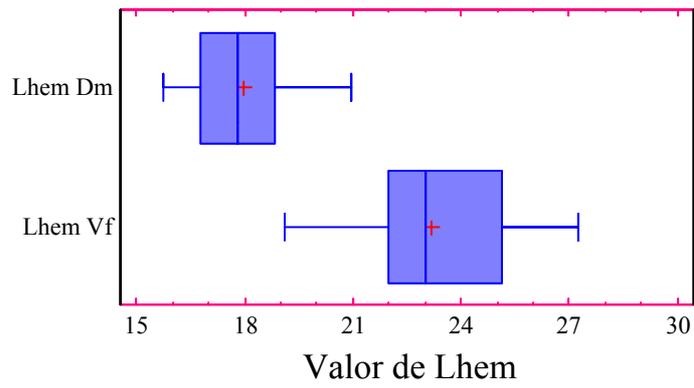
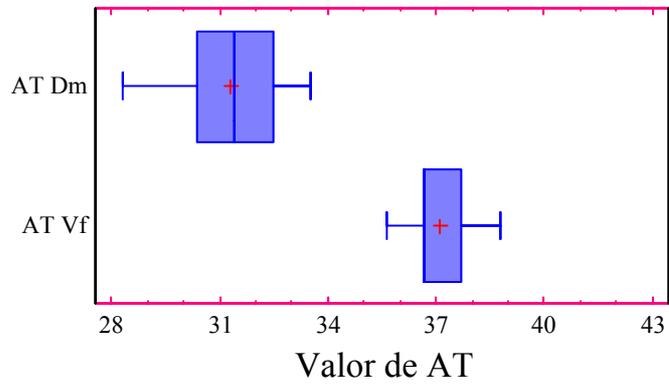
El primer grupo analizado lo conformaron las especies: *D. microphylla*, *P. prostrata*, *V. floribundum*, *D. codonanthum* y *D. acuminatum*. En este grupo todas las variables presentaron diferencias estadísticamente significativas a nivel general, sin embargo dentro del análisis realizado en parejas se observó semejanza en las variables de algunas especies (Anexo C).

En las parejas estudiadas se destacó *D. microphylla* y *V. floribundum* por tener en casi todas las variables (11) diferencias estadísticamente significativas, con valores de probabilidad igual a cero. (Figura 28) Esta pareja de especies es seguida por *D. microphylla* y *D. acuminatum* quienes en diez de sus variables son diferentes estadísticamente con valores altamente significativos (Anexo C).

Al obtenerse valores de cero o que se aproximen a este, dentro de las probabilidades estadísticas, hace entender que en el grupo hay características métricas que permiten diferenciar de manera clara y precisa una especie de otra a un alto nivel de confianza.

Sin embargo existen características que revelaron cierta semejanza entre algunas especies como es el caso de *D. codonanthum* y *D. acuminatum* (Anexo C), sobresaliendo AE por tener el valor de probabilidad mas alto ($t=0.0662$, $p=0.9473$).

Figura 28. Variables AT y Lhem con diferencias estadísticamente significativas en *D. microphylla* y *V. floribundum* en el tratamiento en fresco (ver página 62 para siglas)



Es importante referirse a las variables Acolp y Ahem por presentar la mayor diferencia estadísticamente significativa en la comparación con todas las especies de este grupo, donde los valores de probabilidad están muy por debajo del límite dado para la prueba estadística (0.05), constituyéndose en caracteres más importantes al momento de la identificación palinológica.

Dentro de las parejas *D. codonanthum* y *D. acuminatum* exhibieron semejanza en siete de las doce variables estudiadas, donde no se encontró diferencias estadísticamente significativas. Dentro de estas, AE es casi imposible diferenciarla por el alto grado de semejanza entre estas dos especies.

En las especies acetolizadas se realizó el mismo análisis que en las especies en fresco. Encontrando dos especies *P. prostrata* y *V. floribundum* que tuvieron diferencias en todas sus características, destacándose ocho caracteres por ser altamente significativos en los valores estadísticos ($p=0.0$). (Anexo D) (Figura 29).

En *D. microphylla* y *V. floribundum* se encontraron de igual manera variables altamente diferenciadas que fácilmente pueden ser utilizadas para su identificación, a excepción de Acolp quien presentó un grado de similaridad entre estas dos especies.

Las especies *D. codonanthum* y *D. acuminatum* fueron similares en siete de sus variables, no obstante se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el resto de las características estudiadas que pueden ser utilizadas para un análisis polínico.

En el análisis en Fresco y Acetolizados para este grupo se observó que *D. microphylla* y *V. floribundum* fueron las especies más diferentes métricamente en la mayoría de sus variables.

El segundo grupo está constituido por *G. glomerata*, *G. erecta*, *G. insipida*, *G. foliosa*, *G. arachnoidea* donde se observó diferencias relacionadas con sus características métricas.

Se destacan *G. glomerata* y *G. arachnoidea* por presentar la mayor disimilitud, donde todas las variables tuvieron diferencias estadísticas significativas con un valor de probabilidad inferior a 0.05, casi en su totalidad son altamente significativas; resaltando a LT, EP, LB, LC y Ahem, en las cuales debe centrarse la atención en el momento de la identificación. (Anexo E) (Figura 30).

Figura 29. Variables DE y AT con diferencias estadísticamente significativas en *P. prostrata* y *V. floribundum* en el tratamiento de acetólisis (ver página 62 para siglas)

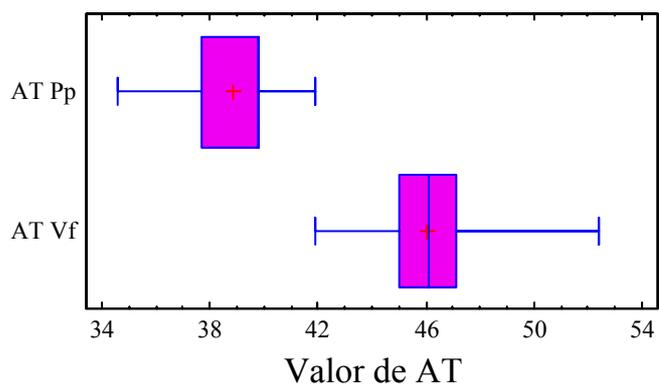
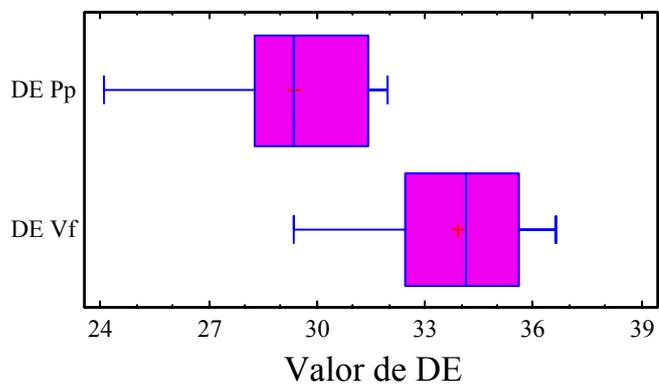
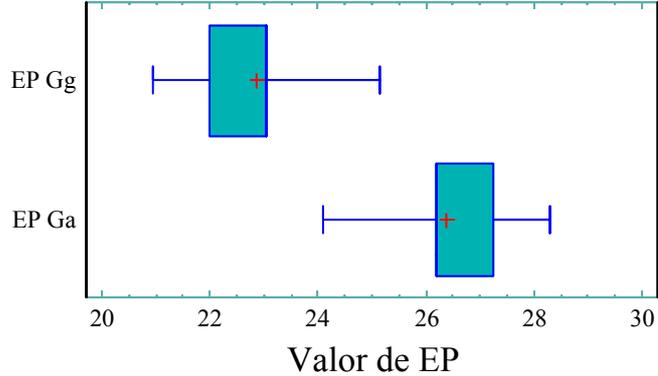
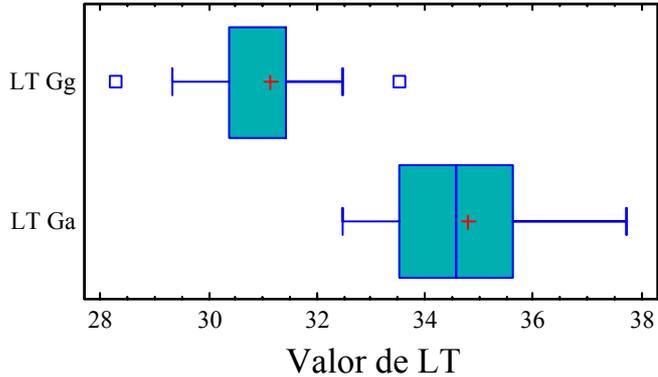


Figura 30. Variables LT y EP con diferencias estadísticamente significativas en *G. glomerata* y *G. arachnoidea* en el tratamiento en fresco (ver página 62 para siglas)



Otra pareja de especies importantes fue *G. glomerata* y *G. erecta* quienes presentaron diferencias altamente significativas en siete de sus variables (Anexo E); sin embargo en la variable Lcolp no hay diferencias estadísticamente significativas, es decir que esta característica conservó una similitud en las dos especies, siendo poco útil su uso dentro del reconocimiento de los granos de polen.

De igual manera observó que en cinco parejas de especies (Anexo E) hay cierto grado de semejanza asociado principalmente con la variable AE, sin existir diferencias estadísticamente significativas.

Según el análisis estadístico se puede decir que dentro del grupo *G. folilosa* y *G. arachnoidea* son especies que presentaron características polínicas muy similares, reduciendo la probabilidad para ser determinadas métricamente.

En el mismo grupo para acetolizadas se encontró que *G. erecta* y *G. folilosa* son las especies mas diferentes con ocho variables altamente significativas estadísticamente, aunque en dos características (Lcolp y Lhem) son similares, pueden ser diferenciadas fácilmente (Anexo F) (Figura 31).

En *G. folilosa* y *G. insipida* sus variables también fueron diferentes estadísticamente a excepción de una variable (Lcolp), que en todos las parejas de especies no logra diferenciarse métricamente entre los palinomorfos.

Entre las variables se destacó a Ahem y LB por presentar diferencias estadísticamente significativa en todas las especies, siendo en términos generales características relevantes para la diferenciación de estos granos de polen.

En el último grupo formado por *C. bracteata*, *M. rupestris*, *B. mathewsii* y *B. resinosa*, se encontró a *C. bracteata* y *B. resinosa* mostrando un gran número de variables (10) con diferencias estadísticamente significativas, lo que permite afirmar que fueron las especies de menor afinidad y sus características pueden ser utilizadas como herramientas de reconocimiento en los estudios palinológicos (Anexo G) (Figura 32).

C. bracteata y *M. rupestris* fue otra pareja que presentó diferencias estadísticamente significativas en sus características métricas para ocho de sus variables, sin embargo fueron similares en dos de ellas (AE, Ahem) que pasarían a un segundo plano en el momento de realizar una determinación (Anexo G).

Figura 31. Variables AT y EP con diferencias estadísticamente significativas en *G. erecta* y *G. folilosa* en el tratamiento de acetólisis (ver página 62 para siglas).

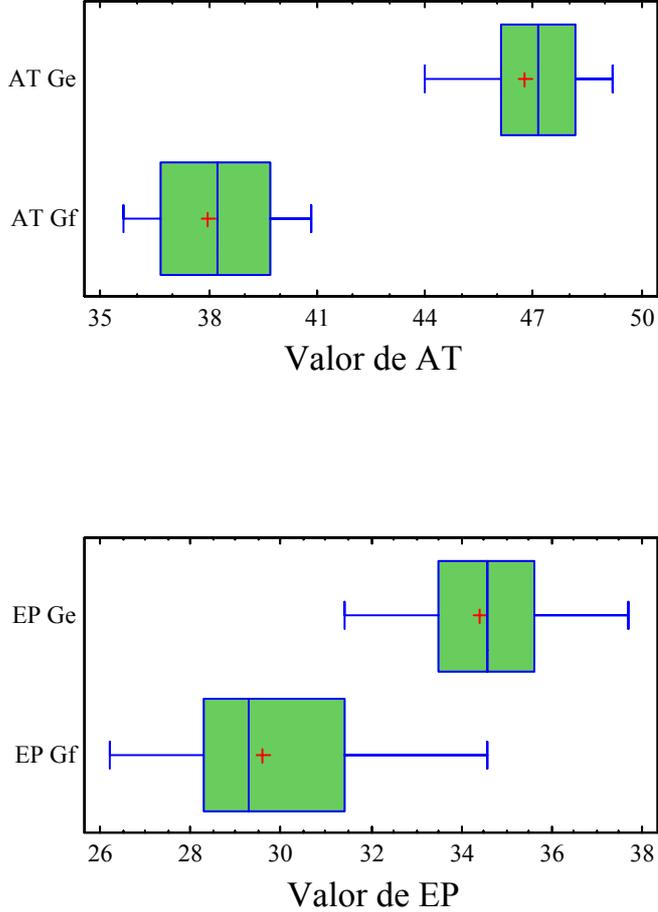
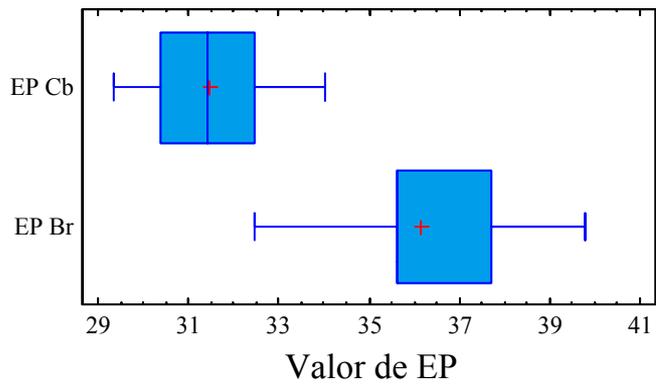
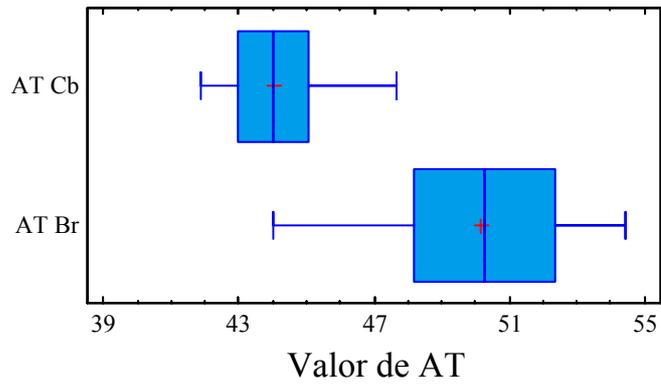


Figura 32. Variables AT y EP con diferencias estadísticamente significativas en *C. bracteata* y *B. resinosa* en el tratamiento en fresco (ver página 62 para siglas).



Por otro lado la variable AE para todas las especies estudiadas en este grupo, no tuvo una importancia relevante en el momento del análisis métrico pues sus valores no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

Para las especies acetolizadas se observó que *M. rupestris* y *B. mathewsii* presentaron mayor diferencia entre sus características métricas, que permanecen por debajo del valor límite de la prueba estadística (0.05); aunque dos de sus variables (LT y DE) están por encima de este límite, haciendo evidente cierta semejanza entre estas dos especies (Anexo H) (Figura 33).

De todas las variables analizadas Lhem fue la única que presentó diferencias estadísticamente significativas en todas las especies, mostrando que dentro de esta variable no existen grados de similitud entre los palinomorfos estudiados en este grupo (Anexo H).

De manera general es importante afirmar que tanto en las muestras en fresco como acetolizadas las variables presentan diferencias estadísticamente significativas y aunque se registraron las que presentaron mayor relevancia según nuestro criterio, todas las características métricas tienen un interés importante a la hora de la determinación de los granos de polen.

Al realizar un análisis de todas las especies en fresco y sus variables se observó que todas las características presentaron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo en casos como LT, EP y AT hubo diferencias altamente significativas con un porcentaje de 65.38%, 65.38% y 61.53% respectivamente, constituyéndose en las más importantes para las especies en este tratamiento. Mientras que AE en pocas especies puede utilizarse como herramienta para la determinación del grano de polen al mostrar un porcentaje significativo muy bajo (3.84%) (Figura 34).

De igual manera, en todas las variables de las especies acetolizadas hay diferencias estadísticamente significativas, donde las variables LC, Lhem (54.54%), AT y LB (50%) son las de mayor porcentaje, a partir de las cuales se puede identificar fácilmente los palinomorfos. La variable Acolp es la de menor porcentaje (18.18%), aunque puede ser utilizada en la identificación de algunas especies en particular (Figura 35).

Figura 33. Variables Lhem y LC con diferencias estadísticamente significativas en *M. rupestris* y *B. mathewsii* en el tratamiento de acetólisis (ver página 62 para siglas)

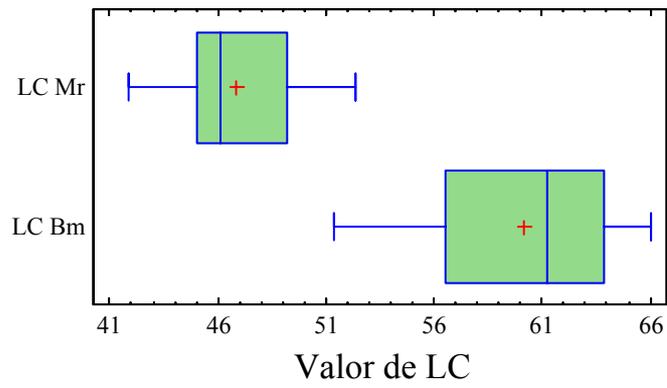
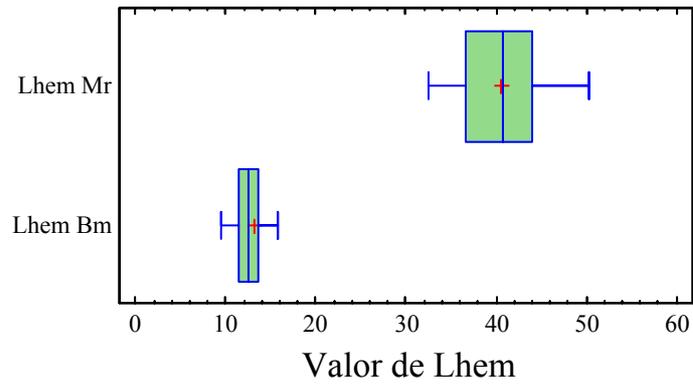


Figura 34. Variables altamente significativas en las especies con tratamiento en fresco .

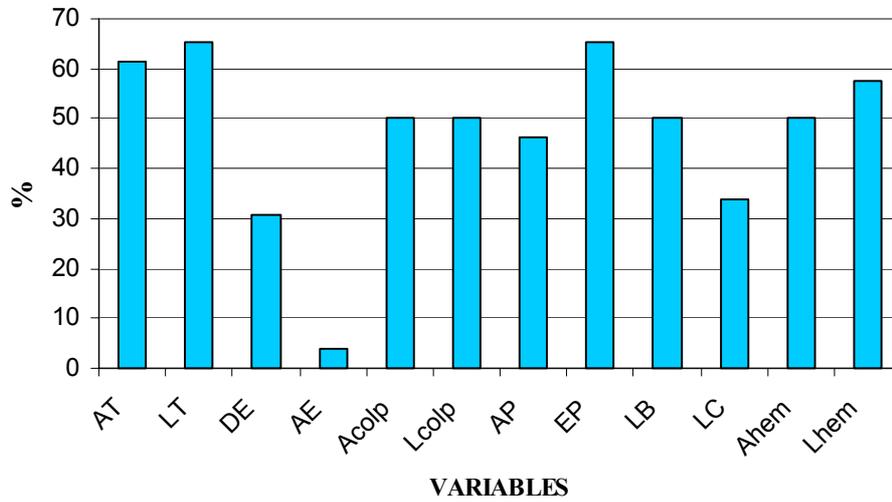
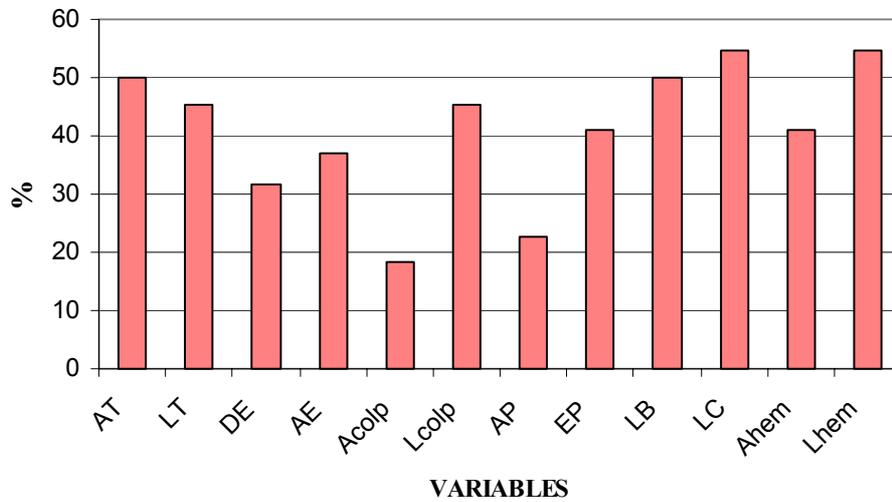
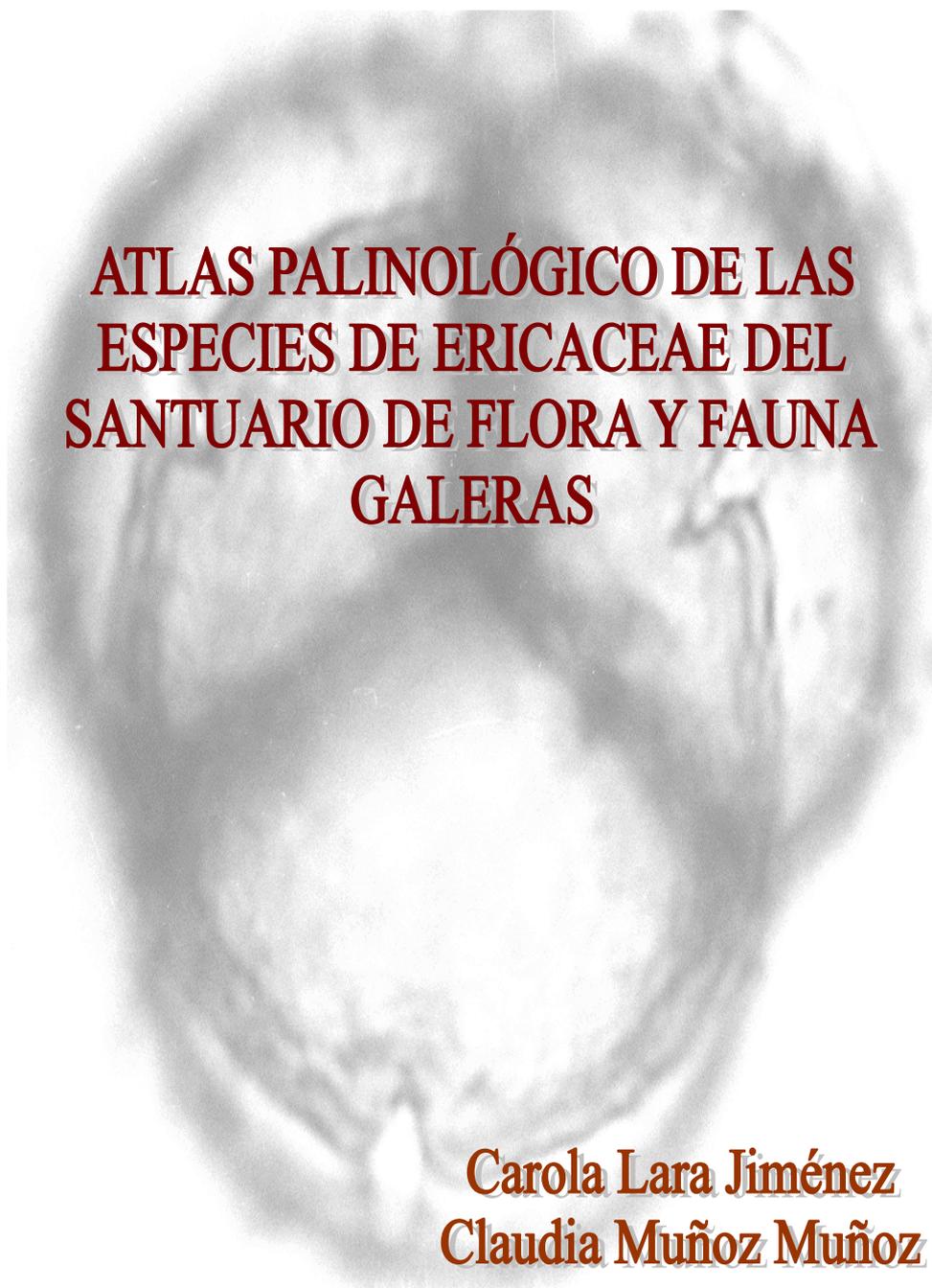


Figura 35. Variables altamente significativas en las especies con tratamiento acetolizado.





**ATLAS PALINOLÓGICO DE LAS
ESPECIES DE ERICACEAE DEL
SANTUARIO DE FLORA Y FAUNA
GALERAS**

**Carola Lara Jiménez
Claudia Muñoz Muñoz**

9.1. CLAVES PARA DIFERENCIAR LOS GRANOS POLEN EN FRESCO DE LAS ESPECIES DE ERICACEAE

1a. Colpos bifurcados.....	2
1b. Colpos no bifurcados.....	3
2a. Ahem 4.084 ± 0.08	<i>Vaccinium floribundum</i>
2b. Ahem 2.03 ± 0.076	<i>Disterigma acuminatum</i>
3a. Tétrada con ámbito circular.....	4
3b. Tétrada con ámbito triangular.....	7
4a. Escultura Rugulada; DE= 23.13 ± 0.31 ; EP= 22.86 ± 0.16 Lhem= 17.08 ± 0.25	<i>Gaultheria glomerata</i>
4b. Esculturación Reticulada.....	5
5a. IAP=0.50; AT= 36.55 ± 0.22 ; LT= 37.18 ± 0.28 ; DE= 27.26 ± 0.27	<i>Gaultheria insipida</i>
5b. IAP entre 0.32 - 0.35.....	6
6a. Lcolp= 8.46 ± 0.19 ; EP= 25.73 ± 0.19 ; Lhem= 20.0 ± 0.23 ; macroreticulada.....	<i>Gaultheria foliolosa</i>
6b. DE= 24.82 ± 0.32 ; Acolp= 4.39 ± 0.15 ; EP= 23.307 ± 0.138 ; Ahem= 3.82 ± 0.21 ; Lhem= 19.20 ± 0.31	<i>Pernettya prostrata</i>
7a. Poros inconspicuos.....	8
7b. Poros conspicuos.....	9
8a. LT= 51.95 ± 0.044 ; DE= 38.23 ± 0.45 ; EP= 36.62 ± 0.406 ; Lhem= 33.902 ± 0.62 ; IAP=0.20.....	<i>Macleania rupestris</i>
8b. LT= 34.81 ± 0.25 ; DE= 25.94 ± 0.28 ; EP= 26.36 ± 0.21 ; LB= 34.83 ± 0.24 ; Lhem= 16.19 ± 0.26 ; IAP=0.55.....	<i>Gaultheria arachnoidea</i>
9a. Área polar grande.....	10
9b. Área polar mediana.....	11
10a. Lhem= 13.37 ± 0.35 ; LT= 47.43 ± 0.33 ; DE= 35.97 ± 0.31 ; EP= 34.82 ± 0.501 ; LB= 47.10 ± 0.49 ; Ahem= 3.98 ± 0.11	<i>Bejaria mathewsii</i>
10b. Lhem= 17.08 ± 0.65 ; LT= 44.31 ± 0.302 ; DE= 33.49 ± 0.51 ; EP= 31.45 ± 0.22 ; LB= 44.24 ± 0.27 ; Ahem= 3.41 ± 0.106	<i>Cavendishia bracteata</i>
10c. Lhem= 19.13 ± 0.52 ; LT= 51.25 ± 0.37 ; DE= 35.404 ± 0.31 ; EP= 36.13 ± 1.41 ; LB= 52.27 ± 0.77 ; Ahem= 4.83 ± 0.12	<i>Bejaria resinosa</i>

- 11a. AT=35.92 ± 0.24; LT=35.21 ± 0.35; DE=26.64 ± 0.28; EP=25.75 ± 0.17;
 LB=35.14 ± 0.37; Ahem=3.23 ± 0.11; Lhem=21.40 ± 0.25.....
*Disterigma codonanthum*
- 11b. AT entre 31.29 ± 0.28 y 32.85 ± 0.36..... 12
- 12a. Lhem=17.94 ± 0.27; LT=30.45 ± 0.29; DE=22.93 ± 0.24;
 EP=22.10 ± 0.203; LB=31 ± 0.22; Ahem=3.07 ± 0.94.....
*Disterigma microphylla*
- 12b. Lhem=14.34 ± 0.28; LT=33.44 ± 0.49; DE=24.65 ± 0.42;
 EP=24.41 ± 0.21; LB=32.97 ± 0.28; Ahem=2.509 ± 0.088.....*Gaultheria erecta*

AT=ancho de la tétrada; LT=largo de la tétrada; DE=diámetro ecuatorial en vista polar; AE=ancho de la exina; EP=eje polar en vista ecuatorial; Ahem=ancho del hemicolporo; Lhem=largo del hemicolporo; IAP=índice de área polar.

9.2. CLAVES PARA DIFERENCIAR LOS GRANOS DE POLEN ACETOLIZADOS DE LAS ESPECIES DE ERICACEAE

1a. Colpos bifurcados.....	2
1b. Colpos no bifurcados.....	3
2a. Ahem 3.86 ± 0.12	<i>Vaccinium floribundum</i>
2b. Ahem 2.35 ± 0.089	<i>Disterigma acuminatum</i>
3a. Tétrada con ámbito circular.....	4
3b. Tétrada con ámbito triangular.....	7
4a. Escultura Rugulada; DE= 32.15 ± 0.302 ; EP= 31.807 ± 0.23 ; LB= 43.19 ± 0.24 ; LC= 41.79 ± 0.65 ; Lhem= 23.84 ± 0.36	<i>Gaultheria glomerata</i>
4b. Esculturación Reticulada.....	5
5a. IAP=0.46; AT= 44.65 ± 0.44 ; LT= 44.55 ± 0.47 DE= 32.01 ± 0.46 ; LB= 45.11 ± 0.52 ; LC= 43.19 ± 0.39	<i>Gaultheria insipida</i>
5b. IAP entre 0.36 - 0.37.....	6
6a. Lcolp= 9.84 ± 0.23 ; EP= 29.57 ± 0.38 ; LB= 38.61 ± 0.044 ; LC= 36.45 ± 0.61 ; Lhem= 21.19 ± 0.49 ; macroreticulada.....	<i>Gaultheria foliosa</i>
6b. DE= 29.38 ± 0.34 ; Acolp= 2.96 ± 0.046 ; EP= 29.29 ± 0.25 ; LB= 38.72 ± 0.38 ; LC= 39.07 ± 0.49 ; Ahem= 2.29 ± 0.065 ; Lhem= 20.37 ± 0.22	<i>Pernettya prostrata</i>
7a. AT entre 60.63 – 65.08.....	8
7b. AT entre 41.91 – 47.61.....	10
8a. Aberturas muy largas; Lcolp= 17.10 ± 0.39 ; Lhem= 40.53 ± 0.81 ; Ahem= 3.26 ± 0.12 ; DE= 44.52 ± 0.59 ; EP= 44.38 ± 0.49 ; LB= 64.35 ± 0.75 ; LC= 46.85 ± 0.53	<i>Macleania rupestris</i>
8b. Aberturas cortas, Área polar grande.....	9
9a. Lcolp= 5.32 ± 0.18 ; Lhem= 13.09 ± 0.41 ; Ahem= 4.08 ± 0.103 ; LT= 61.76 ± 0.79 ; DE= 43.66 ± 0.57 ; LB= 62.03 ± 0.59 ; LC= 60.16 ± 0.74 ; EP= 42.19 ± 0.44	<i>Bejaria mathewsii</i>
9b. Lcolp= 8.31 ± 0.33 ; Lhem= 20.77 ± 0.36 ; Ahem= 4.38 ± 0.13 ; LT= 64.17 ± 0.56 ; DE= 45.67 ± 0.55 ; LB= 65.36 ± 0.68 ; LC= 62.04 ± 0.72 ; EP= 44.18 ± 0.43	<i>Bejaria resinosa</i>
9c. Lcolp= 8.17 ± 0.24 ; Lhem= 26.64 ± 0.44 ; Ahem= 3.64 ± 0.17 :	

- LT=63.58 ± 0.603; DE=43.76 ± 0.73; LB=62.85 ± 0.74;
 LC=56.72 ± 0.77; EP=42.66 ± 0.45.....*Cavendishia bracteata*
- 10a. LT=42.30 ± 0.41; DE=30.21 ± 0.45; EP=29.97 ± 0.24;
 Ahem=2.98 ± 0.090; Lhem=21.64 ± 0.37 ; LB=41.84 ± 0.36;
 LC=39.402 ± 0.55.....*Disterigma microphylla*
- 10b. LT=47.13 ± 0.35; DE=34.67 ± 0.33; EP=34.42 ± 0.32;
 LB=45.49 ± 0.30; LC=44.24 ± 0.42; Ahem=3.78 ± 0.11;
 Lhem=22.27 ± 0.25.....*Gaultheria erecta*
- 10c. LT=47.52 ± 0.33; DE=34.26 ± 0.31; EP=33.86 ± 0.21;
 LB=48.55 ± 0.44; LC=47.401 ± 0.406; Ahem=2.97 ± 0.105;
 Lhem=25.94 ± 0.35.....*Disterigma codonanthum*

AT=ancho de la tétada; LT=largo de la tétada; DE=diámetro ecuatorial en vista polar; AE=ancho de la exina; EP=eje polar en vista ecuatorial; Ahem=ancho del hemicolporo; Lhem=largo del hemicolporo; IAP=índice de área polar.

9.3. DESCRIPCIÓN MORFOMÉTRICA DE LOS GRANOS DE POLEN EN FRESCO Y ACETOLIZADOS DE LAS ESPECIES DE ERICACEAE

Los granos de polen se describieron teniendo en cuenta los dos tratamientos aplicados, en el primer lugar se presenta en fresco seguida de misma especie acetolizada.

Disterigma microphylla

Tratamiento: Fresco (100x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito triangular de lados convexos en vista polar; monada: ámbito circular.

Tipo polínico: pequeño.

Aberturas: zonotricolporados, poros conspicuos, colpos largos

Exina: reticulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar

Medidas: mónada: DE = 22.93 ± 0.24 ; EP = 22.10 ± 0.203 ; IAP = 0.42 (área polar mediana); exina: AE = 2.03 ± 0.021 ; tétrada en vista polar: AT = 31.29 ± 0.28 ; LT = 30.45 ± 0.29 ; Acolp = 3.13 ± 0.101 ; Lcolp = 5.96 ± 0.11 ; AP = 2.33 ± 0.073 ; tétrada en vista ecuatorial: LB = 31 ± 0.22 ; LC = 30.58 ± 0.25 ; Ahem = 3.07 ± 0.094 ; Lhem = 17.94 ± 0.27 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3450m, 11-11-02, Lara & Muñoz, 104. Placa palinológica: HPSO 1

Figura 36.

Disterigma microphylla

Tratamiento: Acetolizado (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: DE = 30.21 ± 0.45 ; EP = 29.97 ± 0.24 ; IAP = 0.49 (área polar mediana); exina: AE = 2.56 ± 0.081 ; tétrada en vista polar: AT = 41.91 ± 0.36 ; LT = 42.30 ± 0.41 ; Acolp = 3.45 ± 0.108 ; Lcolp = 6.87 ± 0.12 ; AP = 3.23 ± 0.088 ; tétrada en vista ecuatorial: LB = 41.84 ± 0.36 ; LC = 39.40 ± 0.55 ; Ahem = 2.98 ± 0.090 ; Lhem = 21.64 ± 0.37 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3450m, 30-01-03, Lara & Muñoz, 130. Placa palinológica: HPSO 123

Figura 36.

Pernettya prostrata

Tratamiento: Fresco (100x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito circular en vista polar; mónada: ámbito circular.

Tipo polínico: pequeño.

Aberturas: zonotricolporados, poros conspicuos, colpos largos

Exina: microreticulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar

Medidas: mónada: $DE = 24.82 \pm 0.32$; $EP = 23.307 \pm 0.138$; $IAP = 0.32$ (área polar mediana); exina: $AE = 2.07 \pm 0.031$; tétrada en vista polar: $AT = 31.38 \pm 0.34$; $LT = 30.88 \pm 0.34$; $Acolp = 4.39 \pm 0.15$; $Lcolp = 7.96 \pm 0.16$; $AP = 3.62 \pm 0.13$; tétrada en vista ecuatorial: $LB = 30.65 \pm 0.19$; $LC = 30.12 \pm 0.29$; $Ahem = 3.82 \pm 0.21$; $Lhem = 19.20 \pm 0.31$.

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3790m, 27-01-02, Lara & Muñoz, 118. Placa palinológica: HPSO 13

Figura 37.

Pernettya prostrata

Tratamiento: Acetolizado (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: $DE = 29.38 \pm 0.34$; $EP = 29.29 \pm 0.25$; $IAP = 0.36$ (área polar mediana); exina: $AE = 2.09 \pm 0.03$; tétrada en vista polar: $AT = 38.84 \pm 0.35$; $LT = 39.92 \pm 0.27$; $Acolp = 2.96 \pm 0.046$; $Lcolp = 7.52 \pm 0.16$; $AP = 2.86 \pm 0.072$; tétrada en vista ecuatorial: $LB = 38.72 \pm 0.38$; $LC = 39.07 \pm 0.49$; $Ahem = 2.29 \pm 0.065$; $Lhem = 20.37 \pm 0.22$.

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3750m, 11-08-03, Lara & Muñoz. Placa palinológica: HPSO 132

Figura 37.

Vaccinium floribundum

Tratamiento: Fresco (40x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito triangular de lados convexos en vista polar; mónada: ámbito circular.

Tipo polínico: mediano.

Aberturas: zonotricolporados, poros conspicuos, colpos largos bifurcados en la parte apical.

Exina: reticulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar

Medidas: mónada: $DE = 28.28 \pm 0.29$; $EP = 27.54 \pm 0.25$; $IAP = 0.32$ (área polar mediana); exina: $AE = 1.83 \pm 0.044$; tétrada en vista polar: $AT = 37.08 \pm 0.22$; $LT = 35.94 \pm 0.204$; $Acolp = 4.75 \pm 0.11$; $Lcolp = 8.76 \pm 0.13$; $AP = 4.23 \pm 0.092$; tétrada en vista ecuatorial: $LB = 36.11 \pm 0.28$; $LC = 35.50 \pm 0.34$; $Ahem = 4.08 \pm 0.08$; $Lhem = 23.19 \pm 0.407$.

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3820m, 11-11-02, Lara & Muñoz, 114. Placa palinológica: HPSO 23

Figura 38.

Vaccinium floribundum

Tratamiento: Acetolizado (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: $DE = 33.94 \pm 0.34$; $EP = 34.67 \pm 0.34$; $IAP = 0.33$ (área polar mediana); exina: $AE = 1.76 \pm 0.041$; tétrada en vista polar: $AT = 46.02 \pm 0.35$; $LT = 47.03 \pm 0.34$; $Acolp = 3.62 \pm 0.085$; $Lcolp = 9.74 \pm 0.205$; $AP = 3.73 \pm 0.085$; tétrada en vista ecuatorial: $LB = 47.67 \pm 0.509$; $LC = 45.77 \pm 0.51$; $Ahem = 3.86 \pm 0.12$; $Lhem = 28.03 \pm 0.44$

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3820m, 30-01-03, Lara & Muñoz. Placa palinológica: HPSO 143
Figura 38.

Disterigma codonanthum

Tratamiento: Fresco (40x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito triangular de lados convexos en vista polar; mónada: ámbito triangular de lados convexos.

Tipo polínico: mediano.

Aberturas: zonotricolporados, poros conspicuos, colpos largos.

Exina: reticulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar

Medidas: mónada: DE = 26.64 ± 0.28 ; EP = 25.75 ± 0.17 ; IAP = 0.37 (área polar mediana); exina: AE = 1.84 ± 0.047 ; tétrada en vista polar: AT = 35.92 ± 0.24 ; LT = 35.21 ± 0.35 ; Acolp = 3.63 ± 0.090 Lcolp = 7.72 ± 0.15 ; AP = 3.0 ± 0.102 ; tétrada en vista ecuatorial: LB = 35.14 ± 0.37 ; LC = 34.42 ± 0.406 ; Ahem = 3.23 ± 0.11 ; Lhem = 21.40 ± 0.25 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3460m, 11-11-02, Lara & Muñoz, 111. Placa palinológica: HPSO 29
Figura 39.

Disterigma codonanthum

Tratamiento: Acetolizado (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: DE = 34.26 ± 0.31 ; EP = 33.86 ± 0.21 ; IAP = 0.40 (área polar mediana); exina: AE = 2.01 ± 0.047 ; tétrada en vista polar: AT = 47.61 ± 0.28 ; LT = 47.52 ± 0.33 ; Acolp = 3.208 ± 0.101 ; Lcolp = 8.55 ± 0.24 ; AP = 3.36 ± 0.090 ; tétrada en vista ecuatorial: LB = 48.55 ± 0.44 ; LC = 47.40 ± 0.406 ; Ahem = 2.97 ± 0.105 ; Lhem = 25.94 ± 0.35 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3460m, 30-01-03, Lara & Muñoz. Placa palinológica: HPSO 143
Figura 39.

Gaultheria glomerata

Tratamiento: Fresco (100x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito circular en vista polar; mónada: ámbito circular.

Tipo polínico: pequeño.

Aberturas: zonotricolporados, poros conspicuos, colpos largos.

Exina: rugulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar

Medidas: mónada: DE = 23.13 ± 0.31 ; EP = 22.86 ± 0.16 ; IAP = 0.39 (área polar mediana); exina: AE = 1.58 ± 0.086 ; tétrada en vista polar: AT = 31.33 ± 0.31 ; LT = 31.14 ± 0.19 ; Acolp = 4.75 ± 0.11 ; Lcolp = 8.76 ± 0.13 ; AP = 4.23 ± 0.092 ; tétrada en vista ecuatorial: LB = 30.54 ± 0.301 ; LC = 28.45 ± 0.301 ; Ahem = 5.19 ± 0.11 ; Lhem = 17.08 ± 0.25 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3510m, 24-10-02, Lara & Muñoz, 93 . Placa palinológica: HPSO 32
Figura 40.

Gaultheria glomerata

Tratamiento: Acetolizados (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: DE = 32.15 ± 0.302 ; EP = 31.807 ± 0.23 ; IAP = 0.36 (área polar mediana); exina: AE = 2.09; tétrada en vista polar: AT = 43.89 ± 0.24 ; LT = 44.10 ± 0.29 ; Acolp = 3.55 ± 0.118 ; Lcolp = 9.92 ± 0.18 ; AP = 3.21 ± 0.048 ; tétrada en vista ecuatorial: LB = 43.19 ± 0.24 ; LC = 41.79 ± 0.65 ; Ahem = 3.42 ± 0.086 ; Lhem = 23.84 ± 0.36 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3510m, 11-08-03, Lara & Muñoz. Placa palinológica: HPSO 157
Figura 40.

Gaultheria erecta

Tratamiento: Fresco (40x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito triangular de lados convexos en vista polar; mónada: ámbito circular.

Tipo polínico: pequeño.

Aberturas: zonotricolporados, poros conspicuos, colpos largos.

Exina: macroreticulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar

Medidas: mónada: DE = 24.65 ± 0.42 ; EP = 24.41 ± 0.21 ; IAP = 0.41 (área polar mediana); exina: AE = 2.03 ± 0.208 ; tétrada en vista polar: AT = 32.85 ± 0.36 ; LT = 33.44 ± 0.49 ; Acolp = 2.83 ± 0.0903 ; Lcolp = 6.37 ± 0.207 ; AP = 2.82 ± 0.092 ; tétrada en vista ecuatorial: LB = 32.97 ± 0.28 ; LC = 31.63 ± 0.34 ; Ahem = 2.509 ± 0.088 ; Lhem = 14.34 ± 0.28 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3510m, 24-10-02, Lara & Muñoz, 941. Placa palinológica: HPSO 38
Figura 41.

Gaultheria erecta

Tratamiento: Acetolizados (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: DE = 34.67 ± 0.33 ; EP = 34.42 ± 0.32 ; IAP = 0.40 (área polar mediana); exina: AE = 2.63 ± 0.092 ; tétrada en vista polar: AT = 46.76 ± 0.24 ; LT = 47.13 ± 0.35 ; Acolp = 4.55 ± 0.13 ; Lcolp = 9.45 ± 0.19 ; AP = 3.99 ± 0.11 ; tétrada en vista ecuatorial: LB = 45.49 ± 0.30 ; LC = 44.24 ± 0.42 ; Ahem = 3.78 ± 0.11 ; Lhem = 22.27 ± 0.25 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3510m, 11-08-03, Lara & Muñoz. Placa palinológica: HPSO 163
Figura 41.

Gaultheria insipida

Tratamiento: Fresco (40x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito circular en vista polar; mónada: ámbito circular.

Tipo polínico: mediano.

Aberturas: zonotricolporados, poros conspicuos, colpos largos.

Exina: reticulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar

Medidas: mónada: DE = 27.26 ± 0.27 ; EP = 26.36 ± 0.21 ; IAP = 0.50 (área polar mediana); exina: AE = 1.95 ± 0.042 ; tétrada en vista polar: AT = 36.55 ± 0.22 ; LT = 37.18 ± 0.28 ; Acolp = 4.49 ± 0.12 ; Lcolp = 6.32 ± 0.18 ; AP = 4.19 ± 0.14 ; tétrada en vista ecuatorial: LB = 35.05 ± 0.25 ; LC = 31.42 ± 0.34 ; Ahem = 4.01 ± 0.104 ; Lhem = 18.59 ± 0.35 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3370m, 26-11-02, Lara & Muñoz, 117. Placa palinológica: HPSO 51

Figura 42.

Gaultheria insipida

Tratamiento: Acetolizados (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: DE = 32.01 ± 0.46 ; EP = 32.54 ± 0.29 ; IAP = 0.46 (área polar mediana); exina: AE = 2.85 ± 0.082 ; tétrada en vista polar: AT = 44.65 ± 0.44 ; LT = 44.55 ± 0.47 ; Acolp = 4.35 ± 0.14 ; Lcolp = 9.40 ± 0.35 ; AP = 4.22 ± 0.14 ; tétrada en vista ecuatorial: LB = 45.11 ± 0.52 ; LC = 43.19 ± 0.39 ; Ahem = 4.58 ± 0.15 ; Lhem = 23.04 ± 0.27 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3370m, 30-01-03, Lara & Muñoz. Placa palinológica: HPSO 167

Figura 42.

Gaultheria foliolosa

Tratamiento: Fresco (40x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito circular en vista polar; mónada: ámbito circular o triangular de lados convexos.

Tipo polínico: mediano.

Aberturas: zonotricolporados, poros conspicuos, colpos largos.

Exina: macroreticulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar

Medidas: mónada: DE = 26.36 ± 0.28 ; EP = 25.73 ± 0.19 ; IAP = 0.35 (área polar mediana); exina: AE = 1.86 ± 0.074 ; tétrada en vista polar: AT = 34.63 ± 0.22 ; LT = 34.98 ± 0.19 ; Acolp = 4.25 ± 0.085 ; Lcolp = 8.46 ± 0.19 ; AP = 4.08 ± 0.091 ; tétrada en vista ecuatorial: LB = 34.63 ± 0.206 ; LC = 32.95 ± 0.24 ; Ahem = 4.01 ± 0.101 ; Lhem = 20.0 ± 0.23 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3790m, 11-11-02, Lara & Muñoz, 110. Placa palinológica: HPSO 59

Figura 43.

Gaultheria foliolosa

Tratamiento: Acetolizados (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: $DE = 30.20 \pm 0.45$; $EP = 29.57 \pm 0.38$; $IAP = 0.37$ (área polar mediana);
exina: $AE = 2.15 \pm 0.032$; tétrada en vista polar: $AT = 37.98 \pm 0.29$; $LT = 40.18 \pm 0.36$;
 $Acolp = 3.57 \pm 0.103$; $Lcolp = 9.84 \pm 0.23$; $AP = 3.38 \pm 0.089$; tétrada en vista ecuatorial:
 $LB = 38.61 \pm 0.044$; $LC = 36.45 \pm 0.61$; $Ahem = 2.68 \pm 0.108$; $Lhem = 21.19 \pm 0.49$.

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3790m, 11-11-02, Lara & Muñoz, 110. Placa palinológica: HPSO 118

Figura 43.

Cavendishia bracteata

Tratamiento: Fresco (40x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito triangular de lados convexos en vista polar;
mónada: ámbito circular.

Tipo polínico: mediano.

Aberturas: zonotricolporados, poros conspicuos, colpos cortos.

Exina: macroreticulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar

Medidas: mónada: $DE = 33.49 \pm 0.51$; $EP = 31.45 \pm 0.22$; $IAP = 0.54$ (área polar grande);
exina: $AE = 2.05 \pm 0.045$; tétrada en vista polar: $AT = 44.01 \pm 0.35$; $LT = 44.31 \pm 0.302$;
 $Acolp = 3.88 \pm 0.103$; $Lcolp = 5.45 \pm 0.18$; $AP = 3.88 \pm 0.11$; tétrada en vista ecuatorial:
 $LB = 44.24 \pm 0.27$; $LC = 42.80 \pm 0.31$; $Ahem = 3.41 \pm 0.106$; $Lhem = 17.08 \pm 0.65$.

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3320m, 30-01-03, Lara & Muñoz, 124. Placa palinológica: HPSO 62

Figura 44.

Cavendishia bracteata

Tratamiento: Acetolizados (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: $DE = 43.76 \pm 0.73$; $EP = 42.66 \pm 0.45$; $IAP = 0.53$ (área polar grande);
exina: $AE = 2.21 \pm 0.06$; tétrada en vista polar: $AT = 63.01 \pm 0.55$; $LT = 63.58 \pm 0.603$;
 $Acolp = 4.71 \pm 0.13$; $Lcolp = 8.17 \pm 0.24$; $AP = 4.65 \pm 0.13$; tétrada en vista ecuatorial: $LB = 62.85 \pm 0.74$;
 $LC = 56.72 \pm 0.77$; $Ahem = 3.64 \pm 0.17$; $Lhem = 26.64 \pm 0.44$.

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3320m, 30-03-01, Lara & Muñoz. Placa palinológica: HPSO 194

Figura 44.

Macleania rupestris

Tratamiento: Fresco (40X)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito triangular de lados convexos en vista polar;
mónada: ámbito circular.

Tipo polínico: mediano.

Aberturas: zonotricolporados, poros inconspicuos, colpos muy largos y delgados.

Exina: macroreticulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar

Medidas: mónada: $DE = 38.23 \pm 0.45$; $EP = 36.62 \pm 0.406$; $IAP = 0.20$ (área polar pequeña); exina: $AE = 2.14 \pm 0.058$; tétrada en vista polar: $AT = 49.68 \pm 0.44$; $LT = 51.95 \pm 0.44$; $Acolp = 3.26 \pm 0.105$; $Lcolp = 14.27 \pm 0.29$; $AP = 3.29 \pm 0.11$; tétrada en vista ecuatorial: $LB = 50.806 \pm 0.48$; $LC = 37.49 \pm 0.44$; $Ahem = 3.64 \pm 0.11$; $Lhem = 33.902 \pm 0.62$.

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3300m, 30-01-03, Lara & Muñoz, 123. Placa palinológica: HPSO 75

Figura 45.

Macleania rupestris

Tratamiento: Acetolizados (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: $DE = 44.52 \pm 0.59$; $EP = 44.38 \pm 0.49$; $IAP = 0.23$ (área polar pequeña); exina: $AE = 2.56 \pm 0.091$; tétrada en vista polar: $AT = 65.08 \pm 0.88$; $LT = 63.99 \pm 0.708$; $Acolp = 3.41 \pm 0.12$; $Lcolp = 17.10 \pm 0.39$; $AP = 3.40 \pm 0.14$; tétrada en vista ecuatorial: $LB = 64.35 \pm 0.75$; $LC = 46.85 \pm 0.53$; $Ahem = 3.26 \pm 0.12$; $Lhem = 40.53 \pm 0.81$.

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3300m, 30-01-03, Lara & Muñoz, 123. Placa palinológica: HPSO 206

Figura 45.

Gaultheria arachnoidea

Tratamiento: Fresco (40x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito triangular de lados convexos en vista polar; mónada: ámbito circular a triangular de lados muy convexos.

Tipo polínico: mediano.

Aberturas: zonotricolporados, poros inconspicuos, colpos cortos.

Exina: macroreticulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar

Medidas: mónada: $DE = 25.94 \pm 0.28$; $EP = 26.36 \pm 0.21$; $IAP = 0.55$ (área polar grande); exina: $AE = 1.98 \pm 0.046$; tétrada en vista polar: $AT = 34.54 \pm 0.22$; $LT = 34.81 \pm 0.25$; $Acolp = 3.58 \pm 0.13$; $Lcolp = 5.809 \pm 0.14$; $AP = 3.33 \pm 0.12$; tétrada en vista ecuatorial: $LB = 34.83 \pm 0.24$; $LC = 32.75 \pm 0.27$; $Ahem = 3.34 \pm 0.14$; $Lhem = 16.19 \pm 0.26$.

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3650m, 24-10-02, Lara & Muñoz, 92. Placa palinológica: HPSO 81

Figura 46.

Bejaria mathewsii

Tratamiento: Fresco (40x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito triangular de lados convexos en vista polar; mónada: ámbito circular.

Tipo polínico: mediano.

Aberturas: zonotricolporados, poros conspicuos, colpos cortos, pueden ser bifurcados en la parte apical.

Exina: granulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar

Medidas: mónada: $DE = 35.97 \pm 0.31$; $EP = 34.82 \pm 0.501$; $IAP = 0.66$ (área polar grande); exina: $AE = 2.02 \pm 0.030$; tétrada en vista polar: $AT = 45.84 \pm 0.42$; $LT = 47.43 \pm 0.33$; $Acolp = 4.74 \pm 0.14$; $Lcolp = 4.22 \pm 0.105$; $AP = 4.49 \pm 0.14$; tétrada en vista ecuatorial: $LB = 47.10 \pm 0.49$; $LC = 44.34 \pm 0.52$; $Ahem = 3.98 \pm 0.11$; $Lhem = 13.37 \pm 0.35$.

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3240m, 30-01-03, Lara & Muñoz, 135. Placa palinológica: HPSO 105

Figura 47.

Bejaria mathewsii

Tratamiento: Acetolizados (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: $DE = 43.66 \pm 0.57$; $EP = 42.19 \pm 0.44$; $IAP = 0.67$ (área polar grande); exina: $AE = 2.809 \pm 0.069$; tétrada en vista polar: $AT = 60.63 \pm 0.604$; $LT = 61.76 \pm 0.79$; $Acolp = 4.22 \pm 0.16$; $Lcolp = 5.32 \pm 0.15$; $AP = 4.37 \pm 0.18$; tétrada en vista ecuatorial: $LB = 62.03 \pm 0.59$; $LC = 60.16 \pm 0.74$; $Ahem = 4.08 \pm 0.103$; $Lhem = 13.09 \pm 0.41$.

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3240m, 30-01-03, Lara & Muñoz, 135. Placa palinológica: HPSO 224

Figura 47.

Disterigma acuminatum

Tratamiento: Fresco (40x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito triangular de lados convexos en vista polar; mónada: ámbito circular.

Tipo polínico: mediano.

Aberturas: zonotricolporados, poros inconspicuos, colpos largos, bifurcados con estrechamiento en la zona apical.

Exina: granulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar.

Medidas: mónada: $DE = 26.06 \pm 0.36$; $EP = 25.38 \pm 0.25$; $IAP = 0.29$ (área polar mediana); exina: $AE = 1.84 \pm 0.065$; tétrada en vista polar: $AT = 36.34 \pm 0.23$; $LT = 36.52 \pm 0.27$; $Acolp = 2.39 \pm 0.073$; $Lcolp = 8.13 \pm 0.14$; $AP = 2.25 \pm 0.061$; tétrada en vista ecuatorial: $LB = 36.03 \pm 0.25$; $LC = 33.65 \pm 0.42$; $Ahem = 2.03 \pm 0.076$; $Lhem = 20.21 \pm 0.22$.

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-2240m, 30-01-03, Lara & Muñoz, 143. Placa palinológica: HPSO 112

Figura 48.

Disterigma acuminatum

Tratamiento: Acetolizados (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: DE = 32.36 ± 0.24 ; EP = 32.54 ± 0.34 ; IAP = 0.38 (área polar mediana);
exina: AE = 2.12 ± 0.035 ; tétrada en vista polar: AT = 46.79 ± 0.502 ; LT = 46.44 ± 0.44 ;
Acolp = 2.96 ± 0.14 ; Lcolp = 10.31 ± 0.38 ; AP = 2.96 ± 0.14 ; tétrada en vista ecuatorial:
LB = 48.11 ± 0.43 ; LC = 45.03 ± 0.58 ; Ahem = 2.35 ± 0.089 ; Lhem = 26.29 ± 0.66 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3240m, 30-01-03, Lara & Muñoz, 143. Placa palinológica: HPSO 230

Figura 48.

Bejaria resinosa

Tratamiento: Fresco (40x)

Forma: tétradas tetrahedrales con ámbito triangular de lados convexos en vista polar;
mónada: ámbito circular.

Tipo polínico: mediano.

Aberturas: zonotricolporados, poros conspicuos, colpos cortos.

Exina: macroreticulada.

Simetría: radiosimétrica isopolar.

Medidas: mónada: DE = 35.404 ± 0.31 ; EP = 36.13 ± 1.41 ; IAP = 0.60 (área polar grande);
exina: AE = 2.107 ± 0.044 ; tétrada en vista polar: AT = 50.17 ± 0.47 ; LT = 51.25 ± 0.37 ;
Acolp = 5.11 ± 0.102 ; Lcolp = 5.88 ± 0.16 ; AP = 5.03 ± 0.099 ; tétrada en vista ecuatorial:
LB = 52.27 ± 0.77 ; LC = 49.93 ± 0.61 ; Ahem = 4.83 ± 0.12 ; Lhem = 19.13 ± 0.52 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3200m, 05-08-03, Lara & Muñoz,. Placa palinológica: HPSO 115

Figura 49.

Bejaria resinosa

Tratamiento: Acetolizados (40x)

Tipo polínico: mediano.

Medidas: mónada: DE = 45.67 ± 0.55 ; EP = 44.18 ± 0.43 ; IAP = 0.65 (área polar grande);
exina: AE = 2.92 ± 0.066 ; tétrada en vista polar: AT = 62.33 ± 0.49 ; LT = 64.17 ± 0.56 ;
Acolp = 4.91 ± 0.12 ; Lcolp = 8.31 ± 0.33 ; AP = 4.9 ± 0.095 ; tétrada en vista ecuatorial: LB
= 65.36 ± 0.68 ; LC = 62.04 ± 0.72 ; Ahem = 4.38 ± 0.13 ; Lhem = 20.77 ± 0.36 .

Material estudiado: COLOMBIA: Nariño: Santuario de Flora y Fauna Galeras. 3200-3200m, 05-08-03, Lara & Muñoz. Placa palinológica: HPSO 242

Figura 49.

Disterigma microphylla

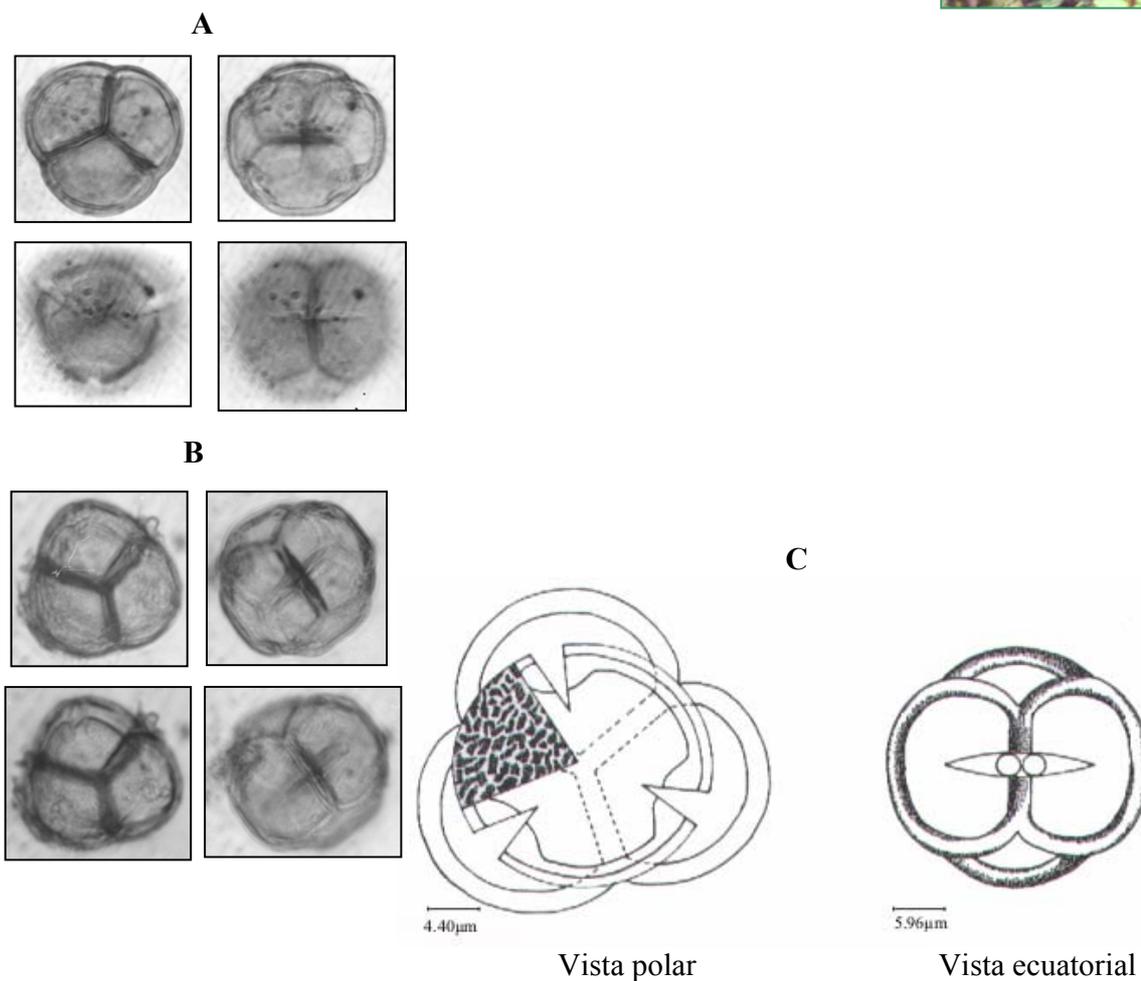


Figura 36. A. Especie en fresco: $LT=30.45 \pm 0.29$; $DE=22.93 \pm 0.24$; $EP=22.10 \pm 0.203$; $LB=31 \pm 0.22$; $Lhem=17.94 \pm 0.27$; $Ahem=3.07 \pm 0.094$. **B. Especie acetolizada:** $LT=42.30 \pm 0.41$; $DE=30.21 \pm 0.45$; $EP=29.97 \pm 0.24$; $Ahem=2.98 \pm 0.090$; $Lhem=21.64 \pm 0.37$; $LB=41.84 \pm 0.36$; $LC=39.40 \pm 0055$. **C. Esquema del grano de polen:** esculturación reticulada.

Pernettya prostrata

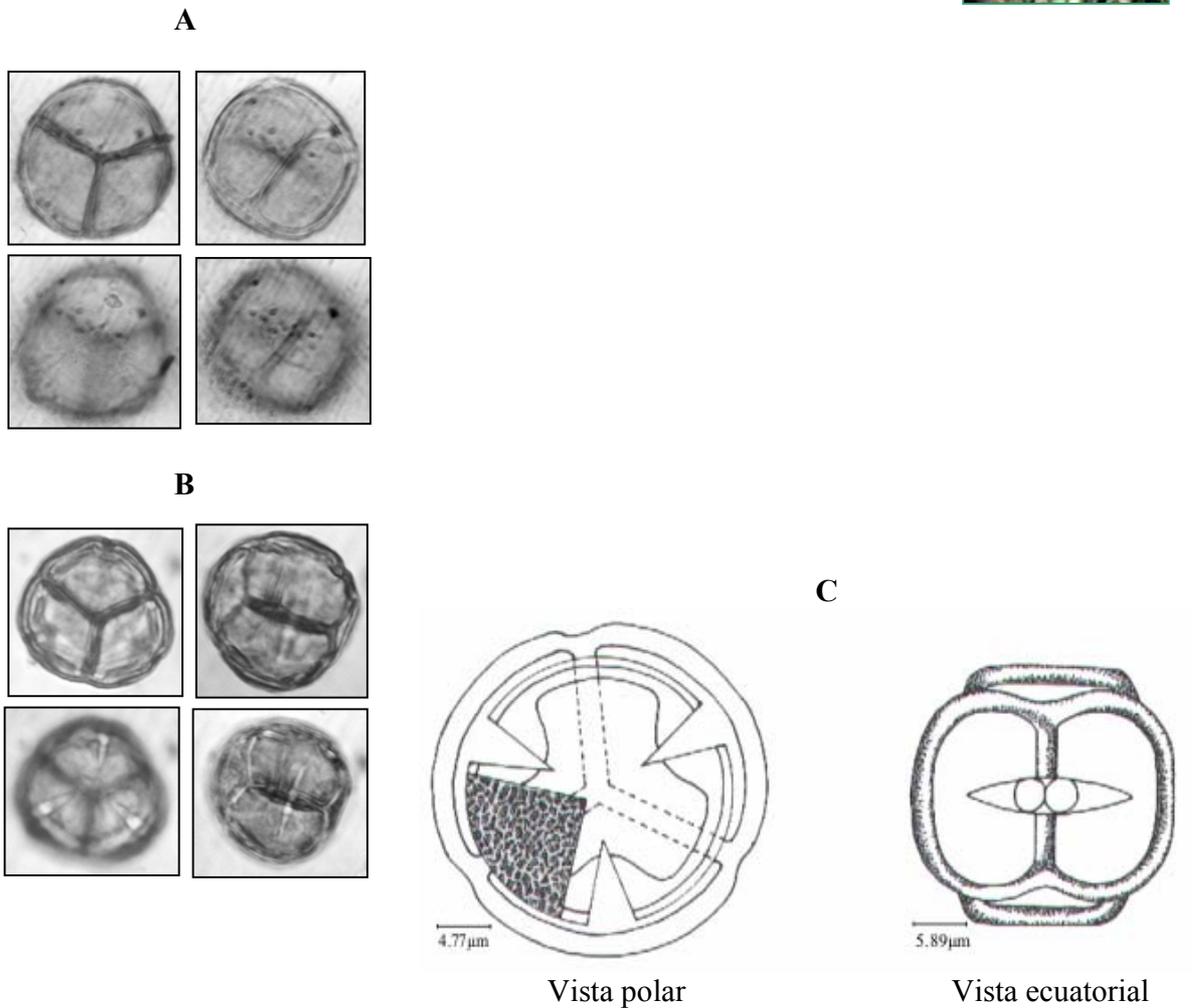
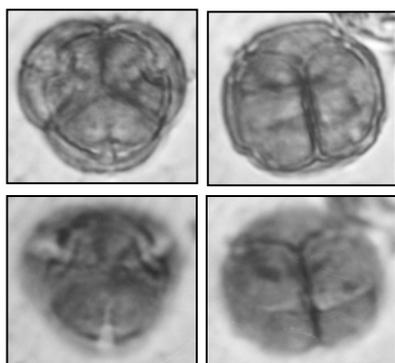


Figura 37. A. Especie en fresco: $DE=24.82 \pm 0.32$; $Acolp=4.39 \pm 0.15$; $EP=23.307 \pm 0.138$; $Ahem=3.82 \pm 0.21$; $Lhem=19.20 \pm 0.31$. **B. Especie acetolizada:** $DE=29.38 \pm 0.34$; $EP=29.29 \pm 0.25$; $Acolp=2.96 \pm 0.046$; $LB=38.72 \pm 0.038$; $LC=39.07 \pm 0.49$; $Ahem=2.29 \pm 0.065$; $Lhem=20.37 \pm 0.22$. **C. Esquema del grano de polen:** esculpura microreticulada.

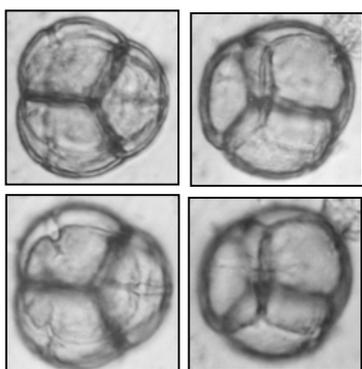
Vaccinium floribundum



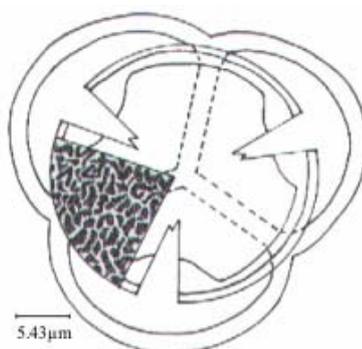
A



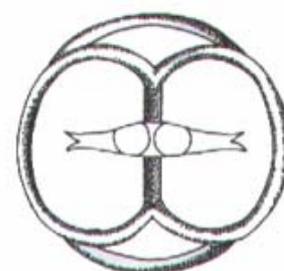
B



C



Vista polar



Vista ecuatorial

Figura 38. A. Especie en fresco: colpos bifurcados; $A_{hem}=4.08 \pm 0.08$; $DE=28.28 \pm 0.29$; $EP=27.54 \pm 0.25$; $LB=36.11 \pm 0.28$; $L_{hem}=23.19 \pm 0.407$. **B. Especie acetolizada:** $A_{hem}=3.86 \pm 0.12$; $DE=33.94 \pm 0.34$; $EP=34.67 \pm 0.34$; $LB=47.67 \pm 0.509$; $LC=45.77 \pm 0.51$; $L_{hem}=28.03 \pm 0.44$. **C. Esquema del grano de polen:** esculpura reticulada.

Disterigma codonanthum

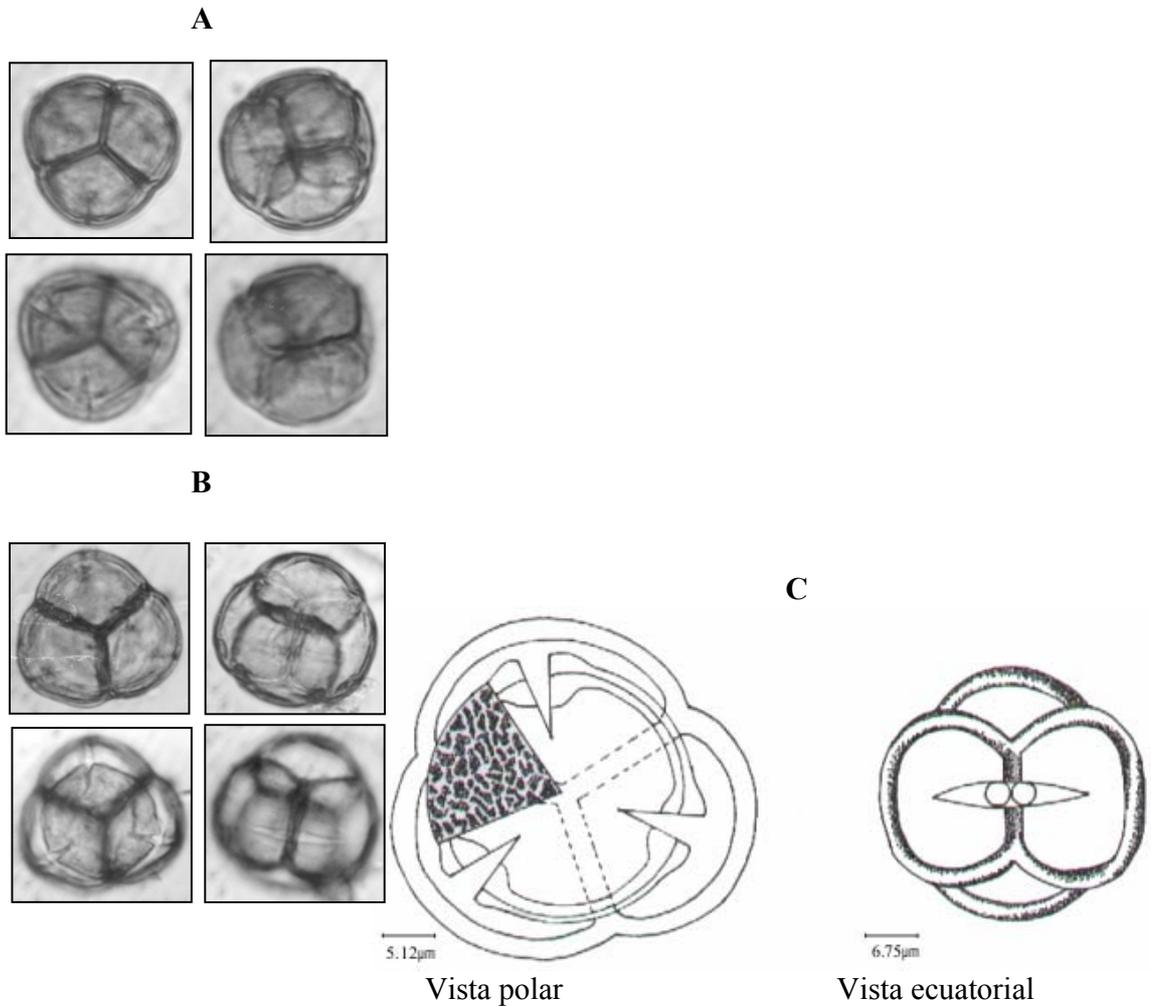


Figura 39. A. Especie en fresco: $AT=35.92 \pm 0.24$; $LT=35.21 \pm 0.35$; $DE=26.64 \pm 0.28$; $EP=25.75 \pm 0.17$; $LB=35.14 \pm 0.37$; $Ahem=3.23 \pm 0.11$; $Lhem=21.40 \pm 0.25$. **B. Especie acetolizada:** $LT=47.52 \pm 0.33$; $DE=34.26 \pm 0.31$; $EP=33.86 \pm 0.21$; $LB=48.55 \pm 0.44$; $LC=47.401 \pm 0.406$; $Ahem=2.97 \pm 0.105$; $Lhem=25.94 \pm 0.35$. **C. Esquema del grano de polen:** esculpura reticulada.

Gaultheria glomerata

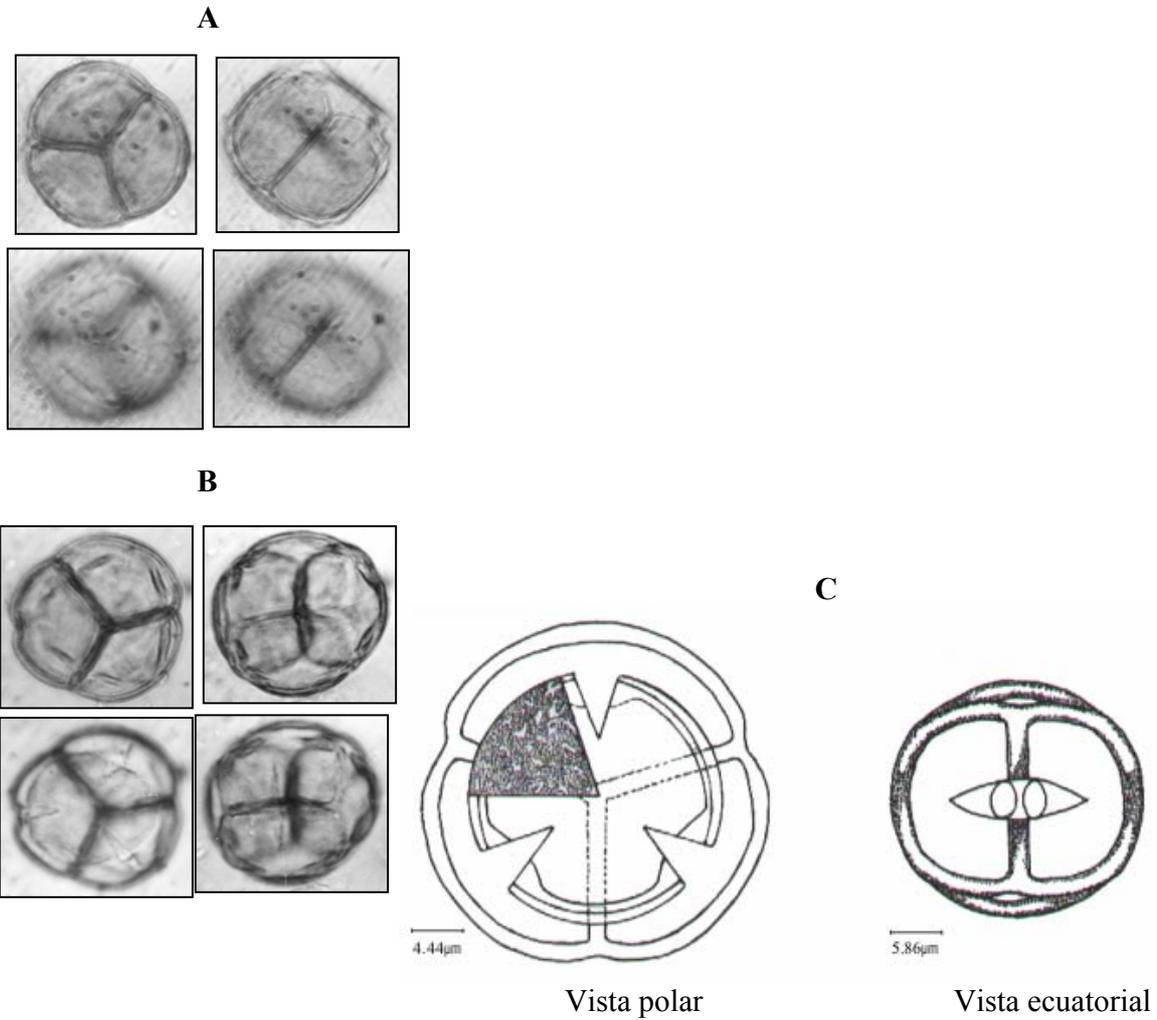


Figura 40. A. Especie en fresco: Escultura Rugulada; $DE=23.13 \pm 0.31$; $EP=22.86 \pm 0.16$; $Lhem=17.08 \pm 0.25$. **B. Especie acetolizada:**; $DE=32.15 \pm 0.302$; $EP=31.807 \pm 0.23$; $LB=43.19 \pm 0.24$; $LC=41.79 \pm 0.65$; $Lhem=23.84 \pm 0.36$. **C. Esquema del grano de polen:** esculturación rugulada.

Gaultheria erecta

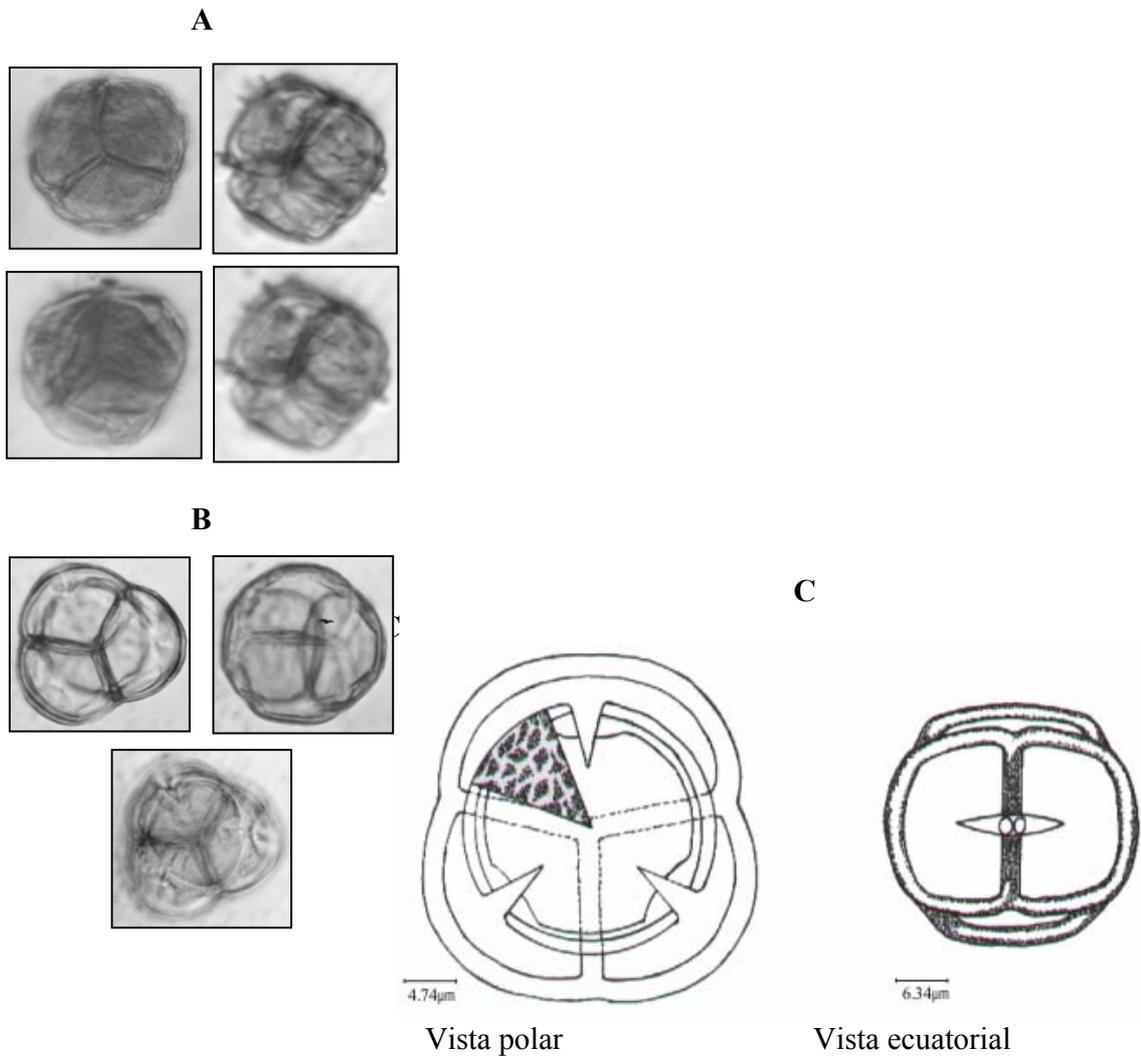


Figura 41. A. Especie en fresco: $LT=33.44 \pm 0.49$; $DE=24.65 \pm 0.42$; $EP=24.41 \pm 0.21$; $LB=32.97 \pm 0.28$; $Lhem=14.34 \pm 0.28$; $Ahem=2.509 \pm 0.088$. **B. Especie acetolizada:** $LT=47.13 \pm 0.35$; $DE=34.67 \pm 0.33$; $EP=34.42 \pm 0.32$; $LB=45.49 \pm 0.30$; $LC=44.24 \pm 0.42$; $Ahem=3.78 \pm 0.11$; $Lhem=22.27 \pm 0.25$. **C. Esquema del grano de polen:** esculpura macrorreticulada.

Gaultheria insipida

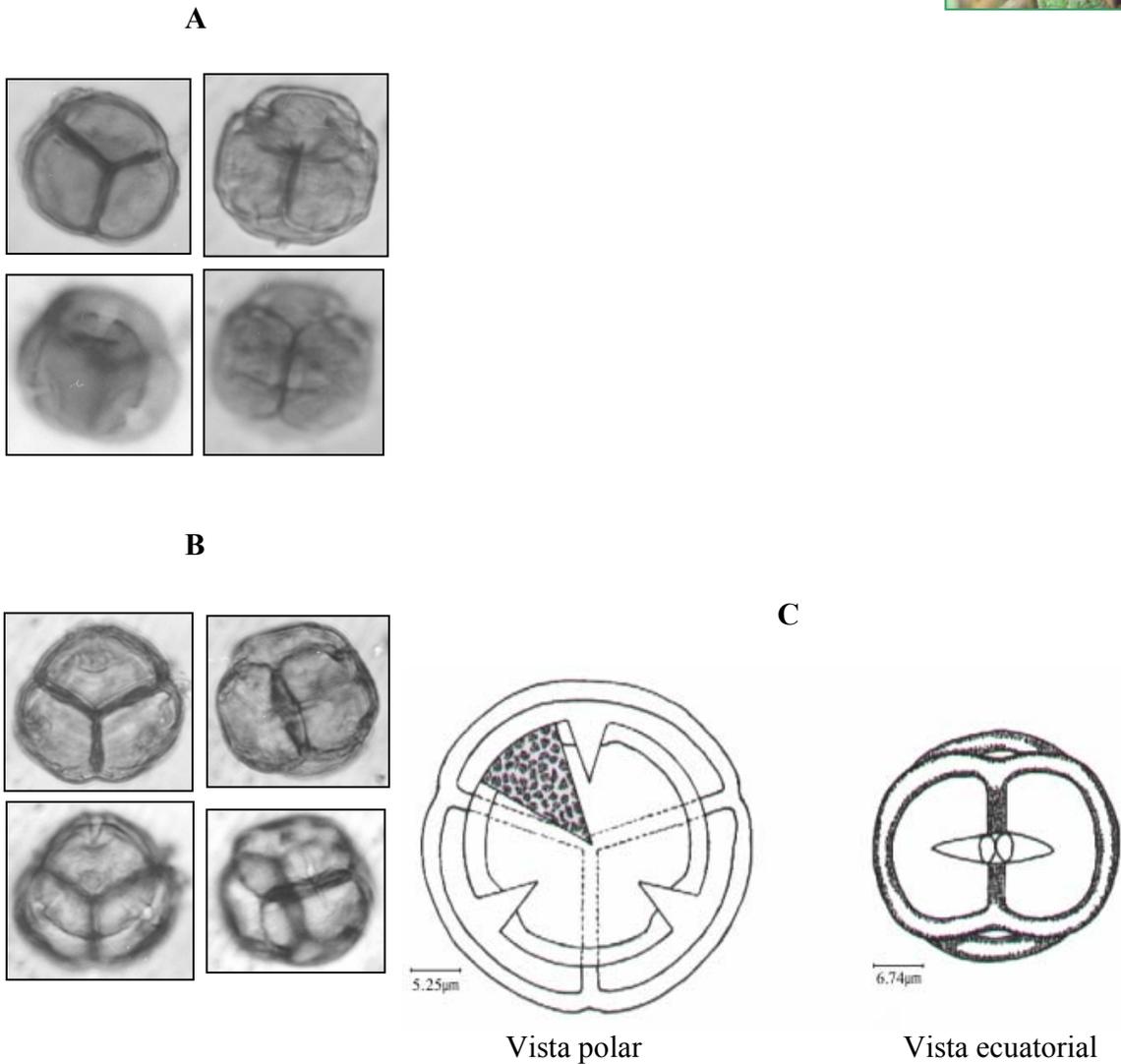
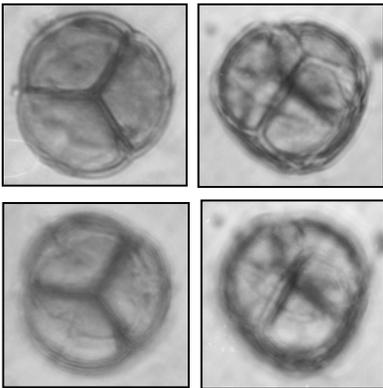


Figura 42. A. Especie en fresco: $AT=36.55 \pm 0.22$; $LT=37.18 \pm 0.28$; $DE=27.26 \pm 0.27$; $EP=26.36 \pm 0.21$; $LB=35.05 \pm 0.25$. **B. Especie acetolizada:** $AT=44.65 \pm 0.44$; $LT=44.55 \pm 0.47$; $DE=32.01 \pm 0.46$; $LB=45.11 \pm 0.52$; $LC=43.19 \pm 0.39$. **C. Esquema del grano de polen:** esculpura reticulada.

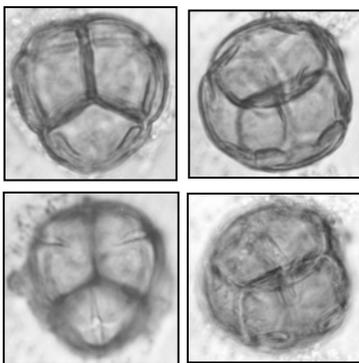
Gaultheria foliolosa



A



B



C

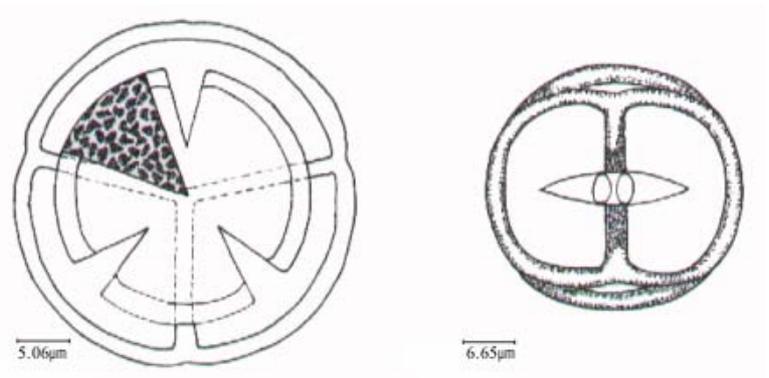


Figura 43. A. Especie en fresco: EP=25.73 ± 0.19; Lcolp=8.46 ± 0.19; Lhem=20.0 ± 0.23. **B. Especie acetolizada:** EP=29.57 ± 0.38; Lcolp=9.84 ± 0.23; LB=38.61 ± 0.044; LC=36.45 ± 0.61; Lhem=21.19 ± 0.49. **C. Esquema del grano de polen:** esculpura macroreticulada.

Cavendishia bracteata

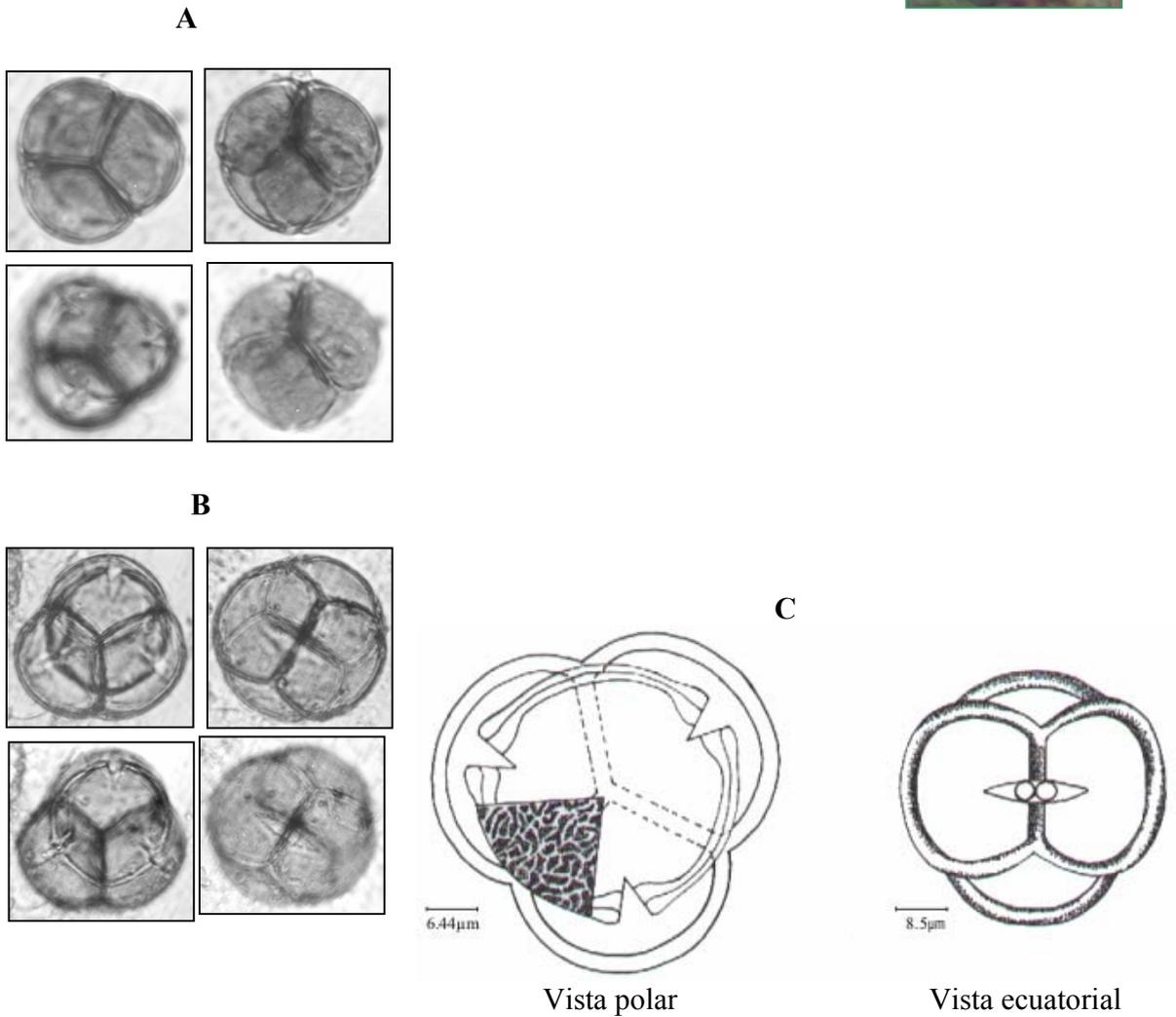
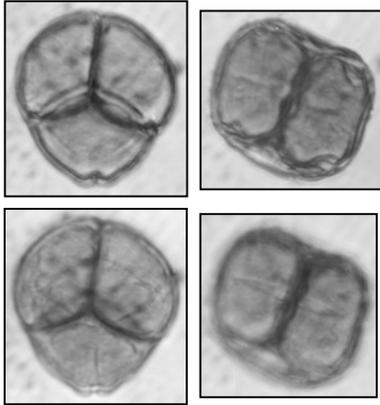


Figura 44. A. Especie en fresco: $LT=44.31 \pm 0.302$; $DE=33.49 \pm 0.51$; $EP=31.45 \pm 0.22$; $Ahem=3.41 \pm 0.106$; $LB=44.24 \pm 0.27$; $Lhem=17.08 \pm 0.65$. **B. Especie acetolizada:** $LT=63.58 \pm 0.603$; $DE=43.76 \pm 0.73$; $EP=42.66 \pm 0.45$; $Lcolp=8.17 \pm 0.24$; $LB=62.85 \pm 0.74$; $LC=56.72 \pm 0.77$; $Lhem=26.64 \pm 0.44$; $Ahem=3.64 \pm 0.17$. **C.** Esquema del grano de polen: esculpura macrorreticulada.

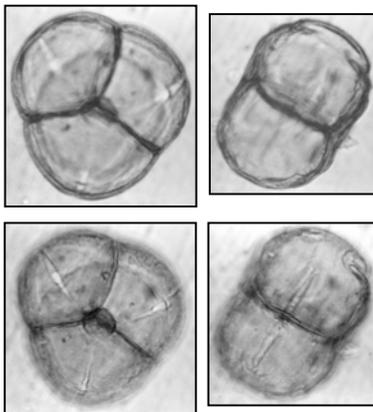
Macleania rupestris



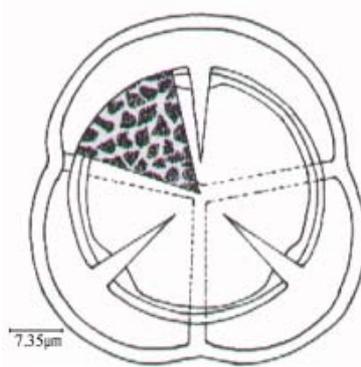
A



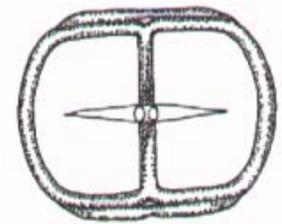
B



C



Vista polar



Vista ecuatorial

Figura 45. A. Especie en fresco: $LT=51.95 \pm 0.44$; $DE=38.23 \pm 0.45$; $EP=36.62 \pm 0.406$; $Lhem=33.902 \pm 0.62$. **B. Especie acetolizada:** Aberturas muy largas; $DE=44.52 \pm 0.59$; $Lcolp=17.10 \pm 0.39$; $EP=44.38 \pm 0.49$; $LB=64.35 \pm 0.75$; $LC=46.85 \pm 0.53$; $Lhem=40.53 \pm 0.81$; $Ahem=3.26 \pm 0.12$. **C. Esquema del grano de polen:** esculturación macroreticulada.

Gaultheria archnoidea

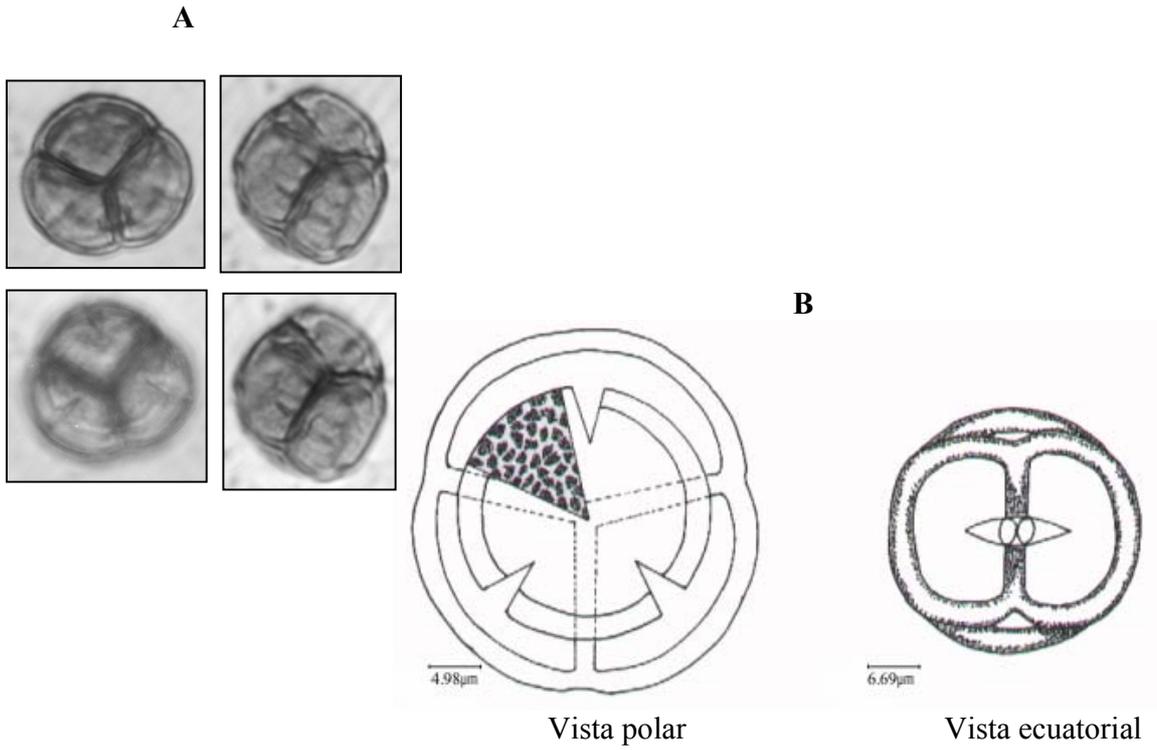


Figura 46. A. Especie en fresco: $LT=34.81 \pm 0.25$; $DE=25.94 \pm 0.28$; $EP=26.36 \pm 0.21$; $LB=34.83 \pm 0.24$; $Lhem=16.19 \pm 0.26$. **B. Esquema del grano de polen:** esculpura macroreticulada.

Bejaria mathewsii

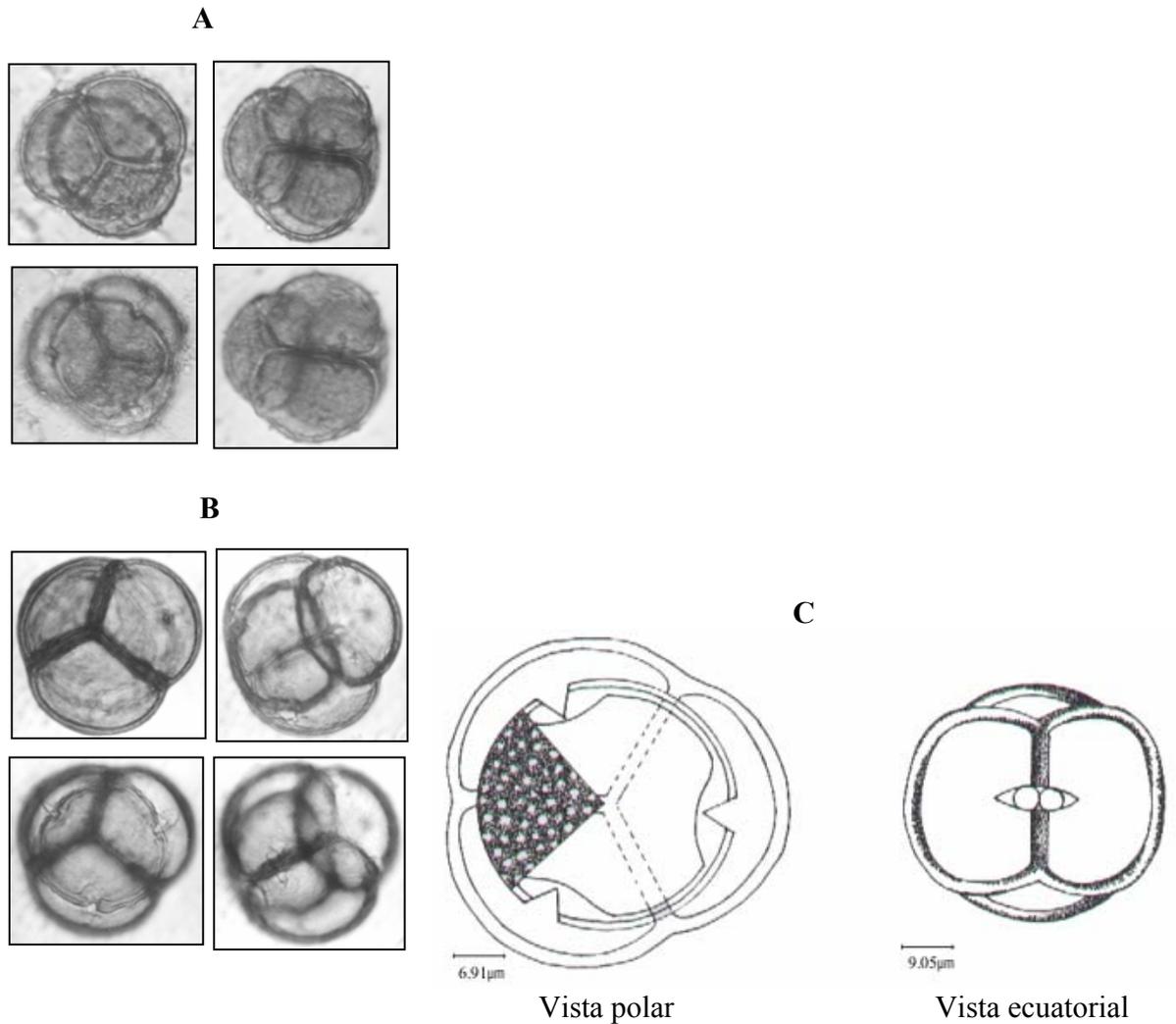


Figura 47. A. Especie en fresco: Escultura granulada; $LT=47.43 \pm 0.33$; $DE=35.97 \pm 0.31$; $EP=34.82 \pm 0.501$; $LB=47.10 \pm 0.49$; $Ahem=3.98 \pm 0.11$; $Lhem=13.37 \pm 0.35$. **B. Especie acetolizada:** Exina granulada; $LT=61.76 \pm 0.79$; $DE=43.66 \pm 0.57$; $Lcolp=5.32 \pm 0.15$; $EP=42.19 \pm 0.44$; $LB=62.03 \pm 0.59$; $LC=60.16 \pm 0.74$; $Lhem=13.09 \pm 0.41$; $Ahem=4.08 \pm 0.103$. **C. Esquema del grano de polen:** esculturación granulada.

Disterigma acuminatum

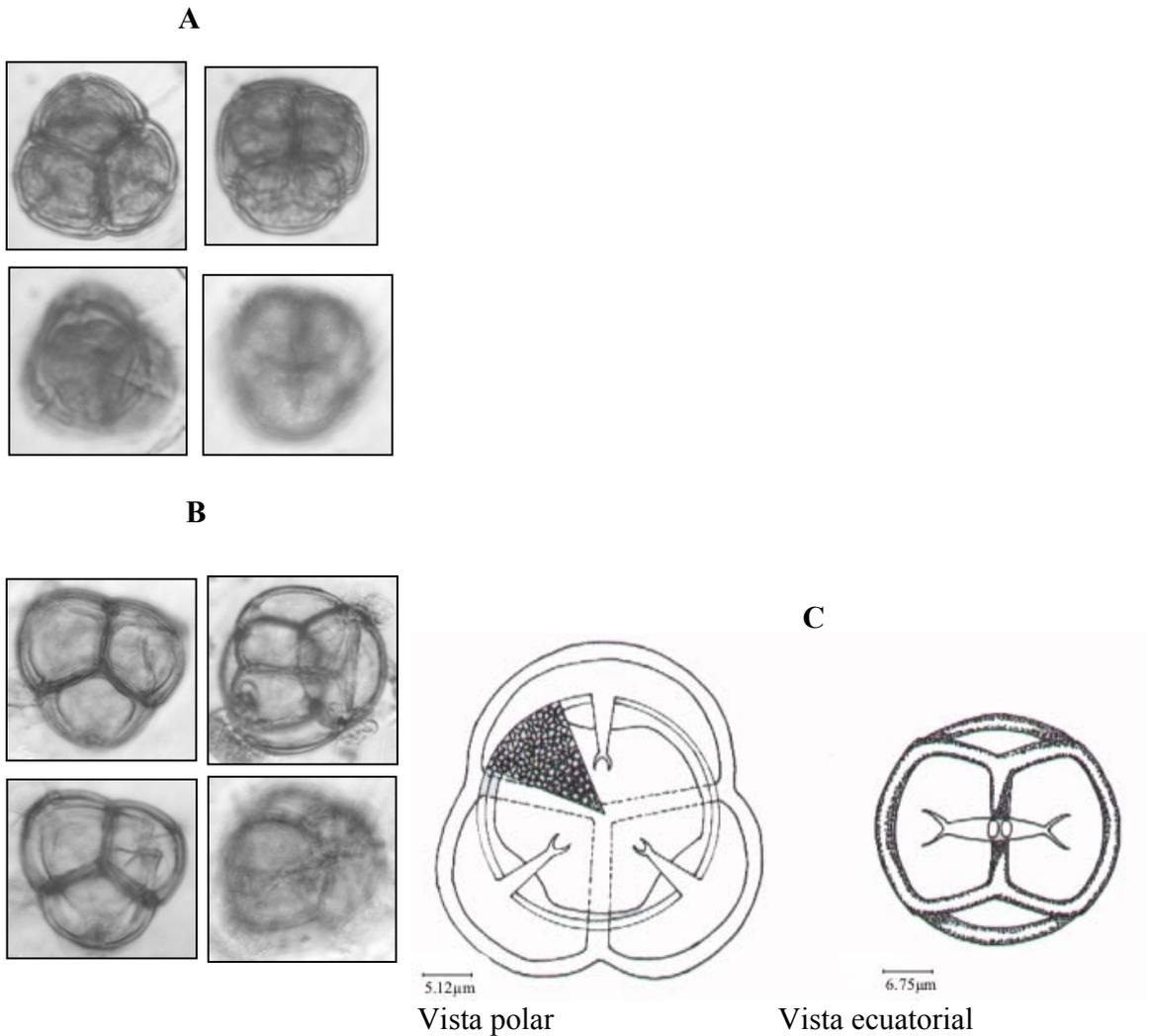


Figura 48. A. Especie en fresco: Escultura granulada, colpos bifurcados; $DE=26.06 \pm 0.36$; $Ahem=2.03 \pm 0.076$; $EP=25.38 \pm 0.25$; $LB=36.03 \pm 0.25$. **B. Especie acetolizada:** $DE=32.36 \pm 0.24$; $EP=32.54 \pm 0.34$; $LB=48.11 \pm 0.43$; $LC=45.03 \pm 0.58$; $Ahem=2.35 \pm 0.089$. **C. Esquema del grano de polen:** esculturación granulada.

Bejaria resinosa

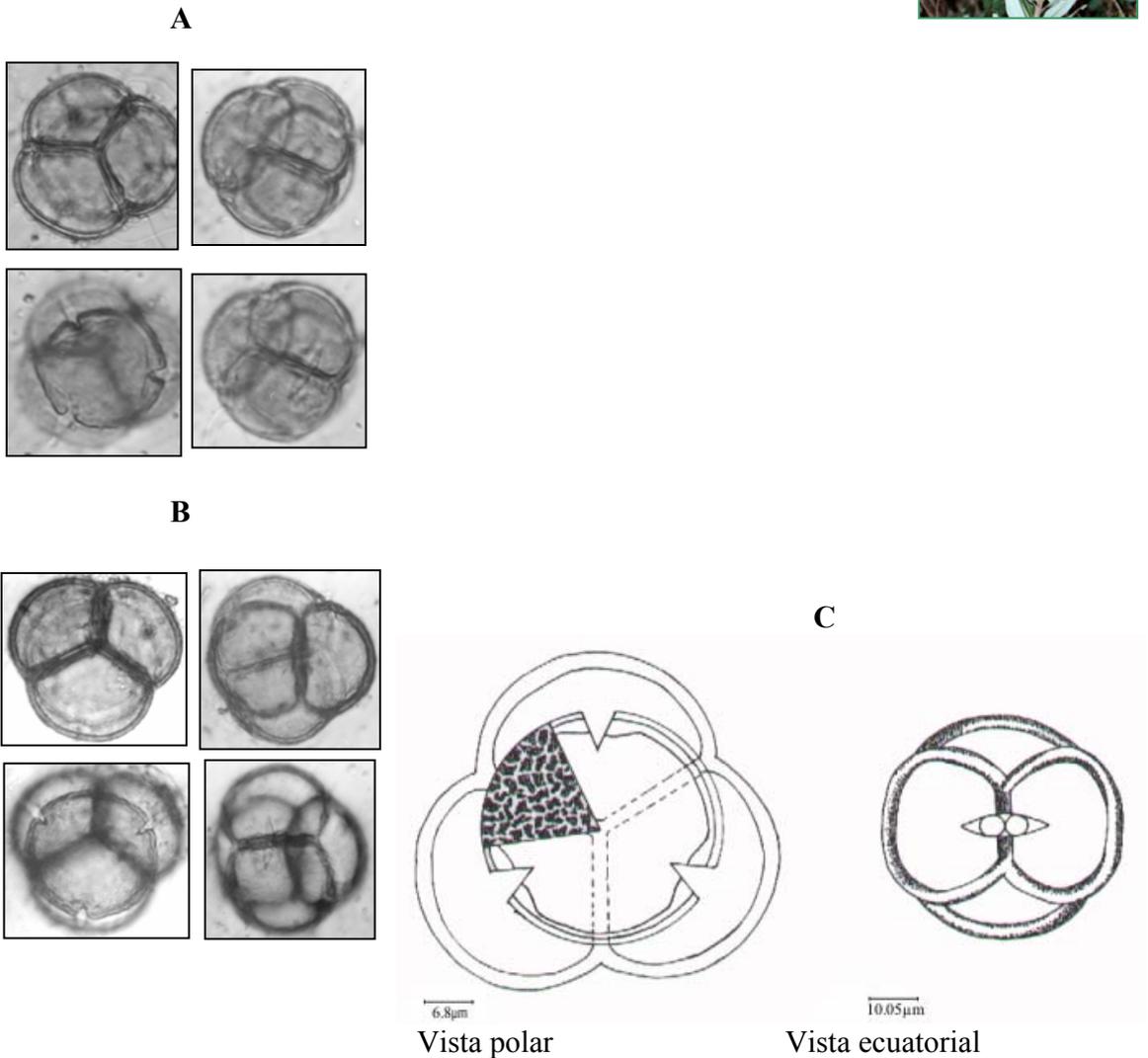


Figura 49. A. Especie en fresco: $LT=51.25 \pm 0.37$; $DE=35.404 \pm 0.31$; $EP=36.13 \pm 0.41$; $LB=52.27 \pm 0.77$; $Lhem=19.13 \pm 0.52$; $Ahem=4.83 \pm 0.12$. **B. Especie acetolizada:** $LT=64.17 \pm 0.56$; $DE=45.67 \pm 0.55$; $Lcolp=8.31 \pm 0.33$; $EP=44.18 \pm 0.43$; $LB=65.36 \pm 0.68$; $LC=62.04 \pm 0.72$; $Lhem=20.77 \pm 0.36$; $Ahem=4.38 \pm 0.13$. **C. Esquema del grano de polen:** esculpura macroreticulada.

10. DISCUSIÓN

Salazar⁷³ realizó la investigación sobre algunos aspectos de la vegetación en el Santuario de Flora y Fauna Galeras, registrando un total de 55 familias distribuidas en las diferentes zonas de vida del volcán, dentro de estas familias reporto a Ericaceae con 7 especies ubicadas entre los 3000 y 3700 msnm., de las cuales 5 se analizaron en el presente estudio, destacando a *Pernettya prostrata* y *Vaccinium floribundum* por ser colectadas a alturas superiores, con una mayor distribución altitudinal en páramo, subpáramo y bosque, únicamente en el sector oriental; la distribución altitudinal de las *Gaultherias* en los dos estudios es muy similar, encontrándose la mayor concentración de estas especies en las zonas de bosque y subpáramo.

Gutiérrez et al⁷⁴ registraron en la misma zona de investigación (3200-3950 msnm.) once especies de Ericaceae polinizadas principalmente por 10 especies de colibríes que muestran cierta afinidad o preferencia hacia estas plantas, que tienden a ser tubulares, sin aroma, con orientación inclinada o hacia abajo y con colores brillantes. Las abejas y otro tipo de insectos que visitan estas plantas no logran un nivel alto de afinidad, pues las características morfológicas de las flores no facilita el acceso al néctar y al polen⁷⁵.

De las once especies vegetales se encontraron siete de ellas en este estudio. La especie *Disterigma empetrifolium* no se registró en ninguna de las zonas de muestreo, posiblemente por no encontrarse en época de floración durante los meses de trabajo en campo (agosto 2002 – enero 2003).

La mayor riqueza vegetal de especies de Ericaceae se presentó en la zona de subpáramo y bosque donde se concentra el mayor número de especies registradas para esta familia, coincidiendo con lo reportado por Gutiérrez et al⁷⁶.

La preferencia de estas especies a zonas un poco mas bajas lo relacionamos a la presencia de condiciones ambientales menos adversas, que facilitan el dominio y colonización de tierras. Sin embargo son especies vegetales que se han destacado por desarrollarse eficazmente en zonas ambientalmente extremas⁷⁷.

A pesar de ser especies abundantes en ecosistemas altoandinos, muchas de ellas se ven afectadas por las condiciones ambientales como viento, temperatura y altura, factores que pueden ser limitantes al momento de su dispersión y colonización.

En términos generales las especies de Ericaceae tienen una distribución altitudinal amplia en la zona de estudio. *P. prostrata* y *V. floribundum* son las especies con mayor rango altitudinal en el Santuario de Flora y Fauna Galeras (3200-3790 msnm), con una gran abundancia en las zonas de páramo y subpáramo. Estos resultados son muy similares a los descritos por Gutiérrez et al⁷⁸ quienes proponen que estas dos especies de plantas son algunos de los recursos de néctar indispensables para el mantenimiento energético de la comunidad de colibríes en dichos ecosistemas. Resaltan a su vez la importancia de estas

aves como los principales vectores de polen en el flanco oriental del Santuario de Flora y Fauna Galeras, particularmente especies de la subcomunidad de picos cortos y medianos como *Metallura tyrianthina*, *Chalcostigma herrani*, *Eriocnemis mosquera* y *Eriocnemis derbyi*.

Otro factor importante que se analizó en cuanto a las Ericaceae, esta relacionado a sus estructuras florales, dispuestas en la mayoría de especies en inflorescencias axilares, proyectadas de una manera muy llamativa, de colores contrastantes como atractivo primario para los polinizadores. Estas inflorescencias en muchos casos están acompañadas por eminentes brácteas derivadas de las partes florales, que están reforzando el mecanismo de atracción.

En especies como *Macleania rupestris*, *Cavendishia bracteata*, *Vaccinium floribundum*, *Pernettya prostrata* y algunas *Gaultherias*, el mecanismo de atracción a polinizadores no se limita a sus partes florales (incluyendo en algunos casos brácteas), sino que el color llamativo también se extiende hasta sus partes vegetativas como hojas y tallos.

Gaultheria glomerata presenta vellosidades en tallos y hojas en plantas jóvenes, mientras que en *Gaultheria erecta* estas características se presentan de manera constante y exclusiva en flores y brácteas, dando una sensación pegajosa.

Estas estructuras en algunos casos pueden estar relacionadas con mecanismos de orientación, similares a guías de néctar o como partes que las plantas han desarrollado para evitar el robo de néctar por parte de insectos que no llevan a cabo la polinización. Al igual que Faegri & van der Pijl⁷⁹, nosotros pensamos que la función principal de estas estructuras es la protección de la recompensa destinada a polinizadores.

Normalmente las plantas son visitadas por diferentes especies animales, muchos de estos son irregulares o accidentales, otros por el contrario se han convertido en visitantes legítimos, llegando a dominar los territorios de las especies vegetales^{80 81}, con el fin de tener a su disposición los requerimientos alimenticios necesarios para su supervivencia. En las Ericaceae puede verse claramente este comportamiento por parte de los colibríes, quienes encontraron en estas plantas ornitófilas su principal fuente de energía, constituyéndose a su vez como los mejores vectores de polen⁸².

Gutiérrez et al⁸³, encontraron que *M. rupestris* presenta el mayor número de polinizadores, pues son visitadas por las 10 especies de colibríes reportados en su estudio. *E. mosquera* y *E. derbyi* se destacan por registrar la mayor carga de polen de esta especie vegetal, además de ser las más dominantes y agresivas en la mayoría de plantas con flores que tienen una alta rentabilidad energética.

Especies como *V. floribundum*, *D. codonantum*, *G. insipida* son polinizadas por *Chalcostigma herrani*, *Metallura tyrianthina*, *Agleaectis cupripennis* y *Ramphomicron microrhynchum* caracterizadas por tener picos cortos y talla pequeña, haciendo obvia la visita a plantas con flores pequeñas, como es en este caso⁸⁴.

Dentro de todas las especies de colibríes *E. mosquera* la podemos considerar como una de las más importantes, por presentar una condición generalista con una amplia y variada capacidad de forrajeo en cuanto a las Ericaceae. Además tiene una morfología adecuada, como tamaño y pico mediano, que le permiten acceder fácilmente a una gran variedad de flores y ser al mismo tiempo muy importante en la reproducción vegetal de la mayor parte de plantas ornitófilas⁸⁵.

A pesar de no encontrar una variedad amplia dentro de la morfología de las corolas de las flores, estas muestran características típicas de plantas polinizadas por aves como son corolas tubulares, de color rojo; sin embargo las plantas con corolas cortas y de colores variados (rosado, blanco y verde), también presentaron cierto favoritismo por parte de las aves y algunos insectos (abejorros).

En estas especies fue evidente la variedad de tonalidades en las flores, predominando el color rojo considerado como una atracción visual especialmente para aves⁸⁶. Sin embargo Gutiérrez et al⁸⁷, expresaron que no existe ninguna tendencia marcada a alguna tonalidad por parte de los colibríes, pero si hay una mayor frecuencia en el forrajeo de plantas con flores de color morado y rojo. La dominancia de tonos rojos en las flores puede presentarse como una alternativa para alejar a visitantes indeseados como puede ser el caso de las abejas, quienes no pueden distinguirlo y de esta forma las flores no las atraen⁸⁸.

Con relación al tipo de flor se encontró corolas tubulares como en *M. rupestris*, *C. bracteata*, *B. resinosa*, *B. mathewsii* con una coloración roja muy contrastante dentro de la vegetación. *M. rupestris* presenta una flor bastante carnosa con el fin de proteger el néctar y asegurar de cierta manera que sus visitantes sean polinizadores legítimos, garantizando el transporte del polen y la fertilización. Sin embargo, esta estructura no impide totalmente que la recompensa ofrecida por la planta (néctar), sea obtenida sin el objetivo principal, ya que en muchas de las flores colectadas en campo presentaron perforaciones en la base; lo cual hace creer que especies de colibríes con picos cortos roban el néctar sin tocar las partes sexuales de la flor⁸⁹, sin descartar también, la presencia de otro tipo de roba mieles como aves de los géneros *Diglossa*, *Diglossopsis* y algunos Himenópteros del género *Bombux*, los cuales son muy abundantes en el flanco oriental del Santuario de Flora y Fauna Galeras.

Se observó la misma situación en las especies *C. bracteata* y *B. mathewsii*, que a pesar de no existir estudios que confirmen la presencia de alguna especie de colibrí o abejorro realizando estas perforaciones para obtener fácilmente el néctar de la flor; Snow & Snow⁹⁰ reportaron para Colombia a *Diglossa albilatera* y *Diglossa carbonaria* como robadoras de néctar en *C. bracteata*. Entre otras especies de roba mieles están *Diglossa humeralis* y *Diglossopsis cianea*⁹¹.

Aunque la mayoría de especies son polinizadas por colibríes, muchas de ellas son también entomófilas y han desarrollado estrategias típicas para atraer insectos, como abejorros o dípteros los cuales son atraídos más eficientemente a inflorescencias que a flores individuales⁹². Otras de las estrategias para atraer insectos por parte de las flores son colores blancos, corolas cortas, inflorescencias muy fragantes, altas ofertas de polen, producción alta de néctar (al medio día) y con concentraciones de sacarosa superiores al 35%.

Muchas de las especies de colibríes de la subcomunidad de picos cortos⁹³ se ven obligados a visitar flores de corolas cortas, al ser excluidos de flores visitadas por colibríes de mayor talla y agresividad o porque no pueden forrajear eficientemente en ellos. Estas especies de baja producción de néctar, de azúcares diluidos y que no atraen a los colibríes dominantes, pueden tener como polinizadores primarios a mariposas o abejas⁹⁴. Sin embargo son indispensables estudios mas profundos y detallados sobre los tipos de polinizadores que tienen las diferentes especies vegetales en los ecosistemas de alta montaña.

Otras especies de plantas como *B. mathewsii*, *C. bracteata* y *P. prostrata* han sido reportadas en diferentes países como especies polinizadas por abejas melíferas⁹⁵, abejas⁹⁶ y *Bombus ephippiantus*⁹⁷, respectivamente. No obstante son registros aislados y no se han realizado pruebas específicas para evaluar la transferencia de polen o la eficiencia de estos insectos como vectores de polen. Estas y otras son algunas líneas de investigación que precisan de claves y atlas palinológicos de las plantas para llegar a conclusiones mas certeras.

Como se observó, las plantas para poder satisfacer sus necesidades a lo largo de los años, han desarrollado muchas estrategias para poder sobrevivir. Las posibles razones de su éxito incluye varias adaptaciones en respuesta a las exigencias del medio ambiente, entre ellas se encuentran los sistemas precisos de polinización, dispersión de semillas y la coevolución bioquímica. Esta última ha sido un aspecto importante del éxito y diversificación de las angiospermas, pues la habilidad de las plantas para producir sustancias químicas y retenerlas en sus tejidos garantiza una protección contra la mayoría de los animales forrajeros⁹⁸.

El conjunto de todas estas características evolutivas tan avanzadas en las plantas con flores les ha permitido existir y prosperar como individuos ampliamente esparcidos en diferentes tipos de hábitats⁹⁹.

A nivel de las características microscópicas del polen, también se puede hablar de una evolución influenciada por los mecanismos de polinización. En variados estudios realizados por los diferentes autores han encontrado patrones característicos a alguna clase particular de polinizador.

En el conocido síndrome del colibrí, autores como Faegri & van der Pijl¹⁰⁰, Amaya¹⁰¹, Gutierrez et al¹⁰², Hemsley & Ferguson¹⁰³, encontraron que los granos de polen se

caracterizan por presentar tamaños medianos, formas esferoidales a elipsoidal, tricolporados y esculturaciones reticuladas. En este estudio la mayoría de los granos presentaron similares características, por lo tanto se puede decir que las especies de la familia Ericaceae del Santuario de Flora y Fauna Galeras son polinizadas principalmente por colibríes. Grayum¹⁰⁴ relaciona las esculturaciones faveoladas o reticuladas a polinización por insectos como abejas, abejorros y moscas, quienes fueron observados en algunas especies de Ericaceae y pueden jugar un papel importante en el transporte del polen, aunque se requieren de estudios que confirmen su actividad polinizadora.

Sin embargo es necesario mencionar que la forma de los granos (principalmente tétradas tetrahedrales) puede modificarse según el tamaño del eje ecuatorial, polar o la dirección interapertural que conlleva a cambios de las mismas (elipsoidal, triangular, etc.). Estas modificaciones de la forma a menudo se integran estrechamente con las aberturas y las variaciones estructurales¹⁰⁵.

En general en los síndromes de polinización bióticos las flores sacan a relucir sus atractivos ya sean reales o engañosos y los medios para evidenciar su existencia, generalmente inclinados a periantos vistosos o producción de olores. En si la antesis y producción de atrayentes esta sincronizada con la actividad del polinizador¹⁰⁶.

Las características macroscópicas florales mas notables en el síndrome de ornitofilia son: la presencia de colores vivos y brillantes (rojo escarlata y naranja), corolas tubulares, antesis diurna, producción abundante de néctar rico en azúcares, especialmente sacarosa de baja a media concentración (5-35%) más que proteínas, disposición péndula y erecta de la flor¹⁰⁷.

Los caracteres más importantes en cuanto a las estructuras microscópicas del polen son: gran volumen celular, área de exposición menor y formas esféricas o triangulares, para granos transportados por colibríes¹⁰⁸. En cuanto a las aberturas ellas están directamente relacionadas con la forma del grano y tipo de germinación del polen, las formas esféricas y triangulares son dominantes en el polen transportado por aves¹⁰⁹. La escultura es una característica importante que esta relacionada con la forma de la exina y las propiedades de adhesión de los granos en sustratos específicos, también existe una notable relación entre la escultura reticulada y el síndrome de ornitofilia¹¹⁰.

En la morfología del polen del género *Eritrina*¹¹¹, dentro de las mónadas dominaron granos de tamaño mediano, formas circulares a triangulares y una ornamentación reticulada asociada al síndrome de polinización por colibríes. Aunque son especies diferentes a las investigadas presentan una similitud muy evidente en las características mencionadas y especialmente en el tipo de polinizadores.

Amaya et al¹¹² en la Reserva Natural La Planada y Gutiérrez et al¹¹³ en el Santuario de Flora y Fauna Galeras, analizaron cargas polínicas en colibríes encontrando diferentes especies vegetales incluyendo la familia Ericaceae. En estos trabajos los granos de polen mostraron una tendencia bien marcada hacia las formas circular-esferoidal y en menor

grado a una forma subtriangular convexa, esculturación reticulada (microreticulada y finamente reticulada) y triaperturados (tricolporados).

Los granos de polen de las especies de la familia Ericaceae se estudiaron en el Santuario de Flora y Fauna Galeras, presentaron muchas de las características que otros autores han relacionado con el síndrome de ornitofilia, entre las más relevantes en este sentido son: granos con forma circular, exinas reticuladas incluyendo macro y microreticuladas, y aberturas tricolporadas.

Ericaceae fue una de las familias más importantes encontradas por Amaya et al¹¹⁴ con 2 especies: *Macleania stricta*, la cual presentó una esculturación reticulada, y *Cavendishia bracteata* con una esculturación microreticulada; cierta similitud se encontró en el Santuario de Flora y Fauna Galeras, ya que *C. bracteata* y *M. rupestris* presentan esculturación macroreticulada, y aunque esta última únicamente comparte el género conserva las demás características morfológicas. Para Gutiérrez et al¹¹⁵ tanto *Cavendishia sp.* como *M. rupestris* presentaron esculturaciones finamente reticuladas.

En *C. bracteata* la esculturación fue reportada como escabrada o granulada por Velásquez¹¹⁶, en Bogotá y Lamprea¹¹⁷ rugulada a escabrada. En *M. rupestris* los autores la encontraron escabrada, aunque se presenta un diferente tipo de escultura, corresponde de igual manera al síndrome de ornitofilia por colibríes en menor grado.

En este estudio se reportaron a *V. floribundum* y *P. prostrata* con esculturación reticulada y microreticulada, respectivamente. Estas mismas especies con iguales características fueron descritas por Gutiérrez et al¹¹⁸; en el trabajo Velásquez¹¹⁹ *V. floribundum* exhibió esculturación psilada o con granulaciones, mientras que Bogotá y Lamprea¹²⁰ la reportan como rugulada.

Describimos a *B. resinosa* con esculturación macroreticulada, Velásquez y Rangel¹²¹ y Bogotá y Lamprea¹²² la encontraron con una esculturación rugulada, Gutiérrez et al¹²³ como finamente reticulada.

D. codonanthum y *D. microphylla* presentaron una esculturación reticulada, este mismo tipo de esculturación lo reportaron Gutiérrez et al¹²⁴ para las especies *D. codonanthum* y *Disterigma sp.* *D. acuminatum* y *B. mathewsii* son especies que presentaron un tipo de esculturación diferente, granulada, la cual se la ha considerado como una característica indispensable en el momento de su identificación dentro de los palinomorfos de la familia Ericaceae.

El género más grande reportado para el Santuario de Flora y Fauna Galeras es *Gaultheria* con cinco especies de las cuales *G. erecta*, *G. foliosa* y *G. arachnoidea* tienen una esculturación macroreticulada; *G. insipida*, reticulada y *G. glomerata* la única especie totalmente atípica, presentando una esculturación rugulada, convirtiéndose en una herramienta clave para su posterior reconocimiento. Las reportadas por Gutiérrez et al¹²⁵

fueron microreticuladas (*G. erecta* y *G. insipida*), mientras que para Velásquez¹²⁶ y Bogotá & Lamprea¹²⁷ las *Gaultherias* presentaron esculturación rugulada.

Las inconsistencias que se presentaron en las descripciones de estas últimas especies en cuanto al tipo de esculturación, posiblemente se deba a que no se este describiendo las mismas especies, que sean otras variedades o híbridos de los géneros. También puede pensarse que los estudios previos no fueron tan profundos, ya que no fue la única familia estudiada, mientras que en nuestro trabajo nos concentramos a estas especies haciéndose descripciones mucho mas detalladas de los palinomorfos.

En las angiospermas los granos de polen exhiben muchos tipos de esculturación, sin embargo dentro de estas destacamos las reticuladas, granuladas y ruguladas por presentarse en este estudio. Esta ornamentación las relacionamos con los vectores de polen (colibríes) que han logrando un alto nivel de especialización para mantener y garantizar la polinización.

En los granos de polen con esculturas reticulada se pudo observar claramente esta especialización, sus estructuras se han asociado de una manera sorprendente con las visitas de los colibríes, o sencillamente estas especies de manera conjunta lograron alcanzar una estrecha relación para obtener beneficios mutuos. Observaciones realizadas por Neill¹²⁸ muestran que los granos de polen generalmente se pegan a las plumas del pecho o garganta de los colibríes, las cuales tienen una composición microscópica muy fina; igualmente Greenwalt¹²⁹ describe las plumas de los colibríes como un rasgo muy llamativo, al ser escamosas e iridiscentes en la garganta del macho, en algunas especies se extienden encima de la cabeza, siendo estructuralmente diferentes a las plumas típicas de las aves. Los granos de esta manera lograrían la adhesión perfecta en sus polinizadores logrando llegar de manera exitosa a fecundar el óvulo de la especie deseada.

Una característica importante dentro de los granos transportados por aves es que presentan una consistencia similar al polvo fácilmente extendible¹³⁰, esto pudo observarse en el laboratorio al tomar las muestras de algunas especies, obteniendo rápidamente el polen. La exina granulada también es asociada a la polinización por colibríes, con gránulos que varían de moderados a muy densos y con lumen muy pequeño, en las cuales se ha percibido una sustancia química en su superficie denominada “polenkitt”, permitiendo una adhesión mas eficaz al cuerpo del polinizador¹³¹, aunque esta característica juega un papel importante dentro de los vectores de polen, no esta presente en ninguna de las especies aquí estudiadas.

Es importante mencionar que existen otro tipo de polinizadores (abejas, abejorros, moscas, aves de paso, etc), que aunque se no pueden considerar como primarios, si fueron observados en campo como forrajeros de las especies en estudio y de igual manera han sido mencionados en los estudios de Gutiérrez et al¹³², Amaya et al¹³³, Hemsley & Ferguson¹³⁴.

Es muy interesante la relación que existe entre la escultura de la exina y el tipo de polinizador, sin embargo encontramos otros factores que influyen en esta característica morfológica de los granos de polen. Las condiciones mediambientales han llevado a desarrollar en los granos ciertas capacidades de resistencia centrada en la arquitectura de su capa externa, que al presentar algún tipo de ornamentación proporciona protección y cierto grado de flexibilidad frente a las condiciones atmosféricas adversas como la sequedad, radiación ultravioleta¹³⁵ y cambios de la humedad relativa.

Estas capacidades también se pueden relacionar con el grosor de la exina, quien posiblemente también este influenciada por las condiciones ambientales a que está expuesto el grano de polen, necesitando mayor o menor protección en su pared celular para evitar fracturas o desecación. El grosor de la exina puede asociarse al tamaño del grano, como se presenta en *M. rupestris* y *B. resinosa*, quienes al exhibir valores altos en esta característica, están expuestos quizás a una mayor presión atmosférica, y por ende necesitan una pared mas resistente para contrarrestar dicho efecto.

Otra característica importante dentro de la morfología polínica son los tipos de aberturas, los cuales también han sido relacionados con la polinización por aves¹³⁶. En la mayoría de las especies reportadas por los autores ya mencionados, encontraron que los granos de polen son de aberturas tricolporadas.

En los granos estudiados al presentarse tres aberturas, se puede asumir que probablemente es una adaptación para prevenir el desecamiento del grano y del tubo polínico¹³⁷, o un mecanismo para la absorción rápida de agua del estigma al momento de su llegada, aumentando la efectividad en la producción del tubo polínico junto con la fertilización temprana¹³⁸. También son puntos de contacto para el intercambio de sustancias de reconocimiento¹³⁹ y un dispositivo que facilita el cambio en el volumen del grano de polen.

Las tres aberturas al ser una característica que evolucionó con el tiempo¹⁴⁰, pudo haber tomado mayor importancia en los granos de polen de Ericaceae que predominan en ecosistemas de alta montaña y que están sometidos a cambios atmosféricos mas drásticos.

Este tipo de abertura también impide que se produzca una tensión máxima en la exina del grano, adquiriendo mayor fuerza y flexibilidad para prevenir la sequedad al momento de salir de las anteras¹⁴¹ y durante el transporte al estilo de otra flor. Sin embargo es de gran interés un estudio mas profundo y detallado acerca de la relación entre las aberturas, el grano de polen y sus polinizadores.

En cuanto al tamaño de los granos de polen en el estudio de Hemsley & Ferguson¹⁴² hubo una dominancia de tallas medianas en géneros de *Eritrina*, al igual que las diferentes especies (incluyendo a Ericaceae) reportadas por Amaya et al¹⁴³, exceptuando a *C. bracteata* la cual fue grande. Para el Santuario de Flora y Fauna Galeras en el presente

trabajo, la mayoría de especies fueron de tallas medianas sin incluir a *G. erecta*, *D. microphylla*, *P. prostrata* y *G. glomerata* los cuales presentaron granos pequeños. Gutiérrez et al¹⁴⁴ reportaron en su trabajo una alta frecuencia en tamaños medianos concordando con las especies aquí estudiadas y de igual manera *G. erecta* se encuentra dentro de los granos pequeños. En los estudios de Bogotá & Lamprea¹⁴⁵ las especies acetolizadas que coincidieron con nuestro registro presentan un tamaño mediano teniendo en cuenta el diámetro ecuatorial de las mónadas.

Dentro de los granos de polen caracterizados por Velásquez¹⁴⁶ todos las morfoespecies de Ericaceae presentó de manera general un tamaño mediano, encontrándose sin embargo especies con polen pequeño dentro de las cuales incluye a *P. prostrata*.

El tamaño del grano de polen ha tenido mayor importancia en plantas polinizadas por el viento donde se enfatiza en los granos muy pequeños (<20 μ m) ampliamente dispersados, limitando en gran parte su llegada efectiva al estigma¹⁴⁷. Aunque esto parezca ineficaz, en realidad es muy efectivo ya que se puede observar en grupos de plantas muy bien adaptadas al síndrome de anemofilia¹⁴⁸. A menudo el tamaño se adapta principalmente al tipo de vector polinizador, donde los granos de mayor tamaño son transportados por especies animales, mientras que los pequeños son asociados a la polinización por el viento u otros tipos de sistemas especializados¹⁴⁹. En este estudio hay reportes de especies con granos de polen pequeños que no están siendo polinizados por el viento sino por animales como aves y/o insectos, lo cual nos permite afirmar que este tamaño de grano no lo podemos relacionar directamente con anemofilia.

Estas características también fueron analizadas desde el punto de vista evolutivo, pues las plantas con granos pequeños son menos especializadas con una arquitectura y estructura simple¹⁵⁰, mientras que los granos grandes son más complejos. El cambio en el tamaño es principalmente por el aumento en la adaptación a los diferentes sistemas de polinización animal; también puede estar influenciado por múltiples factores de manera directa por la nutrición mineral, intensidad de la luz, temperatura, humedad y agua¹⁵¹.

Con relación al tamaño de los granos de polen de las Ericaceae se puede decir que existe una relación entre el tamaño de la flor y el polinizador; aunque no se realizó un estudio profundo en cuanto al largo de la corola, fue evidente que los granos de polen de mayor tamaño se presentaron en las plantas con flores grandes (*B. mathewsii* y *M. rupestris*), de igual manera fue descrito por Gutiérrez et al¹⁵², donde las especies de colibríes de mayor peso y picos muy largos (*Ensifera ensifera* y *Pterophantes cyanopterus*), presentaron cargas de polen de estas plantas sin encontrarse registro de otras Ericaceae.

Esta relación también se pudo observar de manera inversa donde los granos de polen pequeños de *P. prostrata* y *G. erecta*, con corolas igualmente pequeñas son visitadas por colibríes de menor peso y picos cortos como *Metallura tyrianthina* y *Ramphomicron microrhynchum*¹⁵³. Esta interrelación también fue señalada por Lee¹⁵⁴, incluyendo además la longitud del estilo.

Es muy importante aclarar que la relación estrecha que existe en algunas especies entre el grano de polen, principalmente su escultura, y el tipo de polinización o polinizador, no se ha podido plantear de una manera estable y permanente en todas las especies vegetales, pues existe una gran variabilidad e inconstancia en estas relaciones, las cuales difieren de una especie a otra, sin presentarse un desarrollo evolutivo bastante claro que garantice esta especialización. La herramienta palinológica aquí generada se espera que contribuya a dilucidar la respuesta a muchos de estos interrogantes.

En los granos de polen tratados con los dos procedimientos: acetólisis y en fresco, se encontró una variación relacionada directamente al tamaño de los palinomorfos. El tratamiento químico que se utilizó (acetólisis), causa una elasticidad plástica en la pared del grano, que con el tiempo tiende a variar progresivamente de tamaño¹⁵⁵.

Las características morfológicas no son alteradas por esta técnica, mientras que las características métricas varían casi en su totalidad. Muchas de estas incrementaron sus valores al compararlos con los granos en fresco, como AT, LT, EP, DE, entre otros; para el caso de Acolp, AP, Ahem, y en menor frecuencia Lcolp y Lhem estos valores se vieron reducidos en algunas especies (*P. prostrata*, *G. glomerata*, *G. folilosa*), debido posiblemente al intercambio de sustancias químicas que ocasionan un hinchamiento en las paredes del polen y por tal motivo una reducción en las aberturas evitando una tensión extrema.

Al observar la reducción de las aberturas se hace muy evidente una de las principales funciones que es dar mayor flexibilidad a la pared del polen¹⁵⁶, permitiendo que esta se expanda sin llegar a una ruptura o fractura y pérdida de su contenido celular. Aunque esto se observa durante un proceso químico, puede tener la misma respuesta frente a cambios atmosféricos extremos o también pueden ser cambios que están influenciados por el tipo de polinizador que los transporta. Esto simplemente se lo puede relacionar como una respuesta natural a los cambios que enfrenta los granos de polen hasta finalizar la fertilización del óvulo.

El tratamiento de acetólisis tiende a homogenizar el tamaño de los granos de polen, mientras que en el tratamiento en fresco encontramos mayor variabilidad, siendo esto último de gran importancia al momento de querer establecer diferencias entre especies de la misma familia.

Por otro lado el proceso de acetólisis a pesar de causar ciertos cambios en los granos de polen, que pueden estar relacionados de manera directa con los componentes químicos específicos de cada grano, donde al presentar diferentes concentraciones, se ven afectados en mayor o menor grado dependiendo de la especie, facilita en gran medida el estudio detallado de las características morfológicas haciendo que la exina quede mas brillante al eliminar tanto la intina como el material celular de grano¹⁵⁷.

El tratamiento en fresco se constituyó en un método práctico al momento de montar placas de los granos de polen, por requerir una técnica sencilla y de fácil acceso que incluso puede aplicarse en la fase de campo. De esta manera se contó con un excelente material de

colección, que al no existir un cambio drástico en el medio de montaje se obtuvo información real de las condiciones naturales en que se encuentran los granos de polen. En este proceso existe cierta desventaja que impide observar de una manera clara y precisa los detalles de la exina por contener el material orgánico, disminuyendo la capacidad de contraste de las estructuras al ser observadas al microscopio de luz.

Finalmente para las diferentes líneas de investigación es necesario tener en cuenta el registro del polen acetolizado y en fresco como base de información que les permita una mayor precisión y veracidad en los resultados.

CONCLUSIONES

El inventario florístico de las especies de Ericaceae en el Santuario de Flora y Fauna Galeras, realizado entre los 3200 y 3950 msnm., se encontraron un total de 14 especies pertenecientes a 7 géneros, con un hábito de crecimiento que varía entre arbustos y arbustos hemiepífitos; dentro de las especies reportadas *V. floribundum* y *P. prostrata* presentaron una amplia distribución a lo largo del rango altitudinal estudiado, mientras que *G. arachnoidea* fue exclusiva para la zona de páramo.

Disterigma acuminatum se constituye en un nuevo registro para la parte oriental del Santuario de Flora y Fauna Galeras, encontrándose de manera escasa para la zona de bosque comprendida entre los 3200 y 3500 msnm.

La diversidad de especies de Ericaceae aumenta a medida que disminuye la altura sobre el nivel del mar, destacándose por tal motivo la zona de bosque donde se reportaron 13 de las 14 especies encontradas a lo largo de los sitios estudiados.

Las características más dominantes de las especies vegetales fueron la presencia de flores con corolas urceoladas y tubulares, de colores rojos proyectados, en muchos casos, hacia las partes vegetales de las plantas como brácteas, hojas y tallos, mecanismos adquiridos y utilizados por estas con el fin de atraer en forma mas eficiente a sus polinizadores.

Las inflorescencias y flores solitarias presentes en esta familia tienen una disposición dominante pendular, facilitando en gran medida la llegada de sus polinizadores (aves) y evitando el acceso de otro tipo de visitantes no legítimos.

Las Ericaceae que posiblemente también son polinizadas por insectos (Himenópteros y Dípteros), conservan las características morfológicas de los granos de polen de las especies estudiadas como tamaños medianos a pequeños y esculturaciones reticuladas, sin encontrarse estructuras específicas que revelen la presencia de otro tipo de polinizadores.

Las características más dominantes en la morfología del polen fue el tamaño mediano (20 – 55 μm), esculturación reticulada (micro y macroreticulada) y triaberturadas, lo cual se observo tanto en granos acetolizados como en fresco.

Teniendo en cuenta las características morfológicas de los granos de polen de Ericaceae como tamaño mediano, formas circulares, triaberturado y esculturación reticulada, podemos decir que se relacionan directamente con un síndrome de polinización por aves (ornitofilia) especialmente colibríes. De igual manera muchas de las plantas son visitadas por otros animales los cuales pueden aportar de alguna en el flujo de polen, como es el caso de algunos insectos (abejas, abejorros y moscas), sin embargo muchas de ellas son parásitos de la relación colibrí-flor.

Las características morfométricas mas importantes para generar las claves taxonómicas fueron: AT, LT, Lcolp, Ahem, Lhem, LC, IAP, esculturación de la exina y colporos. De estas resaltamos la esculturación rugulada que fue exclusiva de *G. glomerata*, y los colpos que presentan bifurcación en la parte apical en las especies *V. floribundum* y *D. acuminatum*.

Los granos de polen de la familia Ericaceae pueden identificarse a nivel de especie a partir de las características palinológicas. Las variables mas relevantes son: AT, LT, EP, Lhem, LC y LB, previas a una caracterización morfológica específica de los palinomorfos.

La morfometría de los granos de polen en especies afines, presentaron claras diferencias estadísticamente significativas para las distintas variables, siendo indispensables en la caracterización e identificación de especies a nivel de polen.

Fue evidente la diferencia en cuanto al tamaño de los granos de polen tratados en fresco y con acetólisis química, siendo por esta razón importante la utilización de claves taxonómicas específicas para cada tratamiento.

El Atlas Palinológico da una visión mas amplia y detallada sobre la estructura y morfología de los granos de polen constituyéndose en una herramienta básica para la comparación con otros estudios tanto de polen fósil como polen fresco dentro de las diferentes líneas de investigación ecológicas, paleoecológicas, aeropalínológicas, farmacopalínológicas, entre otras.

RECOMENDACIONES

Incentivar a los estudiantes, tanto de pre-grado como de post-grado en la continuación con este tipo de investigaciones, incrementando así el conocimiento de la morfología de los granos de polen de otras especies vegetales, los cuales pueden ser utilizados en otro tipo de estudios ecológicos.

Hacer convenios con otras universidades para que los estudiantes tengan acceso al uso de equipos mas sofisticados, facilitando así el desarrollo de este tipo de investigaciones.

Evitar al máximo la contaminación, especialmente en el montaje de placas acetolizadas ya que estas por el tratamiento químico son mas susceptibles a contaminación por la manipulación que se le hace a las muestras.

Para la elaboración de otros Atlas Palinológicos, principalmente en el trabajo foto micrográfico, se recomienda usar placas de polen acetolizados donde se observa mejor las características morfométricas por no presentar componentes orgánicos en sus estructuras.

CITAS DE PIE DE PÁGINA

¹VELÁSQUEZ y RANGEL. Atlas Palinológico de la Flora Vascular del Páramo I: Las familias más ricas en especies. En: Caldasia. Bogotá: s.n. Vol. 17, (1995); p.509.

²VAN DER HAMMEN et al. Palynological record of the upheaval of the Northern Andes: a study of the Pliocene and lower Quaternary of the Colombian Eastern cordillera and the early evolution of its High-Andean biota. En: Rev. Paleot. Palynol. s.p.i. Vol. 16, (1973); p.1-22.

³GUTIERREZ, Aquiles et al. Dinámica anual de la interacción colibrí-flor en ecosistemas altoandinos del volcán Galeras, sur de Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2001. p.113.

⁴SALAZAR, Olga. Algunos aspectos de la vegetación de la región del Volcán Galeras Depto. de Nariño con base en zonas de vida. Pasto: Universidad de Nariño, 1984. p.149.

⁵FONNEGRA, Ramiro. Introducción a la Palinología. Medellín: Universidad de Antioquia, 1989. p.8.

⁶Ibid., p.11.

⁷Ibid., p.1-3.

⁸RANGEL, Orlando. Consideraciones sobre la diversidad y la vegetación de alta montaña en Colombia. En: Memorias del seminario taller sobre alta montaña colombiana. Bogotá: s.n., 1993. p.53.

⁹LUTEYN, James L. The plant Family Ericaceae. [online]. New York: New York Botanical Garden, 2002; [cited 2003]: <http://www.nybg.org/bsci/res/lut2/>.

¹⁰Ibid.

¹¹SANTACRUZ, F., y PÉREZ, E. Proyecto para la difusión de la cultura ambiental y ecológica. Bogotá: Puntos suspensivos ... editores-consultores. 1993.

¹²SALAZAR, Op. cit., p.1.

¹³Ibid., p.1-148.

¹⁴GUTIÉRREZ, Aquiles et al. Annual Dynamics of Hummingbird-flower interactions in High Andean Ecosystems. En: Ornitología Neotropical. s.p.i., Vol. 15, (2004).

¹⁵FONNEGRA, Op. cit., p.8.

- ¹⁶TORMO M., Rafael. Lecciones Hipertextuales de botánica: Las Angiospermas. [online]. España:Universidad de Extremadura, 1999; [citado 2003]: <http://www.biologie.uni-homburg.de/b-online/ibc99/botanica/botanica/angio-tl.htm>.
- ¹⁷Ibid., p.1.
- ¹⁸Ibid., p.1.
- ¹⁹AZCÁRRAGA y ARBIZA. El Mundo de las Plantas III, Dicotiledóneas. [online]. s.p.i., 2001; [citado 2002]: <http://www.correodelmaestro.com>.
- ²⁰Ibid., p.1.
- ²¹Ibid., p.1.
- ²²GUTIÉRREZ, Op cit., p. 10.
- ²³LUTEYN, Op. cit., p.1.
- ²⁴Ibid., p.3.
- ²⁵LUTEYN, 1995 citado por LUTEYN, James L. The plant Family Ericaceae. [online]. New York: New York Botanical Garden, 2002; [cited 2003]: <http://www.nybg.org/bsci/res/lut2/>.
- ²⁶Ibid., p.3.
- ²⁷Ibid., p.3.
- ²⁸Ibid., p.4.
- ²⁹Ibid., p.4.
- ³⁰Ibid., p.4.
- ³¹BELMONTE y ROURE. Los pólenes y las esporas. [online]. Barcelona (España): Universidad Autónoma de Barcelona, 2001; [citado 2004]: http://einstein.uab.es/_c_lap/aerobiologia/espanyol/pollen.htm.
- ³²Ibid., p.1.
- ³³Ibid., p.1.

- ³⁴ZETSCHE, citado por MORE, P. D. & WEBB, J. A. A Illustrated Guide to Pollen Analysis. London: Hodder and stoughton, 1978. p.30.
- ³⁵BROOCKS & SHAW, citados por MORE, P. D. & WEBB, J. A. A Illustrated Guide to Pollen Analysis. London: Hodder and stoughton, 1978. p.30.
- ³⁶ERTDMAN, citado por MORE, P. D. & WEBB, J. A. A Illustrated Guide to Pollen Analysis. London: Hodder and stoughton, 1978. p.31.
- ³⁷REITSMA, citado por MORE, P. D. & WEBB, J. A. A Illustrated Guide to Pollen Analysis. London: Hodder and stoughton, 1978. p.31.
- ³⁹Ibid., p.32.
- ⁴⁰FONNEGRA, Op. cit., p.27-28.
- ⁴¹Ibid., p.23.
- ⁴²Ibid., p.33-34.
- ⁴³Ibid., p.33-34.
- ⁴⁴Ibid., p.11-12.
- ⁴⁵Ibid., p.11-12.
- ⁴⁶Ibid., p.12-13.
- ⁴⁷Ibid., p.13-14.
- ⁴⁸Ibid., p.14.
- ⁴⁹Ibid., p.14.
- ⁵⁰MORE, P. D. & WEBB, J. A. A Illustrated Guide to Pollen Analysis. London: Hodder and stoughton, 1978. p.35.
- ⁵¹Ibid., p.35.
- ⁵²Ibid., p.35.
- ⁵³Ibid., p.35.
- ⁵⁴Ibid., p.35.

⁵⁵Ibid., p.35.

⁵⁶Ibid., p.36.

⁵⁷FONNEGRA, Op. cit., p.17.

⁵⁸Ibid., p.35-36.

⁵⁹Ibid., p.35-36.

⁶⁰ERDTMAN, G. Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Nueva York y Londres: Hafner Publishing Company, 1966. p.18.

⁶¹FONNEGRA, Op. cit., p.41.

⁶²FONNEGRA, R. Métodos de Estudios Palinológico. Op. cit. p.3.

⁶³Ibid., p.

⁶⁴Ibid., p.

⁶⁵Ibid., p.

⁶⁶HESLOP-HARRISON, citado por MORE, P. D. & WEBB, J. A. A Illustrated Guide to Pollen Analysis. London: Hodder and stoughton, 1978. p.30.

⁶⁷FONNEGRA, Op. cit., p.2.

⁶⁸Ibid., p.2.

⁶⁹CORPONARIÑO. Plan de Manejo y Guía del Santuario de Flora y Fauna Galeras. Pasto: s.n., 1994.

⁷⁰HOLDRIDGE, Leslie et al. Ecología basada en zonas de vida. Costa Rica: IICA, 1987. p.1-28.

⁷¹SALAZAR, Op. cit., p.4-17.

⁷²GUTIERREZ, Op. cit., p.12.

⁷³SALAZAR, Op. cit., p.1-148.

⁷⁴GUTIÉRREZ, Op. cit., p.19-25.

- ⁷⁵DIMMITT, M. Ecología de la polinización y dispersión de las semillas de las plantas del desierto. [online]. Tucson Arizona: Arizona-Sonora Desert Museum, 1998; [citado 2004]: www.desertmuseum.org/conservation/polinizacion.html.
- ⁷⁶GUTIÉRREZ, Op. cit., p.67-72.
- ⁷⁷LUTEYN, Op. cit., p.3.
- ⁷⁸Ibid., p.67-72.
- ⁷⁹FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. The principles of Pollination Ecology. London: PERGAMON PRESS, 1979. p.83 .
- ⁸⁰Ibid., p.44.
- ⁸¹GRASES, C. y RAMÍREZ, N. Biología reproductiva de cinco especies ornitófilas en un fragmento de bosque caducifolio secundario en Venezuela. [online]. Caracas (Venezuela): Universidad Central de Venezuela, 1998; [citado 2004]: <http://rbt.ots.ac.cr/revistas/46-4/grases.htm>.
- ⁸²GUTIÉRREZ, Op. cit., p.19-25.
- ⁸³Ibid., p.26-66.
- ⁸⁴Ibid., p.33-53.
- ⁸⁵Ibid., p.36-37.
- ⁸⁶FAEGRY & VAN DER PIJL, Op. cit., p.128.
- ⁸⁷GUTIÉRREZ, Op. cit., p.50.
- ⁸⁸DIMMITT, Op. cit., p.2.
- ⁸⁹GUTIÉRREZ, Op. cit., p.36.
- ⁹⁰SNOW & SNOW, citado por LUTEYN, J. PLANT/ANIMAL INTERACTIONS: "Pollinators" of Neotropical Ericaceae. [online]. New York: New York Botanical Garden, 2002; [citado 2003]: <http://www.nybg.org/bsci/res/lut2/plant-animal-interactions.html>.
- ⁹¹GUTIÉRREZ, Op. cit., p.36-40.
- ⁹²KUGLER, citado por FAEGRI, K. & VAN DER PIJL, L. The principles of Pollination Ecology. London: PERGAMON PRESS, 1979. p.82.

⁹³GUTIÉRREZ, Op. cit., p.48-53.

⁹⁴Ibid., p.55.

⁹⁵CLEMANTS, citado por LUTEYN, J. PLANT/ANIMAL INTERACTIONS: "Pollinators" of Neotropical Ericaceae. [online]. New York: New York Botanical Garden, 2002; [citado 2003]: <http://www.nybg.org/bsci/res/lut2/plant-animal-interactions.html>.

⁹⁶LUTEYN, J. PLANT/ANIMAL INTERACTIONS: "Pollinators" of Neotropical Ericaceae. [online]. New York: New York Botanical Garden, 2002; [citado 2003]: <http://www.nybg.org/bsci/res/lut2/plant-animal-interactions.html>.

⁹⁷HEITHAUS, citado por LUTEYN, J. PLANT/ANIMAL INTERACTIONS: "Pollinators" of Neotropical Ericaceae. [online]. New York: New York Botanical Garden, 2002; [citado 2003]: <http://www.nybg.org/bsci/res/lut2/plant-animal-interactions.html>.

⁹⁸RAVEN, P.H. Evolution of the Angiosperms: Introducción to the Angiosperms. s.p.i., 1972. p.406.

⁹⁹Ibid., p.406.

¹⁰⁰FAEGRI & VAN DER PIJL, Op. cit., p.123.

¹⁰¹AMAYA, Marisol et al. Interpretación ecológica de las cargas de polen transportado por colibríes en el bosque de niebla del pacífico nariñense. En: Primer Congreso de Botánica. Bogotá: s.n., 1999.

¹⁰²GUTIÉRREZ, Op. cit., p. 26-28.

¹⁰³HEMSLEY, A.J. & FERGUSON, P.K. Pollen morphology of the genus *Erythrina* (Leguminosae: Papilionoideae) in relation to floral structure and pollinators. En: Annals of the Missouri Botanical Garden. New York: s.n.Vol 72, (1985). p.571-585.

¹⁰⁴GRAYUM, M. H. Correlations between pollination biology and pollen morphology in the Araceae, with some implications for angiosperm evolution. En: Pollen y Spores: Form and Function. USA: The Linnean Society of London. (1986); p.314-315.

¹⁰⁵MULLER, J. Form and Function in Angiosperm Pollen. En: Annals of the Missouri Botanical Garden. New York: New York Botanical Garden Vol. 66, (1979); p.605.

¹⁰⁶FAEGRI & VAN DER PIJL, Op. cit., p.43.

¹⁰⁷Ibid., p.43-86.

¹⁰⁸AMAYA, Op. cit.

¹⁰⁹Ibid.

¹¹⁰ARROYO, FERGUSON & SKVARLA, citado por AMAYA, Marisol et al. Interpretación ecológica de las cargas de polen transportado por colibríes en el bosque de niebla del pacífico nariñense. En: Primer Congreso de Botánica. Bogotá: s.n., 1999.

¹¹¹HEMSLEY & FERGUSON, Op. cit., p.584-586.

¹¹²AMAYA, Op. cit.

¹¹³GUTIÉRREZ, Op. cit., p.26-28.

¹¹⁴AMAYA, Op. cit.

¹¹⁵GUTIÉRREZ, Op. cit., p.26-28.

¹¹⁶VELÁSQUEZ, C. Atlas Palinológico de la flora vascular paramuna de Colombia: Angiospermae. Medellín: Universidad Nacional de Colombia, 1999. p.67.

¹¹⁷BOGOTA, R. y LAMPREA, S. Atlas Palinológico de las especies pertenecientes a las subclases: Mognolidae, Hmamelidae, Caryophyllidae, Dilleniidae y Rosidae (Cronquist, 1988) presentes en el páramo de Monserrate. Bogotá: s.n., 1995. p.100.

¹¹⁸GUTIÉRREZ, Op, cit., p.114.

¹¹⁹VELÁSQUEZ, Op. cit., p.69-70.

¹²⁰BOGOTA y LAMPREA, Op. cit., p.112.

¹²¹VELÁSQUEZ y RANGEL. Atlas Palinológico de la flora vascular del páramo I: Las familias más ricas en especies. En: Caldasia. Bogotá: s.n. Vol. 17, (1995); p.540-541.

¹²²BOGOTA y LAMPREA, Op. cit., p.99-100.

¹²³GUTIÉRREZ, Op, cit., p.114.

¹²⁴Ibid., p.114.

¹²⁵Ibid., p.114.

¹²⁶VELÁSQUEZ, Op. cit., p.67-68.

- ¹²⁷BOGOTA y LAMPREA, Op. cit., p.101-106.
- ¹²⁸NEILL, citado por HEMSLEY & FERGUSON. Pollen morphology of the genus Eritrina (Leguminosae: Papilionoideae) in relation to floral structure and pollinators. En: Annals of the Missouri Botanical Garden. New York: s.n. Vol. 72, (1985); p.588.
- ¹²⁹GREENWALT, citado por HEMSLEY & FERGUSON. Pollen morphology of the genus Eritrina (Leguminosae: Papilionoideae) in relation to floral structure and pollinators. En: Annals of the Missouri Botanical Garden. New York: s.n. Vol. 72, (1985); p.588.
- ¹³⁰HEMSLEY & FERGUSON, Op. cit., p.586.
- ¹³¹Ibid., p.586.
- ¹³²GUTIÉRREZ, Op. cit., p.22-25.
- ¹³³AMAYA, Op. cit.
- ¹³⁴HEMSLEY & FERGUSON, Op. cit., p.586-589.
- ¹³⁵MULLER, Op. cit., p.603-605.
- ¹³⁶GUTIÉRREZ, Op. cit., p.27,96.
- ¹³⁷WALKER, citado por LEE, S. A Factor Analysis Study of the Funcitonal Significance of Angiosperm Pollen. En: Systematic Botany. s.p.i. Vol. 3, No. 1 (1978); p.14.
- ¹³⁸MULCAHY, PRIMACK, citados por LEE, S. A Factor Análisis Study of the Funcitonal Significance of Angiosperm Pollen. En: Systematic Botany. s.p.i. Vol. 3, No. 1(1978); p.14.
- ¹³⁹HESLOP-HARRISON, Op. cit., p.596.
- ¹⁴⁰MULLER, Op. cit., p.596-600.
- ¹⁴¹Ibid., p.603-605.
- ¹⁴²HEMSLEY & FERGUSON, Op. cit., p.584-586.
- ¹⁴³AMAYA, Op. cit.
- ¹⁴⁴GUTIÉRREZ, Op. cit., p.26-28.
- ¹⁴⁵BOGOTA y LAMPREA, Op. cit., p.98-112.

¹⁴⁶VELÁSQUEZ, Op. cit., p.66-70.

¹⁴⁷WHITEHEAD, citado por MULLER, J. Form and Function in Angiosperm pollen. En: Annals of the Missouri Botanical Garden. New York: s.n. Vol. 66, (1979); p.608.

¹⁴⁸DIMMITT, Op. cit., p.2.

¹⁴⁹WODEHOUSE, R. P. Pollen Grains. New York: McGraw-Hill, 1935. p.607.

¹⁵⁰WODEHOUSE, citado por MULLER, J. Form and Function in Angiosperm pollen. En: Annals of the Missouri Botanical Garden. New York: s.n. Vol. 66, (1979); p.608.

¹⁵¹MULLER, Op. cit., p.610-612.

¹⁵²GUTIÉRREZ, Op. cit., p.33-63.

¹⁵³Ibid., p.33-63.

¹⁵⁴LEE, S. A Factor Análisis Study of the Funcitonal Significance of Angiosperm Pollen. En: Systematic Botany. s.p.i. Vol. 3, No. 1 (1978); p.1-16.

¹⁵⁵FONNEGRA, Op. cit., p.5.

¹⁵⁶MULLER, Op. cit., p.624.

¹⁵⁷FONNEGRA, Op. cit. p.3.

BIBLIOGRAFÍA

AMAYA, Marisol et al. Interpretación ecológica de las cargas de polen transportado por colibríes en el bosque de niebla del pacífico nariñense. En: Congreso de Botánica. (1999 Bogotá). Ponencia del Primer Congreso de Botánica. Bogotá: Universidad Nacional, 1999.

AMAYA, Marisol. Análisis palinológico de la flora del Parque Amacayacu (Amazonas) visitada por colibríes (Aves Trochilidae). Bogotá, 1991. Trabajo de Grado (Biólogo). Universidad Nacional. Programa de Biología.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE HERBARIOS. Décima reunión asociación colombiana de herbarios jornada de estudios palinológicos. (1989: Medellín). Memoria Universidad de Antioquia. Medellín: Universidad de Antioquia, 1989. 131p.

AZCÁRRAGA Y ARBIZA. El mundo de las plantas III, Dicotiledóneas. [online]. s.p.i., 2001; [citado 2002]:
<http://www.correodelmaestro.com/anteriores/2001/mayo/mundoplanpoptop.htm>.

BELMONTE J. & ROURE J. M. Los pólenes y las esporas. [online]. Barcelona (España): Universidad Autónoma de Barcelona, 2001; [citado 2004]:
http://einstein.uab.es/~c_bp/aerobiologia/ensayo1/pollen.htm.

CORPONARIÑO. Plan de Manejo y Guía de Santuario de Flora y Fauna del Volcán Galeras. Pasto: s.n., 1994.

DIMMITT, Mark. Ecología de la polinización y dispersión de las semillas de las plantas del desierto. [online]. Tucson (Arizona): Arizona-Sonora Desert Museum, 1998; [citado 2004]:
www.desertmuseum.org/conservation/polinizacion.html

EGUIARTE, Luis Y MARTINEZ, Carlos. El Néctar y el Polen como recursos: El papel ecológico de los visitantes a las flores de *Pseudobombax ellipticum* (H.B.K) Dugand. En: Biotrópica. Vol.19, no.1. México: Universidad Nacional de México, 1987. 74-82p.

ERAZO, Gloria et al. Caracterización de la vegetación paramuna de los volcanes Azufral y Galeras. San Juan de Pasto, 1991. Trabajo de grado (Esp. En Ecología). Universidad de Nariño. Escuela de Postgrado. 241p.

ERDTMAN, G. Pollen Morphology and Plant Taxonomy: Angiosperms. New York and London: Hafner Publishing Company, 1966. 553p.

FAEGRI K. & VAN DER PIJL L. The principles of Pollination Ecology. Third Revised Edition. London: PERGAMON PRESS, 1979. 450p.

FONNEGRA G, Ramiro. Introducción a la Palinología. Medellín: Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, 1989. 82p.

_____. Métodos de Estudio Palinológico. Medellín: Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, 1989. 58p.

GONZÁLEZ-ALVARO, V. Y ALVAREZ JIMÉNEZ, J. Relación entre la profundidad de las corolas y la longitud de los aparatos bucales de sus visitantes florales en una comunidad de plantas ruderales. [online]. Madrid (España): Universidad de Alcalá, Departamento de biología vegetal, 2003; [citado 2004]: <http://entomología.rediris.es/congresoiberico/resbiología.htm>.

GRASES, C. Y RAMÍREZ, N. Biología reproductiva de cinco especies ornitófilas en un fragmento de bosque caducifolio secundario en Venezuela. [online]. Caracas (Venezuela): Universidad Central de Venezuela, Instituto de Biología Experimental, Laboratorio de Biología Reproductiva, 1998; [citado 2004]: <http://rbt.ots.ac.cr/revistas/46-4/grases.htm>.

GRAYUM, M. H. Correlations between pollination biology and pollen morphology in the Araceae, with some implications for angiosperm evolution. En: Pollen and Spores: Form and Function. USA: The Linnean Society of London, 1986. 313-327p. ISBN: 0-12-103460-7.

GUTIÉRREZ Z., Aquiles. Guía de Laboratorio - Proceso de Acetólisis. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1996.

_____. ROJAS, Sandra Y STILES, Gary. Dinámica Anual de la Interacción Colibrí-Flor en ecosistemas altoandinos del Volcán Galeras, Sur de Colombia. Bogotá, 2001. Trabajo de Grado (Biólogo). Universidad Nacional de Colombia.

_____. Annual Dynamics of Humminbirg-flower interactions in High Andean Ecosystems. En: Ornitología Neotropical. Vol.15 (suppl). s.l.:© The Neotropical Ornithological Society, 2004.

HEMSLEY A.J. & FERGUSON P. K. Pollen morphology of the genus *Erythrina* (Leguminosae: Papilionoideae) in relation to floral structure and pollinators. En: Annals of the Missouri Botanical Garden. Vol 72. New York: New York Botanical Garden, 1985. 570-590p.

HERRERA, Luisa Fernanda Y URREGO, Ligia Estela. Atlas de polen de plantas útiles y cultivadas de la Amazonia Colombiana. Bogotá: TROPENBOS COLOMBIA, 1996. Tomo XI.

HOLDRIDGE, Leslie R. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica: IICA, 1987. 216p.

JIMÉNEZ, Luis C. Atlas Palinológico de la Amazonía colombiana I: Familias Caesalpinaceae, Fabaceae y Mimosaceae. En: Caldasia Vol.18, No.3. Bogotá: s.n., 1996. 29-40p.

JIMÉNEZ, Luis Y RANGEL, Orlando. Atlas Palinológico de la Amazonía colombiana II: Familia Asteraceae. En: Caldasia Vol.19, No.1-2. Bogotá: s.n., 1997. 295-326p.

KJONAAS, C. Y RENGIFO, C. Efecto de las aves robadoras de néctar en la reproducción de *Cavendishia pubescens* (Ericaceae) en una selva nublada de los andes venezolanos. [online]. Venezuela: s.n., 2000; [citado 2004]:
<http://www.geocities.com/lamucuy2000/Robo.html>.

LEE, Sangtae. A Factor Analysis Study of the Functional Significance of Angiosperm Pollen. En: Systematic Botany. Vol. 3, No.1. s.p.i., 1978. 1-19p.

LUTEYN, James L. Neotropical Blueberries: The plant Family Ericaceae. [online]. New York: New York Botanical Garden, 2002; [citado 2003]:
<http://www.nybg.org/bsci/res/lut2/>.

_____ Plant/Animal Interactions: "Pollinators" of Neotropical Ericaceae. [online]. New York: New York Botanical Garden, 2002; [citado 2003]:
<http://www.nybg.org/bsci/res/lut2/plant-animal-interactions.html>.

MATTEUCI y COLMA. Metodología para el estudio de la vegetación: Monografía. Washington: Secretaría General de la OEA, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, 1982.

MENDOZA, Humberto y RAMÍREZ, Bernardo. Plantas con flores de la Planada: Guía ilustrada de flores y géneros. Bogotá: Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander Von Humboldt, 2000. 244p.

MOORE, P.D. & WEBB, J.A. A Illustrated Guide to Pollen Analysis. London: Hodder and stoughton, 1978.

MULLER, Jan. Form and Function in Angiosperm pollen. En: Annals of the Missouri Botanical Garden Vol. 66. New York: New York Botanical Garden, 1979. 593-632p.

PALADINES, Renzo. Particularidades de los páramos del sur de Ecuador. [online]. Ecuador: Edición científica de San Francisco, 1997; [citado 2004]:
<http://www.condesan.org/infoandi/foro/cdpp52.htm>.

PANTOJA, Gloria. Caracterización ecológica de la vegetación arbórea y arbustiva del Santuario de Flora, Isla la Corota. San Juan de Pasto, 1999. Trabajo de Grado (Biólogo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Programa de Biología.

RANGEL, Orlando. Consideraciones sobre la diversidad y vegetación de alta montaña en Colombia. En: Seminario Taller sobre Alta Montaña colombiana. (1993: Bogotá). Memorias del Seminario Taller sobre Alta Montaña colombiana. Bogotá: s.n., 1993. 33-60p.

_____ Ecología de los páramos andinos: Una visión preliminar integrada. Bogotá: Universidad Nacional, 1985.

RAVEN, P.H. Evolution of the Angiosperms: Introducción to the Angiosperms. s.p.i., 1972. 439p.

SALAZAR, Olga. Algunos Aspectos de la vegetación de la Región del Volcán Galeras, Departamento de Nariño con base en zonas de vida. San Juan de Pasto, 1984. Trabajo de Grado (Lic. Biología). Universidad de Nariño. Facultad de Educación. Programa de Biología. 148p.

STILES HURD, Frank G. Muestreo y Análisis Estadístico en Investigaciones Biológicas. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, 2000.

TORMO M., Rafael. Lecciones Hipertextuales de Botánica: Las Angiospermas. [online]. España: Universidad de Extremadura. 1999; [citado 2002]: <http://www.biologie.uni-homburg.de>.

UNIDAD DE ALERGIA INFANTIL. Polen y Alergia. [online]. España: Hospital la Fe Valencia España, 2002; [citado 2003]: <http://www.alergiainfantillafe.org/polenyalergia.htm>.

VAN DER HAMEN, T.; WERNER, J.H. & VAN DOMMELEN, H. Palynological record of the upheaval of the Northern Andes: a study of the Pliocene and lower Quaternary of the Colombian Eastern cordillera and the early evolution of its High-Andean biota. En: Rev. Paleot. Palynol. Vol. 16. s.p.i., 1973. 1-122p.

VELÁSQUEZ, César. Atlas palinológico de la flora vascular paramuna de Colombia: Angiospermae. Medellín: César A. Velásquez, 1999. 173p.

_____ Y RANGEL. Atlas Palinológico de la flora vascular del páramo I: Las familias más ricas en especies. En: Caldasia Vol.17. Bogotá: s.n., 1995. 509-568p.

WODEHOUSE, R.P. Pollen Grains. New York: McGraw-Hill, 1935.

ZAR, J. H. Bioestadistical Analysis. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1996.

ANEXO A

Registro Fotográfico de las Especies de la Familia Ericaceae del Santuario de Flora y Fauna Galeras.

Disterigma microphylla



Pernettya prostrata



Vaccinium floribundum



Disterigma codonanthum



Gaultheria glomerata



Gaultheria insipida



Gaultheria insipida



Gaultheria foliolosa



Cavendishia bracteata



Macleania rupestris



Gaultheria arachnoidea



Bejaria mathewsii



Disterigma acuminatum



Bejaria resinosa



ANEXO B

Reporte de los valores estadísticos (t-student (t) o Mann-Whitney (w) y la probabilidad (p)) para todas las especies en los dos tratamientos Fresco y Acetolisis

Especies		AT	LT	DE	AE	Acolp	Lcolp	AP	EP	LB	LC	Ahem	Lhem
Dm	w/t p	0.0*** 2.2055E-11	23.1178*** 0.0	0.5*** 2.5333E-11	115.0*** 5.6869E-8	2.14.892* 0.0358	5.332** 0.00000166	7.8477*** 1.1028E-10	24.8789*** 0.0	0.0*** 2.4221E-11	3.5*** 3.4075E-11	0.7230 0.4725	7.9952*** 7.5674E-11
Pp	w/t p	15.148 *** 0.0	20.3756*** 0.0	9.7149*** 0.0	0.5339 0.5954	881.09*** 9.5847E-11	1.8675 0.0668	708.5** 0.0000963	17.1799*** 0.0	0.0*** 2.2470E-11	0.0*** 2.3639E-11	848.5*** 1.7537E-9	3.0184** 0.0037
Vf	w/t p	0.0*** 2.1053E-11	0.0*** 1.9148E-11	12.5935*** 0.0	1.16907 0.2471	8.1036*** 4.1057E-11	223.0** 0.000747	3.98003** 0.000194	16.6045*** 0.0	0.0*** 2.6647E-11	0.0*** 2.7469E-11	539.0 0.1378	8.0254*** 5.5517E-11
Dc	w/t p	31.1514*** 0.0	24.9772*** 0.0	18.1118*** 0.0	- -	3.1474** 0.0026	261.0** 0.0051	2.6538* 0.01025	28.8501*** 0.0	22.9128*** 0.0	22.5676*** 0.0	1.6674 0.1008	10.333*** 0.0
Da	w/t p	0.5*** 2.322E-11	0.0*** 2.388E-11	0.0*** 2.170E-11	275.0** 0.000223	2.420** 0.0011	134.0** 0.00000185	202.0** 0.0000590	16.749*** 0.0	0.0*** 2.389E-11	15.8007*** 0.0	2.666** 0.0099	36.5*** 7.3704E-10
Gg	w/t p	31.2881 *** 0.0	0.0*** 1.998E-11	20.7934*** 0.0	- -	3.2884** 0.00171	2.0*** 2.1728E-11	730.0** 0.00000562	30.7363*** 0.0	32.296*** 0.0	11.0*** 6.872E-11	12.2067*** 0.0	15.1097*** 0.0
Ge	w/t p	0.0*** 2.451E-11	22.6413*** 0.0	18.51*** 0.0	175.5** 0.00000109	33.0*** 1.379E-10	10.7591*** 0.0	7.9893*** 6.3812E-11	0.0*** 2.201E-11	30.267*** 0.0	22.898*** 0.0	8.825*** 2.573E-12	20.895*** 0.0
Gi	w/t p	0.0*** 1.835E-11	1.0*** 2.572E-11	43.5*** 1.517E-9	77.0*** 1.9612E-9	0.7635 0.4482	66.0*** 1.143E-8	0.7833 0.4365	16.9019*** 0.0	0.0*** 2.324E-11	22.689*** 0.0	278.0** 0.00614	9.9071*** 0.0
Gf	w/t p	8.858*** 2.273E-12	7.0*** 4.277E-11	88.0*** 6.999E-8	236.0** 0.000533	5.065** 0.00000443	4.480** 0.0000356	5.450** 0.00000107	41.5*** 9.502E-10	60.0*** 5.213E-9	160.0** 0.0000153	8.986*** 1.398E-12	326.5 0.0635
Cb	w/t p	0.0*** 2.622E-11	0.0*** 2.691E-11	11.4408*** 0.0	- -	5.1029** 0.00000386	8.762*** 3.276E-12	4.390** 0.0000485	0.0*** 2.678E-11	0.0*** 2.715E-11	3.0*** 3.5318E-11	385.0 0.3080	2.0*** 3.2821E-11

* significativo ** muy significativo *** altamente significativo

Dm=*D.microphylla*, Pp=*P.prostrata*, Vf=*V.floribundum*, Dc=*D.codonanthum*, Da=*D.acuminatum*, Gg=*G.glomerata*, Ge=*G.erecta*, Gi=*G.insipida*, Gf=*G.foliosa*, Cb=*C.bracteata*, Mr=*M.rupestris*, Bm=*B.mathewsii*, Br=*B.resinosa*.

ANEXO B

Continuación

Reporte de los valores estadísticos (t-student (t) o Mann-Whitney (w) y la probabilidad (p)) para todas las especies en los dos tratamientos Fresco y Acetólisis

Especies		AT	LT	DE	AE	Acolp	Lcolp	AP	EP	LB	LC	Ahem	Lhem
Mr	t	0.0***	9.0***	8.430***	252.0**	0.9332	5.724***	0.593	12.056***	0.0***	13.3688***	2.332*	6.4567***
	p	2.726E-11	6.902E-11	1.168E-11	0.000443	0.3545	3.667E-7	0.555	0.0	2.736E-11	0.0	0.0231	2.380E-8
Bm	t	20.051***	0.0***	36.0***	50.0***	2.4510*	5.9606***	0.486	11.034***	19.265***	17.3158***	0.5961	0.5086
	p	0.0	2.591E-11	7.896E-10	2.786E-10	0.0172	1.582E-7	0.6283	0.0	0.0	0.00	0.5533	0.6128
Br	t	17.710***	0.0***	1.5***	63.5***	1.2546	78.5***	0.9613	13.488***	12.688***	12.3825***	2.4416*	2.554*
	p	0.0	2.453E-11	2.797E-11	1.663E-9	0.2146	2.865E-8	0.3403	0.0	0.0	0.0	0.0176	0.0132

* significativo ** muy significativo *** altamente significativo

Mr=*M.rupestris*, Bm=*B.mathewsii*, Br=*B.resinosa*.

ANEXO C

Reporte de los valores estadísticos (t-student y p probabilidad) para el Grupo 1 en Fresco.

Especies		AT	LT	DE	AE	Acolp	Lcolp	AP	EP	LB	LC	Ahem	Lhem
Dm-Pp	t p	0.20451 0.8386	0.9541 0.3439	4.6686** 0.000018	0.9923 0.3251	6.9387*** 3.7139E-9	9.6961*** 0.0	8.3334*** 1.6951E-11	3.8365** 0.00031	1.1854 0.2406	1.1796 0.2429	3.1819** 0.0023	3.0298** 0.00365
Dm-Vf	t p	18.693 *** 0.0	15.2345** * 0.0	13.9321** * 0.0	3.974** 0.000197	10.829*** 0.0	15.3362*** 0.0	16.1698** * 0.0	16.5109** * 0.0	14.02*** 0.0	11.3967** * 0.0	8.0821*** * 4.461E-11	10.6932** * 0.0
Dm-Dc	t p	14.2745** * 0.0	10.228*** 0.0	9.8557*** 0.0	3.7195** 0.00045	3.7295** 0.000437	8.7922*** 2.9243E-12	5.3291** 0.0000016	13.5069** * 0.0	9.4026*** 0.0	7.9871*** 6.4367E-11	1.0546 0.2929	9.2512*** 0.0
Dm-Da	t p	15.9496** * 0.0	14.917*** 0.0	7.1615*** 1.569E-9	2.7394** 0.008163	5.8807*** 2.1417E-7	11.65.81** * 0.0	0.8492 0.3992	10.0653** * 0.0	14.8824** * 0.0	6.1950*** 6.4847E-8	8.5156*** 8.423E-12	6.4635*** 2.3195E-8
Pp-Vf	t p	13.9089** * 0.0	12.5678** * 0.0	7.9651*** 7.005E-11	4.2885** 0.0000688	1.9301 0.0584	3.6377** 0.00053	3.7433** 0.00041	12.062*** 0.0	15.5812** * 0.0	11.8002** * 0.0	1.1391 0.2593	7.7365*** 1.6947E-10
Pp-Dc	t p	10.7047** * 0.0	8.6748*** 4.579E-12	4.2515** 0.0000781	4.0598** 0.000148	4.3045** 0.000065	0.8846 0.3800	3.6346** 0.00059	8.2033*** 2.7966E-11	10.4786** * 0.0	8.5550*** 7.2424E-12	2.4326* 0.018	5.4208** 0.0000012
Pp-Da	t p	11.9586** * 0.0	12.6783** * 0.0	2.5748* 0.0126	3.1194** 0.0028	11.909*** 0.0	0.7569 0.4521	9.175*** 0.0	5.9451*** 1.678E-7	16.6701** * 0.0	6.8301*** 5.6501E-9	7.8328*** 1.168E-10	2.6169* 0.01121
Vf-Dc	t p	3.5203** 0.000846	1.7760 0.0809	4.0299** 0.000164	0.0716 0.9431	7.8525*** 1.0823E-10	4.6773** 0.0000178	8.9718*** 1.4759E-12	5.7387*** 3.6598E-7	2.0510* 0.0447	2.0331* 0.0466	6.1095*** 0.984E-8	3.7197** 0.0045
Vf-Da	t p	2.2960* 0.02553	1.6701 0.1002	4.2725** 0.0000127	0.1264 0.8998	17.8034** * 0.0	3.1871** 0.00235	17.923*** 0.0	5.9705*** 1.5242E-7	0.2269 0.8212	3.3649* 0.0013	18.3473** * 0.0	6.4280*** 2.6580E-8
Dc-Da	t p	1.2525 0.2153	2.8870** 0.0054	1.2561 0.2140	0.0662 0.9473	10.6943** * 0.0	1.7211 0.0905	6.3021*** 4.3062E-18	1.1802 0.2427	1.9509 0.0558	1.2942 0.2007	8.7201*** 3.8515E-12	3.5301** 0.000821

* significativo ** muy significativo *** altamente significativo
Dm=*D.microphylla*, Pp=*P.prostrata*, Vf=*V.floribundum*, Dc=*D.codonanthum*, Da=*D.acuminatum*

ANEXO D

Reporte de los valores estadísticos (t-student y p probabilidad) para el Grupo 1 Acetolizadas.

Especies		AT	LT	DE	AE	Acolp	Lcolp	AP	EP	LB	LC	Ahem	Lhem
Dm-Pp	t	6.0870***	4.7374**	1.4455	5.1605**	4.1265**	3.1179**	3.1691**	1.9522	5.8591***	0.4455	6.1352***	2.90909**
	p	9.7877E-8	0.000014	0.1454	0.0000031	0.0001	0.002833	0.00244	0.0557	2.3240E-7	0.6575	8.1478E-8	0.00513
Dm-Vf	t	8.1031 ***	8.7438***	6.5681***	8.7431***	1.2631	11.9855***	4.0446**	11.1743***	9.3138***	8.3911***	5.834***	10.947***
	p	4.115E-11	3.5174E-12	1.5512E-8	3.587E-12	0.2115	0.0	0.00015	0.0	0.0	1.3584E-11	2.5446E-7	0.0
Dm-Dc	t	12.306***	9.6946***	7.3544***	5.8178***	1.6274	6.0179***	1.0215	11.9224***	11.6455***	11.5967***	0.0529	8.2654***
	p	0.0	0.0	7.4361E-10	2.7158E-7	0.10907	1.2732E-7	0.3112	0.0	0.0	0.0	0.9579	2.2023E-11
Dm-Da	t	7.8586***	6.7447***	4.1574**	4.9757**	2.7114**	8.5391***	1.6168	6.1062***	11.0944***	7.0015***	4.9395**	6.0875***
	p	1.0572E-10	7.8551E-9	0.000107	0.0000061	0.00879	7.6967E-12	0.11	9.0998E-8	0.0	2.9131E-9	0.0000069	9.7703E-8
Pp-Vf	t	14.4061***	16.0995***	9.4321***	5.8511***	6.8048***	8.3834***	7.5775***	12.6144***	13.96***	9.3998***	11.3705***	15.3877***
	p	0.0	0.0	0.0	2.3951E-7	6.2289E-9	1.3988E-11	3.134E-10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Pp-Dc	t	19.3256***	17.3299***	10.5359***	1.3337	2.1633*	3.4212**	4.2263**	13.6799***	16.6015***	13.049***	5.4615**	13.2224***
	p	0.0	0.0	0.0	0.1874	0.0346	0.0011	0.0000851	0.0	0.0	0.0	0.00000103	0.0
Pp-Da	t	12.9553***	12.3361***	7.0562***	0.4823	0.0066	6.6727***	0.6028	7.62010***	16.1491***	7.8371***	0.4838	8.4601***
	p	0.0	0.0	2.3585E-9	0.6313	0.9947	1.037E-8	0.5489	2.6484E-10	0.0	1.1488E-10	0.6363	1.0423E-11
Vf-Dc	t	3.4913**	1.0115	0.6885	4.0048**	3.1261**	3.6838**	2.9647**	1.9756	1.2915	2.4655*	5.5403***	3.6659**
	p	0.00092	0.3159	0.4940	0.00017	0.0027	0.000506	0.00439	0.0529	0.20016	0.0166	7.6960E-7	0.000536
Vf-Da	t	1.2529	1.0444	3.7425**	6.6124***	3.97102**	1.3129	4.6194**	4.379**	0.6555	0.9516	10.013***	2.1849*
	p	0.2152	0.30.06	0.00042	1.3086E-8	0.00019	0.1943	0.0000218	0.0000505	0.5146	0.3452	0.0	0.0329
Dc-Da	t	1.4140	1.9166	4.7635**	1.8217	1.3819	3.8513**	2.3702*	3.2497**	0.70201	3.3296**	4.4953**	0.4627
	p	0.1626	0.0602	0.000013	0.0736	0.1722	0.000295	0.02112	0.00192	0.4848	0.00151	0.0000337	0.6452

* significativo ** muy significativo *** altamente significativo
 Dm=*D.microphylla*, Pp=*P.prostrata*, Vf=*V.floribundum*, Dc=*D.codonanthum*, Da=*D.acuminatum*

ANEXO E

Reporte de los valores estadísticos (t-student y p probabilidad) para el Grupo 2 en Fresco.

Especies		AT	LT	DE	AE	Acolp	Lcolp	AP	EP	LB	LC	Ahem	Lhem
Gg-Ge	t	31535**	4.34617**	2.86735**	4.9779**	8.5012***	0.6060	6.7271***	5.7323***	5.8506***	6.8220***	18.283***	7.1806***
	p	0.00255	0.0000565	0.005761	0.0000060	8.9002E-12	0.5468	8.407.E-9	3.7482E-7	2.400E-7	4.6238E-9	0.0	1.4571E-9
Gg-Gi	t	13.432 ***	17.285***	9.91982***	3.8105**	2.1828*	0.4412	1.4196	2.8951***	11.3251***	6.5220***	7.5302***	3.4380**
	p	0.0	0.0	0.0	0.00033	0.03310	0.6607	0.16106	0.0	0.0	1.8519E-8	3.7657E-10	0.00109
Gg-Gf	t	8.45225***	13.595***	7.59997***	2.4533	0.9464	9.7602***	1.9098	11.0348***	11.1822***	11.5671***	7.6259	8.3821***
	p	1.0741E-11	0.0	2.8746E-10	0.0718	0.7478	0.0	0.06109	0.0	0.0	0.0	2.5994	1.4061E-11
Gg-Ga	t	8.3077***	11.365***	6.69646***	4.0981**	2.9572**	2.2346*	2.7772**	12.678***	11.085***	10.5249***	10.0669***	2.4025***
	p	1.8713E-11	0.0	9.46406E-9	0.0001311	0.00448	0.0293	0.0073	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0195E-8
Ge-Gi	t	8.63211***	6.5586***	5.13366**	1.6795***	10.7816***	0.1783	7.3068***	6.4431***	5.3956**	0.4317	10.9813***	9.4305***
	p	5.3925E-12	1.60934E-8	0.0000034	0.0984E-7	0.0	0.8590	8.941E-10	2.5080E-8	0.0000013	0.6675	0.0	0.0
Ge-Gf	t	4.13675**	2.83313**	3.31158**	2.1994*	11.4624***	7.3466***	9.6476***	4.5109**	4.7209**	3.08777**	11.1726***	15.5347***
	p	0.000115	0.006330	0.00160	0.0318	0.0	7.6628E-10	0.0	0.000031	0.0000152	0.00309	0.0	0.0
Ge-Ga	t	3.95596**	2.45865*	2.52863*	0.9595	4.6657**	2.2370*	3.3065**	6.3551***	4.9720**	2.5142*	5.0366**	4.8047**
	p	0.0002101	0.01695	0.02698	0.3412	0.0000185	0.02291	0.00162	3.5156E-8	0.0000062	0.0147	0.0000049	0.0000113
Gi-Gf	t	5.95401***	6.409***	2.2693*	1.0327	1.5228	8.0330***	0.01202	2.1518*	1.2598	3.6442**	0.0022	3.3550**
	p	1.6228E-7	2.85932E-8	0.0269	0.3059	0.1188	5.3920E-11	0.9047	0.0355	0.2197	0.000574	0.9981	0.0014
Gi-Ga	t	6.35354***	6.18681***	3.3421**	0.5469	4.9909**	2.2247	3.8312**	0.0	0.6254	3.0363**	3.7853**	5.4332**
	p	3.53684E-8	6.69241E-8	0.00145	0.5873	0.0000058	0.300019	.0000315	1.0	0.5341	0.00358	0.000366	0.00000114
Gf-Ga	t	0.294514	0.43491	1.0244	1.4046	4.2494**	11.0409***	4.8034**	2.1205*	0.6167	0.5431	3.8264**	10.8119***
	p	0.769417	0.665242	0.3098	0.1654	0.000078	0.0	0.0000113	0.0382	0.5398	0.5890	0.000320	0.0

* significativo ** muy significativo *** altamente significativo
 Gg=*G.glomerata*, Ge=*G.erecta*, Gi=*G.insipida*, Gf=*G.folilosa*, Ga=*G.arachnoidea*.

ANEXO F

Reporte de los valores estadísticos (t-student y p probabilidad) para el Grupo 2 Acetolizado.

Especies		AT	LT	DE	AE	Acolp	Lcolp	AP	EP	LB	LC	Ahem	Lhem
Gg-Ge	t p	8.2567*** 2.2771E-11	6.5845*** 1.4564E-8	5.6132*** 5.8605E-7		5.42102** 0.00000119	1.7422 0.0867	6.3649*** 3.3861E-8	6.50707*** 1.9620E-8	5.9057*** 1.9486E-7	3.1147** 0.0028	2.5542* 0.0132	3.5299** 0.000821
Gg-Gi	t p	1.5065 0.1373	0.80302 0.4252	0.2524 0.8016		4.133** 0.000116	1.3154 0.1935	6.6666*** 1.0617E-8	1.9266 0.0589	3.3197** 0.001561	1.8223 0.0735	6.4937*** 2.0654E-8	1.7488 0.0856
Gg-Gf	t p	15.1915*** 0.0	8.2659*** 2.1980E-11	3.5663** 0.000733		0.1098 0.9129	0.2857 0.7760	1.7077 0.09302	4.9387** 0.0000071	9.0034*** 1.3087E-12	5.9218*** 1.1830E-7	5.3409** 0.00000161	4.3071** 0.0000646
Ge-Gi	t p	4.1467** 0.000111	4.3528** 0.0000552	4.6702** 0.0000182	1.8375* 0.0712	0.9936 0.3245	0.1405 0.8887	1.2331 0.2225	4.2879** 0.000069	0.6391 0.5252	1.8108 0.0753	4.1163** 0.000123	2.0282* 0.0471
Ge-Gf	t p	22.7051*** 0.0	13.6778*** 0.0	7.1959*** 8.478E-11	4.8187** 0.0000107	5.6117*** 5.5943E-7	1.2441 0.2184	4.2279** 0.0000846	9.6422*** 0.0	12.8638*** 0.0	10.4044*** 0.0	7.01802*** 2.733E-9	1.9367 0.0576
Gf-Gi	t p	12.4419*** 0.0	7.2374*** 1.1695E-9	2.7978** 0.00706	7.8873*** 9.461E-11	4.24006** 0.00008125	1.0309 0.3068	4.9423** 0.00000691	6.10708*** 9.0704E-8	9.4928*** 0.0	9.2373*** 0.0	9.9337*** 0.0	3.2462** 0.00194

* significativo ** muy significativo *** altamente significativo
 Gg=*G.glomerata*, Ge=*G.erecta*, Gi=*G.insipida*, Gf=*G.folilosa*,

ANEXO G

Reporte de los valores estadísticos (t-student y p probabilidad) para el Grupo 3 en Fresco.

Especies		AT	LT	DE	AE	Acolp	Lcolp	AP	EP	LB	LC	Ahem	Lhem
Cb-Mr	t p	9.9188*** 0.0	14.2023*** 0.0	6.8989*** 4.3321E-9	1.1818 0.2420	4.2252** 0.000085	25.0423*** 0.0	3.7097** 0.00046	11.0664*** 0.0	11.8165*** 0.0	9.6957*** 0.0	1.5019 0.1385	18.5377*** 0.0
Cb-Bm	t p	3.3215** 0.0015	6.8887*** 4.5060E-9	4.1064** 0.00012	0.6311 0.5304	4.8897** 0.0000083	5.7445*** 3.5809E-7	3.3611** 0.0013	6.1099*** 8.9735E-8	5.0969** 0.0000039	2.4972* 0.0153	3.5546** 0.0076	4.9868** 0.0000058
Cb-Br	t p	10.4304*** 0.0	14.3082*** 0.0	3.1704** 0.00243	0.8193 0.4159	8.3934*** 1.3461E-11	1.7184 0.09105	7.6183*** 2.6777E-10	9.8895*** 0.0	9.77*** 0.0	10.0403*** 0.0	8.7597*** 3.3102E-12	2.4282* 0.0182
Mr-Bm	t p	6.2364*** 5.5370E-8	8.1074*** 4.0465E-11	4.0713** 0.00014	1.8606 0.0678	8.4079*** 1.2735E-11	31.7846*** 0.0	6.6756*** 1.0256E-8	2.7835** 0.00724	5.3716** 0.0000014	9.8944*** 0.0	2.0746* 0.0424	28.4046*** 0.0
Mr-Br	t p	0.7506 0.4559	1.1966 0.2362	5.1395** 0.0000033	0.4779 0.6344	12.5803*** 0.0	24.5895*** 0.0	11.6929*** 0.0	0.8533 0.3969	1.6068 0.1135	15.9419 0.0	7.1969*** 1.3682E-9	17.984*** 0.0
Bm-Br	t p	6.8357*** 5.5298E-9	7.5403*** 3.6205E-10	1.2953 0.2003	1.6103 0.1127	2.0914* 0.0408	8.4748*** 9.8512E-12	3.1348** 0.002697	2.0051* 0.0496	5.6332*** 5.4369E-7	6.8159*** 5.6978E-9	4.9546** 0.0000066	9.0221*** 1.219E-12

* significativo ** muy significativo *** altamente significativo
 Cb=*C.bracteata*, Mr=*M.rupestris*, Bm=*B.mathewsii*, Br=*B.resinosa*.

ANEXO H

Reporte de los valores estadísticos (t-student y p probabilidad) para el Grupo 3 Acetolizados.

Especies		AT	LT	DE	AE	Acolp	Lcolp	AP	EP	LB	LC	Ahem	Lhem
Cb-Mr	t p	1.9768 0.0528	0.2483 0.8047	0.7967 0.4288	3.1424** 0.0026	7.1237*** 1.8159E-9	19.2041*** 0.0	6.2155*** 5.9981E-8	2.5476* 0.0135	1.4105 0.1637	10.4211*** 0.0	1.8145 0.0747	14.9224*** 0.0
Cb-Bm	t p	2.8902** 0.0054	1.81707 0.0743	0.1114 0.9116	6.4392*** 2.5458E-8	2.6076* 0.0115	9.8654*** 0.0	1.2069 0.2323	0.7478 0.4575	0.8596 0.3935	3.1898** 0.00299	2.1540* 0.0354	22.1736*** 0.0
Cb-Br	t p	0.91107 0.36602	0.7176 0.4758	2.0721* 0.0427	7.8609*** 1.047E-10	0.7374 0.4648	0.3224 0.7482	1.4878 0.1422	2.4376* 0.0179	2.4952* 0.0154	5.009** 0.0000054	3.3363** 0.00148	10.1713*** 0.0
Mr-Bm	t p	4.1399** 0.000113	1.6712 0.1006	1.0415 0.3019	2.1451* 0.0361	3.8933** 0.000259	27.972*** 0.0	4.0568** 0.00015	3.2805** 0.0017	2.3984* 0.0197	14.464*** 0.0	5.1167** 0.0000036	30.185*** 0.0
Mr-Br	t p	2.70404** 0.0089	0.2753 0.784	1.4255 0.1593	3.1728** 0.0024	8.442*** 1.114E-11	16.9808*** 0.0	8.4417*** 1.118E-11	0.2911 0.7719	0.974 0.3227	16.8372*** 0.0	6.0966*** 9.4372E-8	22.1576*** 0.0
Bm-Br	t p	2.1653* 0.0344	2.4651* 0.0166	2.5352* 0.01406	1.17306 0.2455	3.4437** 0.00107	8.1176*** 3.8900E-11	2.4931* 0.0155	3.2269** 0.00205	3.6779** 0.000516	1.81503 0.0746	1.7649 0.0828	13.8331*** 0.0

* significativo ** muy significativo *** altamente significativo

Cb=*C.bracteata*, Mr=*M.rupestris*, Bm=*B.mathewsii*, Br=*B.resinosa*.

