

APORTES PALINOTAXONÓMICOS AL ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DEL  
FRÍJOL CACHA *Phaseolus dumosus* Macfady EN AGROECOSISTEMAS DEL  
SUROCCIDENTE COLOMBIANO

EFRÉN MUÑOZ GALÍNDEZ

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2006

APORTES PALINOTAXONÓMICOS AL ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DEL  
FRÍJOL CACHA *Phaseolus dumosus* Macfady EN AGROECOSISTEMAS DEL  
SUROCCIDENTE COLOMBIANO

EFRÉN MUÑOZ GALÍNDEZ

Trabajo de Grado presentado como  
requisito parcial para optar al título  
de Biólogo

Mg. Sc. OLGA LUCIA SANABRIA DIAGO  
Directora

Lic. CESAR AUGUSTO PONCE DÁVILA  
Dr. RAMIRO FONNEGRA  
Mg. GERARDO ANDRÉS TORRES RODRÍGUEZ  
Asesores

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
POPAYÁN  
2006

## NOTA DE APTACIÓN

---

---

---

---

Mg. Olga Lucia Sanabria Diago  
Directora

---

Mg. Gabriel Antonio de la Cruz  
Jurado

---

M.Sc. Diego J. Macias Pinto  
Jurado

Fecha de sustentación: Popayán, 24 de febrero de 2006

## DEDICATORIA

Este trabajo de grado está dedicado  
a la comunidad de Lerma y  
a mi madre Wbalдина Galíndez Quinayas  
de quien tengo un hermoso recuerdo

## AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mi agradecimiento a las instituciones educativas, a las comunidades indígenas y campesinas del suroccidente colombiano y a las personas que acompañaron este proceso de investigación.

A la Universidad del Cauca por brindar los espacios de enseñanza e investigación.

A la Universidad de Antioquia y en especial al Laboratorio de Palinología por ofrecerme la oportunidad de capacitarme y poder llevar a cabo este proyecto.

Al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) con sede en la Estación Experimental de Santa Rosa, Popayán por brindarnos los recursos vegetales necesarios para la realización de esta investigación.

Al proyecto “Conservación y manejo In situ de arvenses y cultivares tradicionales en el suroccidente colombiano” financiado por COLCIENCIAS, SENA y la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Cauca por darme la oportunidad de participar de esta investigación.

A las comunidades indígenas (Inga, Camentsá, Nasa y Guambiana) y las comunidades campesinas del suroccidente colombiano por la acogida y colaboración de este proyecto.

A la Mg. Olga Lucia Sanabria Diago por su paciencia, dedicación y orientación durante la ejecución de este trabajo de grado.

A mi asesor, Cesar Augusto Ponce Dávila por acompañar este proceso de investigación.

Al Dr. Daniel Debouck por brindar la asesoría necesaria en la identificación del material vegetal.

Al Dr. Ramiro Fonnegra por su orientación y dedicación al trabajo palinológico de este proyecto

Al Mg. Jaime Eduardo Muñoz por las asesorías y consejos durante el desarrollo del proyecto

Al Mg. Gabriel de la Cruz por las explicaciones y recomendaciones, como parte de una formación académica y de investigación.

Al profesor Miguel Ángel Martínez Alfaro de la Universidad Autónoma de México por las asesorías realizadas en el transcurso del proyecto.

Al Mg. Gerardo Andrés Torres por apoyarme en el desarrollo investigativo de laboratorio.

Al profesor Edwin Rengifo por la orientación en la parte estadística, en el estudio palinológico.

Al señor Orlando Toro por el tiempo dedicado a la identificación taxonómica de las muestras vegetales colectadas en campo.

Al técnico Arturo Martos de la Estación Experimental del CIAT, Santa Rosa, Popayán por acceder a la información polínica de frijoles mesoamericanos.

A la Licenciada en Biología Lyda Patricia Mosquera por compartir parte de su experiencia en el laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad del Cauca.

A los señores William Daza, Alexander Mejia y Segundo Robles de la Fundación Cultural del Putumayo por brindarnos el apoyo necesario para la realización del trabajo etnobotánico en el Valle de Sibundoy.

A Luis Antonio Rosas y Belisario Cepeda por la compañía y asesoría durante todo el proceso de investigación.

Al taita Higidio Muchavisoy de la comunidad Camentsá por sus enseñanzas del manejo de las chagras, costumbres, mitos y leyendas de su cultura.

Al médico tradicional Vicente Peña de la comunidad Nasa por compartir las experiencias culturales de su sociedad.

Al señor Libardo Mesa por vincularse al desarrollo de este proyecto en el departamento del Cauca.

A mi Padre Efraín Muñoz por su dedicación, apoyo y el amor de padre en cada momento.

A mi abuela Leonor Quinayas por brindarme su cariño de madre.

A mis hermanos Ruly Margarita, Efraín, Gustavo y Hernán por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles, pero también de alegría.

A Claudia Paola Vidal Bojorge por compartir su cariño durante el desarrollo de mi carrera universitaria.

A mi familia por apoyarme y enseñarme lo importante que es la familia.

A mis amigos Felipe, Carlos, Alejandro, Jairo, Heriberto, Milton, Armando, Fernando, Ofelia, Lucelly y Lorena del C. F. C. por estar siempre en las buenas y en las malas.

A mis compañeros del grupo de etnobotánica Carlos, Néstor, Yohana, Yhon Jairo y Nohemi por compartir una experiencia inolvidable en el desarrollo del proyecto.

A mis compañeros del programa de biología por permitirme participar y aprender de cada uno.

A mis profesores de biología por sus enseñanzas en el campo de la investigación.

Agradezco a todas las personas que participaron en el desarrollo y culminación de este trabajo de grado.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
GLOSARIO	
RESUMEN	
INTRODUCCIÓN	19
1. ANTECEDENTES	20
2. MARCO TEORICO	24
2.1 Aspectos etnobotánicos	24
2.2 Aspectos palinológicos	27
3. OBJETIVOS	34
3.1 OBJETIVO GENERAL	34
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	34
4. ZONA DE ESTUDIO	35
4.1 Departamento del Cauca (municipio de Silvia y Totoró)	35
4.2 Departamento de Nariño (Circunvalar al Volcán Galeras)	39
4.3 Departamento de Putumayo (Valle de Sibundoy)	42
5. METODOLOGÍA	48
5.1 Metodología etnobotánica	48



5.2 Metodología palinológica	50
6. RESULTADOS DISCUSIÓN	62
6.1 Agroecosistemas tradicionales del suroccidente colombiano	62
6.2 Análisis palinológico graficado en dendrogramas	65
6.3 Caracterización e identificación de los granos de polen	71
6.3.1 Palinograma de las muestras colectados en el suroccidente colombiano	72
6.3.2 Palinograma de las accesiones suministrados por el CIAT	81
6.4 Análisis comparativo de los granos de polen	89
7. CONCLUSIONES	92
8. RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFIA	94

## LISTADO DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Conservación en diferentes formas: secado y medios químicos (Ácido Acético Glacial al 96%) de anteras de fríjol cache colectados en el suroccidente colombiano	53
Cuadro 2. Conservación en Ácido Acético Glacial (96%) en botones florales de ejemplares Mesoamericanos obtenidos en la Estación Experimental del CIAT-Santa Rosa, Popayán	54
Cuadro 3. Conservación de botones florales de fríjol cache colectados en el suroccidente colombiano y conservados en Ácido Acético Glacial (96%)	54
Cuadro 4. Acciones Mesoamericanas suministradas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)-Santa Rosa, Popayán	55
Cuadro 5. Georeferenciación de las muestras de fríjol cache ( <i>P. dumosus</i> y <i>P. coccineus</i> ) colectadas en el suroccidente colombiano	63
Cuadro 6. Características morfológicas de los granos de polen del género <i>Phaseolus</i> colectados en el suroccidente colombiano y ejemplares obtenidos en la Estación Experimental de Santa Rosa, Popayán, Colombia	88
Cuadro 7. Número de placas como resultado del estudio palinológico de las muestras colectadas en el suroccidente colombiano y los ejemplares obtenidos en la estación Experimental del CIAT-Santa rosa, Popayán	90

## LISTADO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Polaridad de una tétrade	28
Figura 2. Posición de observación de un grano de polen ticolporado	29
Figura 3. Simetría polínica	29
Figura 4. Aberturas bordeadas	30
Figura 5. Capas de la pared del grano de polen	31
Figura 6. Ornamentación del grano de polen	31
Figura 7. Palinograma	33
Figura 8. Colecta de material polínico (botones florales) en hábitats del nororiente caucano	39
Figura 9. Colecta de muestras polínicas en el Departamento de Nariño	41
Figura 10. Agroecosistemas del Departamento de Putumayo	46
Figura 11. Mapa de la zona de estudio del suroccidente colombiano (Departamentos de Cauca, Nariño y Putumayo)	47
Figura 12. Recorridos etnobotánicos en el suroccidente colombiano	50
Figura 13. Capacitación y documentación en el Laboratorio de Palinología de la Universidad de Antioquia	51
Figura 14. Colecta del material polínico en los agroecosistemas del suroccidente colombiano	52
Figura 15. Muestreo del material polínico en la Estación Experimental del CIAT, San Rosa	56
Figura 16. Flujograma metodológico para la acetólisis de Erdtman	58
Figura 17. Trabajo de laboratorio	61
Figura 18. Dendrograma 1	66

Figura 19. Dendrograma 2	67
Figura 20. Dendrograma 3	68
Figura 21. Dendrograma 4	69
Figura 22. Dendrograma 5	70
Figura 23. Palinograma PSCV 001	72
Figura 24. Palinograma PSCV 007	73
Figura 25. Palinograma PSCV 008	74
Figura 26. Palinograma PSCV 016	75
Figura 27. Palinograma PSCV 020	76
Figura 28. Palinograma PSCV 028	77
Figura 29. Palinograma PSCV 030	78
Figura 30. Palinograma PSCV 042	79
Figura 31. Palinograma PSCV 043	80
Figura 32. Palinograma CIAT-C9 1242	81
Figura 33. Palinograma CIAT-C9 1296	82
Figura 34. Palinograma CIAT-C3 2687	83
Figura 35. Palinograma CIAT-C3 9333	84
Figura 36. Palinograma CIAT-C3 9353	85
Figura 37. Palinograma CIAT-C3 2672	86
Figura 38. Palinograma CIAT-C9 1239	87

## GLOSARIO

Las palabras que se destacan a continuación se obtuvieron de trabajos de investigaciones palinológicas y etnobotánicas citados por Erdtman (1960), Fonnegra (1989), Bedoya (2002), Sanabria (2001). Estas expresiones permitirán un mejor entendimiento y comprensión del texto hacia la comunidad investigativa.

**ACETOLISIS DE ERDTMAN:** Técnica de hidrólisis ácida que degrada el material vegetal de los granos de polen.

**ANILLO:** Área de la exina alrededor de un poro, que difiere del aspecto general de la superficie de la exina. Está formado por una modificación en la ornamentación de la sexina o por un aumento del espesor de la nexina en forma aproximadamente circular.

**ATRIO:** Apertura caracterizada porque el endoporo es tres veces mayor que el exoporo y entre ambos queda un espacio libre.

**BÁCULO:** Elemento escultural en forma de bastoncillo. Si está situado bajo el tectum se denomina báculo infratectal, mientras que si se sitúa encima es un báculo supratectal. También los báculos pueden ser libres, directamente situados sobre la endexina, en los granos intectados.

**CONSERVACIÓN *Ex situ*:** Estrategia de conservación del germoplasma para la preservación de especies o poblaciones fuera de su hábitat natural.

**CONSERVACIÓN *In situ*:** Estrategia de conservación del germoplasma para la preservación de especies o poblaciones en su hábitat natural.

**CLAVA:** Elemento escultural en forma de porra, cuya máxima altura es mayor que el diámetro mayor de la protección. Generalmente, una clava es algo mayor que un pilo.

**CHAGRA:** También llamado huerta tradicional donde se cultivan plantas alimenticias, medicinales y ornamentales; este espacio se lo considera sagrado por las comunidades indígenas Ingas y Camentsá del Alto Putumayo, Colombia

**DIADES:** granos de polen que permanecen unidos en pares.

**ECTOABERTURAS:** Abertura de la sexina.

**ENDOABERTURAS:** Abertura de la capa interna de la esporodermis. A menudo es la abertura interna de una abertura compuesta.

**ESPINA:** Elemento escultural puntiagudo, de altura mayor de 3  $\mu\text{m}$ .

**ESPÍNULA:** Aplicase a la espina cuya longitud no excede 3  $\mu\text{m}$ .

**ESPORODERMIS:** Estructura externa del grano de polen.

**ESPOROPOLENINA:** Sustancia química que constituye la exina, se forma por polimerización oxidativa de carotenos.

**FOTOMICROGRAFIA:** fotografía utilizada con aumentos para la ampliación de la foto de una partícula como un grano de polen.

**GEMA:** Elemento escultural de proyección radial isodiamétrica, anchura igual o mayor que la altura y con la parte basal constreñida.

**GRANULO:** Elemento escultural muy pequeño, de contorno más o menos redondeado.

**HOMO:** Igual, parecido.

**INTINA:** La capa esporodermica más interna del grano de polen, usualmente poco resistente por su naturaleza celulósica.

**MONTE:** Lugar con vegetación mediana o alta de donde se extrae la leña, se recolectan plantas y se puede sembrar la *roza*. Lugar donde viven los espíritus o duendes.

**NEXINA:** Termino para designar la parte interna, generalmente sin escultura, de la exina. comprende la base (Nexina-1) y la Endexina (Nexina-2)

**OPÉRCULO:** Porción más o menos circular de ectexina que cubre un poro o un surco del grano de polen y que está aislada del resto por una estrecha zona en la que falta completamente.

**ORNAMENTACIÓN:** Escultura, elementos esculturales de la exina.

**PILO:** Elemento escultural constituido por una cabeza más o menos gruesa y un cuello que la sostiene.

**POLARIDAD:** Condición de tener polos diferenciables. La polaridad de un palinomorfo puede ser determinada de su orientación en la tétrade o por inferencia en la distribución de sus aberturas u otros caracteres. Los granos de polen polares pueden ser isopolares, subisopolares o heteropolares.

**POLEN:** Célula de forma y dimensiones variables, dotada de una cubierta muy resistente o esporodermis, que se forma dentro de los sacos polínicos del estambre y tiene como misión, una vez formado el microgametófito pluricelular, fecundar el óvulo. El polen es homólogo a las microsporas de los pteridófitos heterospóreos.

**POLIADES:**, Con más de ocho granos de polen más o menos firmemente unidos.

**POLINIZAR:** Llegar o hacer que llegue el polen desde la antera en que se ha formado hasta el estigma o hasta la apertura micropilar si se trata de una gimnosperma. El polen puede llegar al lugar adecuado para que surta efecto la polinización de dos maneras: o por autogamia o por alogamia. La polinización es alógama si el polen que llega al estigma procede de otra flor. Pueden ser vehículos de su transporte: el agua, el aire o los animales: hidrogamia, anemogamia y zoogamia.

**POLO:** Los extremos del eje polar de un grano de polen o espora. *Polo proximal* es el que está más próximo al centro de la tétrade. *Polo distal* el opuesto al polo proximal.

**RESGUARDO INDÍGENA:** Institución colonial legal y socio-política de carácter especial, conformado por una comunidad o parcialidad indígena, que con el título de propiedad comunitaria posee un territorio y se rige para el manejo de éste y de su vida interna por una organización ajustada al fuero indígena (el cabildo) o a sus pautas y tradiciones culturales.

**SEXINA:** Capa más externa de la exina que se encuentra sobre la nexina y usualmente ornamentada.

**TUL:** Término usado por la comunidad indígena Páez (comunidad de Pueblo Nuevo, Caldon) para referirse a la huerta casera tradicional, la cual a diferencia de la huerta casera campesina se caracteriza por ser más que un espacio de cultivo donde se encuentran diferentes plantas importantes para la alimentación, la salud, entre otras. Representa un espacio simbólico, cultural, familiar y sagrado en el que cada uno de los elementos que lo conforman (la tierra, las plantas, los animales, los espíritus y el ser humano), poseen una significación cultural especial. Las interrelaciones manejadas dentro del *tul* dan lugar a la existencia de saberes y formas de conocimiento del medio especializado tendiente a lograr un estado de equilibrio, entre el ser humano y la naturaleza.

**VEREDA:** Población pequeña, caserío que forma parte de un municipio o de un resguardo indígena

**VERRUGA:** Elementos esculturales no puntiagudo, de ancho igual o mayor que la altura, base no constricta.



## RESUMEN

El fríjol cachea *Phaseolus dumosus* M. y *Phaseolus coccineus* L. es un recurso alimenticio, encontrado en forma silvestre a cultivado y distribuido en hábitats húmedos y en diferentes agroecosistemas tradicionales en el suroccidente colombiano.

El presente trabajo tiene como objetivo estudiar la morfología polínica de los materiales de fríjol cachea *Phaseolus dumosus* y *Phaseolus coccineus* colectados en el suroccidente colombiano, con el fin de aportar a la documentación, diferenciación y evidencias sobre la diversidad de las especies del fríjol cachea en agroecosistemas tradicionales entre comunidades indígenas y campesinas de los departamentos de Cauca, Nariño y Putumayo.

El estudio palinológico se hizo aplicando la acetólisis de Erdtman (1960) para tipificar el material de referencia y el colectado en el suroccidente colombiano, utilizando la microscopía óptica de alta resolución (microscopía de contraste de fase y microscopía diferencial de interferencia-DIC), para determinar la forma, tamaño, simetría, polaridad, características estructurales y esculturales de la exina, como también las diferentes medidas en vista polar y ecuatorial que ayudan a conformar el palinograma (Fonnegra, 1989). El palinograma se elaboró mediante la toma de fotomicrografías por muestra colectada y analizada en la Unidad de Microscopía Electrónica de la Universidad del Cauca utilizando el microscopio óptico Nikon y el analizador de imágenes Leica Qween 500; El análisis estadístico se efectuó a través del paquete SPSS 9.0.

Se concluye que los granos de polen conservan una similitud en los siguientes aspectos: a) unidad polínica (monade), b) número de aberturas germinales (triporado) y c) escultura de exina (tectado); la disposición de la exina fluctúa entre una ornamentación reticulada y microreticulada; el tamaño es mediano (25 y 50  $\mu\text{m}$ ) según Erdtman, 1960. Con el índice de relación P/E modificado por Salgado Labouriau, 1966 se obtuvo intervalos de 0.88 a 1.14 que determinan una agrupación subesferoidal conformado por las formas oblato-esferoidal y prolato-esferoidal.

La similitud morfológica de los granos de polen entre *P. coccineus* y *P. dumosus* puede ser un indicador de variabilidad de las especies bajo pericones agronómicas en los diferentes hábitats y agroecosistemas tradicionales. Los granos de polen estudiados del género *Phaseolus* mantienen una gran similitud observada en las fotomicrografías según su forma, tamaño, ornamentación y número de aberturas. De acuerdo a la clasificación de Erdtman (1960) las similitudes polínicas se definen como estenopalínolíticos, ubicando al fríjol cachea en este grupo polínico.

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de grado aportes palinotaxonómicos al estudio etnobotánico del fríjol cachea *Phaseolus dumosus* Macfady en el suroccidente colombiano se desarrolló en el marco del proyecto “Conservación y manejo *In situ* de arvenses y cultivares tradicionales en el suroccidente colombiano” (Código Colciencias 1103-07-12529 Código 999 VRI, Sanabria 2003).

Como objetivo particular del trabajo de grado se planteó documentar el estado biológico del fríjol cachea, mediante la caracterización morfológica de los granos de polen con el fin de correlacionar procesos evolutivos bajo selección natural para las especies de *Phaseolus coccineus* y *Phaseolus dumosus* y aportar al conocimiento sobre la diversidad genética de estos recursos alimenticios, en los diferentes agroecosistemas tradicionales en donde es conservado y manejado por los agricultores.

La taxonomía del fríjol cachea se discute por su compleja morfología floral y ha sido considerado como *Phaseolus polyanthus* Greenman así como asimilado a la sinonimia de *Phaseolus dumosus* Macfady (Debouck, 1991); *Phaseolus polyanthus* Greenman; *Phaseolus coccineus* ssp *polyanthus* (Greenman) Maré., Masch. & Satín.; *Phaseolus leucanthus* Piper; *Phaseolus flavescens* Piper; *Phaseolus harmsianus* Diels (Delgado, 1985).

En este sentido, la palinotaxonómia mediante las semejanzas y diferencias del polen, constituyen una metodología básica para determinar líneas de evolución y filogenia (Erdtman, 1960). Mediante la descripción de los caracteres de la morfología polínica se podría documentar la diversidad biológica del fríjol cachea. Este trabajo hace referencia al componente palinológico en el marco del proyecto interdisciplinario desarrollado en el suroccidente colombiano, cuya información generada y sistematizada se presenta a continuación.

## 1. ANTECEDENTES

### Distribución geográfica del frijol cache

Según Freytag y Debouck (2002) el origen del *Phaseolus dumosus* se reporta en la parte centro occidental de Guatemala, en zonas de vida bosque húmedo montano bajo (bh-MB); la distribución de este frijol alcanza regiones como Guatemala, Costa Rica, México, Colombia, Venezuela, Ecuador y Perú. Los materiales silvestres de *P. coccineus* se extienden desde Chihuahua en México hasta Panamá, generalmente en bosques húmedos montañosos entre los 1400 y 2800 m. en estas áreas es común encontrar la especie en asociación con maíz y con otras variedades o especies, como *P. vulgaris*, *P. dumosus* o *P. polyanthus* bajo condiciones pluviométricas fuertes entre los 1800 a 2500 mm/año (Debouck, 1994). En Colombia *P. dumosus* y *P. coccineus* se distribuyen altitudinalmente entre 1600 y 2200 m. y en condiciones climáticas como: lugares frescos y húmedos con alta pluviosidad de 2000 a 3000 mm/año, según Schmit and Debouck (1991).

En la zona de Tierradentro, Cauca se reporta el frijol cache como un recurso alimenticio para la comunidad indígena Nasa, esta planta se encuentra en zonas húmedas y huertos tradicionales como el tul (Sanabria, 2001). Esta especie es considerada, como un importante recurso alimenticio y medicinal utilizado por la población indígena (Guambianos y Nasas) y campesina del departamento del Cauca, el frijol cache se encuentra distribuido en alturas intermedias entre los 1600 a 2700 m. (Guaca y Rosas, 1996). Nariño es considerado un departamento importante para el cultivo de este frijol por presentar condiciones ambientales como la altura sobre el nivel del mar en alturas de 1600 a 2600 m. este recurso es sembrado por agricultores en lugares húmedos, con tutores amplios y extensos como: árboles maderables y frutales, cercas o linderos de fincas o parcelaciones (Angulo y Arcila, 1995).

En el Valle de Sibundoy, Putumayo el frijol cache se distribuye sobre los 2000 m. en su parte plana; los agricultores aprovechan las formas de cultivo como el sistema de maíz, tutores grandes ubicados en los linderos o en las orillas de ríos y quebradas, aprovechando de esta manera la distribución espacial que ofrecen los tutores para un mejor desarrollo vegetativo y reproductivo del frijol cache (Mejía y Orellana, 2001). Las colectas botánicas de frijol cache realizadas por Debouck en 1982 en los departamentos de Nariño y Putumayo se registran en alturas de 1800 a 2250 m.

## La agricultura tradicional y los recursos locales

Las especies cultivadas del género *Phaseolus* han estado en contacto y manipulados por el ser humano desde hace varios milenios, hecho que ha influenciado en la distribución actual de estas plantas, así como en su evolución (Delgado, 1985).

Los procesos agrícolas se evidencian a través de fósiles de semillas, como los recursos nativos de *P. coccineus* modificados por domesticación incipiente existente desde hace 7000 a 9000 años según Smartt (1976). Registros arqueológicos con presencia de *P. coccineus* demuestran que han sido cultivados en el Valle de Tehuacan, Puebla, México; las semillas de este frijol datan de una antigüedad de 2200 años, el autor manifiesta en sus investigaciones que *P. polyanthus* no cuenta con registros arqueológicos en la región geográfica Mexicana (Kaplan, 1967 citado en Basurto, 2000).

La acción de los agricultores en los procesos de domesticación han influenciado en la dispersión de algunas especies del género *Phaseolus*. En México, la gran diversidad de los recursos nativos en las regiones montañosas se debe a la evolución y diversificación de *Phaseolus*, ocurrido de modo concomitante con la elevación de los sistemas orográficos, pero también con influencia de las actividades humanas (Delgado, 1985).

En el marco de la agricultura tradicional de Tierradentro, Cauca el frijol cache se realiza mediante el uso, manejo y distribución de los recursos locales en el sistema agrícola tradicional del cultivo del maíz y en el tul como agroecosistema (Sanabria, 2001). En la región caucana de Tierradentro, el frijol cache es un recurso alimenticio y medicinal importante para la comunidad indígena Paeces (Nasa), en esta zona los agricultores siembran el frijol cache en cercas de los huertas tradicionales como el tul, zonas ruderales y tutores grandes como árboles de pino, eucalipto, entre otros que le permiten un mejor desarrollo vegetativo y reproductivo, aprovechando de esta manera las semillas para el consumo en sopas y las hojas para los conejos, cuyes y caballos (Sanabria y Balcazar, 2000).

En Nauzontla, Puebla, México el frijol “gordo abreviador” *Phaseolus coccineus* L. ssp. *Darwinianus* Hernández X. y Miranda, es un recurso nativo nutricional importante en la dieta de los agricultores por su sabor, aprovechando este producto en estado seco y verde según Basurto (1996).

## Estudios palinológicos del género *Phaseolus*

En el campo científico de la taxonomía, el trabajo palinológico se destaca como una herramienta que permite opinar acerca de las evidencias obtenidas del análisis morfológico de los granos de polen (Fonnegra, 1989). Los estudios polínicos se desarrollan bajo descripciones y caracterizaciones morfológicas de los granos de polen, para tratar de solucionar problemas de clasificación taxonómica.

La investigación realizada por Taylor (1966) del género *Phaseolus* a trece especies determinadas como: *P. coccineus*, *P. polyanthus*, *P. vulgaris*, *P. lunatus*, *P. costaricensis*, dos no determinadas y un híbrido interespecífico, han permiten clasificar especies dentro del género *Phaseolus* observando características polínicas como: tamaño, forma, número y disposición de aperturas germinales, y diseño y estratificación de la exina.

De acuerdo con Baudoin and Katanga (1977) la diversidad vegetal se expresa en los índices más altos de hibridación de las especies que comparten la misma morfología polínica y los híbridos que resultan se encuentran entre los más fértiles. Las combinaciones interespecíficas para el género *Phaseolus* en relación con la morfología del grano de polen de las especies parentales como: *P. vulgaris*, *P. coccineus* y *P. polyanthus* = *P. dumosus* como granos polínicos triporados y el número cero de univalentes observados en la primera división de la metafase manifiesta una afinidad más cercana dentro del complejo *P. vulgaris*, *P. coccineus* y *P. polyanthus*; todos los híbridos entre estos 3 taxas demuestran un apareamiento total.

Según Pierre y Scoles (1985) se destacan estudios de híbridos interespecíficos realizados con base en la morfología polínica y la observación de números univalentes del género *Phaseolus* entre especies silvestres y cultivadas. De acuerdo con Baudoin y Katanga, (1977) los posibles híbridos se observan en cantidades de números univalentes iguales o superiores de seis, donde la esterilidad del híbrido es total.

El trabajo de investigación desarrollado por Delgado (1999) al occidente de México, reporta la existencia de una nueva especie, *Phaseolus albescens*, especie afín de *P. vulgaris*, *P. coccineus*, *P. costaricensis* y en particular a *P. polyanthus*; el componente polínico se registra mediante fotomicrografías en microscopia de barrido y descripciones botánicas como parte importante para ubicar y evidenciar taxonómicamente a una nueva especie para el género *Phaseolus*.

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 Aspectos etnobotánicos

Según Martínez (1976a), la expresión de etnobotánica se debe a Harshberger (1896) y retomada por Jones (1941) y otros autores, la definen como “el estudio de las interrelaciones del hombre primitivo con las plantas”.

Según Schultes (1941) la etnobotánica es el estudio de las relaciones que existen entre el hombre y su ambiente vegetal” y que “en un sentido más restringido, se ha considerado solamente como el uso de las plantas cultivadas y silvestres por los pueblos primitivos, usualmente los aborígenes”. El autor añade a tales definiciones que “los hombres de ciencia de una y otra escuela están poniéndose cada vez más de acuerdo para reconocer la Etnobotánica en su sentido más alto, el cual incluye tácticamente el restringido”.

La etnobotánica ha sido definida por Hernández Xolocotzi (1989) como el campo científico e interdisciplinario mediante el cual se establecen relaciones entre el ser humano y las plantas, a través del tiempo y en diferentes ambientes; factores determinados el medio (las condiciones ecológicas) y la cultura.

Según Sanabria (1998) la etnobotánica involucra métodos y técnicas apropiadas desde otras disciplinas, de tal forma que se relacionan las ciencias naturales y las sociales en sus contextos biológicos, antropológicos y ecológicos. De acuerdo con la autora, la etnobotánica puede aportar elementos para el entendimiento de los factores socioculturales que inciden en el uso, manejo, conservación y mejoramiento de los recursos vegetales, en los diversos ambientes y en distintas culturas. La autora indica que la etnobotánica cobra importancia interdisciplinaria aplicada a problemáticas tales como la producción alimentaria tradicional y el mejoramiento en salud comunitaria.

De acuerdo con Barrera (1983), la Etnobotánica es el campo interdisciplinario que comprende el estudio e interpretación del conocimiento, significación cultural, manejo y usos, tradicionales, de los elementos de la flora. En pocas palabras el autor, indica que el principal objetivo de la etnobotánica es el estudio de las sabidurías botánicas tradicionales o la agricultura tradicional practicada por el ser humano.

## Agricultura

Según Rindos (1991) el desarrollo de la agricultura implica que una planta es totalmente domesticada cuando depende completamente del ser humano para sobrevivir, por lo tanto, la domesticación implica un cambio en la adaptación ecológica, y estos recursos vegetales están usualmente asociados a la diferenciación morfológica.

Para Hernández X. (1985) la agricultura auspicia el desarrollo de especies vegetales seleccionadas y modificadas constantemente por el ser humano, obteniendo como resultado nuevas variantes e híbridos naturales. Los procesos de selección desarrollados por las comunidades sociales en su afán de obtener productos agrícolas de mejor calidad y cantidad en sus huertas tradicionales, seleccionan las semillas de plantas con características fenológicamente viables al crecimiento y producción como: plantas grandes y vigorosas, semillas sanas y de buen color para el concepto del agricultor; los caracteres morfológicos de las plantas se suponen que tienen un fundamento genético viable para el productor (Brown y Wilson, 1956 citado en Odum, 1982)

De acuerdo con Harlan (1975) la domesticación se encarga de efectuar modificaciones en la estructura genética de las plantas mediante la selección artificial, mediante la fuerza transformadora dominante de la selección humana. Para el autor los procesos evolutivos de las plantas seleccionadas y cultivadas por los agricultores concluye con la domesticación, por el contrario, el desarrollo evolutivo por selección artificial es un continuo proceso de adecuación de las plantas por los cultivadores para satisfacer sus necesidades alimenticias, medicinales, entre otras.

Los cambios morfológicos expresados en diversidad se encaminan en un desarrollo evolutivo importante al que están sujetas las plantas cultivadas en su evolución bajo la selección artificial, concebido como un proceso de domesticación (Colunga, 1984). Los agricultores son agentes que promueven cambios en los espacios cultivados y sagrados para originar cambios en los recursos vegetales; estos espacios son culturalmente importantes para ejercer procesos de domesticación donde se evidencian cambios en los hábitats modificados por los agricultores, las actividades agrícolas que se desarrollan son: la selección del terreno, roza, tumba, quema, siembra, limpias y posteriores cosechas, implicando un cambio del hábitat natural a lugares de policultivos o monocultivos (Harlan y De Wet, 1965 y Sanabria, 2001).

Mediante la domesticación y la selección natural se han obtenido cruces entre dos o más individuos que se diferencian entre sí por uno o varios caracteres hereditarios (Harlan, 1975), La hibridación en el género *Phaseolus* es frecuente por presentar características similares en la morfología polínica, especialmente en las especies de *P. vulgaris*, *P.*

*coccineus* y *P. dumosus* las cuales exteriorizan una ornamentación reticulada, un grano triporado y un tamaño mediano de acuerdo a la clasificación de Erdtman (1960).

Según Clausen (1989) la contribución de la hibridación interespecífica en el cruzamiento de especies muy separadas ha sido muy poca, excepto si se acompaña de una introgresión o un intercambio genético. De acuerdo con el autor las cruces son difíciles en los híbridos por su alto porcentaje de esterilidad y los productos que segregan son inferiores a los progenitores. Para el autor el cruce entre especies relacionadas genéticamente, puede proporcionar productos valiosos para la agricultura

De acuerdo con Delgado (1985) el género *Phaseolus* han sido influenciado por los agricultores en la distribución geográfica y espacial en los agroecosistemas de estas plantas, así como en su evolución bajo domesticación y selección artificial.

La selección natural es un proceso fundamental que dirige los cambios evolutivos a través del tiempo. Sin embargo, solo puede darse selección natural si hay alto grado de variabilidad hereditaria (Dobzhansky y otros, 1980). La selección natural y artificial del recurso y de los agrohábitats permiten observar diferencias morfológicas de las plantas estrechamente emparentadas, resultando a menudo por cambios entre la población a consecuencia de un proceso evolutivo; el desarrollo de la diversidad de las especies, tiene lugar cuando la corriente de genes en el depósito común es interrumpido por un mecanismo aislante, es desarrollado por una separación geográfica, y es denominada como una presión natural de generaciones descendientes de un ancestro común. La selección llevada a cabo por el ser humano con el objeto de adaptar plantas en espacios cultivados a sus necesidades se conoce como selección artificial (Odum, 1982).

La domesticación se desarrollo mediante las prácticas agrícolas como: el deshierbe, riego, arado, cosecha, selección y almacenamiento de semillas. Los monocultivos elevaron la producción por medio de la domesticación especializada (Rindos, 1991). No solamente la domesticación se observa en plantas silvestres a domesticados, también existen modificaciones al medio ecológico en el cual se desarrollan. Sugieren que la domesticación de plantas es una evolución del medio ambiente creado por el ser humano; las actividades agrícolas provocan un cambio de hábitat y una transformación de los ecosistemas naturales a cultivados (Harlan y De Wet, 1965).

De acuerdo con Harlan (1975) y Rindos (1984) los procesos de domesticación de plantas silvestres a cultivadas, son cambios morfológicos que se desarrollan mediante: a) Selección asociada a la cosecha o recolección del producto agrícola, b) Selección de arvenses y c) Selección de los ciclos de intercrucamiento.



## 2.2 Aspectos palinológicos

Erdtman (1952) define el término palinología, como ciencia que estudia las paredes de esporas y granos de polen sin tener en cuenta su interior vivo. El autor clasifica y define la palinotaxonomía como una disciplina científica que estudia la taxonomía vegetal con base en la morfología polínica, teniendo en cuenta las semejanzas y diferencias del grano de polen, características que constituyen una metodología básica para diversas familias de plantas como también para determinar líneas de evolución y filogenia (Erdtman, 1960 citado en Fonnegra, 1989); las características morfológicas de los granos de polen se plasman en un palinograma, el cual representa gráficamente las principales características del grano de polen tales como: polaridad, tamaño, forma, aberturas, ornamentación y estratificación de la esporodermis en general los palinogramas son dibujos esquemáticos de los caracteres del grano de polen (Fonnegra, 1989).

Se utiliza la técnica de acetolisis de Erdtman a los granos de polen para realizar una digestión de los componentes orgánicos (grasas, proteínas, entre otras) que se encuentran en el citoplasma y en la pared del grano de polen, permitiendo una mejor observación de la forma, tamaño, polaridad, simetría, características estructurales y esculturales de la exina de los granos de polen (Fonnegra, 1989).

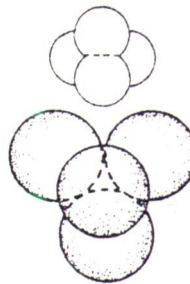
La morfología polínica está determinada por el factor emfítico que son factores hereditarios o genéticos; el polen presenta variabilidad morfológica en cuanto a:

APOLAR: La tétrada no presenta polaridad definida después de separada

ISOPOLAR: Los polos proximal y distal son iguales

HETEROPOLAR: Cuando los dos polos difieren, ejemplo un polo con una abertura y el otro no

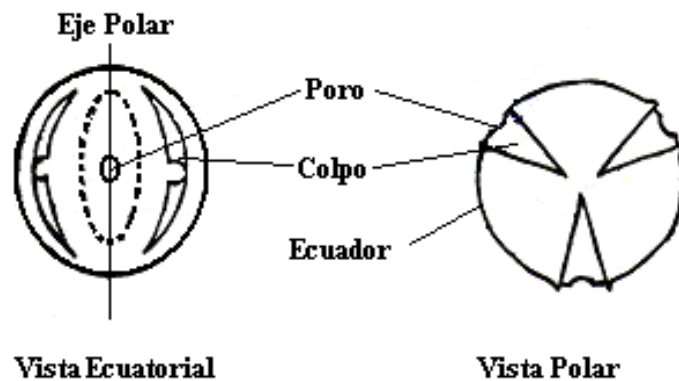
SUBISOPOLAR: Más o menos e intermedio entre iso-heteropolar, el plano ecuatorial en más o menos curvo (Figura 1).



**Figura 1.** Polaridad de una tétrada (Tomado de Fonnegra, 1989)

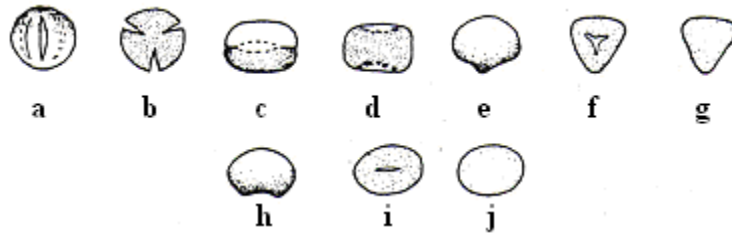
El análisis polínico se realiza mediante la representación de una línea imaginaria que pasa por el centro del grano y se llama polo proximal y distal, es denominada eje polar, y la línea perpendicular al eje polar que pasa por su parte media, recibe el nombre de diámetro ecuatorial.

La vista ecuatorial o posición lateral, permite observar el grano de polen con el eje polar en ángulo recto al observador. Vista polar, cuando el grano de polen se observa con uno de los polos, hacia el observador (Figura 2).

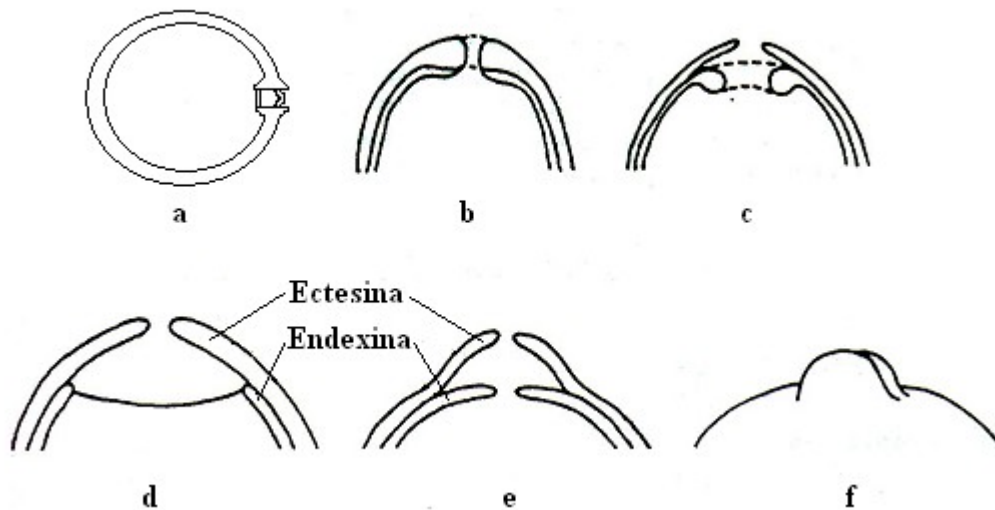


**Figura 2.** Posición de observación de un grano de polen Ticolporado (Tomado de Fonnegra, 1989)

Dependiendo del plano de los granos de polen se pueden clasificar como: simétrico, el grano de polen que al menos tiene un plano simétrico; y asimétrico, aquel grano que no posee ningún plano simétrico; el grano de polen isopolar puede ser de simetría radial, cuando presenta un plano horizontal y dos o más verticales de simetría; isopolar bilateral, solo presenta un plano de simetría (Figura 3). A su vez las aberturas se descubren como áreas de la exina especialmente delimitadas, delgadas y sin pared e independientes del patrón de exina; la intina se encuentra debajo de las aberturas, generalmente es más gruesa que la encontrada en otra parte del grano; las aberturas no se encuentran abiertas en polen vivo, están cubiertas por una capa delgada del material de la exina; Las aberturas pueden ser ectoaberturas si son de la sexina y endoexinas las de nexina; de acuerdo a los bordes de las aberturas se pueden presentar en forma de: anillo, endoanillo, atrio, vestíbulo y opérculo, obsérvese la figura 4; la estructura y escultura de la esporodermis se clasifican con base a la estratificación y escultura de la exina (Fonnegra, 1989).



**Figura 3.** Simetría polínica. a y b de un grano de polen radiosimétrico isopolar: a. Vista ecuatorial, b. Vista polar, c y d. de un grano bilateral isopolar: c. Vista ecuatorial, d. Vista polar, e – g. de una espora radiosimétrica heteropolar: e. Vista lateral, f. Proximal y g. Distal. h – j. de una espora bilateral heteropolar: h. Vista lateral, i. Proximal, j. Distal. (Tomado de Fonnegra, 1989)



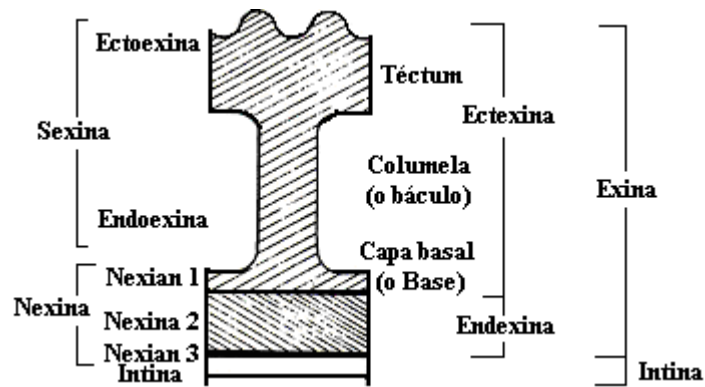
**Figura 4.** Aberturas bordeadas. a y b: Anillo, c: endoanillo, d: Atrio, e: Vestíbulo, f: Opérculo. (Tomado de Fonnegra, 1989)

El grano de polen conserva las capas de la exina y una ornamentación detallada por toda la superficie realizada en la práctica de laboratorio mediante la acetólisis de Erdtman o soportando condiciones climáticas como: altas temperaturas, presión, acidez, humedad, entre otras; estas características polínicas permiten la clasificación en niveles de familia, género o especie según Erdtman (1960).

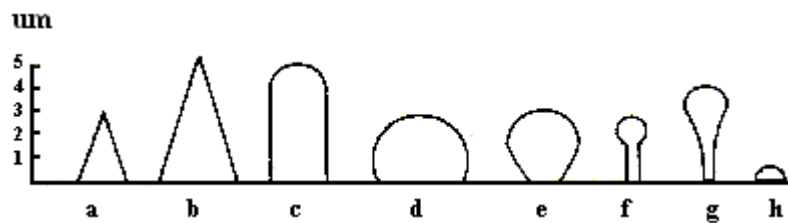
Intina: se encuentra siempre presente alrededor de la parte viviente del grano de polen, es delgada y de espesor generalmente homogéneo. Está en contacto directo con la membrana celular, se compone principalmente de celulosa (Figura 5)

Exina: se ubica alrededor de la intina, es la pared más reciente de la esporodermis y se compone de esporopolenina (Figura 5)

Ornamentación del grano de polen: espínula, espina, báculo, verruga, gema, pilo, clava y gránulo (Figura 6)



**Figura 5.** Capas de la pared del grano de polen (Tomado de Fonnegra, 1989)



**Figura 6.** 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)

La importancia taxonómica y evolutiva de la morfología polínica para una familia, género o especie se observa en los caracteres morfológicos constantes o tipos de polen que varían considerablemente, y se clasifican como: estenopalínológico, tipo polínico de un taxón característico y homogéneo, y euripalínológico: granos de polen que varían considerablemente en aberturas, tamaño, forma, escultura y estratificación de la exina (Fonnegra, 1989).

Las observaciones polínicas se registran mediante fotomicrografías, estas son representaciones gráficas las cuales permite observar detalles finos como la ornamentación, tipo de aberturas, formas y tamaños de los granos de polen en vistas polares y ecuatoriales, a través de estas características polínicas se elabora el palinograma para realizar claves taxonómicas (Fonnegra, 1989).

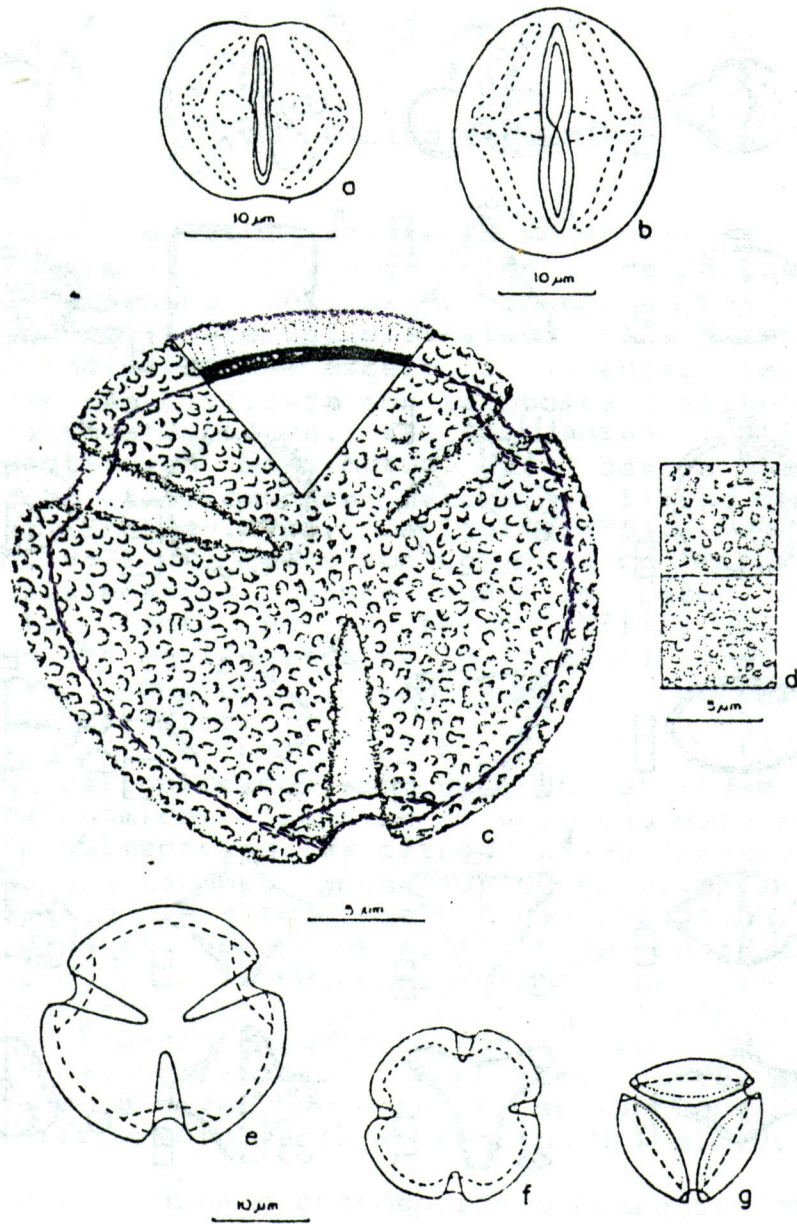
Las claves taxonómicas permiten evidenciar caracteres morfológicos del grano de polen tales como: aberturas, estratificación y escultura de la pared, forma en vista polar y ecuatorial, tamaño, entre otras; no existe una clave palinológica estándar, pero se constituyen dos alternativas contrastantes que conducen a la identificación de los granos de

polen de un determinado taxón como el palinograma y los dendrogramas; la morfología del grano de polen puede ser usada para determinar si un grupo es más primitivo o más avanzado que otro (Fonnegra, 1989).

Se han registrado procesos evolutivos con base en estudios palinológicos, el tamaño más primitivo es el grano de polen muy pequeño a pequeño hasta 25 micras. La evolución en la estructura y la ornamentación de la esporodermis está relacionada con adaptaciones para la polinización; Las plantas con polinización anemófila generalmente presentan granos de polen psilados, secos y pequeños y las plantas con polinización entomófila presentan granos de polen con exina ornamentada; los granos de polen inaperturados son considerados más primitivos que los aperturados, característicos de la mayoría de los granos de angiospermas; el polen con aberturas proximales son los más primitivos entre los aperturados, seguido de ejemplares con aberturas ecuatoriales y las aberturas esparcidas por toda la superficie del grano de polen (Walker, 1974).

El diagrama de un análisis palinológico es un resultado valioso ya que registra la historia de la flora de un área, permitiendo deducir los eventos de adaptaciones que han afectado la vegetación. Los fósiles vegetales son muy importantes debido a que las plantas evolucionan más lentamente que los animales, lo cual hace que la identificación de especies de épocas remotas pueda realizarse con mucha aproximación por comparación con especies recientes (Fonnegra, 1989).

No se ha establecido una norma estándar para las descripciones polínicas; las observaciones de la palinología sirven como evidencia en la clasificación taxonómica vegetal, por lo tanto para la descripción del grano de polen, se debe utilizar el sistema de descripción taxonómica con base en el carácter y estado del grano, indicado en Radford et al. (1974) resaltando representaciones morfológicas como: unidad polínica, tamaño y morfología (Fonnegra, 1989).



**Figura 7.** Palinograma (Tomado de Fonnegra, 1989)

Los palinogramas son herramientas gráficas representativas de caracteres morfológicos de los granos de polen donde se visualizan las diferencias o semejanzas en las mediciones palinológicas de las capas (exina, nexina, sexina y tectum) y los lados de acoporo y mesoporo; también permiten analizar la cercanía de un ejemplar a otro con características palinológicas similares para determinar posibles híbridos naturales en la zona de estudio (Fonnegra, 1989).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Documentar datos etnobotánicos por medio de técnicas palinológicas correlacionando los procesos de evolución bajo selección natural del fríjol cachea *Phaseolus dumosus* Macfady según su variabilidad genética *In situ* en los agroecosistemas tradicionales de las comunidades sociales en el suroccidente colombiano.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar relaciones palinotaxonómicas entre los taxones de *Phaseolus dumosus*, *Phaseolus coccineus* y *Phaseolus vulgaris* en los diferentes agroecosistemas tradicionales.

Documentar y evaluar mediante el estudio palinológico la información genética del fríjol cachea *Phaseolus dumosus* M. en los diferentes agroecosistemas tradicionales en el suroccidente colombiano.



## **4. ZONA DE ESTUDIO**

El trabajo de campo y metodológico se desarrolló en el marco del proyecto “Conservación y manejo In situ de arvenses y cultivares tradicionales en el suroccidente colombiano” (Código Colciencias 1103-07-12529 Código 999 VRI; Sanabria, 2003) en tres departamentos del suroccidente colombiano (Figura 11).

### **4.1 Departamento del Cauca**

#### **Localización**

En el municipio de Silvia se sitúa el resguardo de Guambia; presenta altitudes sobre el nivel del mar entre los 2.000 y 3.500 m. La geoposición del municipio se ubica a 76° 20' Longitud Oeste de Greenwich y 20° 30' Latitud Norte; el municipio de Silvia tiene una extensión de 18.529 hectáreas que comprende 29 veredas y cuenta con 10.188 habitantes según Sánchez, (1990); Sánchez et al. (1992), integrados por el 95 % de indígenas Guambianos y 0.5 % de indígenas Nasa, el 58 % de las familias que lo integran poseen tierras adjudicadas por el cabildo, mientras que el 39.4 % labora en parcelas bajo formas de tenencias mixta de la tierra (Sanabria, 2001). El municipio de Silvia limita al Norte con los municipios de Caldone y Jambaló, al Sur con Totoró, al Este con Paez e Inza, y al Oeste con Piendamó y Cajibío (CRC, 2003).

El municipio de Totoró está ubicado en la parte occidental de la cordillera Central. La zona montañosa se encuentra en rangos altitudinales entre 2600 y 4000 m. El municipio se encuentra a 76° 23' Longitud Oeste de Greenwich y 20° 31' Latitud Norte (IGAC, 1982), con una población de 2.937 habitantes, distribuido en treinta y tres (33) veredas.

#### **Aspectos geológicos**

La formación geológica para los municipios de Totoró y Silvia son similares por ser territorios fronterizos; estos lugares presentan rocas sedimentarias y de rocas ígneas volcánicas y metamórficas recubierta por cenizas volcánicas, suelos bien drenados y con buena retención de humedad, en general son ricos en materia orgánica, ácidos, los suelos presentan una textura franco-arenosa a franco-arcillosa-arenosa con una erosión ligera a severa (Corporación Regional del Cauca, 1984); los suelos de la zona son sueltos a medianos y con buenas propiedades físicas, destacando un pH óptimo entre 5.5 y 7.0 con

una temperatura promedio de 16 °C en la vereda Miraflores, Silvia (Guaca y Rosas, 1996). Estas zonas son topográficamente quebradas, escarpadas, con laderas cortas y largas (IGAC, 1982). Entre los accidentes geográficos más importantes se destacan los páramos de Las Delicias, Las Eras, Monterredondo y Moras. Los Cerros Puente de Zorro, Punza y Tornar, y los Altos Del Gallo, Duyó, El Peñón y Guanacas (CRC, 2003).

## **Clima**

Las regiones geográficas pertenecientes a los municipios de Silvia y Totoró presentan climas muy frío húmedo, frío húmedo y medio seco (IGAC, 1982). La altura promedio en la cabecera municipal de Silvia es de 2600 m., su temperatura media es de 15 °C y una precipitación media anual de 1297 mm. Los pisos térmicos reportados en estas regiones se registran como: templados, frío y páramo; de acuerdo con la clasificación de Holdridge (1978).

## **Hidrografía**

El sistema hidrográfico del municipio de Silvia comprende corrientes que descienden de la Cordillera central para desembocar al río Cauca (Figura 8). De igual forma tiene una zona de páramo que le permite un buen almacenamiento del recurso hídrico, especialmente en el páramo de las delicias, las cuales tienen los mayores reservorios de agua consistentes en un sistema de lagunas, como son la de La Sangre, Palacé, La Horqueta, Peñas Blancas, Piendamó, Los Ceros, Ñimbe, El Abejorro, Mishambe y Las Marquesa. El uso del agua se realiza principalmente para consumo agropecuario, eléctrico, actividades ganaderas y piscícolas. De igual forma se utiliza para actividades recreativas, turísticas y de esparcimiento familiar (CRC, 2003).

## **Zonas de Vida y formaciones vegetales**

Los municipios de Silvia y Totoró presentan zonas de vida de bosque húmedo montano bajo (bh-MB) y bosque muy húmedo montano (bmh-M) según Holdridge (1978); los pisos bioclimáticos clasificados según Cuatrecasas son: Subandino con alturas sobre el nivel del mar de 1350 a 2200 m. Andino con altitudes de 2200 a 2900 m. Alto Andino de 2900 a 3200 m. y Páramo con alturas mayores de 3200 m. (Tomado de la CRC, 2003).

## Aspectos socioeconómicos y culturales

Los Guambianos y Paeces poseen un pensamiento propio con respecto a los usos y costumbres, a sus formas de relación y convivencia, poseen una forma de expresión artística que se refleja en su música, artesanías, sistemas de cultivos, educación, salud y especialmente con los recursos naturales; gran parte de sus creencias relacionan con el origen del ser humano, con la tierra, con el bosque, el agua, el viento, el páramo, la luna, las estrellas, la laguna y las nubes. Estas comunidades indígenas mantienen algunas costumbres muy fuertes como la “La limpiazón”, que consiste en un ritual de limpieza cuando las mujeres suben al páramo teniendo la menstruación, en este periodo son vulnerables con el “Halo de misterio” que recubre el territorio, ya que este es el hábitat de fuerzas y espíritus sobrenaturales; otra de las actividades culturales de los Guambianos y Paeces es “El amaño”, donde los novios son comprometidos durante un periodo determinado, antes del matrimonio (CRC, 2003).

La identidad propia de la región noroccidental caucana se manifiesta a través de las celebraciones cívicas y culturales como las fiestas patronales principalmente del Amo Jesús de Guanacas, la fiesta del campesino y las ferias agropecuarias, entre otras; la comunidad campesina e indígena defiende símbolos relacionados con las actividades agrícolas, como las mingas (unidad de trabajo comunitario) y el intercambio de jornales (Astudillo y Salazar, 1998).

Las prácticas agrícolas en los huertos tradicionales se asocian al sistema tradicional del conocimiento de la naturaleza (cosmovisión), las cuales comprenden los fenómenos astrológicos (fases de la luna), climáticos y atmosféricos especialmente relacionados con el calendario agrícola del maíz (Sanabria y otros, 2005).

Las unidades familiares indígenas poseen una economía basada en el manejo de las huertas caseras y en el cultivo tradicional del maíz, asociado a otros monocultivos como papa, cebolla o fique y la ganadería de leche en menor escala. Para el caso de la comunidad Páez estas unidades son agroecosistemas como el tul, espacio domesticado donde se cultivan plantas alimenticias, medicinales, ornamentales y se crían con animales domésticos; el *Phaseolus polyanthus* es conocido como fríjol cachea, asociado a cercas vivas, dentro de las huerta o tul o en las parcelas de maíz (Sanabria y otros, 2005).

Las condiciones ecológicas y ambientales son propicias para el desarrollo de cultivos como: papa *Solanum tuberosum*, majua *Tropaeolum tuberosum*, ulluco *Ullucus tuberosus*, maíz *Zea mays*, oca *Oxalis tuberosa*, cebolla *Allium*, fríjol común *Phaseolus vulgaris*, fríjol cachea *Phaseolus dumosus* y *Phaseolus coccineus*, entre otros (Guaca y Rosas, 1996) y la comercialización de los productos en mercados locales de cada municipio.



**Figura 8.** colecta de material polínico (botones florales) en hábitats del nororiente caucano a. entre Km. 10 y 11 del municipio de Piendamó y Silvia; b. Río Cofre, municipio de Totoró; y c. Vereda el Manzanal, municipio de Silvia.

## 4.2 Departamento de Nariño

### Localización

La zona de estudio para este departamento se ubica en la circunvalar al volcán Galeras; de acuerdo con los sitios de colecta botánicas de frijol cacha realizada por Debouck y Angulo (1982). De acuerdo con el Plan de Manejo Institucional (1998) la región del volcánica del Galeras se haya situado sobre la Cordillera Central, ubicada entre el Oriente y Occidente Andino y se encuentra rodeado por los municipios de Yacuanquer, Sandoná, Consacá, La Florida, Nariño y San Juan de Pasto.

### Aspectos geológicos

El flanco oriental del Volcán Galeras está constituido por secuencias de lavas andesíticas y andesíticas basálticas, depósito de flujo de escorias y cenizas, y flujo de bloques y cenizas. La composición, al igual que las lavas, es andesítica; existen también depósitos de cenizas de caída que forman una estructura de capas (Calvache, 1997). El complejo Volcánico Galeras ha sufrido varias etapas de construcción y destrucción de edificios volcánicos; el Galeras es un estrato-volcán constituido por flujos de lava, ignimbritas, flujos piroclásticos, flujos de escombros y depósitos volcánicos de caída; en general los suelos son oscuros, profundos (90 a 150 cm) y ricos en materia orgánica (5.6 a 9%), con pH de 5.8 ligeramente

ácido, la textura va de franco, a franco arenoso y franco arcilloso (Plan de Manejo Institucional, 1998).

### **Clima**

Las temperaturas anuales en el área oscilan entre 3 y 13 oC, las más bajas corresponden a los meses de julio y agosto. La humedad relativa fluctúa entre menos de 50% y más del 90%. La precipitación anual promedio de la zona se encuentra entre los 790 y los 2.000 mm, repartidas en dos épocas más o menos marcadas, marzo-mayo y octubre-noviembre, la humedad relativa promedio en el área es de 67 % (IGAC,1982).

### **Hidrografía**

Hidrográficamente la Circunvalar al Volcán Galeras destaca reservorios estratégicos como la Laguna Negra, la Laguna de Telpis y la Laguna Verde; existen más de 125 quebradas las cuales benefician con agua potable a numerosas comunidades humanas asentadas en las faldas del Volcán Galeras. Las subcuencas ubicadas al Norte del Santuario del Volcán Galeras son: Quebrada Jenoy, Río Barranco y Quebrada Maragato; al costado Occidental está la subcuenca del Río Azufral (perteneciente a la cuenca del Río Guaitara); al Oriente se encuentra la cuenca del Río Pasto y sus principales quebradas son: Mijitayo, Midoro, Juananbú, Anganoy y El Chilco; y en la zona Sur se encuentra como principal corriente la Quebrada Magdalena (Plan de Manejo Institucional, 1998).

### **Zonas de Vida y formaciones vegetales**

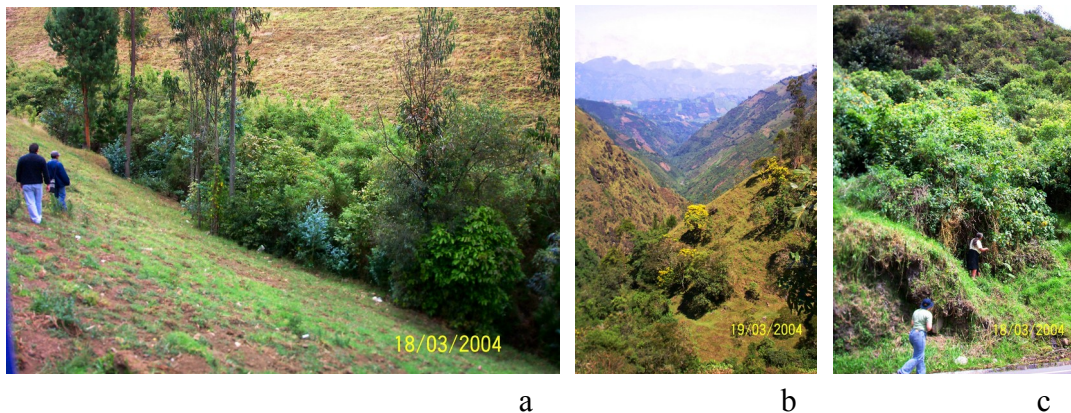
Según la clasificación de Holdridge (1978), las zonas de vida correspondientes al área de estudio son: bosque seco montano bajo (bs-MB), bosque húmedo montano (bh-M), zona de transición entre bosque húmedo montano y páramo subandino (bh-M) / (p-SA) y páramo subandino (p-SA).

### **Aspectos socioeconómicos y culturales**

En Nariño la economía de los pueblos campesinos se basa en la agricultura tradicional del maíz con monocultivos de cebada, trigo, cultivo de café diversificado y la ganadería de leche. El *P. polyanthus* es conocido como frijol “veranero silvestre o natural”, manejado desde los bosques secundarios de galería en ladera, la vegetación ruderal, y en huertas caseras asociado a cercas vivas (Figura 9). Las personas mayores reconocen, valoran y conservan al *P. polyanthus*, por su valoración ancestral culinaria como complemento

alimenticio al maíz, especialmente durante las épocas de escasez o hambruna (Sanabria y otros, 2005).

La importancia que reviste el área del Santuario para las poblaciones sociales asentadas en su entorno es en verdad significativa, y estratégica, pues prácticamente toda actividad social, económica, cultural y ambiental que se mueve en cada uno de los municipios pertenecientes a la circunvalar al Volcán Galeras, dependiendo en última instancia de la adecuada conservación de sus ecosistemas naturales (Plan de Manejo Institucional, 1998).



**Figura 9.** colecta de muestras polínicas en el Departamento de Nariño. a, b y c hábitats en el municipio de Yacuanquer

### 4.3 Departamento del Putumayo

#### Localización

Los recorridos en el Valle de Sibundoy se realizaron siguiendo las colectas botánicas de frijol cache realizada por los investigadores Debouck y Angulo (1982); otro aspecto importante en esta zona de estudio es la cantidad de frijol cache o también llamado frijol tranca y el conocimiento tradicional de los recursos naturales que mantienen las comunidades indígenas Inga y Camentsá y campesinas (Sanabria y otros, 2005).

El Valle está conformado por los municipios de Santiago, Colon, Sibundoy y San Francisco; la posición de georeferencia de la zona se encuentra a 1° 12' 12'' de Latitud Norte y 76° 51' 15'' de Longitud Oeste de Greenwich. El Valle del Sibundoy se encuentra sobre los 2000 m. en su parte plana y los 3000 m. en la parte más alta.

## **Aspectos geológicos**

De acuerdo con los estudio realizados por el IGAC (1990) los suelos de esta zona son superficiales a muy superficiales, encharcables en épocas de invierno; se originan a partir de capas aluviales heterométricas, de textura moderadamente gruesa a medias (francas) con un pH fuerte a fuertemente ácido; las pendientes no sobrepasan los 12% en este lugar, los suelos evolucionan a partir de los depósitos orgánicos de origen lacustre y de materiales minerales de origen aluvial; estos suelos se localizan sobre tipos de relieve denominados abanicos, vallecitos y llanura lacustre.

Esta subregion del Valle del Sibundoy hace parte de la hoya alta del río Putumayo, desde su nacimiento en el complejo paramuno de Cascabel, hasta la salida en la “garganta del Balsayaco” formada por el cañón del volcán Patascoy al occidente y las montañas del Portachuelo al oriente. Está rodeado por los volcanes Bordoncillo y Patascoy, la cordillera del Portachuelo y los ceros de Juanoy, Cascabel (IGAC, 1982).

## **Clima**

Según Koeppen (citado por Samel 1968), el clima del Valle de Sibundoy está clasificado como isotermo de montaña tropical húmeda, caracterizado por una temperatura moderada y lluvias todo el año.

se presenta un clima templado húmedo con una temperatura que oscila entre 16 y 23 °C en verano. A partir de 1800 m. hasta la curva de nivel de 2100 m. que rodea la parte plana, se encuentra un clima frío húmedo, con una temperatura promedio de 16 °C (Samel, 1968).

El periodo de lluvias se presenta durante los meses de mayo a julio, con noches heladas de menor de 10 °C. La época de escasez de lluvias comprende los meses de diciembre a marzo. La precipitación total anual es de 1432 mm en la estación de Sibundoy y 2151 mm en la estación de Balsayaco. La evapotranspiración potencial calculada es de 961 mm por lo que se registra un exceso de la precipitación sobre el valle (Bello, 1987).

## **Hidrografía**

Hidrográficamente el Valle de Sibundoy se compone de ríos y quebradas como: el río Putumayo, San Pedro, San Francisco, Negro, Quinchoa, Runduyaco y las quebradas Sinsayaco, El Ejidio, Lava pies, Cabuyayaco, Hidráulica, Afilangayaco, Siguinchica, Marpujay, Tinjoy, Espinayaco, Tamauca, Carrisayaco, Tacanguayaco; los cuales hacen parte de la cuenca hidrográfica del río Putumayo.

Se desarrolló el proyecto Putumayo No 1 con el fin de evacuar el agua del Valle de Sibundoy y aprovechar los suelos como sustrato para ejercer las actividades agropecuarias; entre los años de 1965-1966 consistente en obras de ingeniería de gran envergadura, tales como canales interceptores, red de canales secundarios, dársenas, rectificación de cauce de los ríos, modificación de la garganta por donde drena naturalmente el Valle, construcción de puentes vehiculares y peatonales, diques de confinamiento y carreteras (Cortés, 1989 Citado en Rodríguez, 2003).

### **Zonas de Vida y formaciones vegetales**

En el Valle de Sibundoy se encuentran las zonas de vida de Bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB) y el de Bosque húmedo Montano (bh-M), según Holdridge (1978).

### **Aspectos socioeconómicos y culturales**

La organización social tradicional en la comunidad Inga y Camentsá, es el cabildo y está representado por el Taita gobernador (Jacanamijoy, 2002); el desarrollo sociocultural que cumple el cabildo hacia la comunidad es: orientar en los momentos críticos, representante legal de la comunidad indígena, espacio de reflexión y conocimiento, gestor de programas y proyectos, entre otras (Hoyos y Prieto, 2002).

De acuerdo con Rodríguez (1985), es tradición realizar el carnaval en el Valle de Sibundoy, alto Putumayo, fiesta por excelencia de las comunidades indígenas Inga y Camentsá los días Lunes y Martes que preceden al Miércoles de ceniza. El carnaval esta armonizado por la música de flautas, tambores, cuernos o cachos, de rondadores, dulzainas, y el sonido de frutos secos a manera de cascabeles. La música es interpretada por cada persona participante en el carnaval. Los carnavales se acompañan de bebidas embriagantes como la chicha de maíz, guarapo de caña de azúcar y aguardiente, este ultimo introducido por los colonos; otras actividades desarrolladas durante el carnaval son los juegos realizados por las comunidades indígenas Inga como: el uso de la rama de ortiga, coger el marrano engrasado, entre otros; comparsas y mascararas de madera talladas a mano.



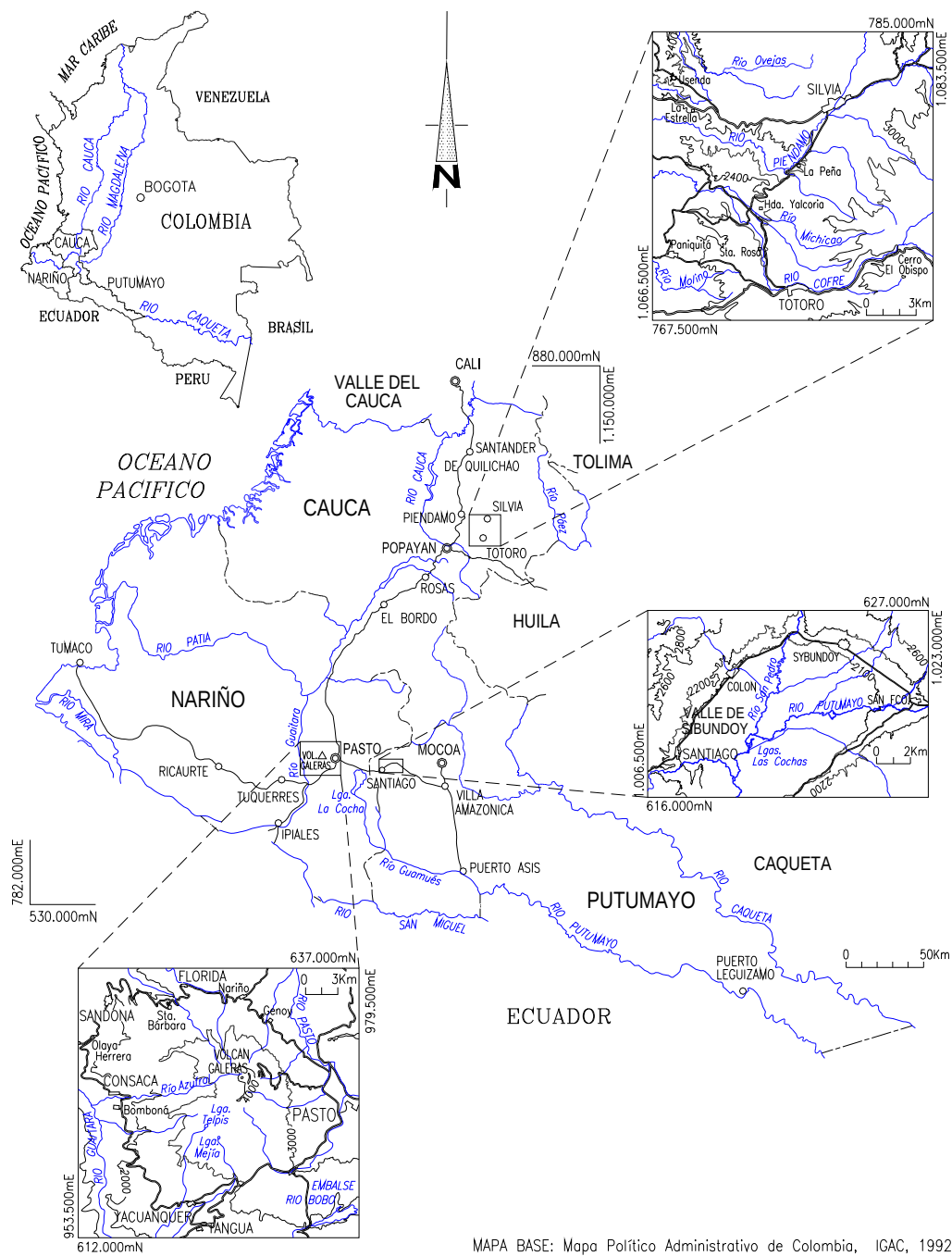
Los indígenas conservan actividades culturales como: ofrendas de alimentos a los muertos el primer día del mes de noviembre, la narración de historias míticas, cuentos, o leyendas por parte de los mayores a la orilla del fogón de leña, trabajos comunales en “mingas” para la comunidad, mitos: “y nacieron los Andes con el canto libre de dos aves hermanas” y el “tapa culos” y leyenda de los cuatro caciques (Rodríguez, 2003).

La economía de la región del Alto Putumayo, se caracteriza por el sistema agrícola tradicional del maíz (chagra) , además del cultivo comercial del frijol común *Phaseolus vulgaris*. Los pueblos que habitan esta región poseen una economía campesina interna de “pancoger” la cual se realiza mediante el manejo de huertas caseras o chagras como espacios culturales, conformados por las unidades familiares en los que se mantiene cultivos tradicionales para su alimentación (Figura 10). El *P. polyanthus* es llamado frijol tranca o frijol Popayán y se encuentra asociado a la chagra, a cercas vivas, a siembras o parcelas de maíz y a espacios cercanos al cultivo de plantas medicinales de los médicos tradicionales o taitas (Sanabria y otros, 2005).

La zona andina, principalmente en la altiplanicie del Putumayo, se siembra en mediana escala los cultivos de maíz *Zea mais* y frijol bolón rojo *Phaseolus vulgaris*, obteniendo buenos resultados; además, se han incrementado los cultivos de hojas de caduca, como la manzana, col *Brassica campestris*, lulo *Solanum quitoense*, tumaqueño *Colocasia esculenta*, cuna *Xanthosoma jacquinni*, arracacha *Arracacia xanthorrhiza*, chachafruto o sachaporoto *Erythrina edulis*, pera y ciruelo; también se cultivan frutales de clima frío, como la fresa, mora, curuba y tomate de árbol *Cyphomandra betacea*, entre otros (Mejia y Orellana, 2001); la superficie de pastoreo comprende 6.500 hectáreas distribuidas por Kikuyo *Pennisetum clandestinum*, pasto azul *Poa pratensis*, gramas naturales como gramalote *Paspalum dilatatum*, entre otros (Hoyos y Prieto, 2002)



**Figura 10.** agroecosistemas del Departamento de Putumayo: a. relieve del Valle del Sibundoy; b. humedales del Valle; c. Drenajes del Valle por la alta precipitación; d. Manejo de los agroecosistemas (chagra); y e. economía de la región (*Phaseolus vulgaris* y ganado vacuno)



**Figura 11.** Mapa de la zona de estudio del suroccidente colombiano (Departamentos de Cauca, Nariño y Putumayo)

## **5. METODOLOGÍA**

El trabajo de investigación destaca los componentes etnobotánicos y palinológicos para el estudio biológico del fríjol cache (Sanabria y otros, 2005); para este trabajo de grado se realizaron los siguientes pasos metodológicos:

### **Revisión bibliográfica y documental**

La revisión de artículos, revistas de investigación, trabajos de grado y otros documentos permitieron documentar aspectos ecológicos y culturales de las zonas de Cauca, Nariño y Putumayo con base a mapas de ubicación geográfica y ecológica. La información etnobotánica se revisó en la Universidad del Cauca, Edificio de la Vicerrectoría de Investigaciones, oficina de Etnobotánica, biblioteca de la Universidad de Nariño y la Fundación Cultural del Putumayo (Valle de Sibundoy). La información palinológica es insuficiente por el poco trabajo investigativo a nivel nacional e internacional del género *Phaseolus*; la obtención de esta información se llevó a cabo en la biblioteca del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT-Palmira) y en el Laboratorio de Palinología de la Universidad de Antioquia.

### **5.1 Metodología etnobotánica**

Los recorridos a los agroecosistemas tradicionales y las visitas a las comunidades campesinas e indígenas del suroccidente colombiano se realizó en el marco del proyecto durante los periodos de febrero de 2003 y mayo de 2005 (Sanabria, 2003).

Se realizó una primera salida de campo con el objetivo de observar donde se ubicaba el fríjol cache y establecer diálogos con los representantes de cada una de las instituciones gubernamentales y permisos con los gobernadores indígenas “taitas y dirigentes de los cabildos” y las relaciones con los dirigentes políticos y administrativos de las alcaldías, universidades, asociaciones comunitarias, entre otros; posteriormente se llevaron a cabo cuatro salidas de campo (primera salida de campo: julio de 2003, Departamento de Cauca; segunda salida: julio y agosto de 2003, Departamentos de Nariño y Putumayo; tercera salida: marzo de 2004, Departamentos de Cauca, Nariño y Putumayo; y cuarta salida: Departamento de Cauca) con el objetivo de obtener información etnobotánica (uso, manejo y conservación de los recursos vegetales en espacios cultivados) y muestras (botánicas y palinológicas) de fríjol cache.

En las entrevistas abiertas realizadas a campesinos e indígenas de los departamentos de Cauca, Nariño y Putumayo; se registraron conversaciones a personas mayores porque conservan y transmiten el conocimiento tradicional agrícola y cultural de los recursos vegetales a futuras generaciones (Figura 12); mediante estas preguntas se reconocieron dos especies *Phaseolus dumosus* y *Phaseolus coccineus* con el mismo nombre común de frijol cache, los diálogos se realizaron en huertas tradicionales donde se evidencian procesos agrícolas corroborando la información etnobotánica de los agricultores. la diversidad de plantas que se encuentran en estos agrohábittats se observa de acuerdo a caracteres botánicos y al conocimiento tradicional de los agricultores; las entrevistas abiertas se efectuaron en forma de charlas por el equipo de investigación.

La información etnobotánica se registró a través de grabaciones, diarios de campo y material fotográfico; la información obtenida en campo se sistematizó en fichas etnobotánicas según Sanabria y Hernández, (2003) con temas de: ecología, valoración cultural, creencias, significados culturales, uso y manejo en los agroecosistemas tradicionales de las plantas que se encontraron en estas áreas de cultivo y conservación In situ de los recursos tradicionales por parte de las comunidades campesinas e indígenas del suroccidente colombiano.



a

b



c



d



e

**Figura 12.** recorridos etnobotánicos en el suroccidente colombiano: a. reconocimiento de la zona; b. socialización con las comunidades indígenas; c, d y e. entrevistas con campesinos e indígenas del suroccidente colombiano en huertos tradicionales

## 5.2 Metodología palinológica

Los recorridos realizados en la zonas de estudio tuvo como objetivo registrar información etnobotánica de las comunidades campesinas e indígenas y coleccionar evidencias palinológicas de frijol cache en sus huertos tradicionales, haciendo énfasis en la diversidad vegetal.

## Capacitaciones

Para la realización del presente trabajo, se realizaron capacitaciones en palinología (Figura 13) en el Laboratorio de Palinología de la Universidad de Antioquia bajo la asesoría del Dr. Ramiro Fonnegra en los meses de diciembre de 2004 y agosto de 2005 con los objetivos de aprender y estandarizar la técnica de acetólisis de Erdtman (1960), analizar la morfología polínica y practicar las diferentes mediciones polínicas para el desarrollo estadístico de los granos de polen (Fotografía 13). El trabajo polínico culminó en la Unidad de Microscopía Electrónica de la Universidad del Cauca, en el Microscopio Óptico de Alta Resolución (MOAR) Nikon MICROPHOT y el Analizador de Imágenes Leica QWen 500 con la asesoría de Lic. Cesar Augusto Ponce. Para la culminación del trabajo de laboratorio se realizaron comparaciones y observaciones de las capas de la exina, nexina, sexina y tectum del material colectado en el suroccidente colombiano y en las accesiones suministradas por la Estación Experimental del CIAT-Santa Rosa, Popayán (Sanabria y otros, 2005).



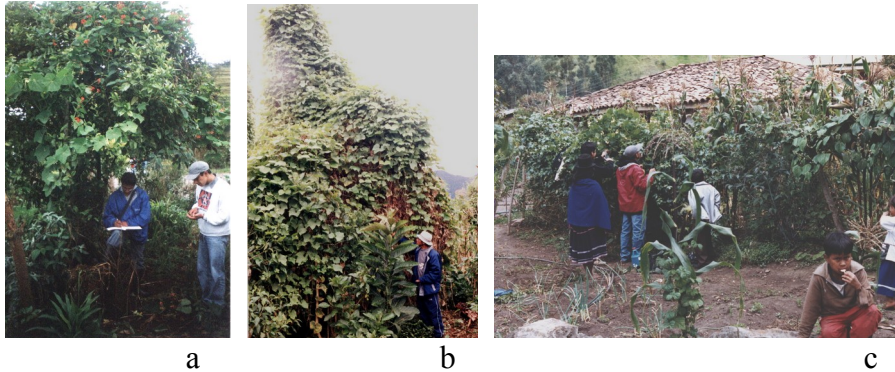
**Figura 13.** Capacitación y documentación en el Laboratorio de Palinología de la Universidad de Antioquia

## **Colecta y conservación de botones florales de frijol cache en el suroccidente colombiano**

De acuerdo con la metodología de Erdtman (1960), la colecta de botones florales de frijol cache se realizó en su máxima maduración un día antes de la antesis; el material polínico quedó protegido en el interior de los botones florales evitando la contaminación polínica con otras plantas a través de polinizadores, lluvia o el viento. Los botones florales se tomaron de diversas alturas de la planta y se depositaron en bolsas de papel periódico y en frascos plásticos que contenían 10 ml de ácido acético glacial al 96% con el objetivo de conservar el material polínico en campo y poderlas llevar al Laboratorio de Microscopía Electrónica de la Universidad del Cauca para su posterior análisis. El ácido acético glacial

al 96% conserva el material polínico por varios años (aproximadamente de 5 a 10 años) reportado en los cuadros 1, 2 y 3 (Fonnegra, 1989).

Las muestras colectadas se rotularon con la abreviatura PSCV y el número de colecta 001 (ejemplo: PSCV 001) en bolsas de papel periódico y frascos plásticos registrados en los cuadros 1 y 3, de igual forma se escribieron las abreviaturas para los ejemplares botánicos de herbario colectados en campo con el objetivo de obtener información botánica, palinológica, ecológica y etnobotánica coherente de los agrohábitats y plantas de frijol cache. Las colectas del material vegetal se georeferenciaron con el equipo (GPS 76 GARMIN) con el objetivo obtener información geográfica del recurso en el suroccidente colombiano. Los ejemplares de frijol cache se ubicaron en los herbarios de la Universidad del Cauca CAUP y al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).



**Figura 14.** colecta del material polínico en los agroecosistemas del suroccidente colombiano: a. municipio de Santiago (chagra); b. San Silvestre, municipio de Sibundoy; y c. municipio de Silvia



<b>Anteras de frijol cacha conservadas</b>		
<b>Secado</b>	<b>Medios químicos</b>	
<b>Secado (horno 36 °C)</b>	<b>Ácido Acético Glacial (96%)</b>	<b>Glutaraldehido</b>
PSCV 005	PSCV 003	PSCV 010
PSCV 007	PSCV 006	PSCV 001
PSCV 010	PSCV 010	PSCV 003
PSCV 001	PSCV 013	PSCV 005
PSCV 003	PSCV 014	PSCV 013
PSCV 006	PSCV 018	PSCV 014
PSCV 004	PSCV 019	PSCV 019
PSCV 011		PSCV 018
PSCV 012		
PSCV 009		
<b>SUBTOTAL</b>	<b>10</b>	<b>8</b>
<b>TOTAL</b>		<b>25</b>

**Cuadro 1.** Muestras de anteras colectadas en el suroccidente colombiano de *Phaseolus dumosus* y *Phaseolus coccineus* y conservadas en diferentes formas: secado y medios químicos (Ácido Acético Glacial al 96% y Glutaraldehido).

<b>Muestras conservadas en Ácido Acético Glacial (96%)</b>	
<b>Código del ejemplar</b>	<b>Nombre específico</b>
CIAT C8 1215	<i>Phaseolus coccineus</i>
CIAT C8 1162	<i>Phaseolus polyanthus</i>
CIAT C8 1375	<i>Phaseolus polyanthus</i>
CIAT C9 1296	<i>Phaseolus coccineus</i>
CIAT C9 1239	<i>Phaseolus polyanthus</i>
CIAT C9 1220	<i>Phaseolus coccineus</i>
CIAT C9 1242	<i>Phaseolus coccineus</i>
CIAT C3 2672	<i>Phaseolus lunatus</i>
CIAT C3 9333	<i>Phaseolus vulgaris</i>
CIAT C3 9353	<i>Phaseolus vulgaris</i>
CIAT C3 2687	<i>Phaseolus lunatus</i>
CIAT C10 2330	<i>Phaseolus lunatus</i>
CIAT C10 1369	<i>Phaseolus neglectus</i>
<b>TOTAL</b>	<b>13</b>

**Cuadro 2.** Ejemplares obtenidos en la Estación Experimental del CIAT-Santa Rosa, Popayán y conservación en Ácido Acético Glacial (96%).

<b>Muestras conservadas en Ácido Acético Glacial (96%)</b>	
PSCV 039 – PSCV 012 – PSCV 038 – PSCV 021 – PSCV 042 – PSCV 024 - PSCV 041 – PSCV 001 – PSCV 002 – PSCV 006 – PSCV 036 – PSCV 040 – PSCV 003 – PSCV 033 – PSCV 004 – PSCV 025 – PSCV 008 – PSCV 037 – PSCV 030 – PSCV 011 – PSCV 018 – PSCV 014 – PSCV 022 – PSCV 020 – PSCV 043 – PSCV 029 – PSCV 026 – PSCV 016 – PSCV 035 – PSCV 034 – PSCV 028 - PSCV 015	
<b>TOTAL</b>	<b>32 Muestras</b>

**Cuadro 3.** Muestras de botones florales colectadas en el suroccidente colombiano de *Phaseolus dumosus* y *Phaseolus coccineus* y conservadas en Ácido Acético Glacial al 96%.

**Obtención de ejemplares como referencia en botones florales de *P. polyanthus*, *P. coccineus*, *P. vulgaris* y *P. Lunatus* en la CIAT-Santa Rosa, Popayán**

En el cuadro 5 se indican el número de accesiones de material polínico obtenidas en la Estación Experimental del Centro Internacional de agricultura Tropical (CIAT)-Santa Rosa, Popayán como patrones referentes al material polínico colectado en campo. Para tales efectos y a solicitud, el CIAT suministró material vegetal colectado en Mesoamérica (México, Guatemala y Puerto Rico) de (2) dos accesión de *Phaseolus polyanthus* equivalente a *Phaseolus dumosus*, (2) dos accesiones de *Phaseolus coccineus*, (1) una accesión de *Phaseolus vulgaris* y (2) dos accesiones de *Phaseolus lunatus* para un total de (7) accesiones, colectado por el Dr. Daniel Debouck especialista del género *Phaseolus*.

La recolección de accesiones se realizó en diciembre de 2003 bajo la asesoría técnica del señor Arturo Martos encargado de las parcelas experimentales de frijoles del CIAT, Santa Rosa (Figura 15); se colectaron de (20) veinte a (25) veinticinco botones flores por accesión próximos con la metodología de Erdtman (1960). Se depositaron los botones florales en bolsas de papel periódico y se rotularon (ejemplo: CIAT1242Pc) indicando la procedencia del material polínico CIAT, un código interno de la institución 1242 y el nombre científico abreviado de la especie (Pc) *Phaseolus coccineus* como se indica en el cuadro 5. El material polínico es llevado al Laboratorio de Microscopia Electrónica de la Universidad del Cauca y almacenado en frascos plásticos con 10 ml de ácido acético glacial al 96% para su conservación. Posteriormente se realiza la tipificación del material polínico por medio de la acetólisis de Erdtman (1960); el respectivo análisis polínico se efectúa de acuerdo a la metodología de Fonnegra, (1989).

PARCELA	NÚMERO	GÉNERO	NOMBRE ESPECÍFICO	ORIGEN
CIAT-C9 1296	G35778	<i>Phaseolus</i>	<i>P. coccineus</i>	GUATEMALA
CIAT-C9 1242	G35248	<i>Phaseolus</i>	<i>P. coccineus</i>	PUERTO RICO
CIAT-C9 1239	G35154	<i>Phaseolus</i>	<i>P. polyanthus</i>	MÉXICO
CIAT-C3 9353	G24542	<i>Phaseolus</i>	<i>P. vulgaris</i>	MESOAMERICA
CIAT-C3 9333	G22475	<i>Phaseolus</i>	<i>P. polyanthus</i>	MESOAMERICA
CIAT-C3 2687		<i>Phaseolus</i>	<i>P. lunatus</i>	MESOAMERICA
CIAT-C3 2672		<i>Phaseolus</i>	<i>P. lunatus</i>	MESOAMERICA

Cuadro 4. Accesiones Mesoamericanas suministradas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)-Santa Rosa, Popayán.



**Figura 15.** Muestreo del material polínico en la Estación Experimental del CIAT, San Rosa: a. invernaderos (casas experimentales); b. colecta de botones florales de frijol; y c. accesión de *Phaseolus coccineus* Linneo

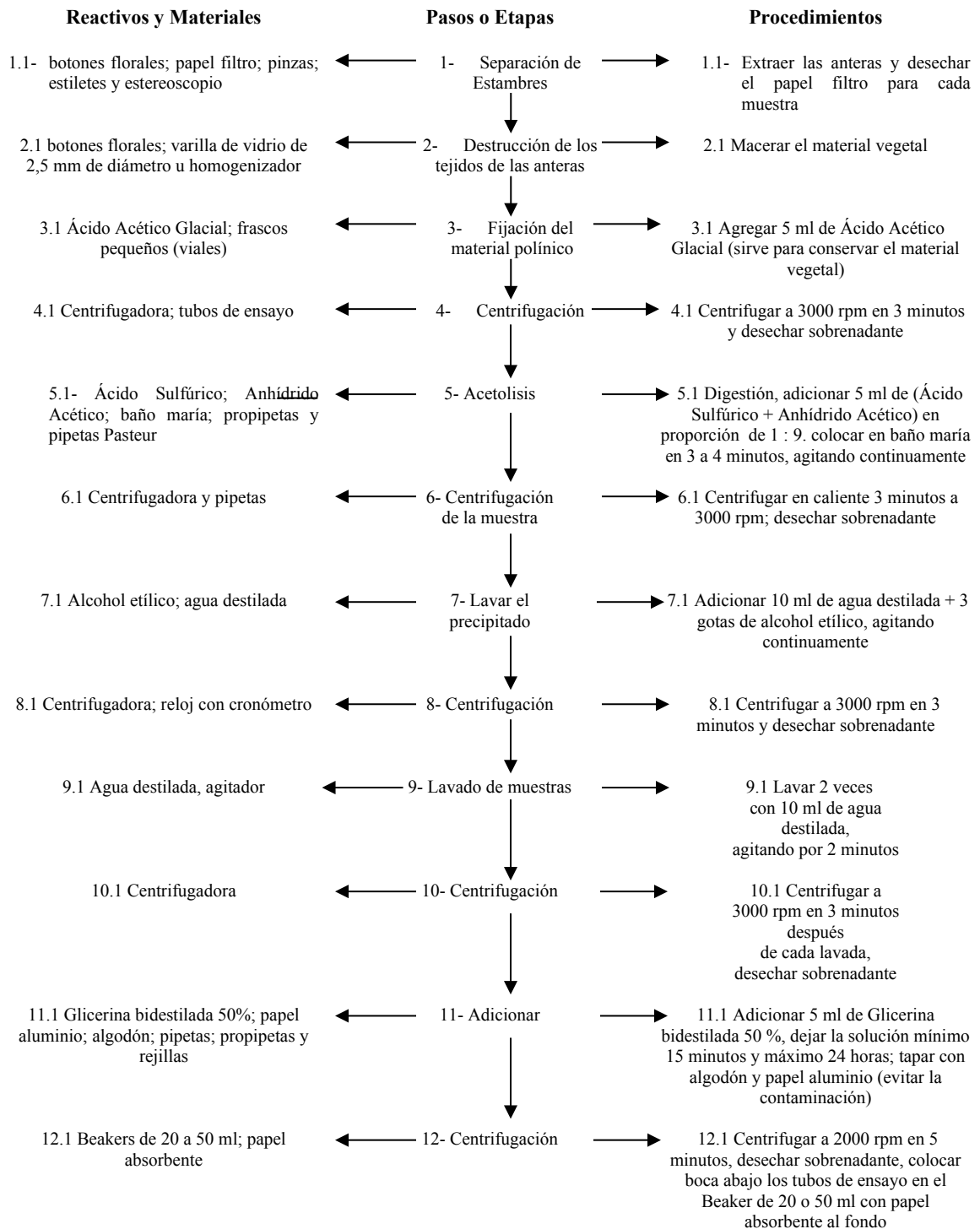
**Selección de muestras posibles híbridos colectadas en campo de frijol cacha *Phaseolus dumosus* M. y *Phaseolus coccineus* L.**

Para efectos del análisis polínico del presente trabajo de grado, se escogieron nueve (9) muestras dos *P. coccineus*, (PSCV 007 y PSCV 020) un *P. polyanthus* o *P. dumosus* (PSCV 030) y seis posibles híbridos (PSCV 001, PSCV 008, PSCV 016, PSCV 028, PSCV 042 y PSCV 043) de cuarenta y tres (43) colectados en el suroccidente colombiano, la selección de muestras se desarrollo bajo los criterios botánicos como: características morfológicas de semillas y flores según los especialistas del CIAT-Palmira: Dr. Daniel Debouck y Orlando Toro; los especialistas observaron características morfológicas florales como el color fucsia y el tamaño grande de las alas y bractéolas, la forma ovada y circular del hilum de las semillas (ISTA, 1999); caracteres que permitieron inferir posibles híbridos naturales de una probable contaminación genética entre *Phaseolus dumosus* por *P. coccineus* y *Phaseolus vulgaris* por *Phaseolus coccineus*.

Los granos de polen de las nueve (9) muestras colectadas en el suroccidente colombiano se compararon morfológicamente con accesiones Mesoamericanas (México, Puerto Rico y Guatemala) suministrados a solicitud por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) con características silvestres de las plantas. Según la metodología de Erdtman (1960) el análisis polínico se realizó bajo la observación de las características morfológicas de los granos de polen según: la forma, tamaño, tipo de abertura y ornamentación de los ejemplares colectados en el suroccidente colombiano y las accesiones obtenidas en la Estación Experimental CIAT-Santa Rosa, Popayán

La tipificación de los granos de polen de fríjol cacha colectado y seleccionado del suroccidente colombiano y las accesiones obtenidas en la Estación Experimental del CIAT-Santa Rosa, Popayán. El material polínico se trasladó al Laboratorio de Microscopia Electrónica de la Universidad del Cauca (Figura 17) para analizar y fotografiar el material polínico, de acuerdo a la metodología de acetolisis de Erdtman según Fonnegra, (1989). Los pasos metodológicos de la acetolisis de Erdtman se observan en el Figura 16.

Figura 16. FLUJOGRAMA METODOLÓGICO PARA LA ACETOLISIS DE ERDTMAN



Tomado de Fonnegra, (1989)

Realizada la tipificación del material polínico colectado en campo y accesiones suministradas por el CIAT se procede a la preparación de la gelatina glicerizada, con el objetivo de extraer los granos de polen depositados en el interior de los tubos de ensayos y posteriormente se ubican en las placas para poder observar, fotografiar, analizar y conservar en placas (Fonnegra, 1989).

### **Preparación de gelatina glicerizada**

Realizada la tipificación del material polínico colectado en campo y accesiones suministradas por el CIAT se procede a la preparación de la gelatina glicerizada, con el objetivo de extraer los granos de polen depositados en el interior de los tubos de ensayos y posteriormente se ubican en las placas para poder observar, fotografiar, analizar y conservar en placas (Fonnegra, 1989).

- 1- Disolver 50 g de gelatina en polvo en 175 ml de agua destilada hirviendo.  
Conservar la mezcla caliente
- 2- Disolver 7 g de fenol en 150 ml de glicerina bidestilada. Adicione poco a poco esta solución a la gelatina con agua, agitando continuamente con una varilla de vidrio
- 3- Filtre la mezcla final a través de lana de vidrio o gasa doblada, utilice un embudo caliente
- 4- Vierta la gelatina glicerizada en pequeños frascos de vidrio y consérvela en la nevera

(Tomado de Fonnegra, 1989)

### **Montaje de placas**

El material polínico se conserva en placas (4) cuatro por cada muestra o accesión que se estudia. El montaje de placas debe realizarse de manera muy limpia, comenzando con la utilización de guantes nuevos con el propósito de evitar la contaminación de grasas y el posterior crecimiento de hongos y bacterias. La limpieza de los cubres y porta objetos se efectúa con alcohol al 70 %, posteriormente se deposita un trozo (1 ml<sup>3</sup>) de gelatina glicerizada (preparación de gelatina glicerizada) en el tubo de ensayo donde se encuentra depositado el material polínico, se ubica un pequeño trozo de gelatina en el porta objeto, se lleva a la plancha caliente (20 °C) y cuando la gelatina se derrita se retira el porta objeto, se adiciona parafina (52 °C de fusión) alrededor de la gelatina glicerizada y los granos de polen, cuando seque la parafina se lleva nuevamente el porta objeto y cubre objeto a la plancha para su fijación (Fonnegra, 1989). Este material polínico se distribuyó a las palinotecas de instituciones como: CIAT-Palmira, Universidad de Antioquia, Universidad del Cauca y Universidad Nacional sede Santa Fe de Bogotá y Medellín.

Antioquia, Universidad del Cauca y Universidad Nacional sede Santa Fe de Bogotá y Medellín.

### **Observación y medición de los granos de polen de *P. dumosus* y *P. coccineus* colectados en el suroccidente colombiano**

De acuerdo con Fonnegra (1989) se deben observar en 40X y medir el tamaño polínico en micrómetros a veinticinco (25) granos de polen en vistas polares y ecuatoriales en tres placas por cada muestra; en vista polar se traza una línea imaginaria en forma diagonal de la parte externa del poro germinal hasta el lado acoporo del grano; en vista ecuatorial se trazan dos líneas imaginarias: la primera línea se traza de un poro germinal al otro poro y la segunda línea se efectúa de un lado acoporo al otro lado acoporo pasando el trazado por el poro germinal (Figura 17). El espesor de las capas de exina, sexina, tectum y nexina de los granos de polen se observan en 100X y se miden en micrómetros a diez (10) ejemplares polínicos en vista polar, las observaciones y mediciones se realizan en una o varias placas. La finalidad de este proceso es tener un número representativo y aleatorio de los granos de polen para un buen análisis estadístico (SPSS 9.0). Las mediciones polínicas se realizaron mediante el analizador de imágenes Leica QWeen 500 en la Unidad de Microscopia Electrónica de la Universidad del Cauca.

### **Fotomicrografías**

Se tomaron diez (10) fotomicrografías en vistas polares y ecuatoriales en aumentos de 40X, 60X y 80X para observar la forma y medir el tamaño del grano de polen, también se observa la ornamentación y se miden las diferentes capas de los granos de polen en aumento de 100X anexándole una gota de aceite de inmersión con el objetivo de tener una mejor imagen. Según Fonnegra (1989) los caracteres que deben resaltar en las fotomicrografías para los granos de polen son: forma, observación clara de las capas (exina, intina, sexina y tectum), número de aberturas, estructura y escultura de la ornamentación (L/O o O/L). Las mediciones y observaciones se realizaron de acuerdo al manual de Leica QWeen 5500 con los siguientes equipos: microscopio óptico Nikon MICROPHOT, analizador de imágenes Leica QWeen 5500 y la cámara digital JVC TK-C1.380; las fotomicrografías se tomaron en contraste de fase y contraste de interferencia en la Unidad de Microscopia Electrónica (UME) de la Universidad del Cauca (Figura 17) con la asesoría de Lc. Cesar Augusto Ponce. El material fotográfico se dejó en la Unidad de Microscopia Electrónica de la Universidad del Cauca como evidencia polínica de las muestras de fríjoles estudiadas en el suroccidente colombiano *Phaseolus dumosus* y *Phaseolus coccineus* y de las accesiones suministradas en la Estación Experimental del CIAT-Santa Rosa, Popayán



a

b

Figura 17. Trabajo de laboratorio: a. obtención del material polínico (anteras) y b. observación y medición de los granos de polen



## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Estado biológico del frijol cachea

El frijol cachea se encuentra de silvestres a cultivado en los agroecosistemas tradicionales que fueron caracterizados como tul, chagra y huertas caseras, así como en hábitats de cercas vivas y silvestre en vegetación secundaria. En su dinámica de manejo el frijol es de origen arvense y se encuentra en espacios silvestres desde donde se fomenta, tolera o cultiva en los espacios cultivados (cuadro 5). Se colectaron cuarenta y tres muestras botánicas correspondientes a frijol cachea *P. dumosus* y *P. coccineus* (Sanabria y otros, 2005).

ESPECIE	LOCALIDAD	MPIO/DPTO	AGROHABITAT	FORMA DE MANEJO	ORIGEN DEL MATERIAL	COMUNIDAD	GEOPOSICION	ALTURA (m.s.n.m)	MUESTRA CAMPO
Posible híbrido	El Manzanal	Silvia / Cauca	Cerca viva en huerta casera	Fomentada	Arvense de huerto	Guambiana	N 02° 38' 16.1" W 76° 22' 10.5"	2680	PSCV001
<i>P. coccineus</i>	El Manzanal	Silvia / Cauca	Parcela de Maíz	Cultivada	Arvense de huerto	Guambiana	N 02° 38' 16.1" W 76° 22' 10.5"	2680	PSCV002
<i>P. polyanthus</i>	El Manzanal	Silvia / Cauca	Parcela de Mora, Lulo y Uchuva	Fomentada	Arvense de huerto	Guambiana	N 02° 38' 16.1" W 76° 22' 10.5"	2680	PSCV003
<i>P. polyanthus</i>	La Peña	Totoró / Cauca	Cerca viva, Parcela de Maíz	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 02° 30' 36.2" W 76° 23' 06.8"	2679	PSCV004
<i>P. polyanthus</i>	Villanueva	Silvia / Cauca	Huerta casera	Cultivada	Arvense de huerto	Guambiana	N 02° 38' 43.6" W 76° 21' 38.1"	2704	PSCV005
<i>P. polyanthus</i>	Las Delicias	Silvia / Cauca	Cerca viva en huerta casera	Fomentada	Arvense de huerto	Guambiana	N 02° 37' 55.4" W 76° 20' 31.5"	2680	PSCV006
<i>P. coccineus</i>	Ambachico	Silvia / Cauca	Cerca de alambre en huerta casera	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 02° 36' 11.4" W 76° 22' 53.5"	2524	PSCV007
Posible híbrido	Agoya	Silvia / Cauca	Parcela de Maíz	Cultivada	Arvense de huerto	Paez (Nasa)	N 02° 35' 15.5" W 76° 22' 52.6"	2507	PSCV008
<i>P. polyanthus</i>	Agoya	Silvia / Cauca	Vegetación secundaria	Tolerada	Escapada	Paez (Nasa)	N 02° 35' 15.5" W 76° 22' 52.6"	2507	PSCV009
<i>P. polyanthus</i>	Miraflores	Silvia / Cauca	Tul	Cultivada	Arvense de huerto	Paez (Nasa)	N 02° 33' 09.8" W 76° 25' 07.8"	2440	PSCV010
<i>P. coccineus</i>	Miraflores	Silvia / Cauca	Tul	Cultivada	Arvense de huerto	Paez (Nasa)	N 02° 33' 09.8" W 76° 25' 07.8"	2440	PSCV011
<i>P. polyanthus</i>	Betania	Totoró / Cauca	Huerta casera	Cultivada	Arvense de huerto	Campesina	N 02° 31' 32.6" W 76° 23' 06.8"	2682	PSCV012
<i>P. polyanthus</i>	Muhechiza Bajo	Yacuanquer/ Nariño	Cerca viva en huerta casera	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 02° 06' 43.7" W 77° 25' 10.8 "	2507	PSV013
<i>P. polyanthus</i>	Genoy	Pasto / Nariño	Cerca viva en huerta casera	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 01° 15' 48.4" W 77° 20' 08.5"	2573	PSCV014
<i>P. coccineus</i>	Genoy	Pasto / Nariño	Cerca viva en huerta casera	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 01° 15' 48.4" W 77° 20' 08.5"	2573	PSCV015
Posible híbrido	El barranco	La Florida / Nariño	Cerca viva en huerta casera	Cultivada	Arvense de huerto	Campesina	N 01° 17' 20.9" W 77° 22' 30.5"	2297	PSCV016

Cuadro 5. Georeferenciación de las muestras de frijol cache *P. dumosus* M. y *P. coccineus* L. colectadas en el suroccidente colombiano.

Continuación Cuadro 5.

ESPECIE	LOCALIDAD	MPIO/DPTO	AGROHABITAT	FORMA DE MANEJO	ORIGEN DEL MATERIAL	COMUNIDAD	GEOPOSICION	ALTURA (m.s.n.m)	MUESTRA CAMPO
<i>P. coccineus</i>	Santiago	Santiago / Putumayo	Chagra	Cultivada	Arvense de huerto	Inga	N 01° 18' 44.8" W 77° 00' 03.8"	2117	PSCV017
<i>P. coccineus</i>	Santiago	Santiago / Putumayo	Chagra	Cultivada	Arvense de huerto	Inga	N 01° 18' 44.8" W 77° 00' 03.8"	2117	PSCV018
<i>P. polyanthus</i>	La Menta	San Francisco / Putumayo	Chagra	Cultivada	Arvense de huerto	Inga	N 01° 09' 23.6" W 77° 56' 38.8"	2125	PSCV019
<i>P. coccineus</i>	San Andrés	Santiago / Putumayo	Cerca viva en Chagra	Fomentada	Arvense de huerto	Inga	N 01° 07' 40.9" W 76° 59' 25.9 "	2121	PSCV020
<i>P. coccineus</i>	San Andrés	Santiago / Putumayo	Cerca viva en Chagra	Fomentada	Arvense de huerto	Inga	N 01° 07' 40.9" W 76° 59' 25.9	2121	PSCV021
<i>P. polyanthus</i>	Tamabioy	Sibundoy / Putumayo	Cerca viva en borde de carretera	Fomentada	Arvense de huerto	Camentsá	N 01° 10' 40.6" W 76° 53' 43.6	2125	PSCV022
<i>P. polyanthus</i>	Tamabioy	Sibundoy / Putumayo	Cerca viva en borde de carretera	Fomentada	Arvense de huerto	Camentsá	N 01° 10' 40.6" W 76° 53' 43.6	2125	PSCV023
<i>P. polyanthus</i>	San Silvestre	Sibundoy / Putumayo	Chagra	Cultivada	Arvense de huerto	Camentsá	N 01° 11' 44.7" W 76° 55' 44.7"	2123	PSCV024
<i>P. polyanthus</i>	Yacuanquer	Yacuanquer / Nariño	Vegetación secundaria	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 01° 07' 12.3" W 77° 23' 29.1 "	2763	PSCV025
<i>P. polyanthus</i>	Yacuanquer	Yacuanquer / Nariño	Cerca viva	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 01° 06' 47.7" W 77° 23' 10.8 "	2747	PSCV026
<i>P. coccineus</i>	Muhechiza	Yacuanquer / Nariño	Cerca viva	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 01° 06' 43.7" W 77° 25' 10.8 "	2672	PSCV027
Posible híbrido	Chapacual	Yacuanquer / Nariño	Vegetación secundaria	Silvestre	Escapada	Campesina	N 01° 07' 49.1" W 77° 24' 39.1 "	2676	PSCV028
<i>P. coccineus</i>	Muhechiza	Yacuanquer / Nariño	Cerca de alambre	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 01° 06' 43.7" W 77° 24' 10.8 "	2672	PSCV029
<i>P. polyanthus</i>	Muhechiza	Yacuanquer / Nariño	Cerca de alambre	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 01° 06' 43.7" W 77° 24' 10.8 "	2672	PSCV030

Cuadro 5. Georeferenciación de las muestras de frijol cache *P. dumosus* M. y *P. coccineus* L. colectadas en el suroccidente colombiano.

Continuación Cuadro 5.

ESPECIE	LOCALIDAD	MPIO/DPTO	AGROHABITAT	FORMA DE MANEJO	ORIGEN DEL MATERIAL	COMUNIDAD	GEOPOSICION	ALTURA (m.s.n.m)	MUESTRA CAMPO
<i>P. polyanthus</i>	Panchindo	La Florida / Nariño	Vegetación secundaria	Silvestre	Escapada	Campesina	N 01° 17' 10.6" W 77° 24' 39.1 "	2283	PSCV031
<i>P. polyanthus</i>	Panchindo	La Florida / Nariño	Vegetación secundaria	Silvestre	Escapada	Campesina	N 01° 17' 10.6" W 77° 24' 39.1 "	2283	PSCV032
<b><i>P. polyanthus</i></b>	Panchindo	La Florida / Nariño	Cerca viva en huerta casera	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 01° 17' 26.3" W 77° 24' 10.9 "	2279	PSCV033
<i>P. polyanthus</i>	El Barranco	La Florida / Nariño	Cerca viva en borde de carretera	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 01° 17' 29.4" W 77° 22' 33.3 "	2435	PSCV034
<i>P. coccineus</i>	El Barranco	La Florida / Nariño	Cerca viva en borde de carretera	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 01° 17' 29.4" W 77° 22' 33.3 "	2435	PSCV035
<i>P. polyanthus</i>	Vichoy	Santiago / Putumayo	Cerca viva en Chagra	Cultivada	Arvense de huerto	Inga	N 01° 12' 18.4" W 76° 55' 12.3 "	2123	PSCV036
<i>P. polyanthus</i>	San Silvestre	Sibundoy / Putumayo	Chagra	Cultivada	Arvense de huerto	Camentsá	N 01° 08' 43.6" W 76° 55' 44.7 "	2123	PSCV037
<i>P. polyanthus</i>	Pueblo nuevo	Caldono / Cauca	Tul	Cultivada	Arvense de huerto	Paez (Nasa)			PSCV038
<i>P. coccineus</i>	Pueblo nuevo	Caldono / Cauca	Tul	Cultivada	Arvense de huerto	Paez (Nasa)			PSCV039
<i>P. polyanthus</i>	Genoy	Pasto / Nariño	Huerta casera	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 01° 15' 29.9" W 76° 19' 12.9 "		PSCV040
<i>P. polyanthus</i>	cruce puente Popayán	Totoró / Cauca	Vegetación secundaria	Silvestre	Escapada	Campesina	N 02° 33' 09.7" W 76° 25' 07.8 "	2538	PSCV041
Posible híbrido	vía Piendamó -Silvia	Silvestre / Putumayo	Parcela	Fomentada	Arvense de huerto	Campesina	N 02° 37' 19.4" W 76° 28' 47.4 "	2395	PSCV042
Posible híbrido	Agoya	Agoya / Nariño	Huerta casera	Cultivada	Arvense de huerto	Paez (Nasa)	N 02° 35' 15.9" W 76° 22' 52.6 "	2507	PSCV043

Cuadro 5. Georeferenciación de las muestras de fríjol cacha *P. dumosus* M. y *P. coccineus* L. colectadas en el suroccidente colombiano.

## 6.2 Análisis polínico graficado en dendrogramas

El análisis estadístico se realizó a través del paquete estadístico SPSS 9.0; los granos de polen de las muestras estudiadas se clasificaron en cinco (5) dendrogramas. De acuerdo con la Figura 18, Figura 19 y Figura 20 se analizaron los siguientes caracteres polínicos: el tamaño de la exina, sexina, nexina y tectum, los lados acoporo y mesoporo de los granos de polen de *Phaseolus dumosus*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus lunatus* y posibles híbridos colectados; los resultados muestran seis grupos al nivel dos de Cluster. Los ejemplares CIAT C3 2687, CIAT C3 9333, CIAT C3 9353 y CIAT C9 1239 se agrupan en el quinto conjunto en el nivel dos de Cluster por presentar similitud en el tamaño promedio (mediano de 25 a 50 micrómetros) en los caracteres polínicos estudiados. Los posibles híbridos se distribuyen por toda la gráfica, demostrando de esta manera que presentan tamaños polínicos irregulares en las capas que conforman la exina y los lados acoporo y mesoporo. Las muestras PSCV 015, PSCV 025 y PSCV 043 formaron un nuevo grupo en el nivel dos de Cluster de la Figura 20, la separación de este grupo se presenta en tamaños polínicos inferiores a 30 micrómetros.

Para el análisis estadístico de las muestras de frijol: *Phaseolus dumosus*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus lunatus* y posibles híbridos colectados se tomaron características polínicas como: eje polar y diámetro ecuatorial en vistas ecuatoriales y eje polar en vista polar. Se obtuvo siete grupos en el nivel dos de Cluster en las Figuras 21 y 22. Los ejemplares CIAT C3 2687, CIAT C3 9333, CIAT C3 9353 y CIAT C9 1239 conservan el grupo y la posición en los dendrogramas 1, 2, 3, 4 y 5. Los posibles híbridos se dispersan en los siete grupos según el tamaño polínico del eje polar y diámetro ecuatorial obtenidos en las Figuras 21 y 22.

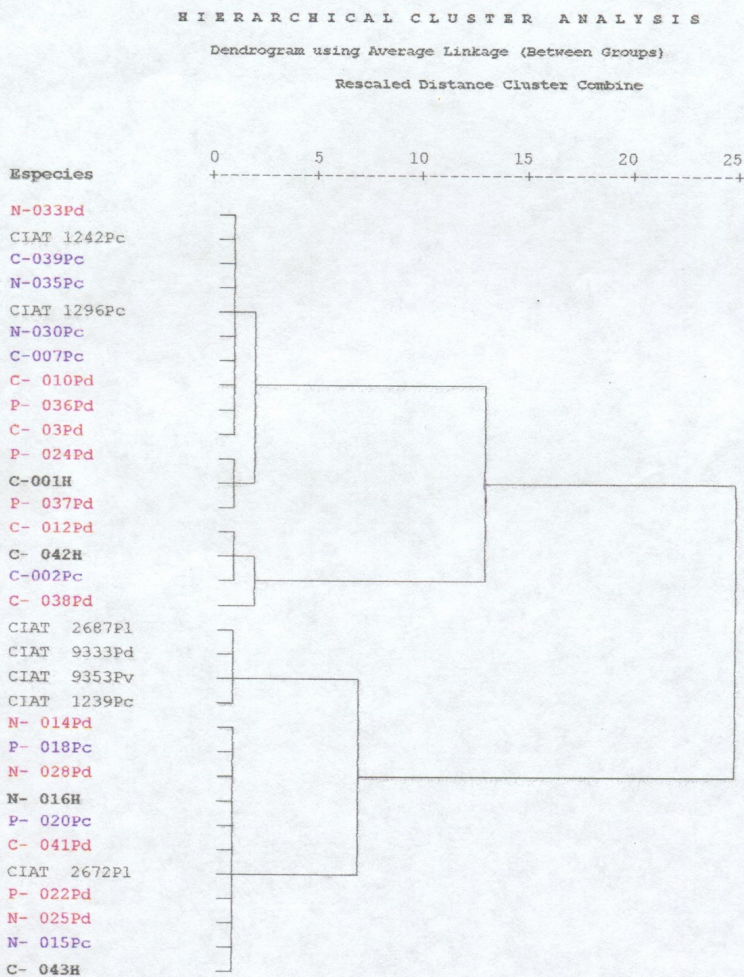
El análisis polínico demuestra la uniformidad de los granos de polen según los caracteres morfológicos encontrados como: la forma esferoidal en vista ecuatorial y triangular en vista polar en las muestras de frijol: *Phaseolus dumosus*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus lunatus* y posibles híbridos colectas como lo muestran las Figuras 23 a 38. Los tamaños polínicos marcan la diferencia entre los ejemplares patrón CIAT C3 9353, CIAT C3 92687, CIAT C9 1239 y CIAT C3 9333 formando un grupo aparte en relación con las muestras colectadas en campo (Figuras 18 a 22).

Las mediciones realizadas a las diferentes capas que componen la exina (sexina, nexina, y tectum) y la sumatoria de las mismas, permiten observar resultados similares en las Figuras 18, 19 y 20, destacando de esta manera que las mediciones polínicas fueron rectificadas y desarrolladas individualmente para efectos de la composición morfológica de las capas que conforman la exina. El grosor de las capas polínicas no es objeto de separación entre las especies colectadas en campo y los ejemplares obtenidos por el CIAT-Santas Rosa,

Popayán por encontrarse en rengos similares de 4 micrómetros para la exina total, 3.2 um para la sexina y 0.8 um para la nexina.

El tamaño polínico en vistas polar y ecuatorial de las especies estudiadas ratifican que el complejo *P. dumosus* y *P. coccineus* son compatibles y posiblemente facilitan el desarrollo de híbridos con características polínicas similares de las dos especies. Las figuras 21 y 22 muestran siete grupos donde *P. dumosus* y *P. coccineus* se ubican en cada uno de estos en rangos de 30 a 48 micrómetros por lo que distribuyen por todo el dendrograma, indicando de esta manera que los granos de polen son muy variables, favoreciendo a una posible hibridación en condiciones agroecológicas elegida por los agricultores del suroccidente colombiano.

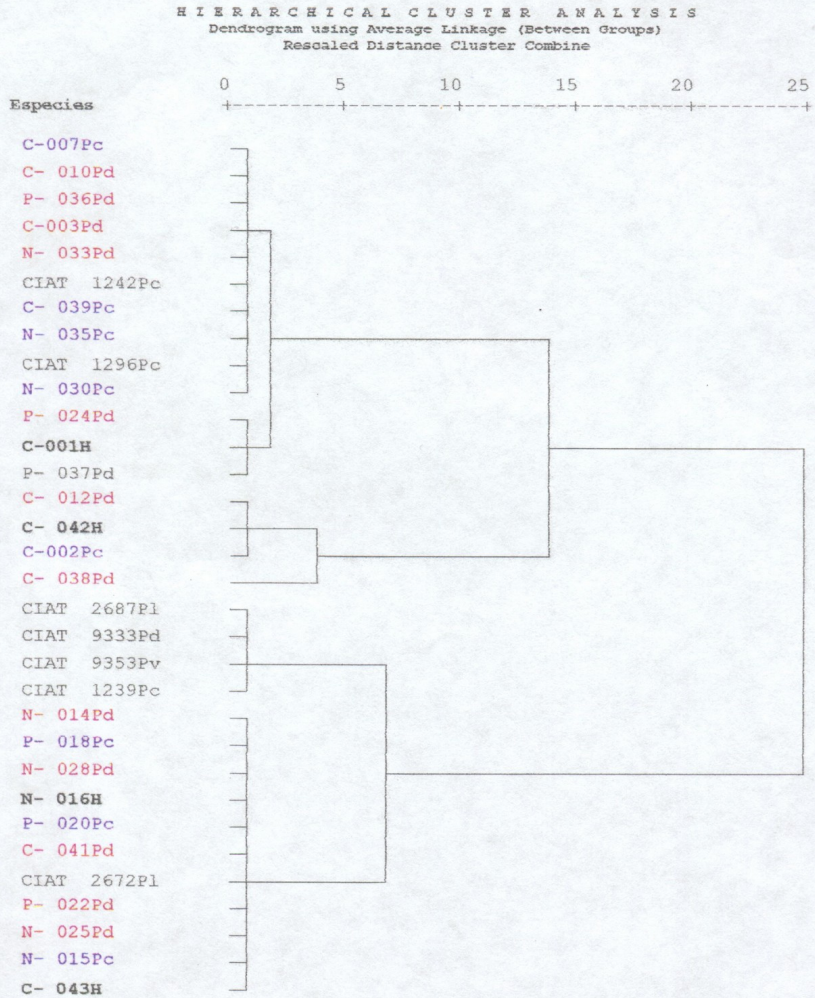
**Dendrograma 1.** Análisis estadístico de la exina, lado acoporo y lado mesoporo en relación con los promedios de los granos de polen de *Phaseolus dimosus*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, *P. vulgaris* e híbridos colectados en el suroccidente colombiano y en la Estación Experimental del CIAT-Santa Rosa, Popayán, Cauca.



NOTA: Resultados Paquete estadístico SPSS 9.0 para Windows. Depto. de Matemáticas, Universidad del Cauca

Figura 18. Dendrograma 1

**Dendrograma 2.** Análisis estadístico de la sexina, nexina, tectum, lado acoporo y lado mesoporo en relación con los promedios de los granos de polen de *Phaseolus dumosus*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, *P. vulgaris* e híbridos colectados en el suroccidente colombiano y en la Estación Experimental del CIAT-Santa Rosa, Popayán, Cauca.



NOTA: Resultados Paquete estadístico SPSS 9.0 para Windows. Depto. de Matemáticas, Universidad del Cauca

Figura 19. Dendrograma 2



**Dendrograma 3.** Análisis estadístico de las capas (exina, sexina, nexina, tectum) y de los lados (acoporo y mesoporo) de los granos de polen de *Phaseolus dumosus*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, *P. vulgaris* e híbridos colectados en el suroccidente colombiano y en la Estación Experimental del CIAT-Santa Rosa, Popayán, Cauca.

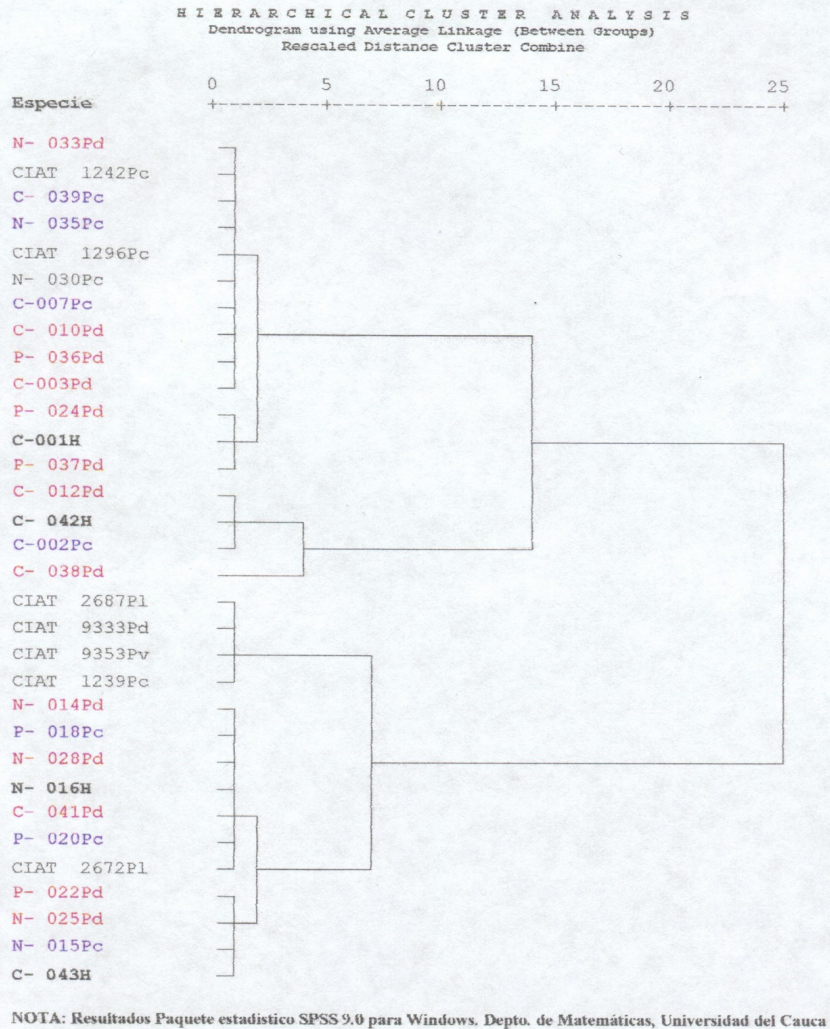
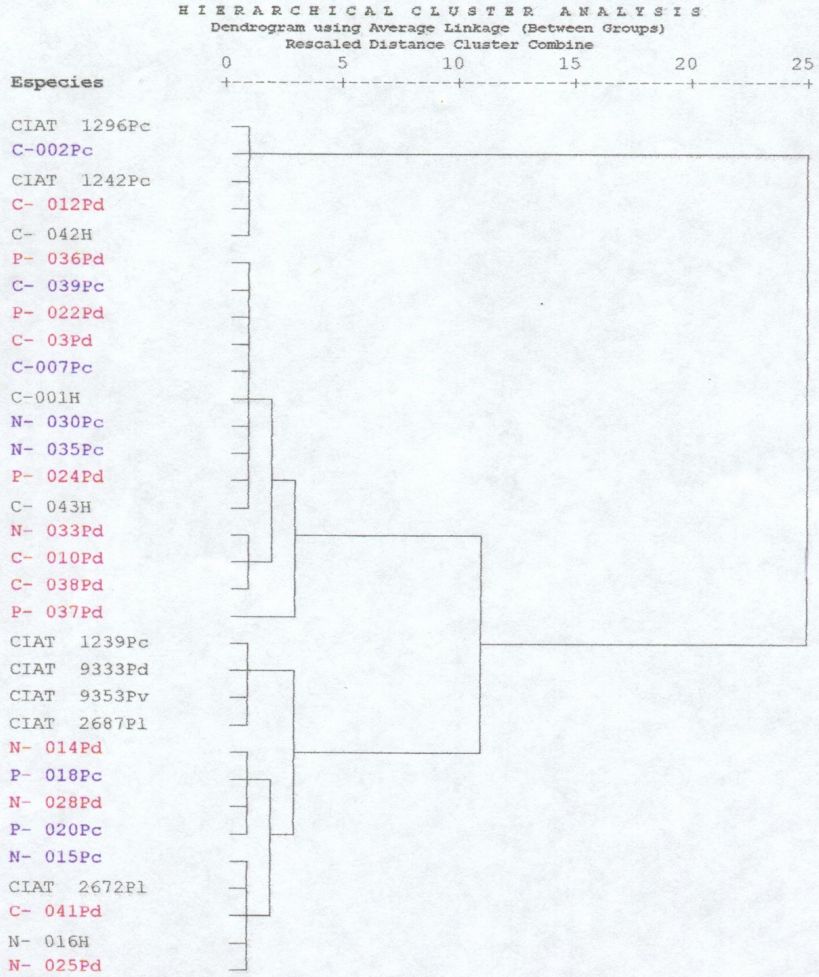


Figura 20. Dendrograma 3

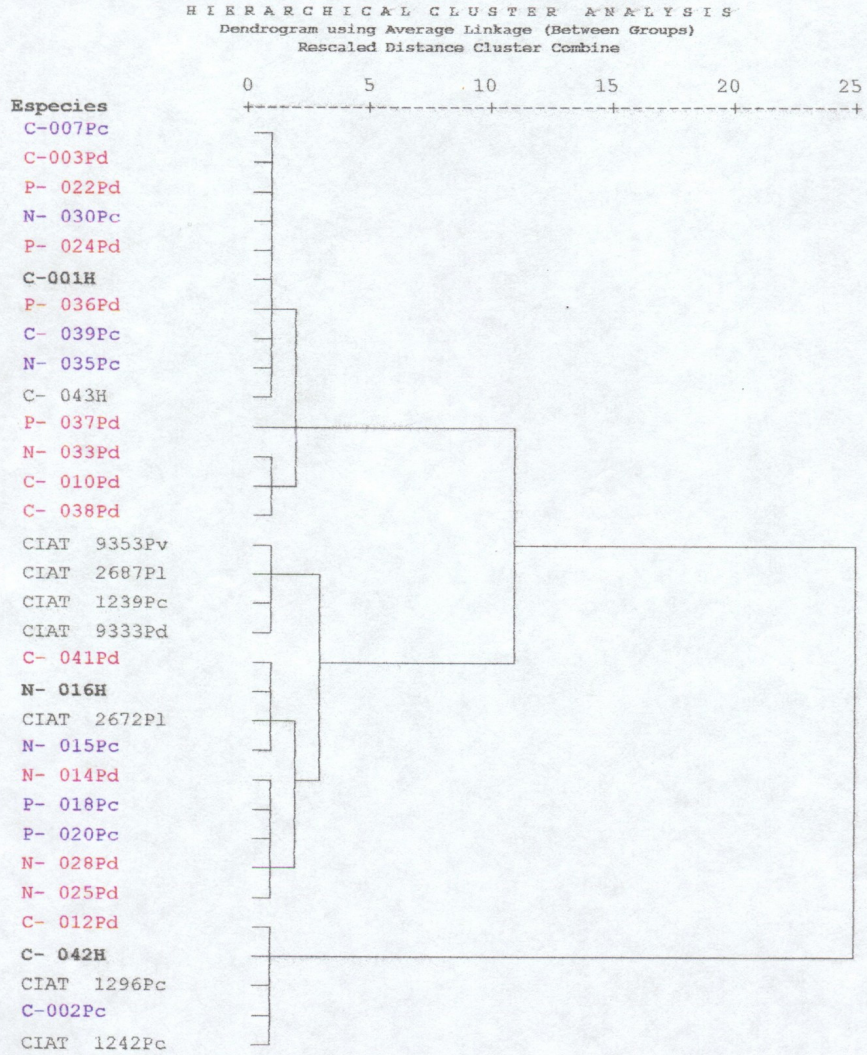
**Dendrograma 4.** Análisis estadístico del eje polar en vista polar y eje polar en vista ecuatorial de los granos de polen de *Phaseolus dumosus*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, *P. vulgaris* e híbridos colectados en el suroccidente colombiano y en la Estación Experimental del CIAT-Santa Rosa, Popayán, Cauca.



NOTA: Resultados Paquete estadístico SPSS 9.0 para Windows. Depto. de Matemáticas, Universidad del Cauca

Figura 21. Dendrograma 4

**Dendrograma 5.** Análisis estadístico del eje polar en vista polar y eje polar y diámetro ecuatorial en vista ecuatorial de los granos de polen de *Phaseolus dumosus*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, *P. vulgaris* e híbridos colectados en el suroccidente colombiano y en la Estación Experimental del CIAT-Santa Rosa, Popayán, Cauca.



NOTA: Resultados Paquete estadístico SPSS 9.0 para Windows. Depto. de Matemáticas, Universidad del Cauca

Figura 22. Dendrograma 5

### 6.3 Caracterización e identificación morfológica de los granos de polen

Los resultados indican mediante los palinogramas una similitud polínica en el número de aberturas clasificándose como triporado de posibles híbridos colectadas en los huertos tradicionales como el tul, chagra y huertas caseras del suroccidente colombiano *Phaseolus dumosus* y *Phaseolus coccineus* y en los ejemplares *Phaseolus polyanthus*, *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus lunatus* y *Phaseolus coccineus* suministrados en la Estación Experimental del CIAT, Santa Rosa, Popayán.

Según Baudoin y Katanga (1977) existe una afinidad en la morfología polínica (triporado) dentro del complejo *P. vulgaris x P. polyanthus*; *P. coccineus x P. polyanthus*; *P. vulgaris x P. coccineus*. Según los autores todos los posibles híbridos entre estos 3 taxas demuestran una escasa diferencia. En este estudio la clasificación palinológica corrobora la información de los autores, donde los granos de polen se describen como triporados para el complejo fríjol cachea en los agroecosistemas tradicionales del suroccidente colombiano. Las comunidades campesinas e indígenas manejan y conservan los recursos locales en los huertos tradicionales en comunión con el fríjol común *Phaseolus vulgaris* L. asociado con el cultivo tradicional del maíz; los posibles cruces se producen mediante la selección natural bajo presión artificial en las chagras, tul, huertas caseras y lugares silvestres.

Según Baudoin y Katanga (1977) existe una afinidad en la morfología polínica (triporado) dentro del complejo *P. vulgaris x P. polyanthus*; *P. coccineus x P. polyanthus*; *P. vulgaris x P. coccineus*. Según los autores todos los posibles híbridos entre estos 3 taxas demuestran una escasa diferencia. En este estudio la clasificación palinológica corrobora la información de los autores, dado que los granos de polen se describen como triporados para el fríjol cachea.

Los retículos de la exina de los ejemplares patrones se clasificaron como microreticulados de los ejemplares obtenidos en el CIAT C9 1242, CIAT C9 1239, CIAT C9 1296, CIAT C3 2687, CIAT C3 9353, CIAT C3 9333, CIAT C3 2672; los posibles híbridos PSCV 008, PSCV 016, PSCV 028, PSCV 042 y PSCV 043 presentaron una ornamentación reticulada con excepción al espécimen PSCV 001 que revela una ornamentación microreticulada. Las diferencias morfológicas presentes en los palinogramas y la clasificación de posibles híbridos, hacen pensar que los granos de polen del fríjol cachea *P. dumosus* y *P. coccineus* y *P. vulgaris* podrían estar participando de un proceso evolutivo bajo selección natural mediante adaptaciones ecológicas.

**6.3.1 Palinograma de las muestras de fríjol cache *Phaseolus dumosus* M. y *Phaseolus coccineus* L. colectadas en el suroccidente colombiano**

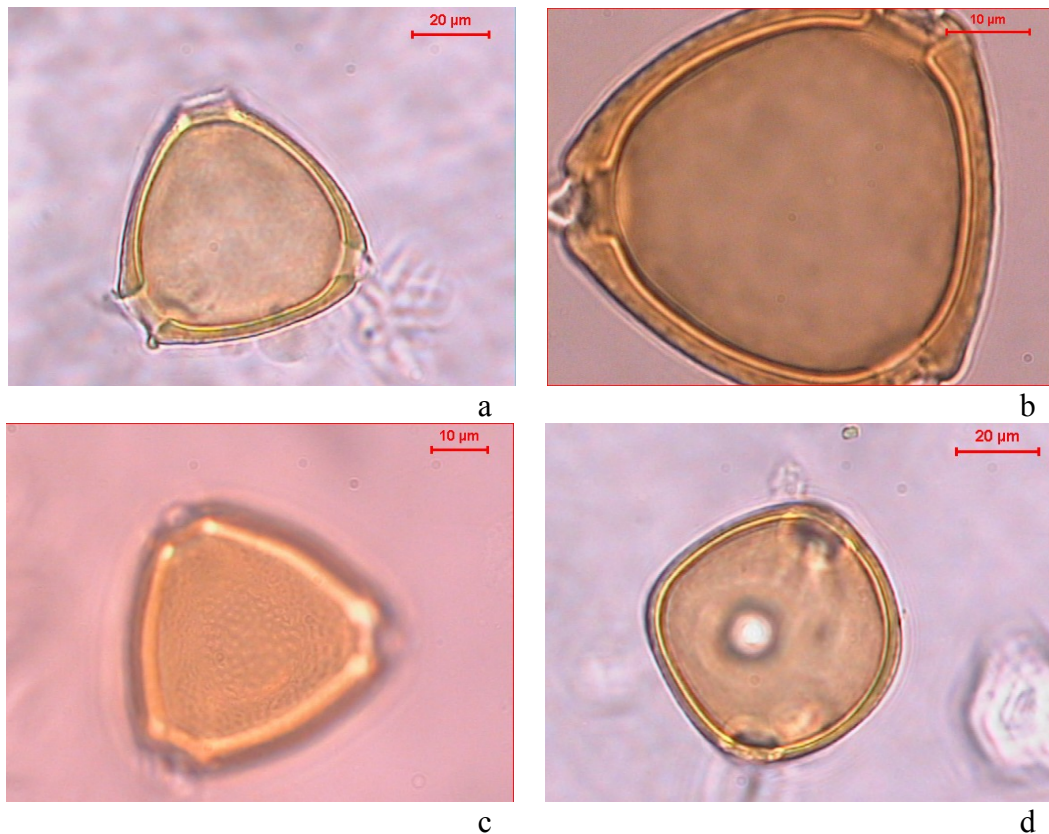


Figura 23. **Palinograma PSCV 001.** Granos de polen observados en aumento de 40X en Vista polar (a. observación de las capas de la exina y el número de poros), en 100X Vista polar (b. observación de las capas de la exina), en 60X en Vista polar (c. tipo de ornamentación) y 40X en Vista Ecuatorial (d. observación de las capas de la exina y el número de poros)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** “Posible híbrido” según los especialistas del CIAT-Palmira: Dr. Daniel Debouck y Orlando Toro, de acuerdo a características fenotípicas a *Phaseolus coccineus* Linneo

Nombre (s) Común (s): Fríjol cache, fríjol añero

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimétrica; **Tamaño promedio:** mediano con 36.59 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal (P/E= 0.93). Ámbito triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** microreticulada, análisis LO; exina total ca. 3.7212 µm; {nexina 0.8358 µm; [sexina 2.965 µm; (tectum completo 0.6817 µm)]}; **Índice de Área Polar (IAP):** tipo de área polar: muy grande, *abertura:* muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalínolíticos*.

**Material estudiado:** COLOMBIA. **Cauca.** Municipio de Silvia, vereda el Manzanal. N 02° 38' 16.1'' W 76° 22' 10.5''. Altura 2.680 m. Julio 22 de 2003. PSCV 001 L., Molano, N. A. Sanabria, O. L. Navia, C. H. y Muñoz, E.

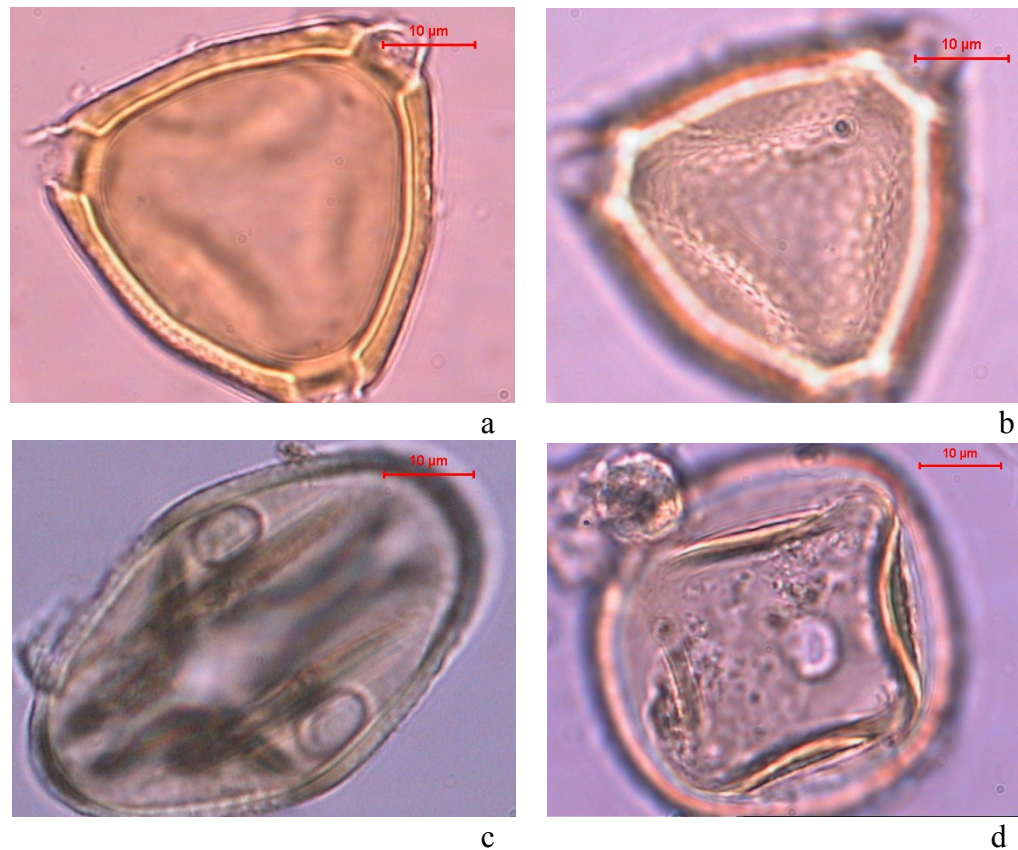


Figura 24. **Palinograma PSCV 007**. Granos de polen observados en aumento de 100X en Vista polar (a. observación de las capas de la exina y el número de poros, b. tipo de ornamentación) y Vista Ecuatorial (c y d. observación del número de poros y forma del grano de polen)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** *Phaseolus coccineus* Linneo

Nombre (s) Común (s): Fríjol cache, fríjol añero

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimétrica; **Tamaño promedio:** mediano con 35.8694 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** prolato esferoidal (P/E= 1.06). **Ámbito:** triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** microreticulada, análisis LO; exina 3.6101 µm; {nexina 0.6911 µm; [sexina 3.082 µm; (tectum completo 0.5933 µm)]}; **Índice de Área Polar (IAP):** *tipo de área polar:* muy grande, *abertura:* muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalínológicos*.

**Material estudiado:** COLOMBIA. **Cauca.** Municipio de Silvia, vereda Ambachico. Cauca N 02° 36' 11.4'' W 76° 22' 53.5''. Altura 2.524 m.s.n.m. Julio 22 de 2003. PSCV 007 ., Molano, N. A., Sanabria, O. L. Navia, C. H. y Muñoz, E.

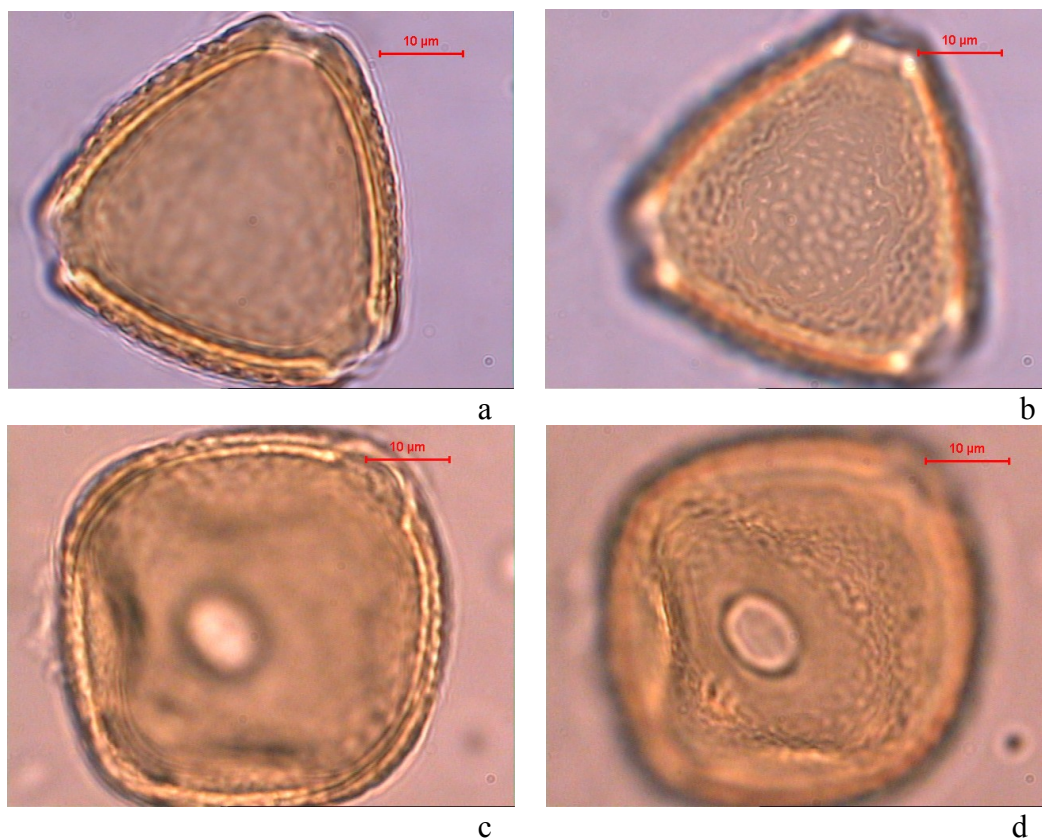


Figura 25. **Palinograma PSCV 008.** Granos de polen observados en aumento de 100X en Vista polar (a. observación de las capas de la exina y el número de poros, b. tipo de ornamentación) y Vista Ecuatorial (c. observación de las capas de la exina y el número de poros, d tipo de ornamentación.)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** “Posible híbrido” entre las especies *Phaseolus dumosus*-*Phaseolus vulgaris* o *Phaseolus dumosus* - *Phaseolus coccineus*, según los especialistas del CIAT-Palmira: Dr. Daniel Debouck y Orlando Toro

Nombre (s) Común (s): Fríjol cachea y fríjol añero

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimétrica; **Tamaño promedio:** mediano con 32.5855 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal (P/E= 0.90). **Ámbito** triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** reticulada, análisis LO; exina total ca. 4.1465 µm; {nexina 0.8895 µm; [sexina 3.2511 µm; (tectum completo 0.9031 µm)]}; **Índice de Área Polar (IAP):** tipo de área polar: muy grande, abertura: muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalínológicos*.

**Material estudiado:** COLOMBIA. **Cauca.** Municipio de Silvia, vereda el Manzanal. N 02° 35' 15.5'' W 76° 22' 52.6''. Altura 2.507 m.s.n.m. Julio 22 de 2003. PSCV 008 Molano, N. A. Sanabria, O. L. Navia, C. H. y Muñoz, E.

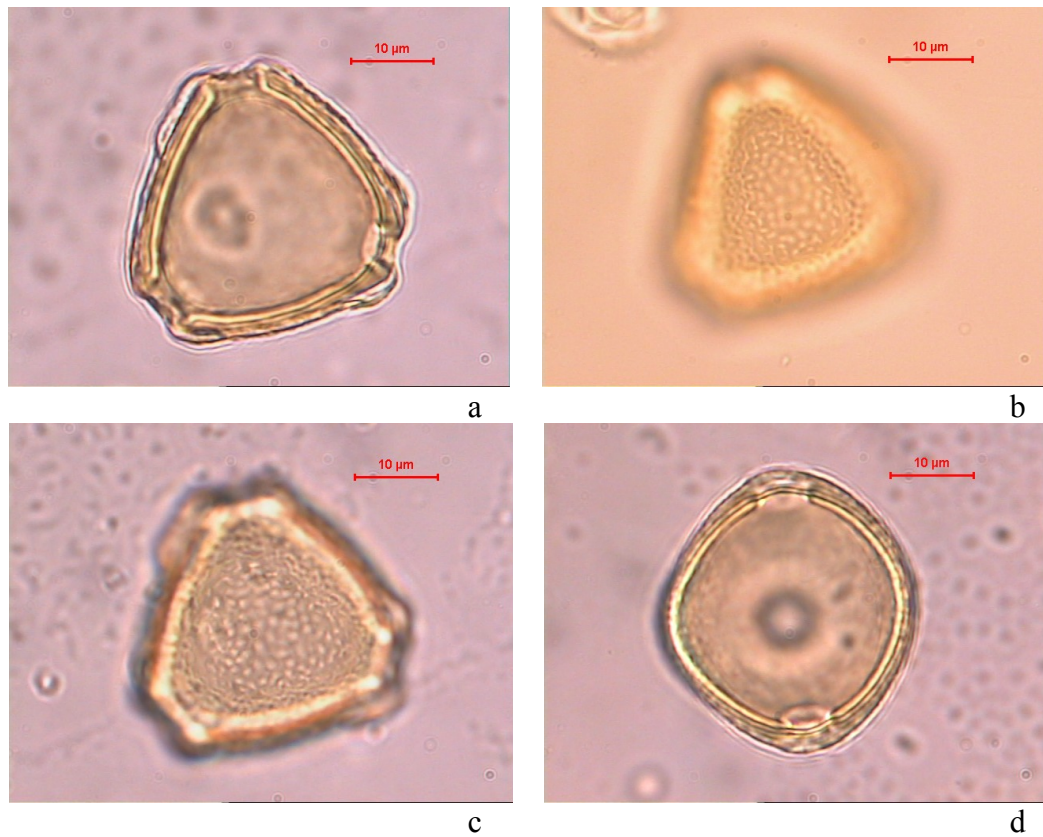


Figura 26. **Palinograma PSCV 016.** Granos de polen observados en aumento de 100X en Vista polar (a. observación de las capas de la exina y el número de poros, b. tipo de ornamentación, c. tipo de ornamentación) y Vista Ecuatorial (d. observación de las capas de la exina y el número de poros)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** “Posible híbrido” entre las especies *Phaseolus dumosus* – *Phaseolus coccineus*, según los especialistas del CIAT-Palmira: Dr. Daniel Debouck y Orlando Toro

Nombre (s) Común (s): Fríjol cache, fríjol añero, fríjol de Popayán.

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimétrica; **Tamaño promedio:** mediano con 25.2938 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal (P/E=0.90). Ámbito triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** reticulada, análisis LO; exina total ca. 2.9305 µm; {nexina 0.7295 µm; [sexina 2.1815 µm; (tectum completo 0.8857 µm)]}; **Índice de Área Polar (IAP):** tipo de área polar: muy grande, abertura: muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalínológicos*.

**Material estudiado:** COLOMBIA. **Nariño.** Municipio de la florida, vereda el Barranco. N 01° 17' 20.9'' W 77° 22' 30.5''. Altura 2.297 m.s.n.m. 22 de Marzo de 2004. PSCV 016 Molano, N. A. Sanabria, O. L. Navia, C. H. y Muñoz, E.



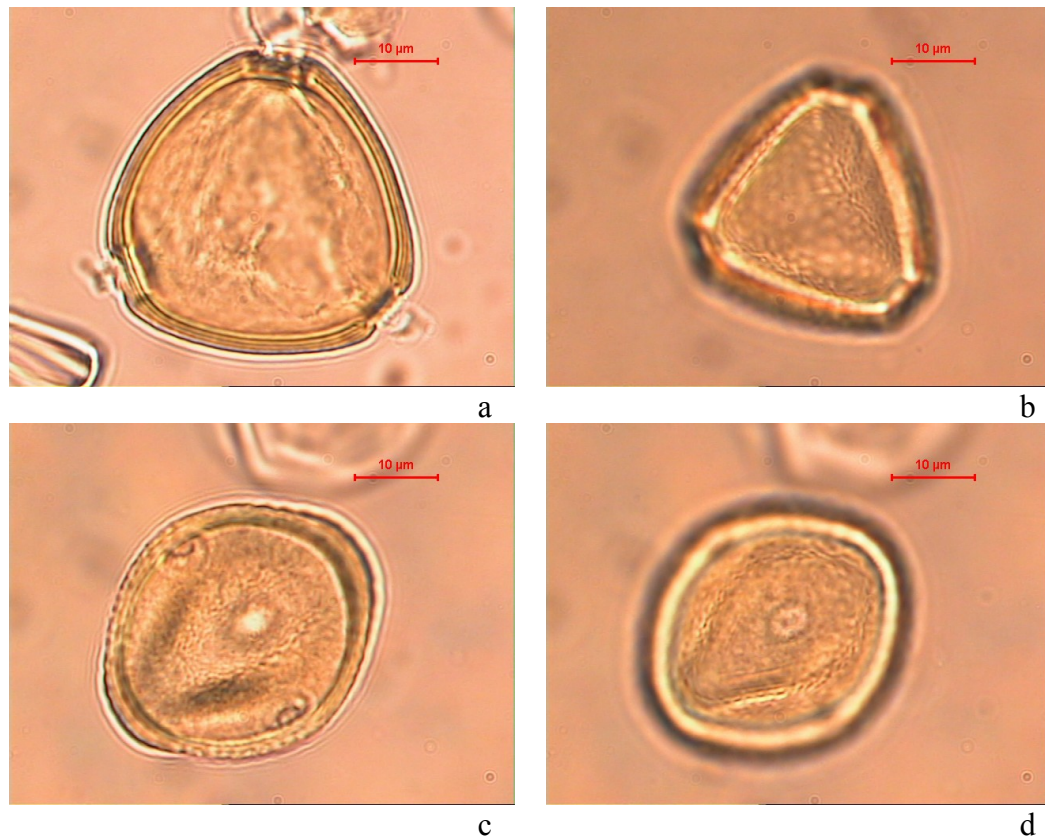


Figura 27. **Palinograma PSCV 020.** Granos de polen observados en aumento de 100X en Vista polar (a. observación de las capas de la exina y el número de poros, b. tipo de ornamentación) y Vista Ecuatorial (c. observación de las capas de la exina y el número de poros, d. tipo de ornamentación)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** *Phaseolus coccineus* Linneo

Nombre (s) Común (s): Fríjol cache, fríjol añero, fríjol tranca, fríjol de popayán, fríjol de la vida, fríjol sano.

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimétrica; **Tamaño promedio:** mediano con 29.4232  $\mu\text{m}$  según Erdtman, 1952. **Forma:** Esferoidal ( $P/E = 1.00$ ). Ámbito triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** reticulada, análisis LO; exina total ca. 2.3184  $\mu\text{m}$ ; {nexina 0.5542  $\mu\text{m}$ ; [sexina 1.7689  $\mu\text{m}$ ; (tectum completo 0.6584  $\mu\text{m}$ )]}; **Índice de Área Polar (IAP):** tipo de área polar: muy grande, abertura: muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalínológicos*.

**Material estudiado:** COLOMBIA. **Putumayo.** Municipio de Santiago, vereda el San Andrés. N 01° 07' 40.9'' W 76° 59' 25.9''. Altura 2.121 m.s.n.m. Julio 22 de 2003. PSCV 020 Molano, N. A. Sanabria, O. L. Navia, C. H. y Muñoz, E.

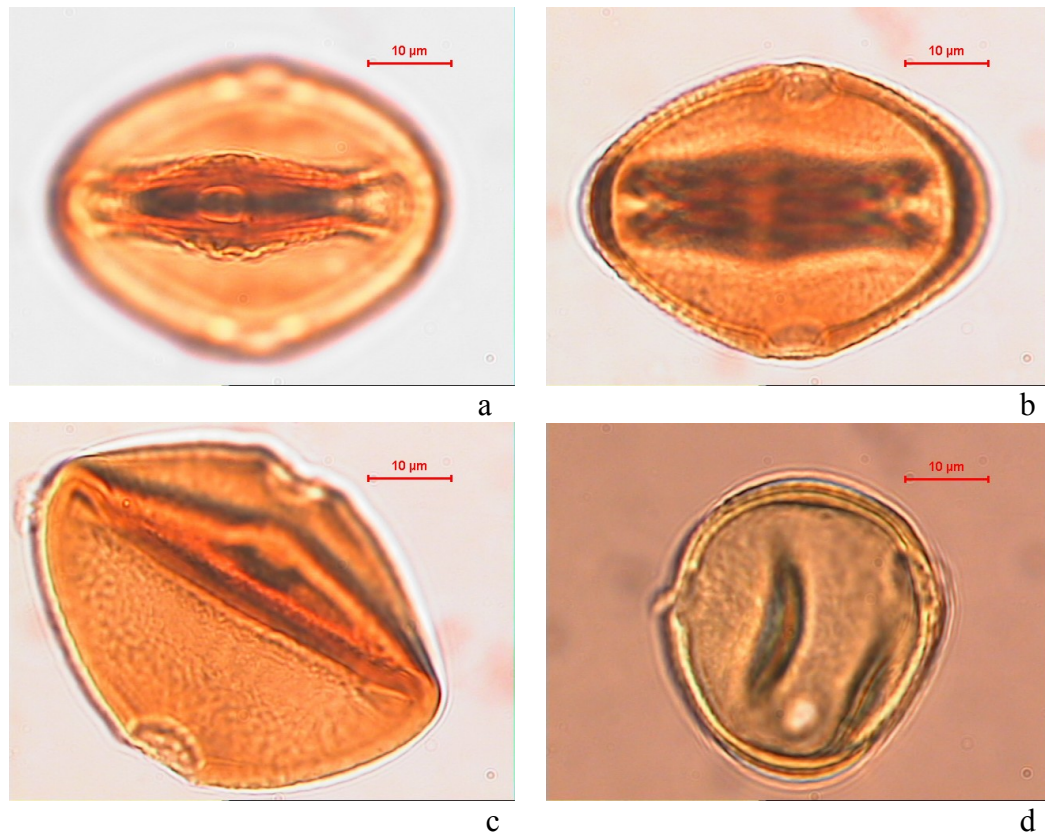


Figura 28. **Palinograma PSCV 028.** Granos de polen observados en aumento de 100X en Vista Ecuatorial (a. tipo de ornamentación y el colpo, b. observación de las capas de la exina y el número de poros) y Vista polar (c. ubicación y número de poros, d. Observación del colpo)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** “Posible híbrido” con características fenotípicas a *Phaseolus dumosus* Macfady, según los especialistas del CIAT-Palmira: Dr. Daniel Debouck y Orlando Toro

Nombre (s) Común (s): Fríjol cache, fríjol añero, fríjol de Popayán

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimétrica; **Tamaño promedio:** mediano con 30.4598 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal (P/E= 0.96). Ámbito triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** reticulada, análisis LO; exina total ca. 2.5691 µm; {nexina 0.5536 µm; [sexina 2.1895 µm; (tectum completo 0.5727 µm)]}; **Índice de Área Polar (IAP):** tipo de área polar: muy grande, abertura: muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalínológicos*.

**Material estudiado:** COLOMBIA. **Nariño.** Municipio de Yacuanquer, vereda el Chapacual. N 01° 07' 49.1'' W 77° 24' 39.1''. Altura 2.676 m.s.n.m. 22 de Marzo de 2004. PSCV 028 Molano, N. A. Sanabria, O. L. Navia, C. H. y Muñoz, E.

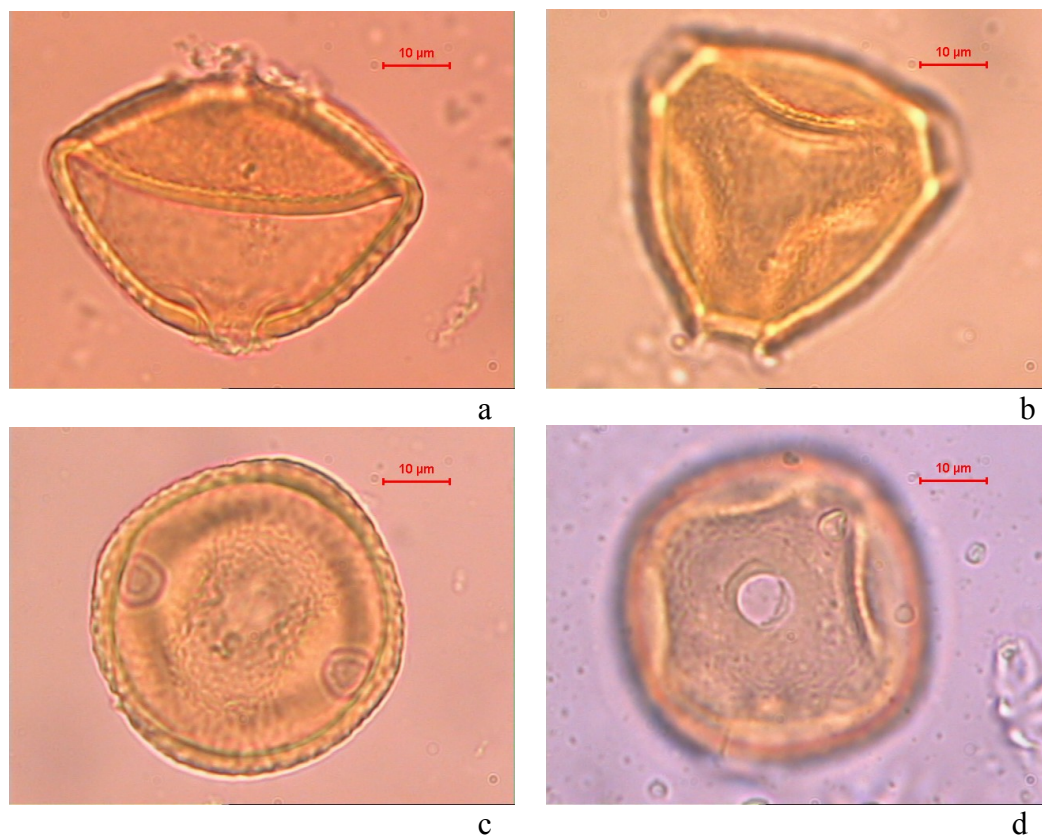


Figura 29. **Palinograma PSCV 030.** Granos de polen observados en aumento de 100X en Vista polar (a. observación de las capas de la exina y el número de poros, b. tipo de ornamentación) y Vista Ecuatorial (c, d. tipo de ornamentación)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** *Phaseolus dumosus* Macfady

Nombre (s) Común (s): Fríjol cache, fríjol añero.

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimétrica; **Tamaño promedio:** mediano con 37.124 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal (P/E= 0.95). **Ámbito:** triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** microreticulada, análisis LO; exina 3.58 µm; {nexina 0.7041 µm; [sexina 3.087 µm; (tectum completo 0.7163 µm)]}; **Índice de Área Polar (IAP):** *tipo de área polar:* muy grande, *abertura:* muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalínológicos*.

**Material estudiado:** COLOMBIA. **Nariño.** Municipio de Yacuanquer, vereda Muechiza. N 01° 06 ' 43.7'' W 77° 24' 10.8''. Altura 2.672 m.s.n.m. 22 de Marzo de 2004. PSCV 030 Molano, N. A. Sanabria, O. L. Navia, C. H. y Muñoz, E.

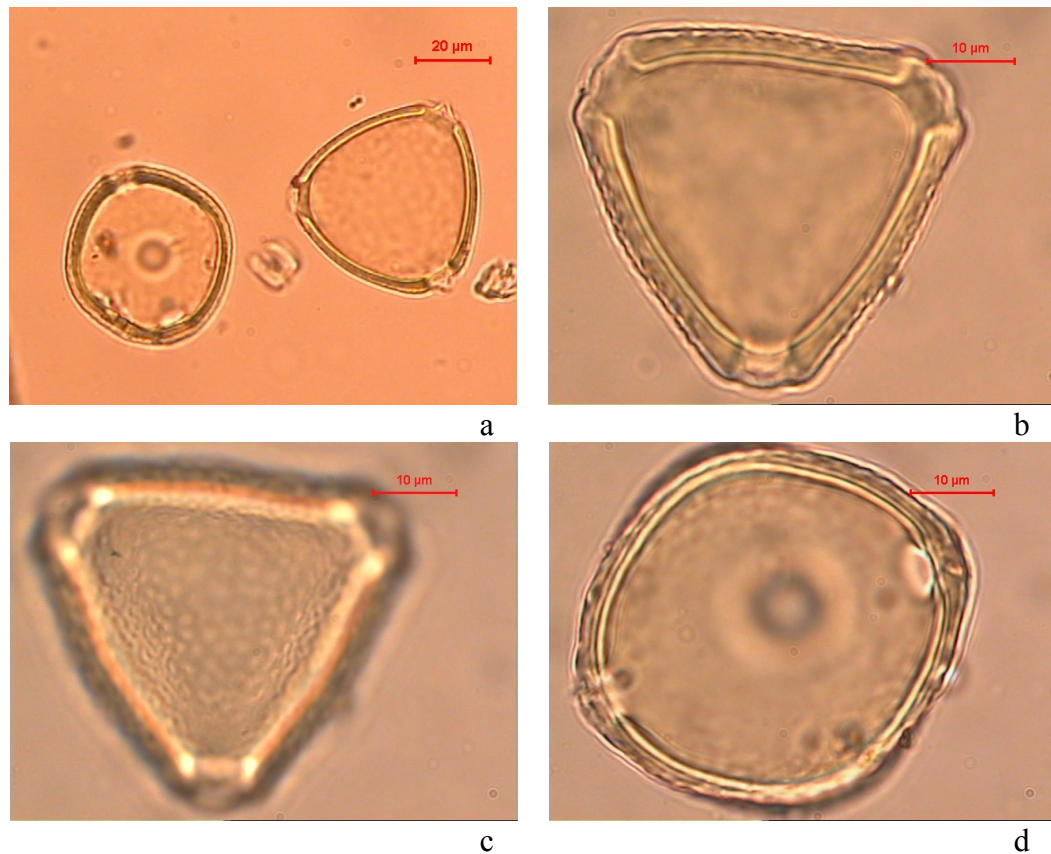


Figura 30. **Palinograma PSCV 042.** Granos de polen observados en aumento de 40X en (a. polen vista polar y ecuatorial) y de 100X en Vista polar (b. observación de las capas de la exina y el número de poros, c. tipo de ornamentación) y Vista Ecuatorial (d. observación de las capas de la exina y el número de poros)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** “Posible híbrido” de *Phaseolus coccineus* Linneo, según los especialistas del CIAT-Palmira: Dr. Daniel Debouck y Orlando Toro

Nombre (s) Común (s): Fríjol cache, fríjol añero.

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimétrica; **Tamaño promedio:** mediano con 45.5916  $\mu\text{m}$  según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal ( $P/E= 0.93$ ). Ámbito triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** reticulada, análisis LO; exina total ca. 4.5009  $\mu\text{m}$ ; {nexina 1.6798  $\mu\text{m}$ ; [sexina 3.5356  $\mu\text{m}$ ; (tectum completo 1.1205  $\mu\text{m}$ )]}; **Índice de Área Polar (IAP):** tipo de área polar: muy grande, abertura: muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalínológicos*.

**Material estudiado:** COLOMBIA. **Cauca.** Municipio de Piendamó, vereda vía al municipio de Silvia. N 02° 37' 19.4'' W 76° 28' 47.4''. Altura 2.395 m.s.n.m. 22 de Marzo de 2004. PSCV 042. Molano, N. A. Sanabria, O. L. Navia, C. H. y Muñoz, E.

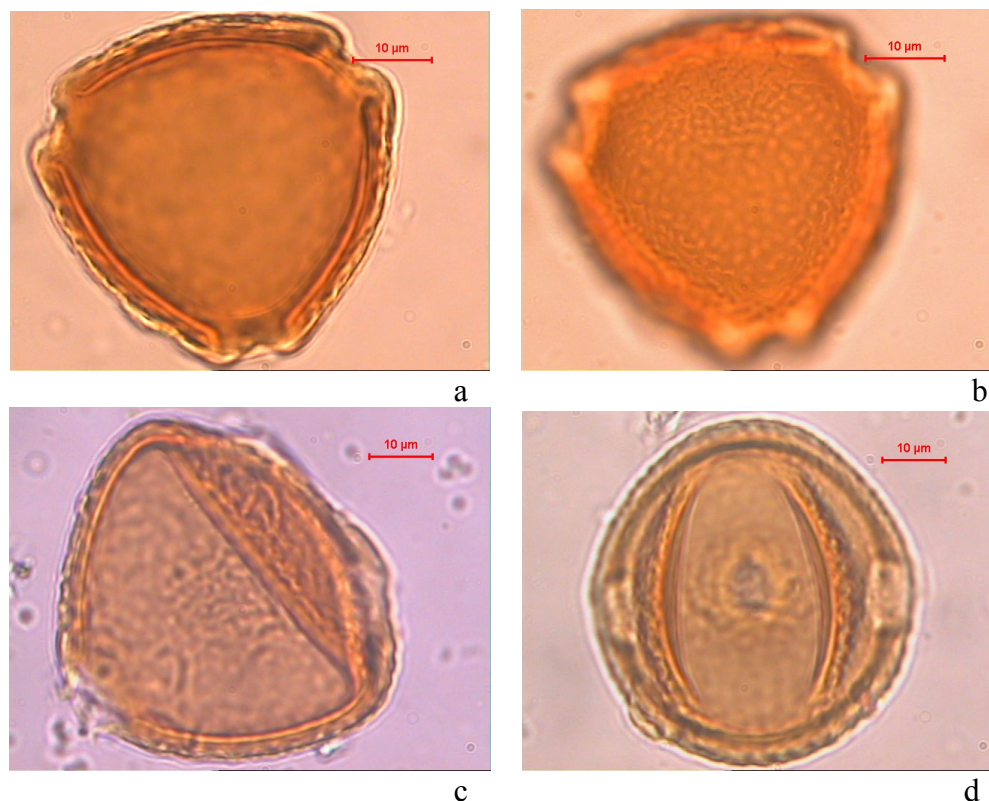


Figura 31. **Palinograma PSCV 043.** Granos de polen observados en aumento de 100X en Vista polar (a. observación de las capas de la exina y el número de poros, b. tipo de ornamentación, c. ubicación de los poros germinales) y Vista Ecuatorial (d. observación de las capas de la exina y el número de poros)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** “Posible híbrido” con características fenotípicas a *Phaseolus coccineus* Linneo, según los especialistas del CIAT-Palmira: Dr. Daniel Debouck y Orlando Toro

Nombre (s) Común (s): Fríjol cachea, fríjol añoero.

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimétrica; **Tamaño promedio:** mediano con 38.5776 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal (P/E= 0.89). Ámbito triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** reticulada, análisis LO; exina total ca. 4.0077 µm; {nexina 0.7244 µm; [sexina 3.1983 µm; (tectum completo 0.6735 µm)]}; **Índice de Área Polar (IAP):** tipo de área polar: muy grande, abertura: muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalínológicos*.

**Material estudiado:** COLOMBIA. **Cauca.** Municipio de Silvia, vereda el Miraflores. N 02° 35' 15.9'' W 76° 22' 52.6''. Altura 2.507 m.s.n.m. 12 de Febrero de 2005. PSCV 043 Molano, N. A. Sanabria, O. L. Navia, C. H. y Muñoz, E.

**6.3.2 Palinograma de las accesiones de *Phaseolus polyanthus*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus vulgaris* y *Phaseolus lunatus* suministradas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en la Estación Experimental de Santa Rosa, Popayán**

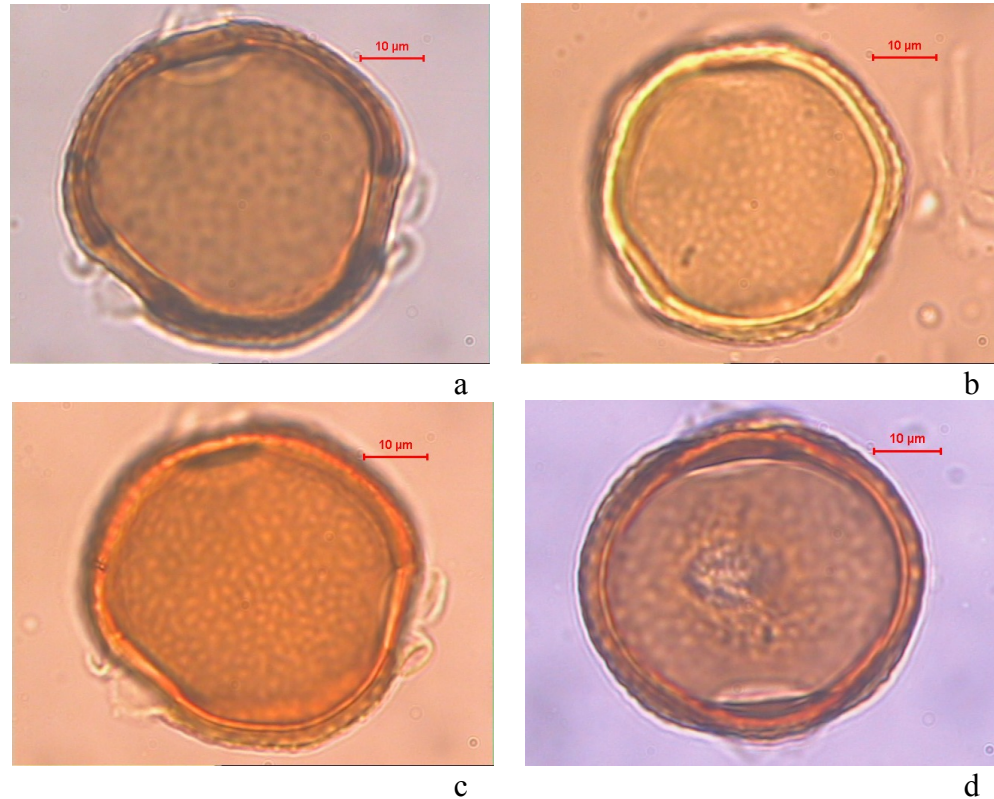


Figura 32. **Palinograma CIAT-C9 1242.** . Granos de polen observados en aumento de 80X en Vista polar (a. tipo de ornamentación, b. observación de las capas de la exina y el número de poros, y c. tipo de ornamentación) y Vista Ecuatorial (d. observación de las capas de la exina y el número de poros)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** *Phaseolus coccineus* Linneo

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimétrica; **Tamaño promedio:** mediano con 44.264 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal (P/E= 0.99). **Ámbito:** triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** microreticulada, análisis LO; exina total ca. 3.3714 µm; {nexina 0.7276 µm; [sexina 2.7681 µm; (tectum completo 0.6845 µm)]}; **Índice de Área Polar (IAP):** tipo de área polar: muy grande, abertura: muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalinológicos*.

**Material estudiado:** Código 1242 – G 35248 Estación Experimental del CIAT-Santa Rosas, Popayán, Cauca.

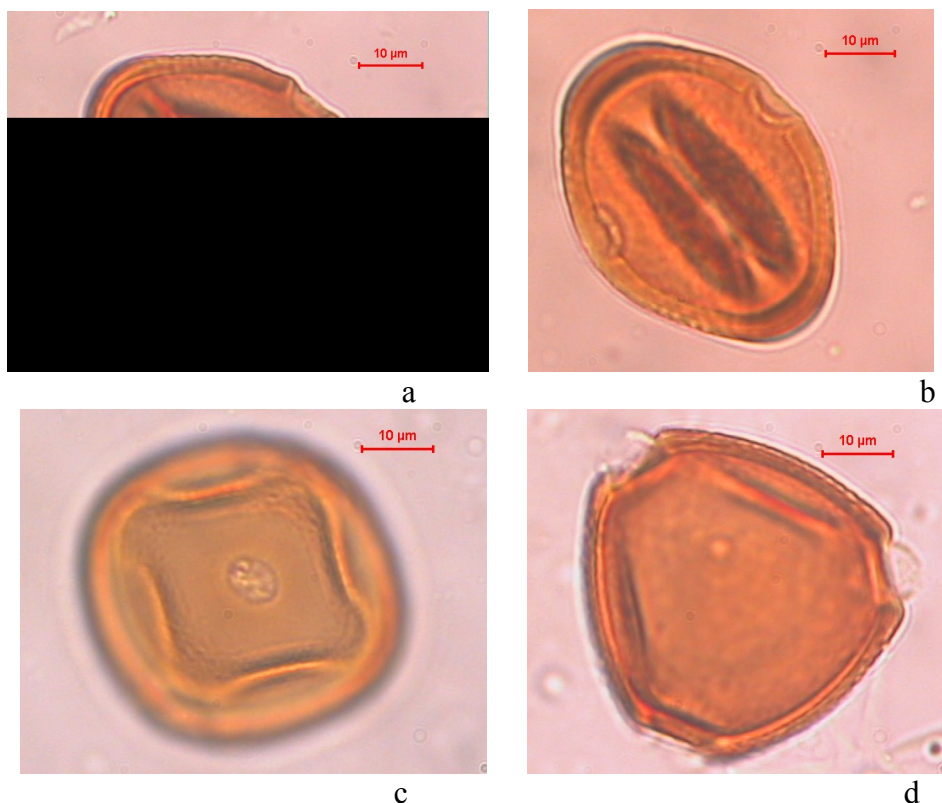


Figura 33. **Palinograma CIAT-C9 1296.** Granos de polen observados en aumento de 80X en Vista polar (a y b. observación de las capas de la exina y el número de poros) y Vista Ecuatorial (c. observación de las capas de la exina y el número de poros, d. tipo de ornamentación)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** *Phaseolus coccineus* Linneo

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimetrica; **Tamaño promedio:** mediano con 46.2874 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** Oblato-Esférico y Esférico (P/E). Ámbito triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** microreticulada, análisis LO; exina total ca. 3.4825 µm; {nexina 0.6402 µm; [sexina 2.8806 µm; (tectum completo 0.6344 µm)]}; **Índice de Área Polar (IAP):** *tipo de área polar:* muy grande, *abertura:* muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalinológicos*.

**Material estudiado:** Código 1296 – G 35778 Estación Experimental del CIAT-Santa Rosas, Popayán, Cauca.

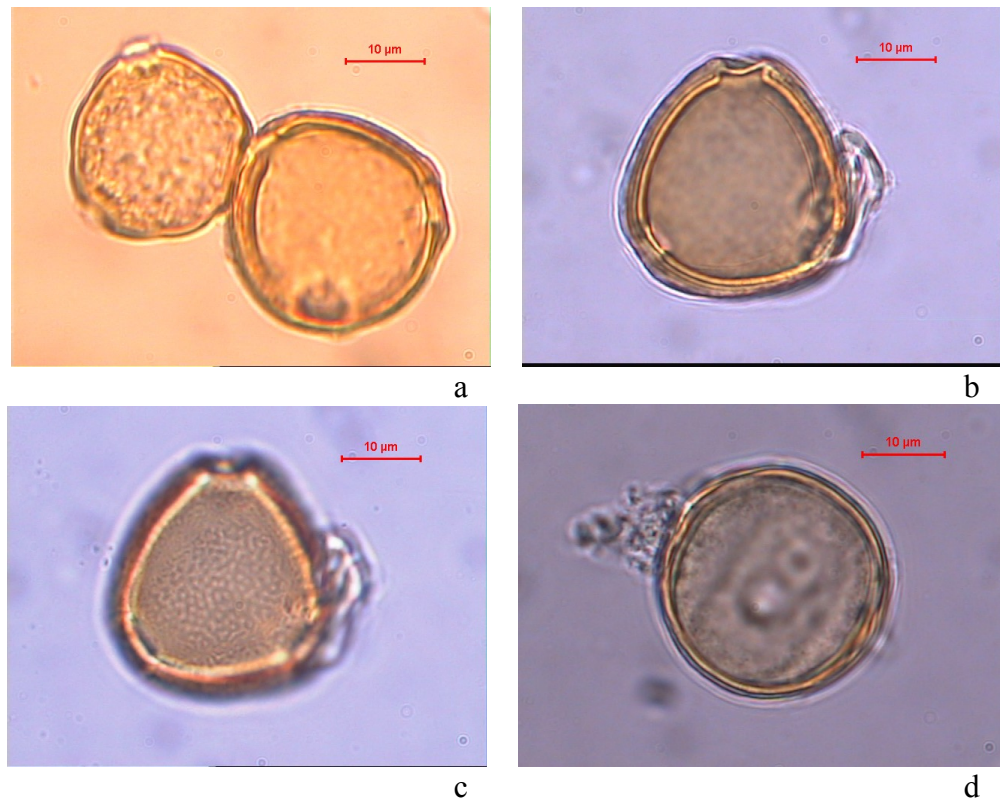


Figura 34. **Palinograma CIAT-C3 2687.** Granos de polen observados en aumento de 100X en Vista polar (a. observación de las capas de la exina y ornamentación, b. tipo de ornamentación, c. tipo de ornamentación) y Vista Ecuatorial (d. observación de las capas de la exina y el número de poros)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** *Phaseolus lunatus*

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimetrica; **Tamaño promedio:** mediano con 24.071 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal (P/E = 0.95). **Ámbito** triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** microreticulada, análisis LO; exina 1.6437 µm; {nexina 0.3962 µm; [sexina 1.5192 µm; (tectum completo 0.3083 µm)]}; **Índice de Área Polar (IAP):** *tipo de área polar:* muy grande, *abertura:* muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalinológicos*.

**Material estudiado:** Código 2687 Estación Experimental del CIAT-Santa Rosas, Popayán, Cauca.



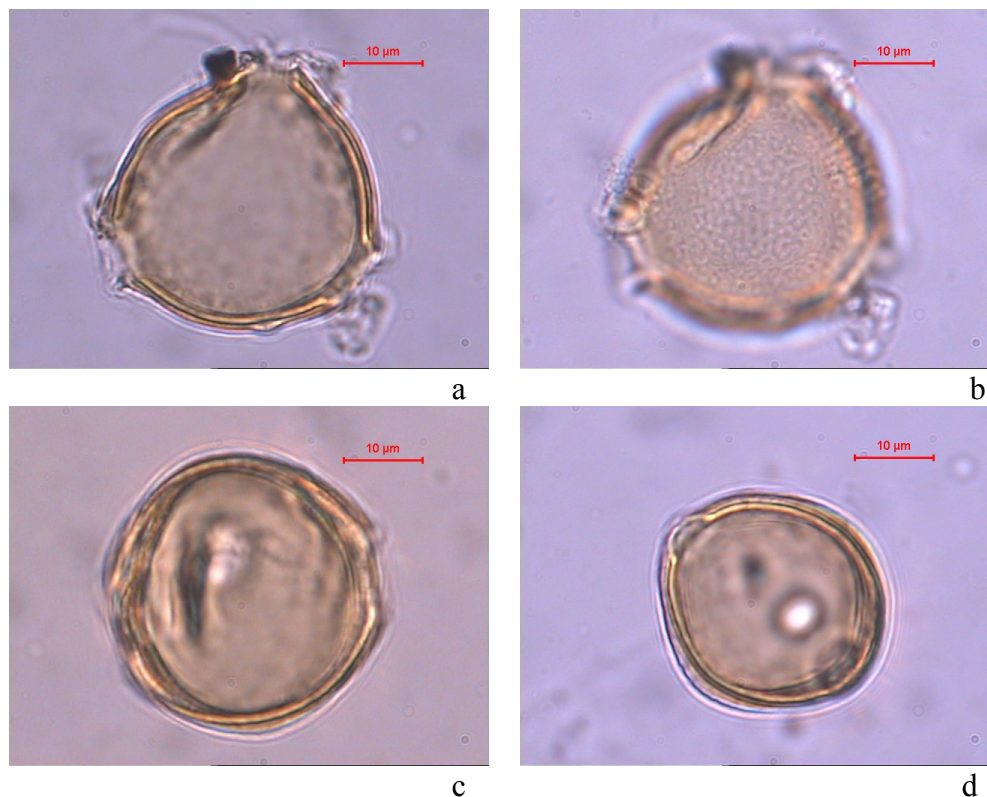


Figura 35. **Palinograma CIAT-C3 9333**. Granos de polen observados en aumento de 100X en Vista polar (a. observación de las capas de la exina y el número de poros, b. tipo de ornamentación) y Vista Ecuatorial (c y d. observación de las capas de la exina y el número de poros)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** *Phaseolus polyanthus* Greenman = *Phaseolus dumosus* Macfady, nombre científico asignado por el Dr. Danil Debouck, CAIT, Palmira

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimetrica; **Tamaño promedio:** mediano con 24.5944 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal (P/E= 0.91). **Ámbito** triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** microreticulada, análisis LO; exina 1.6585 µm; {nexina 0.4064 µm; [sexina 1.5248 µm; (tectum completo 0.4363 µm)]}; **Indice de Area Polar (IAP):** *tipo de área polar:* muy grande, *abertura:* muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalinológicos*.

**Material estudiado:** Código 9333 - G 22475 Estación Experimental del CIAT-Santa Rosas, Popayán, Cauca.

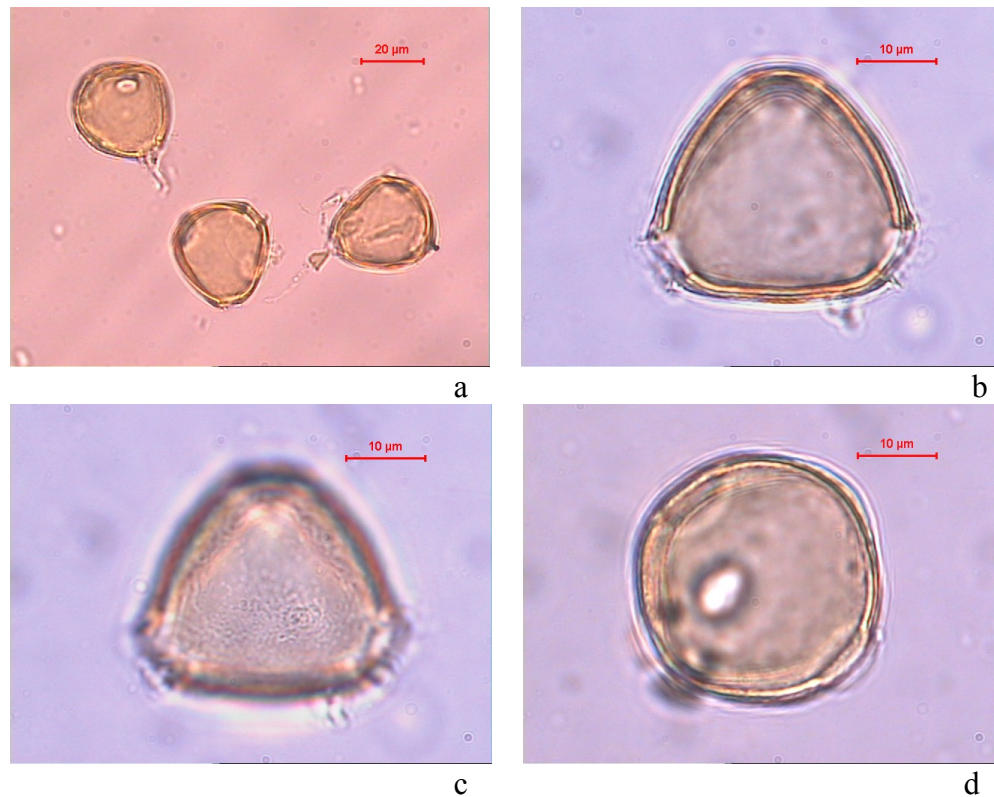


Figura 36. **Palinograma CIAT-C3 9353.** Granos de polen observados en aumento de 40X (a. vista polar y ecuatorial) y 100X en Vista polar (b. observación de las capas de la exina y el número de poros, c. tipo de ornamentación) y Vista Ecuatorial (d. observación de las capas de la exina y el número de poros)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** *Phaseolus vulgaris* Linneo

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimetrica; **Tamaño promedio:** mediano con 23.34 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal (P/E= 0.97). **Ámbito** triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** microreticulada, análisis LO; exina 2.1895 µm; {nexina 0.4186 µm; [sexina 1.5148 µm; (tectum completo 0.6284 µm)]}; **Índice de Área Polar (IAP):** *tipo de área polar:* muy grande, *abertura:* muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalínológicos*.

**Material estudiado:** Código 9353 - G 24542 Estación Experimental del CIAT-Santa Rosas, Popayán.

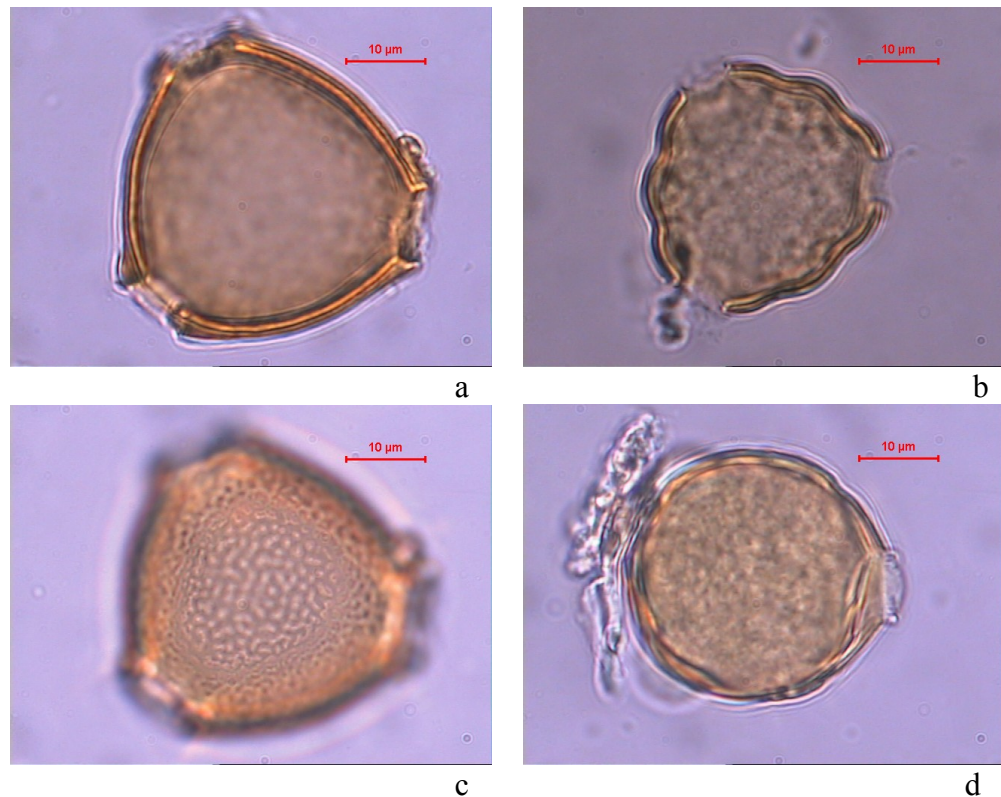


Figura 37. **Palinograma CIAT-C3 2672.** Granos de polen observados en aumento de 100X en Vista polar (a. observación de las capas de la exina y el número de poros, b. polen con tres salientes y dos entrante entre poro y poro, c. tipo de ornamentación) y Vista Ecuatorial (d. observación de las capas de la exina y el número de poros)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** *Phaseolus lunatus* Linneo

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimetrica; **Tamaño promedio:** mediano con 44.264 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal (P/E= 0.99). **Ámbito** triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** microreticulada, análisis LO; exina total ca. 3.3714 µm; {nexina 0.7276 µm; [sexina 2.7681 µm; (tectum completo 0.6845 µm)]}; **Índice de Area Polar (IAP):** *tipo de área polar:* muy grande, *abertura:* muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalinológicos*.

**Material estudiado:** Código 2672 Estación Experimental del CIAT-Santa Rosas, Popayán, Cauca.

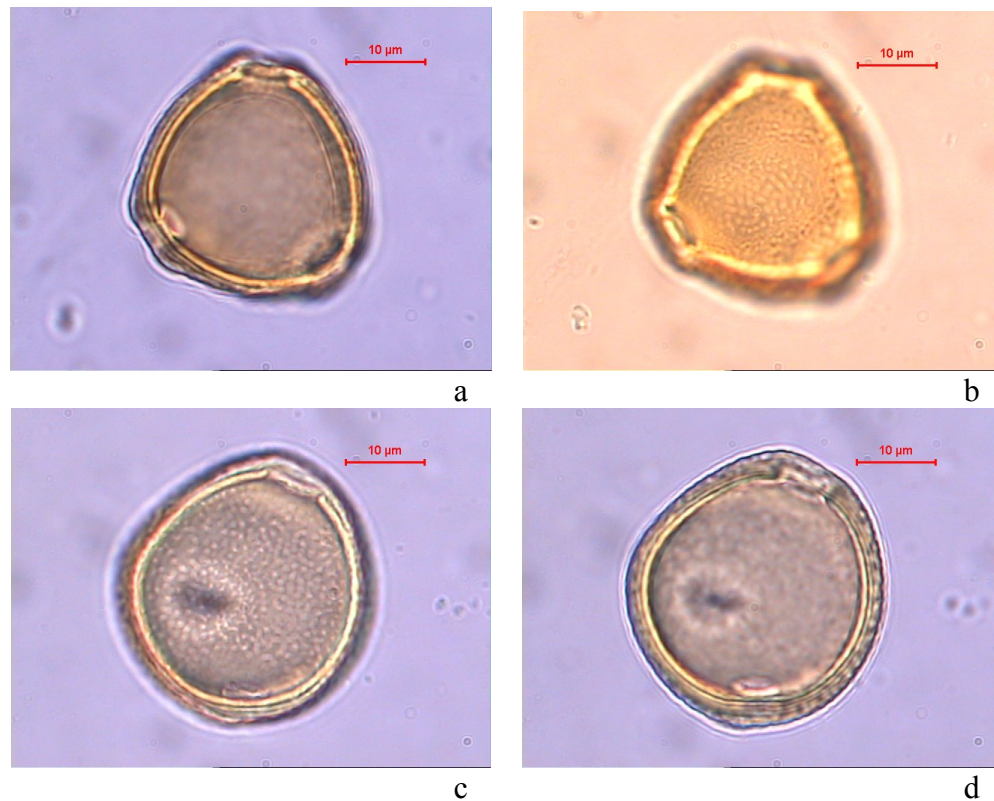


Figura 38. **Palinograma CIAT-C9 1239.** Granos de polen observados en aumento de 100X en Vista polar (a. observación de las capas de la exina y el número de poros, b. tipo de ornamentación) y Vista Ecuatorial (c. tipo de ornamentación, d. observación de las capas de la exina y el número de poros)

**Familia:** LEGUMINOSAE

**Especie:** *Phaseolus polyanthus* Greenman

Grano de polen **Unidad polínica:** Monade; **Simetría:** Radiosimetrica; **Tamaño promedio:** mediano con 44.264 µm según Erdtman, 1952. **Forma:** oblato esferoidal (P/E= 0.99). **Ámbito** triangular convexo. **Aberturas:** triporado con espacios similares entre poro y poro. **Exina:** microreticulada, análisis LO; exina total ca. 3.3714 µm; {nexina 0.7276 µm; [sexina 2.7681 µm; (tectum completo 0.6845 µm)]}; **Indice de Area Polar (IAP):** *tipo de área polar:* muy grande, *abertura:* muy corta. Las características de los granos de polen de este taxón son similares y constantes lo cual indican que son *estenopalínológicos*.

**Material estudiado:** Código 1239 – G 35154 Estación Experimental del CIAT-Santa Rosas, Popayán, Cauca.

<b>Nombre Específico</b>	<b>Unidad Polínica</b>	<b>Abertura</b>	<b>Estructura (Exina)</b>	<b>Ornamentación</b>	<b>Forma</b>	<b>Tamaño Promedio</b>	<b>Agrohábitat</b>	<b>Forma de Manejo</b>	<b>Código de Colecta</b>
Posible híbrido	Monade	Triporado	Tectado	Microreticulada	Oblato esferoidal	Mediano 36.5901 $\mu\text{m}$	Cerca viva en huerta casera	Fomentada	PSCV 001
<i>Phaseolus coccineus</i>	Monade	Triporado	Tectado	Microreticulada	Prolato esferoidal	Mediano 35.8694 $\mu\text{m}$	Cerca de alambre en huerta casera	Fomentada	PSCV 007
Posible híbrido	Monade	Triporado	Tectado	Reticulada	Oblato esferoidal	Mediano 32.5855 $\mu\text{m}$	Parcela de Maíz	Cultivada	PSCV 008
Posible híbrido	Monade	Triporado	Tectado	Reticulada	Oblato esferoidal	Mediano 25.2938 $\mu\text{m}$	Cerca viva en huerta casera	Cultivada	PSCV 016
<i>Phaseolus coccineus</i>	Monade	Triporado	Tectado	Reticulada	Esferoidal	Mediano 29.4232 $\mu\text{m}$	Cerca viva en Chagra	Fomentada	PSCV 020
Posible híbrido	Monade	Triporado	Tectado	Reticulada	Oblato esferoidal	Mediano 30.4598 $\mu\text{m}$	Vegetación secundaria	Silvestre	PSCV 028
<i>Phaseolus dumosus</i>	Monade	Triporado	Tectado	Microreticulada	Oblato esferoidal	Mediano 37.1240 $\mu\text{m}$	Cerca de alambre	Fomentada	PSCV 030
Posible híbrido	Monade	Triporado	Tectado	Reticulada	Oblato esferoidal	Mediano 45.5916 $\mu\text{m}$	Parcela	Fomentada	PSCV 042
Posible híbrido	Monade	Triporado	Tectado	Reticulada	Oblato esferoidal	Mediano 38.5776 $\mu\text{m}$	Huerta casera	Cultivada	PSCV 043

Cuadro 6. Características morfológicas de los granos de polen del género *Phaseolus* colectados en el suroccidente colombiano.

<b>Nombre Específico</b>	<b>Unidad Polínica</b>	<b>Abertura</b>	<b>Estructura (Exina)</b>	<b>Ornamentación</b>	<b>Forma</b>	<b>Tamaño Promedio</b>	<b>Agrohábitat</b>	<b>Origen</b>	<b>Código de Colecta</b>
<i>Phaseolus coccineus</i>	Monade	Triporado	Tectado	Microreticulada	Oblato esferoidal	Mediano con 44.264 $\mu\text{m}$	Cultivado	Puerto Rico	CIAT C9 1242
<i>Phaseolus polyanthus</i>	Monade	Triporado	Tectado	Microreticulada	Oblato esferoidal	Mediano con 44.314 $\mu\text{m}$	Cultivado	México	CIAT C9 1239
<i>Phaseolus coccineus</i>	Monade	Triporado	Tectado	Microreticulada	Esferoidal	Mediano con 46.2874 $\mu\text{m}$	Silvestre	Guatemala	CIAT C9 1296
<i>Phaseolus lunatus</i>	Monade	Triporado	Tectado	Microreticulada	Oblato esferoidal	Mediano con 24.071 $\mu\text{m}$	Cultivado	Mesoamericano	CIAT C3 2687
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Monade	Triporado	Tectado	Microreticulada	Oblato esferoidal	Mediano con 23.3401 $\mu\text{m}$	Cultivado	Mesoamericano	CIAT C3 9353
<i>Phaseolus polyanthus</i>	Monade	Triporado	Tectado	Microreticulada	Oblato esferoidal	Mediano con 24.5944 $\mu\text{m}$	Silvestre	Mesoamericano	CIAT C3 9333
<i>Phaseolus lunatus</i>	Monade	Triporado	Tectado	Microreticulada	Oblato esferoidal	Mediano 44.264 $\mu\text{m}$			CIAT C3 2672**

Cuadro 7. Características morfológicas de los granos de polen del género *Phaseolus* obtenidos en la Estación Experimental de Santa Rosa, Popayán, Colombia.

NOTA: Los nombres específicos de *Phaseolus dumosus* Macfady y *Phaseolus polyanthus* Greenman son equivalentes para el frijol cache; estos nombres científicos se encuentran en una discusión taxonómica por los especialistas del género *Phaseolus*.

Las mediciones realizadas en vistas polares y ecuatoriales de los granos de polen de las accesiones obtenidas en la Estación Experimental del CIAT-Santa Rosa, Popayán, se caracterizaron por tener un tamaño polínico mediano con un promedio de 23.34 micrómetros ((m) según Erdtman (1960). Los tamaños pequeños de los granos de polen (Erdtman, 1960) se deben probablemente a las características silvestres de la planta de frijoles Mesoamericanos (México, Costa Rica y Guatemala) según Freytag y Debouck (2002); entretanto las muestras colectados en agroecosistemas tradicionales del suroccidente colombiano poseen un tamaño polínico mediano con un promedio de 45.5916 micrómetros ((m) según Erdtman (1960).

En el cuadro 6 se compendia la información del estudio palinotaxonómico realizado de las dieciséis muestras, repartidas de la siguiente manera: nueve (9) muestras colectadas en el suroccidente colombiano y clasificadas así: dos *P. coccineus*, PSCV 007 y PSCV 020, un *P. polyanthus* o *P. dumosus* PSCV 030 y seis posibles híbridos PSCV 001, PSCV 008, PSCV 016, PSCV 028, PSCV 042 y PSCV 043; se describieron de acuerdo a los caracteres morfológicos como: unidad polínica, tamaño promedio, forma, número de aberturas, ornamentación, estructura de la exina; la unidad polínica presente en los granos de polen de fríjol cache es monade. El tamaño promedio se clasifica como mediano según Erdtman (1960) por ubicarse dentro del rango de los 25 a 50 micrómetros. La forma en vista polar es triangular convexo y en vista ecuatorial se observaron tres formas diferentes como: oblato esferoidal está presente en las muestras PSCV 001, PSCV 008, PSCV 016, PSCV 028, PSCV 030, PSCV 042 y PSCV 043; prolato esferoidal se observa en la muestra PSCV 007 y esferoidal en la muestra PSCV 020. Los granos de polen se clasificaron como triporados. La ornamentación presente en los granos de polen se registra como microreticulada en las muestras PSCV 001, PSCV 007 y PSCV 030; y reticulada en las muestras PSCV 008, PSCV 016, PSCV 020, PSCV 028, PSCV 042 y PSCV 043. El polen del fríjol cache es tectado.

El estudio morfológico de los granos de polen de las especies *P. vulgaris*, *P. polyanthus*, *P. coccineus* y *P. lunatus* suministrados por la Estación Experimental del CIAT, Santa Rosa, Popayán se registra en el cuadro 7 como: monadas, triporados, tamaño promedio mediano, tectados, ornamentación microreticulada y una forma oblato esferoidal en vista ecuatorial de los ejemplares CIAT C9 1242, CIAT C9 1239, CIAT C9 1296, CIAT C3 2687, CIAT C3 9353, CIAT C3 9333 y CIAT C3 2672.

## 7. CONCLUSIONES

Según las descripciones morfológicas de los granos de polen para las especies *Phaseolus dumosus*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus vulgaris* y posibles híbridos, se concluye que existen dos tipos de ornamentación polínica donde se indica un cambio morfológico establecido así: la primera, una ornamentación reticulada y la segunda, una ornamentación microreticulada con entrantes y salientes muy pequeñas que no fueron medidas por su diminuto tamaño; el tamaño polínico promedio fue de cuarenta (40) micrómetros para las especies estudiadas y se clasifica en mediano según Erdtman (1960) para el género *Phaseolus*; los granos de polen se clasificaron como triporados por tener tres poros germinales en igual distancia entre cada poro germinal; y se determinaron las formas oblató esferoidal en vista ecuatorial y triangular en vista polar.

El análisis polínico efectuado mediante dendrogramas y palinogramas evidencia la uniformidad de los granos de polen de las muestras de frijol: *Phaseolus dumosus*, *Phaseolus coccineus*, *Phaseolus vulgaris*, *Phaseolus lunatus* y posibles híbridos colectados tanto en agroecosistemas como en la Estación Experimental del CIAT, Santa Rosa (Figuras 23 a 38); de acuerdo con la forma polínica, tamaño y número de aberturas se clasifican como estenopalínológico según Erdtman (1960).

Según Baudoin and Katanga (1977) *Phaseolus polyanthus* = *P. dumosus*, *P. coccineus* y *P. vulgaris* se desarrollan híbridos interespecíficos, el estudio polínico del frijol cache en los agrohábitats del suroccidente colombiano indica semejanzas morfológicas; de acuerdo a la información palinológica obtenida de las especies estudiadas y el estudio etnobotánico sobre el manejo del frijol cache, es fomentado el desarrollo de posibles híbridos mediante prácticas agrícolas tradicionales como: deshierbas, rotación de áreas de cultivo, podas, selección de semillas siembra de productos agrícolas teniendo en cuenta las fases de la luna, , tiempos de cosecha, épocas de lluvias y sequías; estas actividades agrícolas ejercidas por los campesinos e indígenas involucran un proceso de adaptación ecológico de lo silvestre a lo cultivado.

Los caracteres polínicos similares en el frijol cache podrían indicar un probable estado de contaminación genética en zonas con mayor variabilidad de frijoles según el color de las semillas y flores en los diferentes agrohábitats. La variabilidad genética del frijol cache puede estar presente en el campo de la conservación *In situ* por campesinos e indígenas del suroccidente colombiano.



El manejo del fríjol cache se encontró de forma tolerado, fomentado, cultivado y silvestre en los diferentes agrohábitats como: tul, chagra, cerca en huerta casera, parcela de maíz, parcela de mora, lulo y uchuva, cerca en alambre, huerta casera, cerca viva en chagra, cerca viva en huerta casera y vegetación secundaria. El origen del fríjol cache se establece como arvense de huerto en los agrohábitats, con excepción

## 8. RECOMENDACIONES

Se deben tener en cuenta los aspectos climatológicos como épocas de lluvias y sequías en las diferentes regiones para coincidir con la época de floración y reproducción del material; información importante para obtener suficiente material polínico para el trabajo en el laboratorio.

Los estudios polínicos en Microscopio óptica de alta resolución (MOAR) no permiten observar claramente la ornamentación de los granos de polen de posibles híbridos entre las especies *Phaseolus dumosus*, *Phaseolus coccineus* y *Phaseolus vulgaris* por la complejidad del tamaño de la escultura de la exina; se recomienda realizar estudios palinotaxonómicos con herramientas que diferencien caracteres morfológicos en aumentos de 2500 a 5000 X, desarrollado a través de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y Microscopía Electrónica de Transmisión (MET).

Realizar estudios polínicos para el género *Phaseolus*, por su importancia taxonómica y por los la poca bibliografía reportada en nuestro país. De igual forma realizar capacitaciones a estudiantes universitarios en el área de la palinología como parte importante en los estudios evolutivos de las especies vegetales.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALTIERI, Miguel y MERRICK, Laura. Conservación *In situ* de Recursos Fitogenéticos a través del Mantenimiento de Sistemas de Cultivos Tradicionales. En :publicaciones del Museo Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 1989.
- ANGULO, N. y ARCILA, B. Aspectos generales de las especies *Phaseolus polyanthus*, *Phaseolus coccineus* y *Phaseolus lunatus* cultivados en Nariño. In Resúmenes RELEZA V. Ibarra-Ecuador. Pág. 129-130. 1995.
- ASTUDILLO, Sandra. y SALAZAR, Roció Lorena. Uso y manejo de los recursos vegetales en agroecosistemas de la zona de amortiguamiento del páramo de Guanacas en los municipios de Totoró e Inza. Trabajo de Grado. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. 1998.
- BAENA, M., JARAMILLO, S. y MONTOYA, J. Conservación *In situ* de la diversidad vegetal en áreas protegidas y en fincas. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Roma, Italia. 2003.
- BARRERA, Alfredo. La etnobotánica: tres puntos de vista y una perspectiva. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, México. 1983.
- BASURTO, F., MORENO, D., ALFARO, M y VILLEGAS, A. Frijol gordo abreviador; una forma precoz de *Phaseolus coccineus* L. ssp. *Darwinianus* Hernández X. y Miranda C. Revista de Geografía Agrícola. Estudios de Agricultura Mexicana. Numero 22. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 1986.
- BASURTO, Francisco Alberto. Aspectos etnobotánicos de *Phaseolus coccineus* L. y *Phaseolus polyanthus* Greenman en la Sierra Norte de Puebla, México. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. División de Estudios de Posgrado. 2000.
- BAUDOIN, J. P. and KATANGA, K. Phyletic relationships within the genus *Phaseolus* on basis of pollen morphology and experimental hybridization. Bean Improvement Coop 33. Faculté des Sciences Agronomiques. Gembloux, Belgium. 1977.
- BELLO, J. El Valle de Sibundoy y su transformación agropecuaria. Bogotá. Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y adecuación de tierras HIMAT. Pág. 115. 1987.

BREWBAKER, J. L. The Distribution and Phylogenetic Significance of Binucleate and Trinucleate Pollen Grains in the Angiosperms. *Amer. J. Botanic*, 54 (9): 1967.

CLAUSEN, R. C. Base genética para la evolución de las plantas cultivadas. Notas de curso en etnobotánica. Compiladas por Hernández, X y Paczka, R. Compilación Universidad Autónoma de Chapingo . México. Pág. 107. 1989

COLUNGA GARCIA, Silva Patricia. Variación morfológica, manejo agrícola y grados de domesticación de *Opuntia* spp. En el Bajío Guanajuatense. Tesis de Maestría. Colegio de Posgrado. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Chapingo, México. 1984.

COLUNGA GARCIA, Silva Patricia y ZIZUMBO, Daniel. Manual para la colecta de datos. Banco de datos para la península de Yucatán (BADEPY). Documento sin publicar. 1984.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA. Plan de Ordenamiento Territorial. Cauca , Totoró. 1984.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA. Plan de Ordenamiento Territorial. Cauca. Agenda Ambiental del municipio de Silvia. 2003.

\_DARWIN, Ch. El origen de las especies, 8 edición, México. 1964.

DELGADO, O. y BETANCOURT, F. Caracterización Fenológica de 40 Accesiones de Frijol *Phaseolus coccineus* y 41 Accesiones de *Phaseolus polyanthus*, en el centro de Investigaciones Obonuco. San Juan de Pasto. Trabajo de grado (Técnicos Agrónomos). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. 1996.

DELGADO, A. Systematics of the genus *Phaseolus* (Leguminosae) in North and Central America. Ph.D. dissertation. University of Texas-Austin. Pág. 345. 1985.

\_\_\_\_\_. Variation, taxonomy, domestication, and germoplasm potentialities of *Phaseolus coccineus* L. In: P. Geprs, ed. Genetic resources, domestication and evolution of *Phaseolus* beans. Kluwer Academic publisher, Dordrecht, Holland. Pág. 441-466. 1988

\_\_\_\_\_. Et al. Phylogenetic analysis of the cultivated and wild species of *Phaseolus* (Fabaceae) *Syst. Bot.* 24 (3). 1999.

DOBZHANSKY, T., AYALA, F., STEBBINS, L., y VALENTINE. Evolución. Universidad de California. Ediciones Omega S.A. 1980

ERDTMAN, Grunnar. Pollen Morphology and Plant Taxonomy; Angiosperms An Introduction to Palynology. Hafner Publishing Company. N. Y. 1952.

\_\_\_\_\_. The Acetolysis Method – a Revised Description. S.V. Botanic. Tidskr Lund, 54 (4): 1960.

FONNEGRA, Ramiro. Introducción a la Palinología. Universidad de Antioquia. 1989.

\_\_\_\_\_. Métodos palinológicos. Universidad de Antioquia. 1989.

FREYTAG, George and DEBOUCK, Daniel. Taxonomy, Distribution and Ecology of the Genus *Phaseolus* (LEGUMINOSAE-PAPILIONOIDEAE) in Northe America, México and Central America. Editorial BRIT. 2002.

GUACA, Nelson y ROSAS, Luis Antonio. Estudio Comparativo de la Fenología, Crecimiento y Rendimiento del Frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.) y Frijol cachea (*Phaseolus polyanthus* G.) en unicultivo. Popayán. Trabajo de grado (Licenciado en Biología). Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Departamento de Biología. 1996.

HARLAN, R. J. Crops and Man. Foundations for Modern Crop Science. American Society of Agronomy. Madison Wisconsin. Pág. 63-64. 1975.

HARLAN, R. J., and DE WET, J. M. Some thoughts about weeds. Economic. Botany. 19 : 16 - 24. 1965.

HERNÁNDEZ XOLOCOTZI, Efraím. El Concepto de Etnobotánica. Notas del Curso. Enseñanza e Investigación FITOTECNIA. Etnobotánica. Universidad Autónoma Chapingo. México. 1989.

\_\_\_\_\_. Metodología para el Estudio de Agroecosistemas con Persistencia de Tecnología Agrícola Tradicional. Xolocotzia. Revista de Geografía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Primera edición, Tomo I. 1985.

\_\_\_\_\_. Introducción de Plantas y Germoplasma de *Phaseolus vulgaris* y de otras Leguminosas de Grano Comestible. Xolocotzia. Revista de Geografía Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. Primera edición, Tomo II. 1987.

\_\_\_\_\_. SOCIEDAD MEXICANA DE FITOGENETICA, A, C. Avances en el estudio de los recursos fitogenéticos de México. Chapingo 1 a edición 1991.

\_\_\_\_\_. y ZARATE, M. Agricultura Tradicional y Conservación de Recursos Genéticos. En Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos de México. Chapingo, México: Sociedad Mexicana de Fitogenética. Pág. 7-28. 1991.

HOLDRIDGE, Leslie. Ecología Basada en Zonas de Vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Editorial IICA. Serie Libros y Materiales Educativos No. 34. San José, Costa Rica. 1978.

HOYOS, Jesús Alexander y PRIETO, Mario Fernando. Estudio Etnobotánico de la Medicina Tradicional y su Relación con las Plantas Medicinales como Herramienta Básica para la Atención Primaria en Salud, Cabildo Indígena de San Andrés, Valle de Sibundoy. San Juan de Pasto. Trabajo de grado (Biólogo). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. Departamento de Biología. 2002.

INSTITUTO COLOMBIANO AGUSTÍN CODAZZI. Estudio General de Suelos de algunos Municipios del Putumayo. Santa Fé de Bogotá, Colombia. 1982.

INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). Edition 1999, Zurich, Switzerland. 1999.

JACANAMIJOY, Doriz Marina. Análisis socioculturales de la chagra indígena de la comunidad Camentsá desde la perspectiva ambiental. Monografía para optar el título de tecnólogo ambiental. Instituto tecnológico del Putumayo. Tecnología Ambiental. Sibundoy. 2002

KAPLAN, L. Archeology and domestication in American Phaseolus (Beans). Econ. Bot. 19: 358-368. 1967.

MALDONADO KOERDELL, M. Estudios etnobiológicos I. Rev. Mex. Est. Antropol. 4(3):195-202. 1940.

MATÍNEZ ALFARO, Miguel Ángel. Comunicación personal. 1976a.

MEJIA, Luis Alexander y ORELLANA, Galo Patricio. Diálogo de Saberes para la Valoración Ecológica y el Fortalecimiento de los Agroecosistemas Tradicionales en las chagras Indígenas del Municipio de Sibundoy, Putumayo. Trabajo de grado (Especialista en Ecología con Énfasis en Educación Ambiental). Universidad de Nariño. Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. 2001.

ODUM, P. E. Ecología. 3ª Editorial Interamericana. México. 1982.

PIERRE, Hucl and SCOLES, Graham J. Interspecific hybridization in the common bean: a review. Department of Crop Science and Plant Ecology. University of Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canada. HortScience. Vol. 20 (3), June 1985.

PLAN DE MANEJO INSTITUCIONAL. Santuario de Flora y Fauna Galeras. Sistemas de Parques Nacionales Naturales. Popayán. 1998.

RADFORD, A. E.; DICKISON, W. C.; MASSEY, J. R. and RITCHIE BELL, C. Vascular Plant Systematics. Harper and Row Publ. New York. 1974.

RINDOS, D. Origins of agriculture, An Evolutionary perspective. Academic Press Inc. Orlando, Florida, 1984. p. 325

RINDOS, D. Origen de la agricultura. Ediciones Bellaterra, S.A. España. 1991.

RODRÍGUEZ, J. J. Uso y manejo tradicional de plantas medicinales y mágicas en el Valle de Sibundoy, Alto Putumayo, y su relación con procesos locales de construcción ambiental. Trabajo de Grado. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias. Programa Académico de Biología. 2003.

SAMEL INGENIEROS LTDA. Estudio proyecto Putumayo. Santafé de Bogotá. INCORA. Pág. 115. 1968.

SANABRIA DIAGO, Olga Lucia. Conservación y manejo In situ de arvenses y cultivares tradicionales en el suroccidente colombiano. Proyecto SENA-COLCIENCIAS Código: 1103-07-12529 Código 999 VRI. 2003.

\_\_\_\_\_ y ZAMBRANO, P. Leonidas. Evaluación In situ de la productividad del germoplasma nativo comestible en la zona indígena del suroccidente colombiano, Informe Técnico presentado al programa de PREBELAC-NYBG-UNICAUCA. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación. Universidad del Cauca. Popayán. 1997.

\_\_\_\_\_. Manejo Vegetal en Agroecosistemas Tradicionales de la Región Andina de Tierradentro, Cauca, Colombia. Editorial Universidad del Cauca. Serie Estudios Sociales. 2001.

\_\_\_\_\_. Primer informe de avance Agosto de 2003. Conservación y manejo In situ de arvenses y cultivares tradicionales en el suroccidente colombiano. Proyecto SENA-COLCIENCIAS-UNICAUCA-Código: 1103-07-12529 Código 999 VRI. 2002.

- \_\_\_\_\_, Navia C. H., Molano, N. A., Orjuela, Y. y Muñoz, E. Conservación y manejo *In situ* de arvenses y cultivares tradicionales en el suroccidente colombiano. Proyecto SENA COLCIENCIAS 999 VRI- Informe Técnico Final. 2005. 34 pp.
- \_\_\_\_\_. y BALCAZAR, F. de M. Plantas comestibles de Tierra dentro. Editorial Universidad del Cauca. Cauca, Colombia. 2000
- \_\_\_\_\_ y HERNÁNDEZ, Ernesto. Manual de Etnobotánica para Trabajo de Campo. UNICAUCA-VRI (en prensa). 2003.
- \_\_\_\_\_. and DEBOUCK, D. G. Observations o the origin of *Phaseolus polyanthus* Greenman. En: Economic Botanic. Vol. 45, N. 3 p.345-364. 1991.
- SANCHEZ, E., M. P. PARDO., M. FLORES & P. FERREIRA. Protección del conocimiento tradicional, elementos conceptuales para una propuesta de reglamentación –el caso de Colombia-. Bogotá D.C. Instituto Alexander Von Humboldt. Pág. 383. 2002.
- SCHMIT, V. and DEBOUCK, D. G. Observations on the origin of *Phaseolus polyanthus* Greenman. Reprinted from Economic Botany. Vol. 45, No 3, July-September. 1991
- SMARTT, J. The production of interspecific hybrids using *Phaseolus coccineus* L. as seed parent. Bean Improvement Coop 17: Pág. 80-81. 1964.
- \_\_\_\_\_. Interspecific hybridization between cultivated American species of the genus *Phaseolus*. Euphytica 19: Pág. 480-489. 1976
- SCHUTES, R. E. La etnobotánica: su alcance y sus objetivos. Caldasia, 3:7-12. 1941.
- TAYLOR, A. Estudios sobre polen de *Phaseolus*. Turrialba, Vol 16. Pág. 7-14. 1966.
- VAVILOV, Nikolai Ivanovich. México y Centroamérica como centro básico de origen de las plantas cultivadas del nuevo mundo. Revista de Geografía Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo. México. N° 20. 1949.
- VOYSEST, Oswaldo. Variedades de fríjol en América Latina y su Origen. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1983.
- WALKER, J. W. Evolution of Exine Structure in the Pollen of Primitive Angiosperms. Amer. J. Botanic. 61 (8): 1974.