



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

50
Años

GENERACIÓN SIGLO 21

PLANTAS DE LA FAMILIA **PIPERACEAE**

DEL SUMAPAZ MEDIO Y BAJO OCCIDENTAL



Celis Forero, A. (coord.).

Plantas de la familia piperaceae del Sumapaz medio y bajo occidental.

Fusagasugá: Editorial de la Universidad de Cundinamarca. 2018.

235 p.

ISBN: 978-958-52032-0-4

DOI: <https://doi.org/10.36436/9789585203204>



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA

ISBN: 978-958-52032-0-4
DOI: <https://doi.org/10.36436/9789585203204>
Primera Edición, 2018
Dirección de Investigación
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad de Cundinamarca
<https://www.ucundinamarca.edu.co/>
investigación@ucundinamarca.edu.co
Dg 18 No. 20-29 Fusagasugá

COPYRIGHT © Universidad de Cundinamarca, 2018
Editorial de la Universidad de Cundinamarca
editorial@ucundinamarca.edu.co
Coordinador: Álvaro Celis Forero
Revisión editorial: Rosemberg del Carpio
Corrección de estilo: Yesid Castiblanco Barreto
Diseño editorial: Fec Suministros y Servicios SAS

DERECHOS RESERVADOS:

Prohibida la reproducción total o parcial de este libro, sin permiso previo y por escrito de los titulares del copyright.

Los conceptos aquí expresados son responsabilidad exclusiva de sus autores y no necesariamente representan la posición oficial de la Universidad de Cundinamarca.

No comercial: no puede utilizar esta obra con fines comerciales de ningún tipo. Tampoco puede vender esta obra bajo ningún concepto ni publicar estos contenidos en sitios web que incluyan publicidad de cualquier tipo.

El presente libro es resultado del Proyecto de investigación: Bioprospección participativa de comunidades vegetales asociadas a la familia *Piperaceae* en la región del Sumapaz medio y bajo occidental. Código: 1101-05-17783.

En cuanto a la información consignada en el presente documento, fue revisada y evaluada por pares evaluadores externos doble ciego con el fin de garantizar una valoración crítica e imparcial sobre la calidad de los manuscritos; por lo cual los autores fueron informados sobre las recomendaciones dadas por los pares para realizar los respectivos cambios y/o ajustes del caso, para finalmente ser aprobados por el Comité Editorial de la Universidad de Cundinamarca.

El desarrollo y el resultado final representado en el presente libro fue posible gracias a:

Dr. Adriano Muñoz Barrera
Rector

Dr. Pablo Emilio Flórez Vargas
Vicerrector Académico

Dr. José Zacarías Mayorga Sánchez
Director de Investigación Universitaria

Dra. Vilma Moreno Melo
Decana de la Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá

Q. M. C. Ph. D. Luis Enrique Cuca Suárez.
Q. M. C. (c) Ph. D. Wilman Antonio Delgado Ávila.
Q. M. C. Ph. D. Norma Constanza Ávila.

Universidad de Cundinamarca - Fusagasugá

I. A. M. C. Álvaro Celis Forero.
Biol. M. C. Cristina Mendoza Forero.
Zoo. M. C. Marco Eduardo Pachón Suárez.
I. A. José Ómar Cardona Montoya.

CONTENIDO

Presentación	7
Capítulo I: Introducción.....	9
Capítulo II: Colecta, taxonomía y descripción de especies de la familia Piperaceae	13
Exploraciones en búsqueda de piperáceas	13
Determinación taxonómica hasta especie	20
Capítulo III: Propagación de especies de la familia Piperaceae	21
Propagación sexual	24
Fenología reproductiva	28
Sistemas de cruzamiento en piperáceas	31
Reproducción vegetativa	32
Cultivo de tejidos.....	35
Capítulo IV: Conservacion de un jardin in vivo y ex situ de plantas piperáceas en el Sumapaz	46
Metodología	51
Material vegetal.....	51
Protocolo de endurecimiento de la propagación asexual	53
Umbráculo	54
Sustrato	55
Siembra	55
Riego	55
Pasaportes de las especies	55
Análisis de diversidad genética.....	57
Análisis filogenético.....	57
Conclusiones	60

Recomendaciones	61
Botánica	62
Localización	63
Usos	64
Botánica	68
Localización	69
Usos	69
Botánica	70
Localización	71
Usos	71
Botánica	72
Localización	73
Usos	73
Usos	75
Botánica	77
Usos	78
Botánica	79
Localización	80
Usos	80
Botánica	81
Localización	82
Nombre común.....	82
Botánica	83
Localización	84
Botánica	87

Usos	87
Localización	88
Botánica	89
Usos	90
Botánica	92
Localización	93
Usos	93
Botánica	95
Localización	95
Usos	96
Botánica	97
Localización	97
Usos	98
Botánica	99
Localización	100
Usos	100
Botánica	103
Usos	104
Botánica	104
Localización	105
Usos	105
Botánica	105
Localización	106
Usos	106
Botánica	107

Botánica	109
Localización	109
Usos	109
Capítulo V: Descripción biofísica del hábitat donde se encuentran las plantas de la familia Piperaceae en la región media y baja del Sumapaz.....	119
Caracterización de las unidades cartográficas de los suelos en los relictos seleccionados (según Igac, 2000).....	120
Suelos del relicto de Arbeláez (Santa Bárbara)	121
Suelos del relicto de Granada (vereda San José Bajo)	122
Suelos relictos del cerro del Quininí (municipio de Tibacuy)	122
Suelos del relicto de Fusagasugá (vereda Santa Lucía)	123
Suelos del relicto de Fusagasugá (base del cerro Fusacatán, vereda Pekín Alto)	123
Relicto de Silvania (alto El Uval, vereda Yayatá)	124
Descripción del perfil del suelo de cada uno de los relictos de bosque secundario	124
Descripción del perfil del suelo	126
Descripción del perfil del suelo	127
Descripción del perfil del suelo	131
Descripción del perfil del suelo	133
Descripción del perfil del suelo	134
Caracterización físico-química de los suelos	135
Caracterización ecológica de los relictos de bosque donde se encuentran las plantas de la familia Piperaceae	137
Características generales de los relictos de bosque	138
Diversidad de familias vegetales en los relictos de bosque	140

Capítulo VI: Fitoquímica de piperáceas de la región del Sumapaz medio y bajo occidental.....	147
Amidas.....	148
Fenil propanoides.....	151
Flavonoides.....	156
α - Pironas.....	158
Derivados de ácido benzoico.....	159
Cromenos.....	160
Terpenos.....	161
Piper lenticellosum C. D. C.	165
Piper divaricatum Meyer	165
Piper artanthe C. DC.	165
Piper chiadoense Yuncker.....	166
Piper crassinervium H. B. K.	166
Piper tuberculatum Jacq.....	167
Piper peltatum (L.).....	168
Piper cf. el-bancoanum Trel & Yunck.....	173
Aceite esencial	174
Piper cumanense Kunth	175
Piper hispidum Kunth	177
Aceite esencial	179
Piper eriopodon (Miq.) C.DC.	180
Aceite esencial	181
Piper septuplinervium (Miq.) C.DC.	182
Piper aduncum L.....	183

Piper bogotense C.DC.....	184
Capítulo VII: Pruebas de actividad biológica	196
Introducción.....	196
Pruebas Artemia salina	199
Ensayo de letalidad sobre el microcrustáceo Artemia salina.....	200
Cría masiva de mosca blanca de invernaderos (Trialeurodes vaporariorum): homóptera: Aleyradidae en condiciones semicontroladas en Fusagasugá	202
Cría del liberalito (Schizomia sp.): díptera: Cecidomyiidae en condiciones de laboratorio en Fusagasugá	203
Cría gusano cogollero del maíz (Spodoptera frugiperda) Smith: lepidóptera: Noctuidae	203
Cría del insecto con dieta artificial	204
Resultados de control de insectos plagas con extractos de especies de Piper spp.....	205
Control de gusano cogollero del maíz (Spodoptera frugiperda) Smith.....	207
Control de liberalito (Schizomia sp.) en tomate de árbol (Solanum betacea).....	214
Bioensayos para determinar efecto sobre arvenses	215
Pruebas de actividad antifúngica de extractos vegetales y aceites esenciales de Piper sp.	220
Actividad fungicida de extractos de Piperaceae sobre Fusarium oxysporum f. lycopersici en condiciones semicontroladas y de laboratorio en el cultivo de tomate en la granja La Esperanza....	226
Evaluación de la bioactividad fungicida de extractos vegetales sobre Colletotrichum gloeosporioides en tomate de árbol (Cyphomandra betacea).....	227
Actividad antioxidante y antifúngica de extractos de piperáceas.	228

Presentación

El Consejo Superior de la Universidad de Cundinamarca (Udec) en sesión ordinaria del 10 de marzo de 2008 aprobó el Acuerdo 002 de 2008, por el cual se establece el Sistema de Investigación de la Universidad, con el objeto principal de fortalecer la capacidad investigativa, de innovación, de desarrollo tecnológico y de gestión del conocimiento de la institución, con referencia a los indicadores del Sistema Estatal de Universidades y el Consejo Nacional de Acreditación.

Como resultado de la gestión de la dependencia, se han realizado alianzas con otras universidades para presentar proyectos a convocatorias con financiación de entes externos. En 2016 se había participado en quince proyectos cofinanciados por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Colciencias y la Udec. Además, se cuenta con 24 categorizados por Colciencias y 52 con aval de la Universidad. Igualmente, la Udec contaba entre sus investigadores con siete asociados y 26 júnior.

Los años de gestión desde la Dirección de Investigación han marcado una tendencia importante en la transformación de la Universidad como institución que asume la investigación como factor clave para la consolidación del desarrollo académico, a través de la formación y el fortalecimiento de grupos de investigación, para así llegar al desarrollo de proyectos de carácter investigativo y actividades de apropiación social del conocimiento, en concordancia con las políticas institucionales.

Se considera importante que el conocimiento sea apropiado eficientemente por la comunidad; en ese sentido, la apropiación se organiza en diferentes escenarios: artículos publicados en revistas

indexadas, ponencias en eventos de carácter científico, organización de eventos científicos y desarrollo tecnológico como: prototipos, *software* y variedades vegetales. También se considera muy relevante la publicación de libros de tipo científico.

Con la publicación del libro *Plantas de la familia Piperaceae del Sumapaz medio y bajo occidental* se está cumpliendo con las expectativas de realizar aportes científicos como resultado de proyectos de investigación. En él se hace un recuento de las especies encontradas en la región del estudio, su conservación en uno de los pocos jardines *in vivo* y *ex situ* de piperáceas en el mundo, el estudio de los relictos más importantes de estas especies de plantas, la propagación sexual y asexual de las especies colectadas y el uso de los extractos vegetales derivados de estas plantas en lo pertinente al control de plagas, enfermedades y arvenses.

Esta publicación hace un aporte significativo de cómo se pueden conservar los recursos genéticos que se están erosionando y además se plantean nuevas alternativas de control fitosanitario en los cultivos de la región, con un mínimo de riesgo ambiental.

Capítulo I: Introducción

Álvaro Celis Forero¹

En la región del Sumapaz existe una gran diversidad de especies vegetales, de las cuales muy pocas han sido estudiadas. En el caso de especies de la familia *Piperaceae* hay reportes muy antiguos sobre la presencia de algunas plantas de esta familia, pero no información sobre estudios de estas especies y su uso potencial. Sin duda, muchas especies podrán aportar productos aun enteramente desconocidos, una vez que se investiguen sus propiedades y su verdadero potencial económico, y ser utilizadas en forma sustentable a través de planes de manejo para actividades extractivas que no agoten el recurso, o a través de prácticas de fomento que incluyan silvicultura, agroforestería o cultivos.

La presente publicación hace referencia a plantas de la familia *Piperaceae* halladas en la región del Sumapaz medio y bajo occidental. La principal característica de las plantas de esta familia es que incluye de 10 a 12 géneros, de ellas cerca de 700 especies pertenecen al género *Piper* y de algunas de ellas se obtiene la conocida pimienta negra y blanca. Sus especies se caracterizan por ser arbustos y herbáceas.

¹ I. A., M. C. Universidad de Cundinamarca.

Los resultados que se presentan son indicadores del proyecto: “Bioprospección participativa de comunidades vegetales asociadas a la familia *Piperaceae* en la región del Sumapaz medio y bajo occidental” cofinanciado por Colciencias y en una alianza de la Facultad de Ciencias del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, y la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Cundinamarca.

La publicación quiere dar a conocer los resultados más importantes como consecuencia del proyecto, pero también se mencionan logros relevantes obtenidos por otros investigadores en la propagación, perfil fitoquímico y posibles usos como agentes biosidas de plantas de la familia *Piper* colectadas y conservadas en la granja La Esperanza de la Udec.

La primera parte de la investigación se orientó a la colecta, taxonomía y descripción de especies de la familia *Piperaceae* halladas en la zona del estudio. Se realizaron exploraciones en los municipios pertenecientes a la provincia del Sumapaz medio y bajo occidental. Como método de exploración y muestreo se utilizó la prospección participativa y se involucraron estudiantes de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Cundinamarca, así como productores y pobladores de la región. Se registraron 149 plantas de esta familia en la zona de estudio, correspondientes a las accesiones de los géneros *Piper* y *Peperomia*.

En un segundo capítulo se realizaron estudios sobre la propagación de especies de la familia *Piperaceae*, teniendo en cuenta trabajos de otros investigadores y estudios hechos en laboratorio, invernadero y campo en la granja La Esperanza (Fusagasugá) de la Udec.

En una tercera parte se presentan los resultados de la conservación de las especies de plantas piperáceas colectadas e identificadas en el Herbario Nacional Colombiano (COL). Se muestran los resultados como uno de los pocos jardines *in vivo* y *ex situ* de plantas de esta familia en el mundo, así como las fichas técnicas de la colección.

En la investigación se hizo una descripción biofísica del hábitat donde se encuentran las plantas de la familia *Piperaceae* en la región de estudio, utilizando para ello seis relictos de bosque representativos de la zona, donde se realizaron muestreos de las familias taxonómicas asociadas a *Piperaceae* por medio de transectos o cuadrantes. Dependiendo de la zona de estudio entre las familias asociadas a las piperáceas se encontraron melastomatáceas, poáceas y aráceas. A partir de los datos obtenidos, se alcanzaron los índices de diversidad, dominancia y riqueza.

Las diferencias en riqueza (número de familias) y abundancia (número de individuos por familia) presentadas entre los relictos de bosques estudiados pueden ser el resultado de las diferencias estructurales entre ellos y su estrecha relación con las variables microclimáticas propias de cada uno.

Uno de los resultados más relevantes hace referencia a los estudios fitoquímicos parciales y completos a las especies recolectadas en la región del Sumapaz medio y bajo occidental comprendida por los municipios de Fusagasugá, Granada, Sylvania, Tibacuy, Arbeláez, Pasca, Venecia, Cabrera, San Bernardo y Pandi. Las especies de piperáceas se caracterizan por la presencia de metabolitos secundarios derivados biosintéticamente tanto de ácido acético, como de ácido shiquímico y de biosíntesis mixta. Los tipos de metabolitos secundarios aislados de especies de piperáceas son

amidas, fenilpropanoides, terpenos, flavonoides, cromenos, derivados de ácido benzoico y pironas. Muchos de estos metabolitos secundarios están reportados por varios investigadores como posibles métodos de control de insectos-plagas, enfermedades y control de malezas.

En la agricultura convencional, el uso de agroquímicos ha repercutido en más problemas con el manejo de plagas, enfermedades y arvenses, por lo que la profundidad en el estudio de las nuevas estrategias basadas en fenómenos naturales, como los alelopáticos, es fuente de nuevas ideas de investigación. En la última parte de la publicación se presentan estudios de casos reportados por los investigadores en revistas científicas y se complementan con los resultados obtenidos en laboratorios, invernadero y campo de extractos de plantas de la familia *Piperaceae* colectadas en la región del estudio.

Capítulo II: Colecta, taxonomía y descripción de especies de la familia Piperaceae

Cristina Mendoza F.¹ (Udec) y Wilman Antonio Delgado A.² (Unal)

Se inició la colecta con el trámite del permiso de estudios con fines de investigación científica en diversidad biológica. El número de expediente asignado fue el 2455. En 2007 funcionarios de la Corporación Autónoma Regional (CAR) realizaron un acompañamiento a una salida de colecta al Cerro del Quininí (Tibacuy) para constatar las actividades desarrolladas y generar el concepto técnico. Durante 2008, funcionarios de la CAR hicieron una visita al jardín *in vivo* y *ex situ* de *Piperaceae* ubicado en la granja La Esperanza (vereda Guavio Bajo, Fusagasugá). Se generó el concepto técnico definitivo y el expediente fue remitido a la CAR principal en Bogotá, para finalizar los trámites y las firmas correspondientes.

Exploraciones en búsqueda de piperáceas

Se realizaron exploraciones en los municipios pertenecientes a la provincia del Sumapaz medio y bajo occidental. Como método de exploración y muestreo se utilizó la prospección participativa en la cual se involucraron estudiantes de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Cundinamarca, productores y pobladores de la región.

¹ Bióloga, M. C. Unad.

² Q. M. C., Ph. D. Profesor de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

De acuerdo con información recopilada por parte del Herbario Nacional Colombiano (COL) y la comunidad, se ubicaron los sitios con presencia de plantas de la familia *Piperaceae*. Posteriormente los investigadores visitaron los lugares y se corroboró su presencia y se tomaron muestras para su determinación en el COL.

Se realizaron en los doce meses de 2008, 40 salidas de exploración, colecta y caracterización de las zonas con investigadores y estudiantes de los grupos de la Universidad Nacional de Colombia y de la Universidad de Cundinamarca, a los siguientes municipios:

- Arbeláez: veredas San Antonio y Santa Bárbara.
- Cabrera: veredas Balconcitos, Bajo Ariari, Centro, Santa Marta, Quebrada Negra, Santa Rita y Santa Helena.
- Fusagasugá: veredas Sardinas, Manga del Charco, Usatama, Bosachoque, La Aguadita, San Rafael, Guavio Bajo, Santa Lucía, Pekín Alto y Cerro Fusacatán.
- Granada: vereda San José Bajo.
- Pandi: veredas Mercadillo y La Loma.
- Pasca: veredas Carmen de Pasca y San Joaquín.
- San Bernardo: veredas Andes, San Francisco, Guacanonzo Bajo, Aguadulce y sector El Gualilo.
- Sylvania: veredas Molino Rojo, Yayatá, Alto El Uval y sector Condominios.
- Tibacuy: veredas El Ocobo, Balunda, La Cajita, Albania, Piedra Ancha, inspección de Bateas y cerro del Quininí.
- Venecia: veredas Quebrada Grande, Sabaneta Alta y Sabaneta Baja.

En las tablas 1, 2, 3, 4 y 5 se presentan los registros y se especifican los sitios donde se encontraron plantas de la familia *Piperaceae* (municipio, vereda y altura sobre el nivel del mar). De los lugares visitados, se ubicaron aquellos con relictos de bosque, en los cuales se realizaron exploraciones más detalladas y estudios biofísicos, según la conservación de flora que presentan.

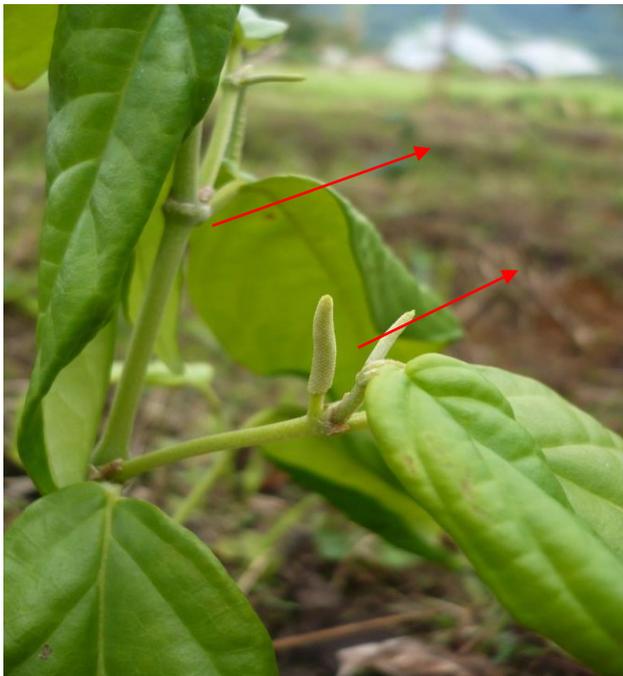


Figura 1. Caracterización de una planta de la familia *Piperaceae*
Fuente: Delgado *et al.* (2008).

Tabla 1. Listado de especies de piperáceas encontradas en el municipio de Tibacuy (Sumapaz)

Número	Código Colector	Género	Especie	Vereda	m s. n. m.
1	CMF50	<i>Piper</i>	<i>accesión cmf 50</i>	La Cajita	1596
2	CMF17	<i>Piper</i>	<i>aduncum</i> l.	Albania	1766
3	CMF18	<i>Piper</i>	<i>aduncum</i> l.	Ocobos	1354
4	CMF14	<i>Piper</i>	<i>aduncum</i> l.	La Cajita	1620

5	CMF14	<i>Piper</i>	<i>aduncum</i> l.	Bateas	1218
6	CMF56	<i>Piper</i>	<i>aequale</i> vahl.	Bateas	1510
7	CMF41	<i>Piper</i>	<i>arboreum</i> aubl.	Bateas	1279
8	CMF52	<i>Piper</i>	<i>arthante</i>	Cerro del Quininí	1873
9	CMF40	<i>Piper</i>	<i>cumanense</i>	Ocobos	1311
10	CMF54	<i>Piper</i>	<i>dilatatum</i>	Piedra Ancha	949
11	CMF49	<i>Piper</i>	<i>el-bancoanum</i>	Balunda	1644
12	CMF17	<i>Piper</i>		Albania	1567
13	CMF18	<i>Piper</i>		Albania	1631
14	CMF19	<i>Piper</i>		Albania	1771
15	CMF20	<i>Piper</i>		La Cajita	1540
16	CMF17	<i>Piper</i>		Balunda	1757
17	CMF53	<i>Piper</i>		Piedra Ancha	952
18	CMF 55	<i>Piper</i>		Bateas	1510
19	CMF46	<i>Piper</i>	<i>peltatum</i>	La Cajita	1620
20	CMF57	<i>Peperomia</i>	<i>leucostachya</i>	Balunda	1757
21	CMF58	<i>Peperomia</i>	<i>leucostachya</i>	Balunda	1757
22	CMF42	<i>Peperomia</i> 1		Granja La Portada	1473
23	CMF76	<i>Peperomia</i> 3		La Cajita	1596
24	CMF51	<i>Peperomia</i> 5		Balunda	1740

Tabla 2. Listado de especies de piperáceas encontradas en el municipio de Arbeláez (Sumapaz)

Número	Código Colector	Género	Especie	Vereda	m s. n. m.
1	CMF24	<i>Piper</i>	<i>aduncum</i>	San Antonio	1443
2	CMF41	<i>Piper</i>	<i>arboreum</i>	San Antonio	1440
3	CMF40	<i>Piper</i>	<i>cumanense</i>	San Antonio	1434

4	CMF37	<i>Piper</i>	<i>cumanense</i>	Santa Bárbara	1480
5	CMF44	<i>Piper</i>	<i>el-bancoanum</i>	Santa Bárbara	1485
6	CMF22	<i>Piper</i>	<i>eriopodon</i>	Santa Bárbara	1480
7	CMF22	<i>Piper</i>	<i>holtonii</i>	San Antonio	1440
8	CMF23	<i>Piper</i>		San Antonio	1441
9	CMF42	<i>Peperomia 1</i>		San Antonio	1440
10	CMF43	<i>Peperomia 2</i>		San Antonio	1430

Tabla 3. Listado de especies de piperáceas encontradas en el municipio de Fusagasugá (Sumapaz)

Número	Código Colector	Género	Especie	Vereda	m s. n. m.
1	CMF3	<i>Piper</i>	<i>aduncum</i>	Usatama Bajo	1456
2	PRB014	<i>Piper</i>	<i>antioquense</i>	La Aguadita	1920
3	CMF25	<i>Piper</i>	<i>arboreum</i>	Usatama Bajo	1364
4	CMF26	<i>Piper</i>	<i>cumanense</i>	Usatama Bajo	1360
5	CMF37	<i>Piper</i>	<i>el-bancoanum</i>	Jordán Alto	1850
6	CMF27	<i>Piper</i>		Usatama Bajo	1423
7	CMF49	<i>Piper</i>	<i>imperiale</i>	La Aguadita, reserva San Rafael	2362
8	MVR07	<i>Piper</i>		Sardinas	1770
9	CMF18	<i>Piper</i>	<i>subtomentosum</i>	La Aguadita, reserva San Rafael	2340
10	CMF47	<i>Peperomia 4</i>		La Aguadita, reserva San Rafael	2356
11	CMF77	<i>Peperomia 10</i>		Fusacatán	1832
12	CMF78	<i>Peperomia 11</i>		Fusacatán	1850
13	CMF79	<i>Peperomia 12</i>		Fusacatán	1862
14	CMF80	<i>Peperomia 13</i>		Fusacatán	1862
15	CMF81	<i>Peperomia 14</i>		Fusacatán	1870

Tabla 4. Listado de especies de piperáceas encontradas en el municipio de San Bernardo (Sumapaz)

Número	Código Colector	Género	Especie	Vereda	m s. n. m.
1	CMF21	<i>Piper</i>	<i>aduncum</i>	Aguadulce	1634
2	CMF22	<i>Piper</i>	<i>aduncum</i>	Guacanonzo Bajo	1178
3	CMF23	<i>Piper</i>	<i>aduncum</i>	San Francisco	1600
4	CMF41	<i>Piper</i>	<i>arboreum</i>	Andes	2110
5	CMF21	<i>Piper</i>	<i>hondonaense</i>	Andes	2116

Tabla 5. Listado de especies de piperáceas encontradas en diferentes municipios del Sumapaz

Código Colector	Género	Especie	Municipio	Vereda	m s. n. m.
CMF84	<i>Piper</i>	<i>p. aduncum</i>	Cabrera	Bajo Ariari	1881
CMF72	<i>Peperomia</i> 8		Cabrera	Bajo Ariari	1869
CMF74	<i>Peperomia</i> 9		Cabrera	Bajo Ariari	1881
CMF15	<i>Piper</i>	<i>aduncum</i>	Silvania	Club El Bosque	1317
JUV009	<i>Piper</i>	<i>auritum</i>	Silvania	Santa Rita	1720
CMF34	<i>Piper</i>	<i>septuplinervium</i>	Granada	San José Bajo	2543
CMF35	<i>Piper</i>	<i>bogotense</i>	Granada	San José Bajo	2536
CMF18	<i>Piper</i>	<i>subtomentosum</i>	Granada	San José Bajo	2536
CMF33	<i>Piper</i>	<i>eriodcladum</i>	Granada	San José Bajo	2510
CMF38	<i>Piper</i>	<i>cumanense</i>	Pandi	Mercadillo	1170
CMF17	<i>Piper</i>		Pandi	Guacanonzo	1644
CMF45	<i>Piper</i>	<i>marginatum</i>	Pandi	Mercadillo	1180
CMF46	<i>Piper</i>	<i>peltatum</i>	Pandi	Mercadillo	1178

Código Colector	Género	Especie	Municipio	Vereda	m s. n. m.
CMF67	<i>Piper</i>	<i>spp 5</i>	Pandi	Guacanonzo	1643
CMF70	<i>Peperomia 6</i>		Pandi	Guacanonzo	1643
CMF71	<i>Peperomia 7</i>		Pandi	Guacanonzo	1643
CMF85	<i>Piper</i>	<i>ramosense</i>	Cabrera	Bajo Ariari	1869
CMF69	<i>Piper</i>		Pandi	Guacanonzo	1618
CMF47	<i>Peperomia</i>	<i>peltoidea</i>	Pandi	Guacanonzo	1643
CMF75	<i>Piper</i>	<i>spp 3</i>	Venecia	Corrales	1807
CMF86	<i>Piper</i>	<i>aduncum</i>	Venecia	Corrales	1807

Determinación taxonómica hasta especie

Una vez ubicadas y referenciadas las diferentes especies de piperáceas, se colectaron y se llevaron al Herbario Nacional Colombiano (Bogotá), para su determinación hasta especie. Es importante resaltar que para el desarrollo y cumplimiento de la colecta se contó con la participación de estudiantes de Ingeniería Agronómica de la Universidad de Cundinamarca, productores y habitantes de las zonas visitadas en los diferentes municipios.

Se registraron 149 plantas de esta familia en la región de estudio, correspondientes a las accesiones de los géneros Piper (25 especies) y Peperomia (16 especies), como se relacionaron en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5.

Básicamente, se identificó en cada uno de los sitios de colecta que las accesiones correspondieran a plantas de la familia Piperaceae; se tomaban las exsicatas y los registros fotográficos, así como las características de cada sitio donde se colectaban las plantas.

Capítulo III: Propagación de especies de la familia Piperaceae

Álvaro Celis Forero¹ y Laura Rocío Fonseca H.²

Este es un resumen de experiencias de propagación de plantas piperáceas que se desarrollaron con el proyecto y se revisaron algunos datos importantes y complementarios con algunos autores.

Al comparar el número de especies cultivadas actualmente con el número presente en el ámbito mundial, es indudable que todavía no se ha utilizado todo el potencial existente y hay todavía muchas especies promisorias con un potencial que no ha sido aprovechado (Scheldeman *et al.*, 2002).

La razón principal del por qué muchas especies útiles rara vez atraen el interés de los investigadores es la limitación financiera (Duke, 1990). Los donantes no están en favor de trabajar con especies de un potencial poco probado y comercialmente poco conocido (Morico *et al.*, 1999). Sin embargo, en los últimos años las tendencias y actitudes hacia especies olvidadas y subutilizadas están cambiando. Padulosi *et al.* (1999) mencionan que se ha incrementado el interés en nuevas especies, lo cual refleja una tendencia creciente en la agricultura para identificar y desarrollar nuevos cultivos para mercados internos y para exportación.

¹ I. A., M. C. Oficina de Investigaciones, Universidad de Cundinamarca.

² I. A., (c) M. C. Oficina de Investigaciones, Universidad de Cundinamarca.

En la región del Sumapaz existe una gran diversidad de especies, de las cuales muy pocas han sido estudiadas.

En el caso de especies de la familia *Piperaceae* existen reportes sobre la presencia de algunas plantas de esta familia, pero no estudios de estas especies y su uso potencial como biocida.

Para planificar futuras actividades de multiplicación, de colección o de fitomejoramiento es necesario conocer bien el sistema de reproducción natural de la especie seleccionada. Las diferentes formas de reproducción forman la base de la planificación de trabajos de fitomejoramiento y del desarrollo de una estrategia en la recolección del germoplasma.

En caso de multiplicación generada a través de semilla sexual se pueden analizar diferentes métodos para aumentar y homogenizar la germinación. La presencia de dormancia, una estrategia natural para promover la dispersión de semillas, es muy común en las especies silvestres y muchas veces dificulta considerablemente la germinación. La multiplicación vegetativa resulta en plantas homogéneas que, en muchas especies perennes, como frutales, es preferida para establecer cultivos de una variedad seleccionada. Las técnicas más utilizadas son las estacas, los injertos y los acodos.

Si se requiere obtener plantas homogéneas y no se logra encontrar un método de propagación vegetativa adecuado, la propagación *in vitro* puede ser una alternativa también para el caso de obtener un mayor número de plántulas, lo cual es difícil lograr con métodos convencionales. La técnica es costosa y requiere un laboratorio bien equipado, además, para especies poco conocidas, el desarrollo de un protocolo para propagación *in vitro* puede resultar complicado (Scheldeman *et al.*, 2002).

La caracterización morfológica o química de plantas en su ambiente (caracterización *in situ*) no permite diferenciar entre la

expresión genética y la influencia del ambiente (clima, suelo, manejo, etc.). Muchas veces las condiciones ambientales (por ejemplo, falta de agua) tienen su influencia en las características morfológicas o químicas. Para evitar el efecto genotipo*ambiente es aconsejable establecer campos de colecciones y realizar la caracterización *ex situ*. El establecimiento de múltiples colecciones *ex situ* permitirá estudiar el efecto ambiental.

La familia *Piperaceae* presenta especies que se destacan como condimentarias por sus frutos aromáticos y picantes, como la pimienta negra (*Piper nigrum*), que de forma tradicional se ha empleado como medicinal y fuente natural de pesticidas, por lo que es bien tolerada por el ser humano. Las especies del género *Piper* contienen diversos tipos de metabolitos, entre los que se destacan las amidas, flavonoides, kavapirona, lignanos, neolignanos, piperolidos, propenilfenoles y terpenos, entre los más conocidos (Parmar *et al.*, 1997). Carmona (2013) comenta que “la actividad biocida del género *Piper* (insecticida, fungicida y bactericida) asociada a la toxicidad, radica en los diferentes metabolitos secundarios (flavonoides, terpenos, cumarinas, compuestos fenólicos, saponinas y esteroides) y es atribuible a la presencia de 22 alcaloides, a las piperamidas”. En este sentido, Parra (2011) expresa que “muchas sustancias obtenidas de especies de *Piper*, han sido utilizadas tradicionalmente como insecticidas, especias y fitomedicamentos”. Diversos estudios han determinado que sus propiedades se deben a los constituyentes químicos (alcaloides, terpenos, fenoles, entre otros), los cuales permiten que tengan actividad biológica insecticida, fungicida y herbicida (Delgado *et al.*, 2007; Celis *et al.*, 2008). En la familia *Piperaceae* se destaca que especies del género *Piper* son utilizadas como condimento por sus frutos aromáticos y picantes (*P. nigrum*) y otras se han empleado por lo general como fuente de insecticidas y en la medicina natural (Keller *et al.*, 1963; Morton, 1981). Estas

características hacen de las Piperaceae un conjunto de especies aptas para su utilización masiva. Sin embargo, debido a que son especies silvestres en su mayoría, se desconocen aspectos fisiológicos y botánicos.

Cuando se empiezan a realizar estudios de plantas no cultivadas, que se encuentran en su hábitat natural, es frecuente que se desconozcan completamente sus formas de multiplicación y desarrollo. Algunas veces es posible encontrar alguna revisión bibliográfica, que proporcione información que puede ser valedera. No obstante, para el caso de las especies nativas como la mayoría de las especies del género *Piper*, son pocos los reportes sobre la caracterización detallada de su fisiología reproductiva y del desarrollo de los estadios tempranos del crecimiento (Guevara, 2008).

Adicionalmente, se ha reportado que las plántulas de las especies nativas tropicales de árboles y arbustos atraviesan por una etapa de crecimiento lento que puede durar varios meses, incluso años (Mendoza et al., 2002).

Propagación sexual

Cosecha de semillas

La cantidad de semillas producidas por cada planta individual está en proporción a su biomasa total y al rendimiento fotosintético anual, lo cual es muy variable entre especies y poblaciones. Las plantas anuales colocan gran parte de su productividad fotosintética anual en biomasa reproductiva porque tienen una sola oportunidad en la vida de dejar descendientes, pero la mayoría de las plantas leñosas producen propágulos muchas veces durante su vida, por lo que esta producción se logra normalmente utilizando una menor proporción de la productividad fotosintética anual. Un factor importante relacionado con el volumen de la cosecha es la frecuencia de la fructificación. Se ha visto que las plantas que fructifican frecuentemente producen

menos propágulos que aquellas que lo hacen de forma esporádica, y que las de fructificación estacional ocupan una posición intermedia (Hartman *et al.*, 1997).

Las semillas en *Piper* son endotégmicas, durante el desarrollo el tegumento externo se destruye casi por completo y cuando maduran las semillas poseen como protección mecánica solo el tegumento interno (Jaramillo y Manos, 2001). La forma que adquiere la semilla en *Piper* es resultado de restricciones de espacio que se presentan en una inflorescencia, y en consecuencia especies con flores hermafroditas (*Piper*, del neotrópico) exhiben una más amplia variabilidad, tanto en lo específico como en lo infragenérico, en comparación con especies con flores unisexuales (*Piper*, paleotrópico). Las especies del paleotrópico tienen semillas elipsoides a globosas, apiculadas, con el lumen de la célula sin ornamentación. En especies del neotrópico las semillas revelan una amplia gama de formas, desde elipsoides a ampliamente ovadas y marcadamente comprimidas sobre una de sus caras hasta estriadas y lobuladas, obtusas, apiculadas o sulcadas, foveoladas y con el lumen de la célula ornamentado (Jaramillo y Manos, 2001).

Marquis (2004) comparó la diversidad y abundancia del género *Piper* en 38 localidades correspondientes a diferentes zonas de vida del neotrópico (bosques deciduos, semideciduos, mesofíticos, siempre verdes, montanos húmedos, galería, caatinga y varzea), y se encontró que la mayor abundancia y diversidad de especies se encuentra en bosques húmedos de zonas bajas en América Central y el norte de América del Sur, lo cual fue confirmado por el análisis biogeográfico de Quijano *et al.* (2006).

El estado de plántula es crítico en el ciclo de vida de las angiospermas, principalmente en las que carecen de órganos especializados de almacenamiento de sustancias nutritivas, cuya

supervivencia es extremadamente frágil. El control de su crecimiento y desarrollo se debe en parte a factores ambientales, como la luz y la temperatura; tal es el caso de las piperáceas que presentan un crecimiento lento o nulo.

Como las piperáceas son especies arbustivas y arbóreas que crecen principalmente en las zonas tropicales, estas presentan un crecimiento lento en el estado de plántula (Jaramillo y Manos, 2002); por ello se hace necesario emplear técnicas en las cuales se mejore el desarrollo de su crecimiento.

Penagos (2007) evaluó dos métodos de propagación: por semillas y estacas para la especie *Piper aduncum*, con el fin de propagarla masivamente. En la propagación sexual por medio de semillas, aunque se obtuvo un porcentaje de viabilidad superior al 90 % y la germinación ocurrió 60 días después de la imbibición, las plántulas desarrolladas entraron en una etapa de crecimiento lento a pesar de encontrarse en condiciones controladas. Posteriormente y para inducir la activación de un rápido crecimiento en las plántulas, se realizaron tres aplicaciones de putrescina (dosis de 0, 500, 1000 y 1500 μM) a intervalos de un mes cada una. Después de cinco meses desde la primera aplicación, la dosis 1500 μM generó un mayor desarrollo de las plántulas, las cuales desarrollaron cinco pares de hojas en contraste con el testigo y las otras dos dosis, con las cuales tan solo formaron tres pares de hojas. Alternativamente se evaluó la propagación asexual por medio de estacas en tres sustratos (arena de río, tierra y cascarilla quemada) y tres estimulantes de crecimiento con cuatro diferentes dosis cada uno (Ácido Indol Butírico - AIB, Ácido Naftalenacético - ANA y extracto botánico de sábila). El mayor enraizamiento al considerar el número de raíces y peso (20 raíces en promedio) y desarrollo aéreo de la estaca (4 pares de hojas), se obtuvo con la aplicación de ANA 300 y 600 ppm, teniendo como sustrato la arena, dos meses después de la obtención de la estaca.

Los resultados obtenidos con los dos métodos de propagación evaluados, sugieren que la obtención masiva de material vegetal de *Piper aduncum* es más eficiente por medio de la obtención de estacas. Esto se debe a la etapa de crecimiento lento por la que atraviesan las plántulas de la especie, la cual ha sido reportada en un gran número de especies arbóreas de origen tropical como mangle, sietecuecos, roble y aliso, entre otros (Mendoza y Rocha, 2002). Por otra parte, con la propagación por estacas se obtienen plantas en un menor tiempo por el buen desarrollo del sistema radical mediante la aplicación de ANA (Ácido Naftaleno Acético), teniendo como sustrato a la arena, debido a que este permite un buen drenaje y manteniendo una humedad relativa superior al 80 %, condiciones que la especie mantiene en su medio de crecimiento natural. Por tal motivo, se sugiere la propagación por medio de estacas para obtener la cantidad de material vegetal necesario.

Con el objetivo de evaluar métodos de propagación asexual para determinar los protocolos más eficientes en *P. tuberculatum*, Marroquín *et al.* (2015) establecieron tres ensayos de campo en los cuales compararon los factores que influían en el desarrollo de la planta: sustrato (oasis, tierra negra, cascarilla de arroz + arena + tierra negra de la zona + materia orgánica de cacao), hormona (hormonagro y sábila) y cantidad de nudos (1, 2, 3).

Los autores encontraron que los factores que incidieron positivamente en el establecimiento de las estacas fueron la parte de la planta y el sustrato. La parte basal fue más influyente en el enraizamiento que la parte apical y media. El sustrato con mezcla de cascarilla + arena + carbón molido y turba influyó de mejor manera en el proceso de enraizamiento de las estacas. Estos resultados permitieron el desarrollo de un protocolo de propagación.

Fenología reproductiva

Descripción de los patrones fenológicos

La metodología de Newstron *et al.* (1994) fue usada para medir y clasificar los patrones de floración. En este caso se evaluaron los patrones de la producción de frutos de las especies del dosel.

Las estrategias de floración en lo específico se han definido de la siguiente manera:

- Continua: por lo menos un individuo de una determinada especie muestra incesantemente flores durante todo el año (solo admiten un único intervalo de dos meses sin flores en anthesis).
- Episódica: los individuos producen flores en varios intervalos del año, cada uno por separado y presentan meses sin flores.
- Por temporada: los individuos producen flores una vez al año, por lo menos durante cuatro meses.

Ejemplos de floración continua se reportan en *P. aduncum*, *P. amalago*, *P. gaudichaudianum*, *P. glabratum* y *P. macedoi*, que presentan flores durante todo el año. Ejemplo de flores episódicas se encontró en *P. arboreum crassinervium*, que florecen al mismo tiempo. Floración en temporada fue observada en *P. mikanianum*, *P. mollicomum*, *P. regnelli*, *P. martiana* y *P. propinqua*, que florecen a finales de la temporada seca.

Las plantas de *Piper* que se encuentran en diferentes hábitats difieren en sus patrones fenológicos. Especies de los bosques presentan un patrón estacional, mientras que los indiferentes al hábitat presentaban un patrón de floración continua. Entre las especies de *Piper* con la floración continua, se mencionan: *P. amalago*, *P. glabratum* y *P. macedoi* que son polinizadas por insectos;

P. gaudichaudianum por el viento y *P. aduncum* por el viento y la polinización de insectos. La episódica es *P. arboreum*.

Guevara (2008) realizó un estudio sobre germinación de semillas de algunas especies de piperáceas colectando plantas que contenían hojas verdaderas, tallos maduros fenológicamente e inflorescencias definidas. Además, hizo colectas continuas para obtener material vegetal de las distintas especies. El material vegetal estuvo conformado por espigas maduras de cinco especies de *Piper* (*aduncum*, *eriodadum*, *cumanense*, *bogotense* y *subtomentosum*) colectadas en tres localidades. Las espigas se colectaron en diferentes épocas del año y a lo largo de varios años, seleccionándose de la región media varias plantas adultas mayores de 5 años de edad. Se consideraron espigas maduras porque tenían color negro y eran muy blandas al tacto. Estas fueron realizadas a partir de las inflorescencias recolectadas, se extrajeron las semillas de las cinco especies del género *Piper* que fueron empleadas durante un ensayo de germinación. Teniendo en cuenta que una vez ubicadas y referenciadas, las especies fueron llevadas al Herbario Nacional Colombiano para su determinación taxonómica hasta especie.

De cada una de las especies se tomaron las inflorescencias maduras para realizar el proceso de separación de semillas. Luego del anterior procedimiento, se elaboró un protocolo de desinfestación de las semillas, el cual se realizó de la siguiente manera: las semillas fueron lavadas con agua destilada y se separaron las semillas que fueron usadas durante la investigación. En el laboratorio, las semillas fueron esterilizadas superficialmente en grupos de 50 unidades, con alcohol etílico del 70 % e hipoclorito de sodio concentrado (Clorox® 5,25 % de cloro activo) con tres gotas de Tween®20 durante 10 minutos y posteriormente se enjuagaron con agua destilada esterilizada por tres veces consecutivas.

Después de haber realizado el protocolo de desinfección, se tomaron todas las semillas y algunas fueron colocadas en toallas absorbentes de papel y las otras en cajas de petri para ser llevadas al germinador eléctrico, en el cual se sometieron a una temperatura de 25 °C y una humedad relativa del 70 %; allí se observó el tiempo de germinación de cada una de las especies del género *Piper*.



Figura 1. Semillas de *Piper cumanense* y montaje en germinador
Fuente: Guevara (2008).

Al momento que se observó la emergencia de la radícula, se concluyó que ya habían germinado las semillas, las cuales fueron dejadas por cinco días más en el germinador eléctrico para que se produjera el enderezamiento en el hipocótilo de estas (figura 1). Después de esto, las plántulas del género *Piper* fueron llevadas a un medio de sustrato, el cual se realizó en bandejas para germinación o bolsas negras de 200 g con sustrato (figura 2).



Figura 2. Plántulas y plantas de *Piper cumanense* con dos pares de hojas verdaderas
Fuente: Guevara (2008).

Sistemas de cruzamiento en piperáceas

La mayoría de las especies *Piperaceae* son hermafroditas, reportan Figueredo y Sozima (2000), con la excepción de *Piper arboreum* que tiene algunas inflorescencias con solo flores masculinas y otras con hermafroditas. La andromonoecia no ha sido previamente registrada en *Piperaceae* (Tebbs, 1993), aunque Ollerton (1996) reporta un individuo de una *Piper* australiana monoica, especie que lleva inflorescencias solamente masculinas. La relación de inflorescencias estaminadas a hermafroditas es 0,53 en *P. arboreum*, que muestra la formación más baja de frutos entre el *Piperaceae*.

Los sistemas de cruzamiento de *Piperaceae* son conocidos en solo muy pocas especies: la paleotropical *P. nigrum* y la neotropical *P. arieianum*, que son autocompatibles (Martin y Gregory, 1962; Marquis, 1988; Sasikumar *et al.*, 1992), y la especie *P. methysticum* paleotropical que es autoincompatible (Prakash *et al.*, 1994).

Reproducción vegetativa

La reproducción asexual o clonal permite el crecimiento de la planta, lo cual constituye una ventaja tanto para ocupar espacios en los que los recursos del suelo se encuentran en los parches, como para invadir y desplazar a especies competidoras. Silvertown, Doust y Lovett (1993) plantearon la hipótesis de que el crecimiento clonal puede ser hallado donde la selección favorece la reproducción temprana, como en hábitats perturbados.

Gartner (1989) demostró que primero las plantas piperáceas se reproducen vegetativamente y que estas son morfológicamente bien adaptadas para sobrevivir en un hábitat con una elevada incidencia de daños a la planta debido a la caída de materiales vegetales en bosques. Además, las piperáceas se recuperan rápidamente después de los daños, lo que les ayuda a persistir en el cambio de emplazamientos. En otro estudio en el mismo sitio de Costa Rica, Greig (1993) dividió las piperáceas en dos grupos: las exigentes en luz, pioneras de las especies, cuya principal forma de reproducción es la producción de semillas; y las tolerantes a la sombra, las especies de sotobosque, que son capaces de reproducirse vegetativamente.

Se han verificado los casos de reproducción vegetativa de la especie brasileña *Piper* a través de un análisis de partes subterráneas de la planta. La ausencia de una raíz pivotante y la presencia de rastros de rizomas son indicativas de una reproducción vegetativa. Se sabe también que se reproduce a través de la brotación de ramas rotas y cuando surgen las raíces de la fragmentación de tallos postrados o ramitas (Gartner, 1989; Greig, 1993). Los autores encontraron cuatro modos de propagación vegetativa en piperáceas: ramas que se parten, ramas postradas en el suelo, la fragmentación de las ramas secundarias y la fragmentación de los rizomas (Mauseth, 1991).

La producción de plantas nuevas por ramas de reposición se produce cuando las ramas se parten de la base de la planta de *Piper* después de sufrir lesiones en sus ramas principales. Estas ramas de reposición son más delgadas que los originales, presentan una mayor longitud entre los nudos y no tienen ramificaciones secundarias. Ellos tienen un crecimiento más rápido y más alto que las ramas principales. Este tipo de propagación vegetativa se encuentra en *P. aduncum*, *P. arboreum*, *P. gaudichaudianum*, *P. glabratum*, *P. macedoi*, *P. mikanianum*, *P. regnelli*, *P. martiana* y *P. propinqua* (Greig y Mauseth, 1991).

Los tallos secundarios postrados en el suelo producen raíces y ramas secundarias en los nudos, y la rama original puede pudrirse lejos, por lo que se forman individuos independientes. Este tipo de multiplicación vegetativa ocurre en *P. arboreum*, *P. mikanianum*, *P. martiana* y *P. propinqua*. Fragmentos de ramas en el suelo pueden desarrollar raíces en los nudos, ramas secundarias y establecerse como plantas independientes. Este tipo de reproducción vegetativa se encuentra en *P. glabratum*, *P. mikanianum*, *P. martiana* y *P. propinqua*. Por último, rizomas y estolones pueden dar lugar a nuevos individuos después de su fragmentación. Este tipo de reproducción asexual se produce en *P. mikanianum*, *P. regnelli*, *P. martiana* y *P. propinqua* (Greig y Mauseth, 1991; Greig, 1993).

Greig (1993) identificó tres grupos para especies de *Piper* brasileñas, con base en características relacionadas con la reproducción vegetativa. La primera comprende unas especies que no muestran reproducción vegetativa: *P. amalago*, *P. crassinervium* y *P. mollicomum*. La primera de estas dos especies es exigente en luz, mientras que las otras son tolerantes a la sombra. El segundo grupo está representado por *P. mikanianum*, *P. martiana* y *P. propinqua*, los cuales son tolerantes a la sombra. Estas tres especies muestran los cuatro modos de reproducción asexual antes mencionados.

El tercer grupo está integrado por tolerantes a la sombra y exigentes a luz, que muestran solo uno o dos modos de reproducción vegetativa. La propagación vegetativa es un importante modo de reproducción en el uso de hierbas y arbustos creciente en climas templados (Bierzychudek, 1982) y en los bosques tropicales. Greig (1993) encontró que las ramas y el reposicionamiento de enraizamiento después de que las ramas eran postradas, son mecanismos de reproducción vegetativa común entre las especies de *Piper* en América Central.

Celis *et al.* (2008) realizaron un ensayo con el fin de estudiar el enraizamiento de estacas de la parte media y basal del tallo de cinco especies de la familia *Piperaceae*, en la granja La Esperanza de la Universidad de Cundinamarca ubicada en Fusagasugá.

Los valores más altos para la variable del porcentaje de enraizamiento se presentaron en un primer ensayo para la especie *Piper el-bancoanum* con el sustrato de cascarilla seca más cascarilla quemada más turba (2:2:1), estaca de la parte basal y sin polisombra; y *Piper eriopodon* con el sustrato de cascarilla seca más cascarilla quemada más turba (2:2:1), estaca de la parte media y sin polisombra. Así mismo, los valores más bajos se presentaron en las especies *Piper cumanense* y *Piper CMF 50*.

En las condiciones en las que se realizó el ensayo, se concluye que el mejor método de propagación de las especies de esta familia es el asexual por estacas, utilizando el tipo de estaca, sustrato y sombra de acuerdo con los factores ambientales que se presentan en el lugar de origen de colecta de la especie.



Figura 3. Reproducción asexual
a) estaca b) estacas basales c) riego por nebulización
Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Cultivo de tejidos

Debido a la presencia de varios principios activos y al gran interés de la industria de alimentos y de cosméticos, las piperáceas han sido objeto de muchas investigaciones fitoquímicas, principalmente por la presencia de antioxidantes. Las especies del género *Piper* contienen diversos tipos de metabolitos, entre los que se destacan las amidas, flavonoides, kavapirona, lignanos, neolignanos, piperolidos, propenilfenoles y terpenos, entre los más conocidos (Parmar *et al.*, 1997). Carmona (2013) reporta la actividad biocida del género *Piper* (insecticida, fungicida y bactericida) asociada a la toxicidad; esta actividad radica en los diferentes metabolitos secundarios (flavonoides, terpenos, cumarinas, compuestos fenólicos, saponinas y esteroides). Parra (2011) afirma que muchas sustancias obtenidas de especies de *Piper* han sido utilizadas tradicionalmente como insecticidas, especias y fitomedicamentos.

El cultivo de tejidos vegetales *in vitro* es uno de los métodos más rápidos para la producción de plantas. También el cultivo de tejidos ha demostrado éxito en la producción de enzimas y metabolitos secundarios (Roca *et al.*, 2001). Esta ventaja es debido al

hecho de que pueden ser cultivadas en condiciones controladas y por eso no son influenciadas por variaciones estacionales. Otra ventaja del cultivo *in vitro* es la posibilidad del control de medios de cultivo.

El crecimiento y la morfogénesis de los cultivos de tejidos *in vitro* dependen de factores físicos, bioquímicos y fisiológicos; el ambiente tiene una gran influencia sobre el genotipo, así como la composición del medio en el cual será inoculado (George, 1993). Los reguladores estimularán o reprimirán las actividades en las cantidades del explante, llevando a respuestas de crecimiento, diferenciación, alongamiento, multiplicación y enraizamiento. La concentración y la estabilidad de la temperatura del regulador durante la preparación y esterilización del medio de cultivo, influyen en la ocurrencia de estos factores.

En *Piper umbellata*, afirman Cesty *et al.* (2007), la micropropagación mediante organogénesis directa a partir de segmentos de hojas es más viable, ya que la obtención de plántulas vía semillas ocasiona problemas porque las semillas presentan graves inconvenientes con la germinación.

Plántulas mantenidas en el tratamiento testigo (sin aplicación) mostraron hojas grandes y buen desarrollo de las raíces. A los 60 días, las plantas presentaron en promedio 3,8 brotaciones/planta. Los tratamientos T1 (1,425 cm) y T3 (1,46 cm) no mostraron diferencia significativa en relación con el diámetro de los callos, mientras que el tratamiento T2 (1,72 cm) obtuvo la mayor significación. Se observó una correlación positiva entre el diámetro de los callos y el número de las plántulas formadas. El mejor resultado obtenido por Pereira *et al.* (2000) fue NAA 0,5 mg.L⁻¹ y BAP 0,5 mg.L⁻¹, en el cual se obtuvieron 3,6 yemas/callos.

Después de la formación de las brotaciones, el material vegetal fue transferido para el medio de alongamiento, tal como fue

propuesto por Pereira *et al.* (2000) (GA3 y BAP) y para el medio MS. Todas las plántulas obtenidas presentaron raíces, *P. umbellata* muestra gran potencial organogénico a partir de las hojas, no solo por la formación de las brotaciones, sino también de las raíces; los autores afirman que este potencial está directamente relacionado con la presencia de reguladores exógenos en el medio de cultivo. Durante la aclimatación, a pesar de que existen algunas informaciones en un trabajo en el cual los autores trasplantaron plántulas de *P. umbellata* para cajas de petri, utilizando como sustrato Plantimax, con una humedad del 70 %, en este se utilizó otro procedimiento más práctico y barato para estar más al alcance de los investigadores y agricultores. El sustrato utilizado se mostró óptimo para el desarrollo de la planta *P. umbellata*, con una buena capacidad de retención de humedad, lo cual permitió un buen drenaje de agua y buena aeración para el sistema radicular. Se debe resaltar la simplicidad y practicidad del sustrato utilizado, el cual fue hecho con restos vegetales en un 90 % y estiércol de aves en un 10 %. Además fueron utilizadas botellas de gaseosa (2 l), no solo utilizada para disminuir los costos, sino por ser ecológico.

Los principales obstáculos para el cultivo de tejidos de *Piper methysticum* son los contaminantes endógenos. A pesar de los estrictos procedimientos de esterilización de superficie, la descontaminación no ha tenido éxito en el pasado. En vista de este problema, que impide el establecimiento de *P. methysticum in vitro*, los diferentes enfoques de descontaminación han sido investigados. El uso de explantes de las plantas tratadas se prefiere, ya que mostró un limitado grado de contaminación y el retraso en la aparición de contaminantes. La descontaminación y las estrategias sugeridas se basan en los resultados de estas investigaciones, el procedimiento de descontaminación y el conocimiento de los efectos de fitotoxicidad de los desinfectantes y antibióticos de kava.

Santana *et al.* (2009) establecieron una investigación con *Piper solmsianum*, una hierba perenne del sureste de Brasil, que contiene muchos compuestos biológicamente activos. El objetivo de este trabajo fue establecer una suspensión de células de esta especie. Para ello, se utilizó explantes de hojas y los pecíolos, tomados de plántulas *in vitro*, que fueron sometidas a diferentes combinaciones de reguladores de crecimiento (AIA, ANA, 2,4-D y BAP). Se obtuvo una nueva formación de raíces y brotes, estos últimos a través del proceso de organogénesis indirecta. Para la inducción de callos y el crecimiento se evaluaron diferentes combinaciones de reguladores de crecimiento, con suplementos al medio de cultivo de carbón activado ($1,5 \text{ mg.l}^{-1}$) y efecto de la luz. Cultivos mantenidos a luz, en un medio suplementado con $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ de 2,4-D y BAP 2 mg.l^{-1} y sin carbón activado muestran como resultado un mayor crecimiento de callos. A partir de estos callos, se obtuvieron suspensiones celulares, cuya dinámica de crecimiento y acumulación de metabolitos se estudió. La resultados deben ser utilizados para la caracterización de las rutas de biosíntesis de los cultivos *in vitro* de *P. solmsianum*.

Delgado *et al.* (2012) realizaron estudios para establecer un protocolo de germinación de semillas *in vitro* y propagación clonal, a partir de ápices caulinares y segmentos nodales, y organogénesis directa de varias especies de *Piper*, a partir de diversos explantes para la inducción de brotes organogénicos.

Silva *et al.* (2014) estudiaron la especie *Piper aduncum* L., que tiene un gran potencial para la exploración económica debido a la probada actividad de su aceite esencial que tiene uso en la agricultura y en la salud humana. Los autores utilizaron una técnica que mejora su propagación, como el cultivo de tejidos. Estudiaron algunos parámetros que deben determinarse para obtener el cultivo con éxito *in vitro*. Así, este estudio tuvo como objetivo determinar la concentración de sales del Medio MS, temperatura, luminosidad y

calidad de la luz para el cultivo *in vitro* de esta especie. El cultivo *in vitro* de *Piper aduncum* con buen éxito tiene como condiciones recomendadas el medio 1 / 4MS, temperatura ambiente de 25 °C, la intensidad de luz de 73 mol · m⁻² · s⁻¹ y ambientes con luz roja.

Estos resultados son importantes, ya que permiten la conservación *ex situ* del material genético, debido a la recalcitrancia de las semillas y el intercambio de germoplasma que minimizan el riesgo de transferir plagas y enfermedades. Además pueden apoyar una estrategia de domesticación, multiplicación y aclimatación a gran escala de las especies en riesgo, que permita establecerlas en su ambiente natural e iniciar trabajos que lleven al establecimiento de suspensiones celulares con el propósito de inducir la biosíntesis de diferentes metabolitos secundarios. De esta forma, se estaría contribuyendo con la conservación de la diversidad de especies de *Piper* de Brasil, Ecuador, Perú y Colombia, y la preservación del acervo etnobotánico de las poblaciones que conforman ampliamente el sector rural de estos países.

Referencias

- ÁLVAREZ, J. Y ROA, A. (2008). *Protocolo para la adecuación de un jardín in-vivo y ex situ de especies de la familia Piperaceae, en la granja La Esperanza (Guavio Bajo - Fusagasugá)*. Tesis de grado, Universidad de Cundinamarca.
- AZCÓN-BIETO Y TALÓN, N. (1993). *Fisiología y bioquímica de plantas*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
- ARNASON J. T., DURST, T. Y PHILOGENE, B. J. R. (2005). Phytochemical discovery of new botanical insecticides. (pp. 37-46). En R. C., Regnault, B. J. J. Philogene y C. Vincent (eds.), *Biopesticides of plant origin*. París: Lavoiser and Intercept.

- BIERZYCHUDEK, P. (1982). Life histories and demography of temperate forest herbs: a review. *New Phytologist*, 90, 757-776.
- BORCHERT, R. (1983). Phenology and control of flowering in tropical trees. *Biotropica*, 15(2), 81-89.
- CELIS, A., MENDOZA, C., PACHÓN, M. E., DELGADO, W. Y CUCA, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores con énfasis en la familia *Piperaceae*. Una revisión. *Agron. Colombiana*, 26(1). Bogotá.
- CELIS, A., MENDOZA, C. Y PACHÓN, M. E. (2012). Establishment of a garden *in vivo* and *ex situ* of species of *Piperaceae* in Fusagasugá, Colombia. *Acta Horticulturae*, 964, 191-196.
- CESTY, C., SÁENZ, E. Y PACE, P. (2007). Micropropagación de *Pothomorphe umbellata* (L.) Miq. vía organogénesis directa. *Rev. Cubana Plant. Med.*, 12(4).
- DELGADO, G., KATO, M., VÁSQUEZ, N., MINCHALA, J. Y ROJAS, C. (2012). Cultivo de tejidos de *Piper* sp. (*Piperaceae*): Propagación, organogénesis y conservación de germoplasma *in vitro*. *Rev. Colomb. Biotecnol.*, XIV(2), diciembre, 49-60.
- DELGADO, W., PACHÓN, M. E., CELIS, A., MENDOZA, C., DAZA, M. Y CUCA, L. E. (2008). *Informe técnico Proyecto: "Bioprospección participativa de comunidades vegetales asociadas a la familia Piperaceae en la región del Sumapaz medio y bajo occidental"*. Colciencias, Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Cundinamarca.
- DUKE, J. A. (1990). New crops survey. En J. Janick y J. E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. (pp. 54-57). Timber Press, Portland, OR. Recuperado de <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1990/v1-054.html>
- EYZAGUIRRE, P. B., PADULOSI, S. Y HODGKIN, T. (1999). IPGRI's strategy for neglected and underutilized species and the human

- dimension of agrobiodiversity. En S. Padulosi (ed.), *Priority setting for underutilized and neglected plant species of the Mediterranean Region*. Report of the IPGRI Conference, 9-11 February 1998, ICARDA, Aleppo, Syria. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- FAO. (1992). Cultivos marginados. Otra perspectiva de 1492. *Producción y protección vegetal*, 26. Roma: FAO.
- GENTRY, A. Y DODSON, C. (1987). Contribution to non-trees to the species richness of a tropical rain forest. *Biotropica*, (19), 149-156.
- GEORGE, E. F. (1993). *Plant propagation by tissue culture. The technology*. Edington: Exegenetics Ltd.
- GREIG, N. (1993). Regeneration mode in Neotropical *Piper*: hábitat and species comparisons. *Ecology*, 74(7), 2125-2135.
- GREIG, N. Y MAUSETH, J. D. (1991). Structure and function of dimorphic prop roots in *Piper auritum* L. *Bul. Torrey Bot. Club*, (118), 176-183.
- GUEVARA, M. (2008). *Estudio de la fisiología de las semillas y de las plántulas del género Piper colectadas en la provincia del Sumapaz*. Trabajo de grado, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Ingeniería Agronómica, Fusagasugá.
- HARTMAN, H. Y KESTER, D. (1992). *Propagación de plantas: principios y prácticas*. México: Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V.
- HEWETT, E. W. (1993). New horticultural crops in New Zealand. En J. Janick y J. E. Simon (eds.). *New crops*. (pp. 57-64). Wiley, Nueva York.
- IPGRI. (2002). *Neglected and underutilized plant species: Strategic Action Plan of the International Plant Genetic Resources Institute*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

- JANNICK, J. (2001). New Crops for the 21st Century. En J. Nösberger, H. H. Geiger y P. C. Struik (eds.), *Crop Science Progress and Prospects*. CAB International.
- JARAMILLO, M. Y MANOS, P. (2001). Phylogeny and patterns of floral diversity in the genus *Piper* (*Piperaceae*). *American Journal of Botany*.
- JOSHI, K. D., SUBEDI, M., RANA, R. B., KADAYAT, K. B. Y STHAPIT, B. R. (1997). Enhancing on-farm varietal diversity through participatory varietal selection: a case study for chaite rice in Nepal. *Experimental Agriculture*, 33(3), 335-344.
- KARP, A., KRESOVICH, S., BHAT, K. V., AYAD, W. G. Y HODGKIN, T. (1997). Molecular tools in plant genetic resources conservation: a guide to the technologies. *IPGRI Technical Bulletin*, 2. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- KISMAN, S. (1990). Regeneration for fragmentation in tropical montane forest shrubs. *American Journal of Botany*, (77), 1626-1633.
- MARQUIS R. J. (1988). Phenological variation in the Neotropical understory shrub *Piper arieianum*: causes and consequences. *Ecology*, (69), 1552-1565.
- MARQUIS, R. J. (2004). Biogeography of Neotropical *Piper*. En L. A. Dyer y A. D. Palmer (eds.), *Piper: a model genus for studies of chemistry, ecology, and evolution*. Kluwer Academic/Plenum Publishers, Nueva York. (pp. 78-94).
- NEWSTROM, L. E., FRANKIE, G. W., BAKER, H. G. Y COLWELL, R. K. (1994). Diversity of long term flowering patterns. En L. A. McDade, K. S. Bawa, H. A. Hespenheidae y G. S. Hartshorn (eds.). *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest*. Chicago, EE. UU. University of Chicago Press. (pp. 142-160).
- MARROQUÍN, A., GUERRERO, D., GÓMEZ, A. Y OTERO, J. (2015). *Propagacion vegetativa del pipilongo (Piper tuberculatum)*. VII

Congreso Colombiano de Botánica: biodiversidad y país.
Manizales, Colombia.

- MORA-OSEJO, L., ARENAS, H., BECERRA, N. Y GUTIÉRREZ, B. (1994). La regulación de la transpiración momentánea en plantas del páramo por factores endógenos y ambientales. En L. E. Mora-Osejo y H. Sturm (eds.), *Estudios ecológicos del páramo y del bosque altoandino Cordillera Oriental de Colombia, II(6)*, (pp. 89-151). Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Colección Jorge Álvarez Lleras, Bogotá.
- MORICO, G., GRASSI, F. Y FIDEGHELLI, C. (1999). Horticultural genetic diversity: conservation and sustainable utilization and related international agreements. *Acta Horticulturae*, (495), 233-244.
- NEWSTROM, L. E., FRANKIE, G. W. Y BAKER, H. G. (1994). A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. *Biotropica*, (26), 141-159.
- OPLER, P. A., FRANKIE, G. W. Y BAKER, H. G. (1980). Comparative phenological studies of shrubs and treelets in wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *Journal of Ecology*, (68), 167-186.
- PADULOSI, S. (ed.). (1999). *Priority setting for underutilized and neglected plant species of the Mediterranean Region*. Report of the IPGRI Conference, 9-11 February 1998, ICARDA, Aleppo, Syria. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.
- PADULOSI, S., EYZAQUIRRE, P. Y HODGKIN, T. (1999). Challenges and strategies in promoting conservation and use of neglected and underutilized crop species. En J. Janick (ed.), *Perspectives on new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, EE. UU., pp. 140-145.

- PADULOSI, S., HODGKIN, T., WILLIAMS, J. T. Y HAQ, N. (2002). Underutilized crops: trends, challenges and opportunities in the 21st Century. En J. M. M. Engels *et al.* (eds.), *Managing plant genetic resources*, pp. 323-338. CABI-IPGR.
- PARMAR, V., SUBHASH, S., JAIN, C., BISHT, K. S., JAIN, R., TANEJA, P., JHA, A., TYAGI, O. D., PRASAD, A. K., WENGEL, J., OLSEN, C. E. Y BOLL, P. M. (1997). *Phytochemistry of the genus Piper*. *Phytochem*, 46(4), 597-673.
- PENAGOS, C. H. (2007). *Evaluación del enraizamiento de Piper aduncum, bajo tres sustratos y tres estimulantes de crecimiento, en condiciones naturales en el municipio de Fusagasugá*. Tesis de grado, Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá.
- PEREIRA, A. M., BERTONI, B. W., APPEZZATO-DA-GLORIA, B., ARAÚJO, A. R., JANUÁRIO, A. H Y LOURENÇO, M. V. (2000). Micropropagation of *Pothomorphe umbellata* via direct organogenesis from leaf explants. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, (60), 47-53.
- QUIJANO, M. A., CALLEJAS, R. M. Y MIRANDA, D. R. (2006). Areas of endemism and distribution patterns for Neotropical *Piper* species (*Piperaceae*). *Journal of Biogeography*, (33), 1266-1278.
- SANTANA, T., SANTA CATARINA, C., VANILDO, S. Y KATO, J. (2009). In vitro morphogenesis and cell suspension culture establishment in *Piper solmsianum* C. DC. (*Piperaceae*). *Acta Bot. Bras.*, 23(1), 274-281.
- SCHELDEMAN, X., VAN DAMME, P. Y UREÑA, J. V. (2002). Improving cherimoya (*Annona cherimola* Mill) cultivation exploring its center of origin. *Acta Horticulturae*, 575.
- SILVA, S. T., PACHECO, F. V., ALVARENGA, I. C. A., PINTO, J. E. B. P., BERTOLUCCI, S. K. V. Y FERREIRA, C. P. (2014). Optimization of the protocol for the in vitro cultivation of *Piper*

aduncum L. *American Journal of Plant Sciences*, (5), 3474-3482.

SILVERTOWN, J. W., LOVETT DOUST, J. (1993). *Introduction to plant population biology*. (Third edition). Oxford: Blackwell Scientific Publications.

VAN SCHAIK, C., TERBORGH, J. Y WRIGHT, S. (1993). The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. *Annual Review of Ecology and Systematics*, (24), 353-377.

WIJERATNAM, R. S. W. (2000). Identification of problems in processing of underutilized fruits of the tropics and their solutions. *Acta Horticulturae*, 518.

WILSON, E. O. (1992). *The diversity of life*. London: Penguin.

WRIGHT, S. J. (1991). Seasonal drought and the phenology of understorey shrubs in a tropical moist forest. *Ecology*, (72), 1643-1657.

Capítulo IV: Conservación de un jardín in vivo y ex situ de plantas piperáceas en el Sumapaz

Álvaro Celis Forero¹, Andrea Roa B.² y Johanna Álvarez M.³ (Udec)

Introducción

Colombia posee un enorme potencial en términos de especies vegetales; el total de especies vasculares silvestres se calcula entre 40 000 y 50 000 (lo cual coloca al país como el segundo en el mundo después del Brasil en cuanto a riqueza florística). Estas especies tienen el potencial de ser vinculadas a la economía sin procesos de cambio genético, o utilizando su mejoramiento genético por el aporte valioso que puedan representar para programas de fitomejoramiento de estirpes cultivadas. Sin duda, muchas especies podrán aportar productos aun enteramente desconocidos, una vez que se investiguen sus propiedades y su verdadero potencial económico. Podrán ser utilizadas en forma sustentable a través de planes de manejo para actividades extractivas que no agoten el recurso, o por medio de prácticas de fomento que incluyan silvicultura, agroforestería o cultivos, con o sin previo mejoramiento genético.

¹ I. A., M. C. Oficina de Investigaciones, Universidad de Cundinamarca.

² I. A., M. C. Universidad de Chile.

³ I. A. Extensionista Comité de Cafeteros de Cundinamarca.

Desde luego, otras especies silvestres afines a las cultivadas podrán ser empleadas ventajosamente en procesos de mejoramiento de estirpes cultivadas, todo ello sin contar con un gran número de cultivares conocidos por las poblaciones indígenas y campesinas en general, aunque aún no suficientemente conocidos por la comunidad científica; muchos de estos corren el riesgo de desaparecer por diversas causas, entre las cuales se destacan la aculturación, la expansión de economías de mercado, la implantación de nuevos cultivos producto de prácticas de biotecnología y el fitomejoramiento en campo (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1996).

La pérdida de biodiversidad es un proceso acelerado que lleva a la desaparición de especies nativas sin haber conocido a fondo sus características y usos potenciales. Los bancos de germoplasma de plantas poseen colecciones de material vegetal con objeto de mantenerlas vivas y preservar sus características para el futuro beneficio de la humanidad y del ambiente.

La humanidad ha buscado preservar la diversidad biológica desde tiempos inmemoriales. Por medio de decretos que datan del siglo XII antes de Cristo, se codificaba la conservación de recursos genéticos de plantas y animales en China e India. Hasta el establecimiento de los modernos bancos de germoplasma, cuyo desarrollo fue fuertemente influenciado por los trabajos de Vavilov, los recursos fitogenéticos se mantenían *in situ* en los ecosistemas silvestres o en las parcelas de los agricultores, o *ex situ* en jardines botánicos, que incluían no solo variedades agrícolas, sino también plantas ornamentales (Plucknett *et al.*, 1987).

Investigaciones recientes han reportado la disminución de los bosques secos de América Central y del Sur, principalmente debido a intervención antrópica con fines económicos (IAVH, 1998; Padilla y

Halffter, 2007). El estudio de grupos focales es una de las estrategias sugeridas para entender qué tipo de procesos han intervenido en la diversificación de sus especies y la transformación antrópica de estos ecosistemas (Pennington et al., 2004).

Piper está conformado por aproximadamente 2000 especies y es considerado uno de los más diversos de las angiospermas (Gentry, 1982). Análisis filogenéticos recientes reconocen 11 clados dentro del género: *Macrostachys*, *Radula*, *Peltobryon*, *Pothomorphe*, *Isophyllom*, *Enckea*, *Ottonia*, *P. cinereum*/*P. sanctum*, *Schilleria*, *Piper s.s* y *Macropiper*, los cuales se distribuyen en tres grandes regiones geográficas: Neotrópico, Asia tropical y Pacífico sur (Callejas, 1986; Jaramillo y Manos, 2001; Jaramillo et al., 2008). Algunos estudios han identificado una alta diversidad y abundancia de las especies de *Piper* distribuidas en los bosques húmedos (Gentry, 1982; Marquis, 2004; Jaramillo, 2006; Quijano et al., 2006). Una de las propuestas más detalladas es la de Marquis (2004), quien comparó la diversidad y abundancia del género en 38 localidades correspondientes a diferentes zonas de vida del neotrópico (bosques deciduos, semideciduos, mesofíticos, siempreverdes, montanos húmedos, galería, caatinga y varzea), y se encontró que la mayor abundancia y diversidad de especies de *Piper* se encuentra en bosques húmedos de zonas bajas en América Central y el norte de América del Sur, lo cual fue confirmado por el análisis biogeográfico de Quijano et al. (2006). Asimismo, Gentry y Emmons (1987) afirmaron que las altas tasas de abundancia y diversidad de *Piper* en estos bosques son debidas a un posible origen del género en este tipo de ambientes.

La conservación de recursos *in situ*, es decir, en su hábitat natural, la conservación en finca y en bancos de germoplasma es crecientemente visualizada por agencias internacionales de cooperación, como estrategias complementarias. Se ha supuesto que la conservación *in situ* permite la evolución de las especies en su

medioambiente, lo cual se ve de alguna manera afectado cuando los materiales son transferidos *ex situ*. La FAO propone la elaboración de un inventario nacional completo de los recursos filogenéticos de plantas cultivadas en cada país, de sus parientes silvestres, ecosistemas y conocimiento tradicional asociado con esos recursos (Rojas *et al.*, 2002).

La conservación *in situ* se refiere al mantenimiento de una especie en su hábitat natural. En términos concretos, la conservación *in situ* requiere la conservación del ecosistema completo (aspectos naturales y culturales) del cual hace parte la planta. La conservación *in situ* no es una provisión directa de genes para el mejoramiento, pero preserva los procesos evolutivos que producirán nuevo germoplasma en el futuro (Brush *et al.*, 1998). En ecosistemas naturales se preserva su integridad manteniendo todo el complejo de especies. De la misma forma, la conservación en finca, una de las modalidades de conservación *in situ*, requiere el mantenimiento del agroecosistema y el elemento humano cultivador. La conservación *in situ* es especialmente útil para especies en las cuales no hay forma de establecer o regenerar fuera de sus ambientes naturales. También es posible encontrar algunas ventajas al conservar de esta forma especies con semilla no ortodoxa y algunas especies de reproducción vegetativa (FAO, 1996).

La conservación *ex situ* es la forma más frecuente para salvaguardar poblaciones con presente o potencial peligro físico de destrucción, reemplazo (como en el caso del desplazamiento de variedades locales o de agricultor por modernas variedades) o deterioro genético (FAO, 1996). En la conservación *ex situ*, los recursos genéticos se conservan fuera del hábitat original. La forma más común es por medio de semillas ortodoxas, lo que representa más del 90 % de las colecciones existentes de germoplasma. Otras

formas de conservación *ex situ* son los bancos de campo (*in vivo*), la conservación *in vitro* y la criopreservación (Okada, 1994).

La conservación *ex situ* de los recursos genéticos agrícolas en los países tropicales andinos se ha desarrollado a lo largo y ancho de los cinco países. Se realiza fundamentalmente a través de los bancos de germoplasma y constituye un complemento indispensable de la conservación *in situ* ya reseñada. Los países andinos han creado sus propios centros de almacenamiento y desarrollado programas específicos sobre germoplasma de interés para su agricultura, tanto de las especies autóctonas como de las especies exóticas fundamentales para el desarrollo de la agricultura (González, 2002).

Entre los principales objetivos de los jardines como estrategia de colecta están: relevamiento, identificación y recolección del material en áreas protegidas, estudio de la fisiología de las semillas (viabilidad y características germinativas), conservación de semillas en condiciones de baja temperatura y humedad, ajuste de técnicas de micropropagación *in vitro*, conservación de meristemas y plantas completas *in vitro* en condiciones de crecimiento limitado, implantación de huerto clonal con ejemplares obtenidos mediante técnicas de macropropagación y micropropagación *in vitro* y caracterización y evaluación del material regenerado, mediante técnicas bioquímicas y moleculares (Abendini *et al.*, 2000).

Los bancos de germoplasma se han beneficiado de la existencia de tecnologías como la refrigeración y otras para el mantenimiento del germoplasma en estado viable. Hoy se puede hablar de diversos tipos de conservación de germoplasma: bancos de semillas, colecciones en el campo e *in vitro*, y a ellas deben sumarse otras formas de conservar los recursos genéticos, tales como la criopreservación y el almacenamiento de polen. Las especies con semillas ortodoxas, es decir que se pueden almacenar por largos

períodos en condiciones predeterminadas, como un bajo grado de humedad, son almacenadas en bancos de semillas. Entre estas sobresalen las colecciones de maíz y trigo mantenidas en el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), en México. Se estima que cerca de 5,5 millones de accesiones se encuentran almacenadas en los bancos de germoplasma en el ámbito mundial (Rojas *et al.*, 2002).

Con respecto al género *Piper*, Knudsen (2000) reporta en el Centro de Investigación Agroforestal EMBRAPA, ubicado en Acre (Brasil), la presencia de una colección de *Piper aduncum* 8 especies silvestres, *Piper hispidinervum* 34 especies silvestres y *Piper hispidum* 2 especies silvestres conservadas como banco de germoplasma de especies forestales.

El propósito de este trabajo fue conservar germoplasma vegetal nativo de especies de la familia *Piperaceae* como un jardín clonal *in vivo* y *ex situ*.

Metodología

La investigación se llevó a cabo en el invernadero de enraizamiento y propagación perteneciente al proyecto de Bioprospección Universidad de Cundinamarca - Universidad Nacional de Colombia, ubicado en la granja La Esperanza, vereda Guavio Bajo, municipio de Fusagasugá, Cundinamarca, con las siguientes condiciones ambientales: altura sobre el nivel del mar: 1450 m s. n. m., temperatura promedio diurna: 35 °C, temperatura promedio nocturna: 15 °C, humedad relativa promedio: 70 %.

Material vegetal

Se colectaron plantas que contenían hojas verdaderas, tallos maduros fenológicamente e inflorescencias definidas; se realizaron continuas colectas para obtener material vegetal de las distintas especies, y las

colectas fueron realizadas en los municipios de Fusagasugá, Granada, Sylvania, Pasca, San Bernardo y Arbeláez (tabla 1).

Tabla 1. Colectas realizadas en Sumapaz medio y bajo occidental (2008).

Acc	Especie	Municipio	Vereda	Altura m s. n. m.
CMF32	<i>Piper el-bancoanum</i>	Fusagasugá	Tierra Negra	1480
CMF41	<i>Piper arboreum</i>	San Bernardo	Andes, sector El Gualilo	2102
CMF19	<i>Piper artanthe</i>	San Bernardo	Andes, sector El Gualilo	2103
CMF20	<i>Piper eriopodon</i>	San Bernardo	Andes, sector El Gualilo	2110
CMF21	<i>Piper hondonaense</i>	San Bernardo	Andes, sector El Gualilo	2116
CMF23	<i>Piper aduncum</i>	San Bernardo	San Francisco	1600
CMF46	<i>Piper peltatum</i>	Pandi	Mercadillo	1178
CMF45	<i>Piper marginatum</i>	Pandi Arbeláez	Mercadillo	1180
CMF23	<i>Piper holtonii</i>		San Antonio. Finca Tawy	1441
CMF42	<i>Peperomia 1</i>	Arbeláez	San Antonio. Finca Tawy	1440
CMF43	<i>Peperomia 2</i>	Arbeláez	San Antonio. Finca Tawy	1430
CMF41	Herbácea	Arbeláez	San Antonio. Finca Tawy	1440
CMF41	Herbácea	Tibacuy	Bateas	1279
CMF50	<i>Piper marginatum</i>	Tibacuy	Bateas	1279
CMF7	<i>Piper aduncum</i>	Fusagasugá	Guavio Bajo	1440
CMF20	<i>Piper eriopodon</i>	Tibacuy	La Cajita, vía Ocobo	1540

CMF51	Peperomia 3	Tibacuy	Balonda, km 32,1 vía a Quininí	1740
CMF17	<i>Piper aduncum</i>	Tibacuy	Albania, km 32,7 vía Bateas	1766
CMF19	<i>Piper eriopodon</i>	Tibacuy	Albania, km 31,6 base del cerro del Quininí	1771
CMF9	<i>Piper aduncum</i>	Fusagasugá	Bosachoque	1585
CMF37	<i>Piper el-bancoanum</i>	Fusagasugá	Jordán alto	1850
CMF19	<i>Piper eriopodon</i>	Tibacuy	Vía Tibacuy, km 13,9	1488
CMF13	<i>Piper aduncum</i>	Fusagasugá	Manga del Charco	1545
CMF42	<i>Peperomia 1</i>	Tibacuy	Granja La Portada	1473
CMF25	Herbácea	Fusagasugá	Usatama Bajo	1364
CMF26	<i>Piper cumanense</i>	Fusagasugá	Usatama Bajo	1359
CMF36	<i>Piper bogotense</i>	Granada	San José Bajo	2540
CMF18	<i>Piper subtomentosum</i>	Granada	San José Bajo	2536
CMF34	<i>Piper septulinervium</i>	Granada	San José Bajo	2543
CMF33	<i>Piper eriocladum</i>	Granada	San José Bajo	2548
CMF15	<i>Piper aduncum</i>	Silvania	Club El Bosque	1317

Protocolo de endurecimiento de la propagación asexual

El material de siembra utilizado para esta fase fue propagado en campo por método de bloqueo, acodo aéreo y por estacas; algunas de las plantas producidas por estos medios han sido en condiciones artificiales controladas (luz, temperatura, humedad). Debido a esto las plantas deben ser adaptadas al medio utilizando una etapa de aclimatación o endurecimiento antes de que las plantas sean trasplantadas a un lugar definitivo. Las plántulas obtenidas por el método de propagación sexual (semilla) fueron adaptadas lentamente

a condiciones de campo teniendo mayor cuidado que las propagadas asexualmente, debido a que estas plántulas presentan altos porcentajes de pérdidas en esta fase de adaptación. Cuando llegan al umbráculo son plántulas de 1 a 3 cm de longitud, con tan solo un par de hojas verdaderas, razón por la que es necesario disminuir el factor luz y realizar un buen suministro de agua para lograr una óptima aclimatación.

Umbráculo

Se utilizó un umbráculo con un área de aproximadamente 50 m², por 2,5 m de altura, la cobertura utilizada fue una polisombra del 50 %, adaptando las plantas progresivamente a la luz antes de pasarlas al jardín. Las plantas obtenidas asexualmente se colocaron bajo polisombra del 70 % tan solo a 80 cm del suelo donde se encontraban los germinadores, con el fin de que no se presentara quemazón en las hojas por exceso de luz. Esta polisombra se fue desplazando hacia arriba progresivamente en la medida en que las plantas fueron creciendo y necesitando más cantidad de luz. Cuando las plantas reunían las condiciones para trasplantarse al jardín, se dejaron ocho días a libre exposición y con poco suministro de riego.



Figura 1. Producción asexual de plantas de *Piper* en umbráculo con nebulización
Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Sustrato

El sustrato utilizado para endurecimiento fue una mezcla de suelo más cascarilla de arroz más arena (2:2:1). La arena y las cascarillas fueron desinfectadas con un tratamiento de calor (agua caliente), y el suelo fue solarizado previamente durante 20 días, con el fin de eliminar cualquier plaga o patógeno existente.

Siembra

Las plantas traídas al umbráculo propagadas por el método de bloqueo o por acodo aéreo fueron sembradas adicionando al sustrato mencionado anteriormente algo del suelo del que provenían inicialmente; de igual manera, las estacas se trasplantaron adicionando el sustrato con que venían de invernadero; debido al tamaño de las estacas y de las plantas ya enraizadas, las bolsas utilizadas para la siembra fueron de 2 kg, se sembraron ubicándolas por especie y por tamaño, dejando un espacio de 10 cm entre cada bolsa.

Riego

El riego que se aplicó a las plantas fue manual, durante las primeras semanas todos los días, dos veces al día con un litro por planta; pasados los dos meses el riego se disminuyó a todos los días una vez al día, y en el último mes se redujo a cada dos días una vez al día.

Pasaportes de las especies

A partir de las colectas que se realizaron durante el tiempo de la investigación, se hicieron pasaportes para cada especie los cuales hacen una descripción detallada de la planta y su localización.



Figura 2. Enraizamiento de estacas
Fuente: Álvarez y Roa (2008).



Figura 3. Aspecto del jardín de piperáceas en la granja La Esperanza (Fusagasugá)
Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Análisis de diversidad genética

Búsqueda de la información

Para la obtención de la información molecular, de las 25 especies del género *Piper* encontradas en la región del Sumapaz, se realizó una búsqueda en la base de datos pública The National Center for Biotechnology Information (NCBI).

La búsqueda de información de las secuencias de nucleótidos se realizó mediante el GenBank, que es uno de los servidores con mayor información biológica que existe y además hace parte de las bases de datos de secuencias de nucleótidos de colaboración, que comprende el banco de datos de ADN Japón (DDBJ), el Laboratorio Europeo de Biología Molecular (EMBL) y el NCBI.

Análisis filogenético

Para realizar el análisis filogenético del listado de los números de acceso al GenBank (anexo), se seleccionaron las secuencias de nucleótidos (tabla 2), las cuales corresponden a las regiones de ITS del ADN Ribosomal del núcleo (nrADN). Estas consisten de algunos cientos de copias repetidas en tándem, cada una de estas copias se compone de la unidad transcrita y de la región de los espaciadores externos no transcritos (Hillis y Dixon, 1991; Baldwin *et al.*, 1995 y Baker *et al.*, 2000).

Las secuencias seleccionadas del GenBak fueron alineadas en el programa CLUSTALX (Thompson *et al.*, 1997). Los análisis filogenéticos fueron realizados mediante los métodos de Parsimonia, PAUP*4.0. (Swofford, 1998).

En plantas existen tres subunidades de nrADN: 18S, 5.8S y 26S. Estas subunidades son caracterizadas por su velocidad de sedimentación que se representa por la letra S (S, por Svedburg), y consisten en: a) la subunidad larga 26S (más de 4000 nucleótidos);

b) la subunidad pequeña 5.8S (de 160 nucleótidos) y c) la subunidad 18S (1800 nucleótidos). Estas subunidades 18S, 5.8S y 26S están separadas por dos espaciadores internos transcritos (ITS), los cuales se denominan ITS1-ITS2. La evolución en ITS región, a menudo es atribuida a una carencia de coacciones funcionales. Sin embargo, hay pruebas fuertes de que los dos espaciadores tienen un papel en la maduración de las subunidades ribosomales (Baldwin *et al.*, 1995).

Los ITS contienen elementos que sirven como estimuladores de la transcripción (Hillis y Dixon, 1991; Baldwin *et al.*, 1995). La región de los espaciadores internos transcritos (ITS) ha sido ampliamente usada para el esclarecimiento de las relaciones entre taxa a niveles ínter e intragenéricos, así como intraespecíficos en angiospermas (Hamby y Zimer, 1992; Baldwin *et al.*, (1995); Buckler y Holtsford 1996; Liston *et al.*, 1996).

Tabla 2. Listado de los números de accesión del GenBank

Especie	Ubicación geográfica	Número de accesión GenBank	Referencia bibliográfica
<i>Piper aduncum</i>	Depto. Valle, Colombia	AF 275157	Jaramillo, M. A. y Manos, P. S. (2001)
<i>P. arboreum</i>	Depto. Antioquia, Colombia	AF 275180	Jaramillo, M. A. y Manos, P. S. (2001)
<i>P. auritum</i>	Depto. Chocó, Colombia	AF 275175	Jaramillo, M. A. y Manos, P. S. (2001)
<i>P. hispidum</i>	Depto. Chocó, Colombia	AF 275156	Jaramillo, M. A. y Manos, P. S. (2001)
<i>P. imperiale</i>	Depto. Chocó, Colombia	AF 275176	Jaramillo, M. A. y Manos, P. S. (2001)
<i>P. peltatum</i>	Depto. Caldas, Colombia	AF 275171	Jaramillo, M. A. y Manos, P. S. (2001)
<i>P. marginatum</i>	Depto. Chocó, Colombia	AY326211	Jaramillo, M. A. y Callejas, R. (2004)

<i>P. tuberculatum</i>	Depto. Chocó, Colombia	AY326223	Jaramillo, M. A. y Callejas, R. (2004)
<i>P. aequale</i>		DQ868702	García, V. F. (sin publicar)
<i>P. dilatatum</i>		DQ868713	García, V. F. (sin publicar)

La región de los ITS ha sido considerada como una fuente muy útil de caracteres para estudios filogenéticos en angiospermas (Baldwin *et al.*, 1995), dado que los ITS se encuentran altamente representados en el genoma, se pueden amplificar con cantidades pequeñas de ADN y las secuencias relativamente conservadas. Lo anterior hace posible el diseño de oligonucleótidos (*primers*) “universales”, lo que facilita la amplificación de los ITS mediante la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) (Liston, 1992). Los espaciadores internos transcritos (ITS) son la parte más variable de la región de los ITS. La región de los ITS comprende el ITS2, la subunidad 5.8S y el ITS1 (figura 1) debido a que se encuentra flanqueando a la subunidad 5.8S, que es más conservada y posibilita la alineación no ambigua de esta región (Baldwin *et al.*, 1995; Baker *et al.*, 2000).



Figura 4. Estructura de los genes y espaciadores internos transcritos (ITS)

En la figura 5 se presenta el árbol filogenético, con la relación de diez especies de *Piper* spp. presentes en el jardín.

Se espera que estas agrupaciones tengan similitudes en cuanto al tipo de metabolitos presentes, como ocurre con *P. aduncum* y *P. hispidum* y por consiguiente en cuanto a la actividad biológica.

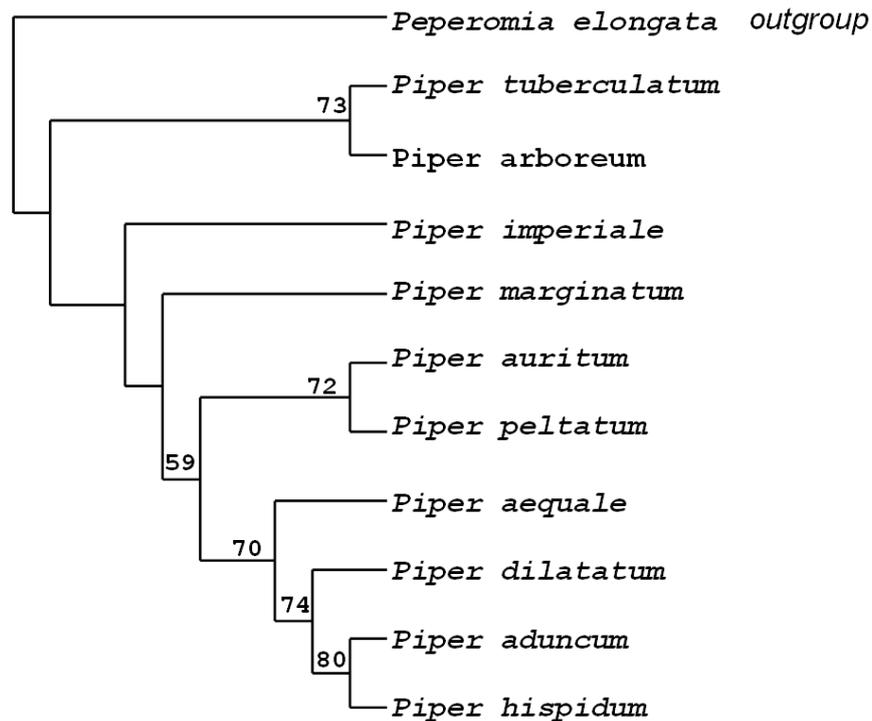


Figura 5. Árbol filogenético mediante *Neighbor-Joining*. Los números presentados en las ramas indican el valor de *bootstrap*

Conclusiones

Se reportaron 25 especies del género *Piper* y 8 de *Peperonia*, que superan las expectativas de especies de esta familia, puesto que, por reportes en las colecciones del Herbario Nacional Colombiano, no existían reportadas en la zona más de 5 especies de *Piper*. Estas especies y otras que se encuentran sin identificar están conservadas en un jardín *in vivo* y *ex situ* en la granja La Esperanza de propiedad

de la Universidad de Cundinamarca, situada en la vereda Guavio Bajo (Fusagasugá).

La propagación de estas especies no presenta problema y se puede realizar asexualmente por método de bloqueo, acodo aéreo y por estacas; algunas de las plantas producidas por estos medios han sido en condiciones artificiales controladas, debido a esto las plantas deben ser adaptadas al medio utilizando una etapa de aclimatación o endurecimiento antes de que las plantas sean trasplantadas a un lugar definitivo.

A partir de las colectas que se realizaron durante el tiempo de la investigación, se hicieron pasaportes para cada especie los cuales hacen una descripción detallada de la planta y su localización.

Se muestra el árbol filogenético (figura 6), con la relación de diez especies de *Piper* spp. presentes en el jardín; se espera que estas agrupaciones muestren similitudes en cuanto el tipo de metabolitos presentes, como ocurre con *P. aduncum* y *P. hispidum* y por consiguiente en cuanto a la actividad biológica.

Recomendaciones

Conservar el jardín *in vivo* y *ex situ* en condiciones óptimas y con un excelente material vegetal, que permita el acceso a estudiantes y docentes, con el fin de seguir nuevas investigaciones que aumenten la información acerca de esta especie silvestre.

Enriquecer el jardín incluyendo especies de la zona y de otras zonas.

Utilizar los pasaportes de cada especie como recurso de información para futuros trabajos, talleres e investigaciones.

Difundir la existencia del jardín *in vivo* y *ex situ* de especies de *Piperaceae*, incluyendo además las principales características de estas especies con los posibles usos como biocontroladores de plagas, enfermedades y arvenses.

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper aduncum</i> L.

Nombre común

Cordoncillo, matico. Higuillo o higuillo de hoja menuda.

Estatus oficial

Especie silvestre, no amenazada

Botánica

Arbusto siempre verde de 1-4,5 m de alto, nudoso, ramas jóvenes densamente. Hojas con pecíolo de 0,2-0,8 cm de largo, envainador en la base, densamente veloso; lámina elíptico-oblonga, elíptico-lanceolada o aovado-elíptica, de 14-20,5 x 4,7-5 cm. La corteza es suave y gris. La corteza interior es blancuzca y de sabor a pimienta o ligeramente amarga. Las hojas alternas, a veces en dos hileras, tienen pecíolos cortos de 0.3-0.5 cm de largo. En las hojas al trasluz y con la ayuda de una lupa se ven puntos más claros y diminutos. Las ramitas de color verde amarillento ligeramente en zigzag con pelos finos y con articulaciones (nudos) anilladas, recrecidas. Las hojas estrechas elípticas, de punta larga y de color verde amarillento, asimétricas en la base, algo ásperas encima, con venas largas laterales, ligeramente curvas, y aromáticas o con olor a especias trituradas.

Las flores y los frutos diminutos, apiñados en un eje semejante a cordones, curvos y laterales en espigas de 8-13 cm de largo, arqueadas, densifloras; pedúnculo de 1-1,3 cm de largo, más o menos densamente veloso; brácteas florales triangulares, fimbriadas. Ovario sésil; estigma 3 lobulado. Fruto sésil, obovoide, de 0,8-1 mm de largo, truncado en el ápice, glabro. Florece y fructifica durante todo el año (Litle *et al.*, 2001).



Fuente: Álvarez y Roa (2008)

Localización

San Bernardo: vereda Agua Dulce, vereda San Francisco

Arbeláez: vereda San Antonio, vereda Tiscinse

Tibacuy: vereda Albania, km 32,7, vía Bateas

Fusagasugá: vereda Bosachoque, vereda Usatama, vía novilleros

Silvania: Club El Bosque

Usos

Proporciona alimento y refugio para la vida silvestre, se puede utilizar para la revegetalización de áreas perturbadas, y contribuye a la biomasa de los bosques (Francis, 2003). Estacas de *Piper aduncum* se utilizan en Papua (Nueva Guinea) para crear terrazas para la agricultura y para evitar la erosión (Bourke, 2003). La madera puede ser utilizada para la construcción como base, combustible, estacas y cercas. Tiene valor ornamental y el fruto se usa para condimentar los alimentos. Los aceites esenciales de esta especie tienen propiedades antibacterianas y también puede ser utilizado como un insecticida y un molusquicida. El té hecho de las hojas y las raíces se utiliza para tratar la diarrea, disentería, vómitos, úlceras, y también para el control del sangrado (Francis, 2003).

La madera es usada eventualmente como combustible. Las hojas y ramitas tiernas en infusión se emplean en la Amazonía peruana como un tónico para mitigar la fiebre, inflamaciones, afecciones urinarias, amigdalitis, cistitis, diarreas y estreñimiento; también como diurético (IIAP, 2010).

La medicina tradicional le atribuye propiedades variadas. Las hojas en decocción se usan como cicatrizante en el tratamiento de hemorragias, en lavados antisépticos sobre heridas y en infusión para evacuar cálculos biliares, para aliviar o curar enfermedades del tracto respiratorio (antiinflamatorio, expectorante y antitusígeno), en dolencias gastrointestinales ("empacho", diarreas agudas o crónicas) y tópicamente en infusión de las hojas para hacer gárgaras. En la selva lluviosa amazónica los nativos la usan como antiséptico. Es utilizada como emoliente y protector de la piel comercializado en forma de jabón antiséptico.

La especie *P. aduncum* contiene en sus hojas una buena dosis de aceites esenciales, utilizándose para baños normales y para sauna y baños de vapor, como explica Muñiz (2007), para limpiar las vías respiratorias y contra artritis y reumatismo; también como vigorizante combatiendo los estados apáticos.

La determinación de la composición química del aceite utilizando cromatografía de gases está acoplada a espectrometría de masas (CG/EM). Según Smith y Kassim (1979), los principales constituyentes del aceite obtenido de hojas frescas son dilapiol (58 %) y piperitona (4 %).

Gottlieb et al. (1981) estudiaron especies brasileras de *P. aduncum*, variedades *aduncum* y *condulatum*, y encontraron dilapiol (74,5 % y 88,4 %, respectivamente). Por su parte, Gupta et al. (1981) estudiaron *P. aduncum* procedente de Panamá y encontraron dilapiol (90 %), pero no piperitona. Y Díaz et al. (1983) encontraron en *P. aduncum* de Colombia dilapiol, miristicina y piperitona.

Las sustancias encontradas y sus respectivas cantidades en el aceite obtenido de la planta de esta región, plantean la posibilidad de su utilización final como insecticida de acuerdo con la información recopilada sobre los estudios y usos del aceite esencial de *Piper aduncum* (Albarracín y Gallo, 2003).

El aceite esencial de *Piper aduncum* en concentración de 20 mg/ml presenta actividad antimicrobiana contra *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Cryptococcus neoformans*, *Sacharomyces cerevisiae* y *Mycobacterium smegmatis* y una débil actividad contra *Aspergillus flavus* y *Trochophyton mentagrophytes*. El componente químico aislado 2,6-dihidroxi-4-metoxichalcona inhibió el crecimiento *in vitro* del 98 % de los parásitos de *Leishmania amazonensis*.

Gupta (1983) y Bin-Jantan (1994) reportan el dilapiol como el constituyente mayoritario del aceite esencial de *P. aduncum* L. proveniente de Panamá y la península de Malasia en un 90 y 58 %, respectivamente.

Murcia y Bermúdez (2006) reportan que los extractos etanólicos de esta especie tienen efecto insecticida tipo deterrente contra el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*).

La varrosis de las abejas constituye uno de los mayores problemas de la apicultura tanto en Cuba como en el mundo. Actualmente, se realiza la búsqueda de nuevos métodos que permitan el control del ácaro *Varroa destructor*, agente causal de esta enfermedad, y minimicen el potencial para la aparición de resistencia y la contaminación de los productos de la colmena y el medioambiente en general. En este contexto, Pino et al. (2011) han venido investigando un grupo de plantas cubanas como fuente de plaguicidas y el objetivo de este trabajo fue establecer las potencialidades del aceite esencial de *Piper aduncum* como candidato para el desarrollo de un nuevo producto para el control de la varrosis. Se evaluó su efecto acaricida por exposición completa y a los vapores. La composición química de este aceite se determinó por CG/EM. Este se fraccionó utilizando una columna seca en fase normal, para la identificación de los componentes asociados al efecto biológico. El aceite esencial de *P. aduncum* subsp. *ossanum* demostró que posee un efecto acaricida promisorio y selectivo frente a *V. destructor*.

Wen et al. (2015) realizaron estudios sobre *Piper aduncum* y afirman que es una maleza leñosa común en todo el trópico y un invasor con éxito en muchas áreas. Como esta especie más a menudo domina los caminos y márgenes de los bosques, y estos hábitats con frecuencia experimentan cambios extremos de

temperatura y disponibilidad de agua, es importante entender cómo las semillas se adaptan a estas tensiones. Este estudio investigó el efecto de las altas temperaturas y la escasez de agua, continuas, periódicas o transitorias, así como el porcentaje de germinación de las semillas de *P. aduncum* antes o después de la imbibición. Se encontró que las semillas de *P. aduncum* exhiben solamente tolerancia intermedia y no germinan a temperaturas superiores a 35 °C o por debajo de agua potenciales -0,6 MPa.

Gutiérrez et al. (2016) realizaron un estudio farmacognóstico que permitió establecer algunas especificaciones de calidad de la especie *P. aduncum* subsp. *ossanum* en función de dos ecosistemas en Cuba y fue demostrada la actividad antioxidante en las condiciones ensayadas. La composición química determinada por tamizaje fitoquímico fue similar para ambas colectas. Los extractos obtenidos mostraron diferencias en cuanto a los sólidos totales y fenoles totales, evidenciándose los mayores porcentajes para la muestra de Bauta. La densidad óptica de las muestras evaluadas por la técnica FRAP mostró valores diferentes entre sí y superiores a la sustancia de referencia (vitamina C). La actividad secuestradora del radical DPPH para los extractos fue diferente y mayor para la muestra de Bauta.

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper aequale</i> Vahl

Nombre común

Cordoncillo

Estatus oficial

Especie silvestre, no amenazada

Botánica

Arbustos 1-2 m de alto, esciófilos, escasa a densamente ramificados; tallos verdes pálidos, entrenudos 3-6 (-8) cm de largo, estriados o canaliculados, eglandulares, glabros. Perfil 10-20 mm de largo, glabro o papilado, caduco. Hojas uniformes en forma y tamaño a lo largo de los ejes, asimétricas, elíptico-ovadas o elíptico-lanceoladas (ecotipos de bosques nublados), 10-14 cm de largo y 4,5-6 cm de ancho, ápice cortamente acuminado, base equilátera o inequilátera, cuneada, decurrente, escasamente pelúcida-punteadas, típicamente cartáceas, verde nítidas en la haz y grisáceas en el envés, verde grisáceas y opacas con los nervios discoloros en la haz cuando secas, glabras en ambas superficies, pinnatinervias con 4-6 pares de nervios secundarios emergiendo entre la base y los 2/3 superiores del nervio principal, divergiendo en ángulos de 45°, ampliamente espaciados y no equidistantes, a menudo con un par de nervios adicionales que emergen del 1/3 superior del nervio principal, anastomosados marginalmente, nervadura terciaria reticulada e inconspicua, nervadura impresa o el nervio principal elevado en la haz, elevados

en el envés; pecíolos 0,7-1,7 cm de largo, glabros, con un desarrollo estipular restringido a la base en nudos floríferos y extendiéndose 2/3 del pecíolo en nudos estériles, 0,2 mm de largo, caduco. Inflorescencias erectas en todos los estadios, blancas en la antesis, verde-grisáceas en fruto, pedúnculo 0,6-1,2 cm de largo, glabro, raquis (3,5) 4-7,5 cm de largo, glabro, brácteas florales triangular-oblongas, 0,2 mm de ancho, cortamente fimbriadas, flores laxa a densamente agrupadas en el raquis sin formar bandas alrededor de la espiga, sésiles; estambres 3-5, filamentos tan largos como las anteras, estas con dehiscencia vertical, conectivo discreto y eglandular; pistilo ovoide con tres estigmas sésiles. Frutos obovoides, trígono, 0,8 mm de largo, apicalmente obtusos, glabros, cafés cuando secos (Litle *et al.*, 2001).



Fuente: Álvarez y Roa (2008)

Localización

Cundinamarca, San Bernardo, vereda Agua Dulce

Usos

Los aceites esenciales de *Piper aequale* son de tipo sesquiterpénico, con predominio de: Germacreno D (17,4), - Cadineno (4,9 %), β - Selineno (46 %), Trans - β - Cariofileno (4,1 %), α - Gurjuneno (3,6 %). Los aceites esenciales de *P. aequale* causaron una

mortalidad de 29,4 % y los extractos acuosos 9,3 %, en el manejo del acaro ectoparásito *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* (García, 2011).

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper artanthe</i>

Nombre común

Cordoncillo o matico

Estatus oficial

Especie silvestre, no amenazada

Botánica

Arbusto densamente ramificado, de 1-2 m de altura, entrenudos superiores moderadamente delgados, vellos densos-pálidos, hojas elípticas, lanceoladas u ovaladas, principalmente de 3-5 cm de ancho por 6-10 cm de largo u ocasionalmente hojas de 7-8 por 11-12 cm, ápice gradualmente agudo o acuminado-corto, base esencialmente equilateral o con un lado de 2-3 mm más corto hacia el pecíolo, estrecho y cordelado o redondeado y acorazonado, nervadura pinnateada casi a todo lo largo, 5-6 nervaduras por lado, lisas o principalmente ligeras a fuertemente rugosas, más o menos hirsuta arriba, casi a todo lo largo de las nervaduras, y de moderada a densamente velludas abajo, subcoriáceas secas, subopacas; pecíolo de 5-15 mm de largo, velloso, invaginado cerca a la base; espigas de 4-5 mm de grosor por 5-9 cm de largo; pedúnculo de 10-15 mm de

largo, veloso; brácteas crescenticas-subpeltadas, flecos largos-marginales; fruto ensanchado arriba, ápice velludo o glabrante, estigmas 3, robustos, recurvados, sésiles.

Esta especie se encuentra ubicada generalmente cerca a la base del tallo de los árboles de roble (Trelease, 1950).

Localización

San Bernardo, Cundinamarca, vereda Andes, sector El Gualilo

Tibacuy, Cundinamarca, cerro del Quininí, bosque de robles

Fusagasugá, Cundinamarca, vereda Santa Lucía



Fuente: Álvarez y Roa (2008)

Usos

Posee propiedades balsámicas, astringentes y homeostáticas. Muy útil para las hemorragias al aplicarse en cataplasmas o al tomarse en infusión.

Avella y Motta (2010) reportan un estudio sobre esta especie y los resultados señalan de la composición química y la actividad citotóxica del aceite esencial de *Piper artanthe*, un arbusto con

propiedades medicinales. Se discute la metodología del estudio, que revela que el apiol, la miristicina y el cubebol son los compuestos que constituyen el arbusto.

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper bogotense</i> C. DC.

Nombre común

Cordoncillo

Estatus oficial

Especie silvestre, amenazada

Botánica

Arbusto o árbol pequeño, de 8-10 m de altura; entrenudos florecientes comparativamente cortos, esparcidamente pubescente o glabrante, hojas aovadas, de 6-9 cm de ancho por 10-15 cm de largo o raramente superior de 15-28 x 20 cm, ápice acuminado o algunas veces rama, base más o menos inequilateral con un lado por lo general más corto hacia el pecíolo, redondeado, obtuso, acorazonado o agudo, nervaduras pinnatelas desde el tercio más bajo, las nervaduras mayores de 3-4 o en hojas más grandes 5 a cada lado, se reducen hacia arriba, más o menos pubescentes, con frecuencia algo lustrosas, desde pubescencia densamente rizada hasta subglabrada abajo, los pelos más abundantes en los lados de las nervaduras, densamente ciliados, puntuación glandular, seca más que oscura, firme, translúcida; pecíolo de 1-2 cm de largo o sobre las hojas más bajas mayor a 5 cm, densamente rizado-pubescente-tomentoso, vaginado en la base; espigas de 5-7 mm, gruesas y superiores a 8

cm de largo pero principalmente algo más cortas; pedúnculo de 10 mm, largo delgado, rizado-pubescente glabrescente; brácteas redondeadas o triangulares-subpeltadas, marginalmente con flecos; fruto ovoide, estigmas 3-4, lanceolada, recurvada, sésil (Trelease, 1950).



Fuente: Álvarez y Roa (2008)

Localización

Cundinamarca, Granada, vereda San José Bajo.

Usos

Especie pionera, apta para la protección de nacaderos y cursos de agua por su rápido crecimiento, requiere de sombra en su estado juvenil, y al crecer puede seguir viviendo toda su vida en condiciones bastante sombreadas. Prefiere suelos húmedos, fértiles y es poco resistente a las sequías.

Ornamental, reforestación y medicinal. De gran importancia en la conservación de bosques y zonas húmedales o nacimientos de agua. La infusión de sus hojas se viene empleando por generaciones contra hemorragias pulmonares y nasales, y afecciones renales (Ariza *et al.*, 2010).

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper cumanense</i> Kunth

Nombre común

Cordoncillo

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Arbusto de 1-3 m de altura; hojas lanceoladas, verde oscuro, brillantes en el haz más oscuras por el envés, de 7-15 cm de longitud por 5-10 cm de ancho; inflorescencias verdes claro de 5-8 cm de longitud; tallos delgados, color verde oscuro con manchas (pecas) de color verde claro.

Localización

Cundinamarca, Pandi, vereda Mercadillo, San Bernardo, vereda San Antonio, finca Tawy. Tibacuy, vía cerro del Quininí.

Silvania, Club El Bosque y quebrada Los Guayabos

Fusagasugá, vereda Usatama Bajo



Fuente: Álvarez y Roa (2008)

Usos

Parra (2011) evaluó la actividad insecticida *in vitro* sobre *Sitophilus zeamais*, *Tribolium castaneum* y *Spodoptera frugiperda* y antifúngica sobre *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*, de los extractos, compuestos y aceites esenciales. Observó que los aceites esenciales poseen una actividad fumigante del 83 al 85 % (mortalidad contra *S. zeamais*). En la actividad antifúngica la cantidad mínima inhibitoria para el ácido cumanésico fue de 1 μg y para el ácido cuménico fue de 10 μg , comparable a la del control positivo Benomyl (1 μg).

La actividad insecticida de los aceites esenciales obtenidos de *P. cf. cumanense* Kunth mostró que el aceite esencial presenta la mejor actividad contra la plaga de *Spodoptera frugiperda*. Esta actividad se puede atribuir al alto contenido de monoterpenos en el aceite esencial como α -Pineno (23,51 %), β -Pineno (11,57 %) y Linalol (7,14 %), lo cual es una alternativa potencial para el control de estas plagas.

En cuanto a la actividad contra el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *dianthi*, el aceite esencial de hojas de esta especie presenta una menor CL50; esta inhibición del hongo se puede atribuir al contenido de compuestos sesquiterpénicos como el Germacreno D (22,81 %) y

β -Cariofileno (10,40 %), entre otros compuestos presentes en el aceite.

Los resultados de actividad biológica indican que la especie *Piper cumanense* puede ser empleada para el manejo integrado en plagas de almacén y campo, ya que presenta actividad contra *Spodoptera frugiperda*, plaga que ataca los cultivos de maíz.

Los estudios fitoquímicos a la fecha de *Piper cf. cumanense* Kunth presentan un estudio en el cual a partir de las fracciones metanólicas y butanólicas obtenidas del extracto etanólico de hojas de esta especie se han aislado flavonoides C-glicosidados (vitexina y orientina) y un derivado de ácido benzoico; adicionalmente a estas fracciones se les determinó la actividad antiparasitaria (Garavito et al., 2006; Sánchez et al., 2010) y antifúngica con la cual se obtuvieron óptimos resultados (Svetaz et al., 2001).

Rojas (2012) realizó la evaluación de la actividad antimalárica *in vitro* e *in vivo* de los extractos etanólicos y de fracciones de diferente polaridad de las especies vegetales *Piper cumanense* y *Piper holtonii* (Piperaceae), lo que permitió identificar fracciones con actividad antiplasmódica y aislar metabolitos secundarios del grupo de los fenilpropanoides, flavonoides, ácidos benzoicos, esteroides y terpenos. Además, se caracterizaron microscópicamente las hojas de las dos especies, realizando cortes transversales y longitudinales. De *P. cumanense* se aisló el cromeno ácido gaudichaudiánico, el ácido 4-metoxi-3-(3metil-2-butenil)-benzoico, la 2'trihidroxidihidrochalcona y 3 flavonoides C-glicósidos.

Además, se aislaron β -sitosterol, estigmasterol y β -sitosterol-3-O-glucósido y se detectaron por CG-MS 6 terpenoides.

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper dilatatum</i> L.C. Rich

Nombre común

Cordoncillo

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Arbusto de 2-3 m de altura, entrenudos superiores delgados y cortos alargándose hacia abajo, pubescencia rizada de muy esparcida a moderada, subvelloso o algunas veces glabro, hojas generalmente rombo-elípticas-subovadas, de 7-9 cm de ancho por 15-20 cm de largo, ápice acuminado, base inequilateralmente redondeada, obtusa o acorazonada con un lado de 3-4 mm más corto hacia el pecíolo, nervadura pinnatelada desde los 2/5 inferiores hasta la mitad, las nervaduras principalmente de 5-6 a cada lado, algo ásperas o lisas, esparcidamente pubescentes sobre ambos lados a lo largo de las nervaduras, delgadas, translucidas; pecíolo de 5-10 (raro más de 30) más 3-4 mm de largo, pubescente, invaginado en la base; espigas de 3 mm de grosor por 7-8 mm de largo, pedúnculo 5-10 mm de largo, algo pubescente; brácteas redondeadas o triangulares subpeltadas, flecos marginales, fruto piramidal-trigonio, papilado-pubescente en la cima, estigmas 3, sésiles (Trelease, 1950).

Localización: Cundinamarca, Tibacuy, vereda Piedra Ancha, vía Bateas.

Usos

Cuatro ácidos benzoicos extraídos de los aceites esenciales de las hojas presentan actividad antifúngica contra el hongo *Cladosporium cucumerinum* de común ocurrencia en cucurbitáceas, el cual es reportado por Mora *et al.* (2008) que identificaron un total de 23 compuestos presentes en el aceite esencial de *P. dilatatum*, los cuales representan el 86,9 % de la muestra total.

Alves *et al.* (2013) encontraron que los compuestos (+) - (7S, 8R) epoxi - 5,6 - didehydrokavain, flavokavain B, β -sitosterol y estigmasterol se reportan aquí como constituyentes químicos de *Piper dilatatum* Rich. (*Piperaceae*). Sus estructuras se determinaron sobre la base de sus datos espectroscópicos (RMN de ^1H y ^{13}C NMR, MS, IR). Las actividades antifúngicas de pirona 1 y chalcona 2 se determinaron por medio de bioautografía directa contra *Cladosporium cladosporioides* y *C. sphaerospermum*. Los resultados indican *P. dilatatum* como candidato para el desarrollo de productos sicoterapéuticos antifúngicos, así como señalar pirona 1 como un compuesto de prometedor éxito en la búsqueda de nuevos agentes antifúngicos.



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper el-bancoanum</i> Trel. & Yunck

Nombre común

Cordoncillo

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Arbusto con entrenudos superiores delgados y ligeramente elongados, vagamente a más bien densamente velludos; hojas subrómicas-elípticas-aovadas de 6 cm de ancho por 16 de largo hasta de 11 x 15-17 cm, ápice acuminado, base inequilateralmente aguda o redondeada y cordulada, con un lado principalmente 2-3 mm más corto en el pecíolo, nervadura pinnatela de 1/4 más bajo a 1/3, las nervaduras son más o menos 5 a cada lado, sin ramas subiendo, conectado marginalmente por agujeros y con nervaduras muy numerosas, muy delgados y conectados de manera cruzada esparcidamente filoso en la parte superior, las nervaduras más densamente hacia la base, ligeramente escabrosos o lisos, puberulente-enroscada o filosa sobre las nervaduras abajo, ciliada, puntuación glandular pálida, secamente lisa o ligeramente rugesente, delgada, verde, más pálida abajo, translúcida, minuciosamente punteada-translúcida, pecíolo de 10-20 cm, pubescente, pedúnculo escaso de 5 mm, puberulento, brácteas redondeadas o triangulares-

subpeltadas, con flecos amarillos marginales; fruto obpiramidal, pubescente en el ápice, estigmas pequeños, sésiles (Trelease, 1950).



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Localización

Cundinamarca, Fusagasugá, vereda Tierra Negra

Cundinamarca, Arbeláez, vereda Santa Bárbara, finca La Loma

Cundinamarca, Fusagasugá, vereda Jordán Alto

Cundinamarca, Fusagasugá, vereda Bermejál

Cundinamarca, Fusagasugá, vereda Santa Lucía

Usos

Los extractos etanólicos de *Piper el-bancoanum* en concentración de 200 ppm produjeron un índice de mortalidad sobre *Spodoptera frugiperda* similar a los insecticidas comerciales *clorpirphos* y *Bacillus thurigiensis*. Al comparar cuatro extractos etanólicos de *Piper* inicialmente mostraron efecto antialimentario y fue *Piper el-bancoanum* el extracto que más redujo la alimentación de larvas de *S. frugiperda* (Celis *et al.*, 2012).

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper eriocladium</i>

Nombre común

Cordoncillo

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Arbusto con entrenudos superiores delgados, alongados, café-vellosos; hojas elípticas, redondas-elípticas o elípticas-ovaladas, de 8-15 cm de ancho por 12-17 o hasta 25 cm de largo; ápice acuminado, base cardulada y equilateral, o no cardulada y algo más corta a un lado; nervadura pinnatelada desde la mitad inferior, las nervaduras 4-5 o en hojas más grandes de 6-7 a cada lado, bulate e hirtelus con nervaduras hirsutas sobre ellos, densamente velludos sobre las nervaduras de abajo, firmes opacos, pecíolos 1-2, 5 o sobre las hojas inferiores de 4 cm de longitud, evaginación abajo de la mitad, densamente velludos; espigas de 5-8 mm, 15 cm o más largas, curvadas; pedúnculo de 10-35 mm, largo, velludo; brácteas triangulares-subpeltadas, flecos marginales, fruto ovoide, estigmas 3, sésiles o muy cercanos a ser sésiles.

Esta especie se asemeja a *Piper sodiroi* pero se diferencia en sus hojas carduzadas y las ramillas más densamente pubescentes (Trelease, 1950).



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Localización

Cundinamarca, Granada, vereda San José Bajo

Cundinamarca, Fusagasugá, vereda Santa Lucía

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz

Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper holtonii</i>

Nombre común

Cordoncillo

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Arbusto o subarbusto pequeño, de 3 m o más alto, entrenudos delgados y cortos o frecuentemente elongados, hojas elípticas-ovadas, o lance-elípticas. De 3-6 cm de ancho por 7-12 cm de largo o de 7-8,5 por 16-18 cm, ápice de gradualmente agudo a acuminado, inequilateral con un lado comúnmente de 3-8 mm más largo y subobtusos u obtusos, nervadura pinnateada desde abajo del cuarto superior ocasionalmente más ligera abajo, o por todo lo largo; de 5-6 nervaduras a cada lado, con intermedias, pecíolos 5, o en las hojas bajas (más de 20) de 3-8 mm de longitud, alado-invaginado hacia la hoja, con el ala proyectándose débilmente hacia la cima, raramente subvelloso; espigas de 4 mm de espesor por 5-8 cm de largo, apiculada con la punta 1-5 mm de largo; pedúnculo más o menos de 5 mm de largo, glabrado (las brácteas estériles más inferiores por lo general dan un apariencia densamente pilosa cerca a la espiga); brácteas abovadas, consglabrado, comprimida lateralmente; estigmas 3, delgados, sésiles.

Sufrutíces ocasionalmente postrados y radicales, eventualmente erectos, 0,5-1 m de alto, esciófilos, laxamente ramificados; tallos verde nítidos, entrenudos 2-3.5 (-8) cm de largo, teretes o estriados, inconspicuamente pelúcido-punteados, escasamente hirtulos, glabrescentes. Profilo 6-10 mm de largo, glabro, caduco. Hojas uniformes en forma y tamaño a lo largo de todos los ejes, levemente asimétricas, elíptico-ovadas o ampliamente ovadas (en ejes monopódicos), (7-) 9-12 cm de largo y 4,5-6 (-9) cm de ancho, ápice cortamente acuminado, base inequilátera, el lado más largo lobulado y obtuso, el más corto truncado y obtuso, a menudo traslapando al pecíolo parcialmente o la base equilátera, cordada en nudo estériles, inconspicuamente pelúcido-punteadas, membranáceas y verde nítidas en ambas superficies, cartáceas y caféas cuando secas, glabras en la haz, escasamente puberulentas en

el envés a lo largo del nervio principal cerca a la base, pinnatinervias con (3-) 4-5 pares de nervios secundarios emergiendo entre la base y los 3/4 o a lo largo de todo el nervio principal, divergiendo en ángulos de 60°, levemente arqueados, subequidistantes y subparalelos, anastomosados marginalmente, nervadura terciaria formando aréolas de forma irregular, nervadura impresa en el haz, elevada en el envés; pecíolos 0,3-0,5 cm de largo, hírtulos, glabrescentes, con un desarrollo estipular de 0,2 mm de largo, formando una pseudolígula, tardíamente caduco. Inflorescencias erectas en todos los estadios, blancas en la antesis, verde pálidas en fruto, pedúnculo 0,2-0,4 cm de largo, puberulento, raquis 5-6 cm de largo, glabro, brácteas florales triangulares, 0,3 mm de ancho, largamente híspidas o pilosas en el dorso, glabras marginalmente, flores densamente agrupadas en el raquis formando bandas alrededor de la espiga, sésiles; estambres 4, filamentos tan largos como las anteras, estas con dehiscencia vertical, conectivo discreto y eglandular; pistilo oblongo con 3 estigmas sésiles. Frutos ovoides u oblongos, 0,7 mm de largo, apicalmente truncados, glabros, café oscuros cuando secos (Trelease, 1950).

Rara en sotobosque de bosques de galería, zonas norcentral y pacífica; 400-1000 m; f, Nicaragua, Colombia y Venezuela. Las colecciones de Nicaragua son hasta ahora las únicas conocidas para América Central. Es muy posible que la aparente distribución disyunta de esta especie en América Central sea solo un artificio de la taxonomía local. De hecho, *P. holtonii* es muy similar a *P. tuberculatum* o individuos juveniles de *P. arboreum*, y en consecuencia colecciones de *P. holtonii* pueden haber sido erróneamente determinadas como alguno de los otros dos taxones; posibilidad que sin embargo, está aún por verificarse.

Localización

Cundinamarca, Arbeláez, vereda San Antonio, finca Tawy



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

En el Departamento de Farmacia de la Universidad Nacional de Colombia, Sánchez *et al.* (2010) realizaron la evaluación de la actividad antimalárica *in vitro* e *in vivo* de los extractos etanólicos y de fracciones de diferente polaridad de las especies vegetales *Piper cumanense* y *Piper holtonii* (*Piperaceae*), lo que permitió identificar fracciones con actividad antiplasmódica y aislar metabolitos secundarios del grupo de los fenilpropanoides, flavonoides, ácidos benzoicos, esteroides y terpenos.

Celis *et al.* (2012) reportan que la aplicación de extractos etanólicos de hojas de *P. holtonii* produjo mayores efectos fitotóxicos en las arvenses dicotiledóneas, mientras que en las arvenses gramíneas todos los extractos mostraron un efecto fitotóxico estadísticamente similar y mayor que el testigo sin aplicación de extracto.

Pineda *et al.* (2012) evaluaron la eficiencia de cuatro extractos (n-hexano, diclorometano, acetato de etilo y metanol) y el aceite esencial de *Piper auritum* Kunth y *P. holtonii* C. DC. En la inhibición del crecimiento de tres importantes patógenos de pre y poscosecha

de frutas (*Colletotrichum acutatum*, *C. gloeosporioides* y *Botryodiplodia theobromae*). La actividad antifúngica *in vitro* se evaluó siguiendo la técnica del alimento envenenado. Los resultados mostraron que tanto el extracto en n-hexano (HE) como el aceite esencial (EO) exhibieron un relativo buen control contra ambos patógenos, siendo los materiales provenientes de *P. holtonii* los más activos.

El crecimiento micelial de *C. acutatum*, *C. gloeosporioides* y *B. theobromae* se inhibió significativamente a 400 µg mL⁻¹. Además, se analizó la composición química de los materiales bioactivos mediante cromatografía de gases-espectrometría de masas (CG-EM). Safrol (64,54/56,88 %) y apiol (64,24/57,20 %) fueron los componentes mayoritarios del EO/FE para *P. auritum* y *P. holtonii*, respectivamente. La identificación estructural fue también confirmada por resonancia magnética nuclear de ¹H. Ambos compuestos exhibieron propiedades antifúngicas significativas. Se puede concluir que EOs/ FEs de *P. auritum* y *P. holtonii* y sus componentes mayoritarios tienen interesantes aplicaciones para el control de hongos patogénicos de plantas.

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper imperiale</i> (Miq) C.DC

Nombre común

Cordoncillo

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Arbusto o árbol pequeño de 2-5 m de altura, entrenudos superiores con protuberancias (granos) principalmente en los nudos, pecíolo entre 4-8 cm de largo, vaginación a la hoja; hoja ancha ovalada, aguda o cotoacuminada, desigual hasta la base, más de 30-50 cm de longitud y de 20-30 cm de ancho, glabra, o minuciosamente pubescente, vellos cortos quebradizos a lo largo de las venas; espigas de 30 a 50 cm de largo o más, a 1 cm de gruesas; pedúnculo de 4-6 cm de largo; brácteas más o menos triangulares; ápice prominente; estigmas 4; frutos de ovoides a oblongos, glabros, estilos 3, delgados; pronto caducos y base estilar persistiendo en los frutos (Croat, 1978).

Usos

Especie apta para la protección de nacederos y cursos de agua que, por su rápido crecimiento, requiere de sombra en su estado juvenil, y al crecer puede seguir viviendo toda su vida en condiciones bastante sombreadas.



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Localización

Cundinamarca, Fusagasugá, reserva natural San Rafael

Díaz *et al.* (2012) realizaron un estudio sobre los extractos de la parte aérea de *P. imperiale* y mostraron un contenido considerable de fenoles, especialmente las hojas, que también expusieron la mayor actividad antioxidante en ABTS y los ensayos de DPPH y la más alta citotoxicidad contra las células MCF-7. Este efecto puede ser atribuido, al menos parcialmente, a su alto contenido de flavonoles y estilbenos. Sin embargo todavía es necesario entender que el compuesto específico que está causando el efecto citotóxico y también lo que es el mecanismo exacto de acción de las células MCF-7: la muerte celular. El extracto de flor de *P. imperiale* mostró una potente actividad antibacteriana particularmente contra las bacterias patógenas que causan la tuberculosis, y por lo tanto este extracto merece atención como fuente de antimicobacterianos. Estos resultados sugieren que extractos etanólicos de *P. imperiale* deben ser considerados como material de partida para el aislamiento bioguiado de antioxidante potencialmente importante como soporte de químicos antibacterianos y citotóxicos.

A partir del extracto etanólico de las hojas de la especie vegetal *Piper imperiale*, se realizó la determinación de la actividad antioxidante por el método de radical libre DPPH y, adicionalmente, a través del fraccionamiento por CCD y CC se logró el aislamiento y la identificación del ester etílico del ácido dihidroferúlico (β -(4-hydroxy-3-methoxy-phenyl)-propionato de etilo. A una parte del extracto etanólico de las hojas de la especie *Piper imperiale* se le realizaron pruebas fitoquímicas preliminares y se obtuvieron resultados positivos para alcaloides, esteroides, flavonoides, taninos y

cumarinas. Con la actividad antioxidante por la metodología de radical libre DPPH sobre el extracto etanólico de las hojas de la especie *Piper imperiale*, se observó que posee un porcentaje de inhibición frente a radicales libres como el DPPH de 46,9 % a una concentración de 500 ppm (Jara, 2013).

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper marginatum</i> Jack

Nombre común

Cordoncillo negro

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Arbusto o árbol pequeño con entrenudos más bien cortos, glabros excepto por una ligera ciliación y una sedosidad submarginal de las hojas, ramas delgadas y negruzcas cuando se secan; hojas ovaladas o redondas de 8-15 cm de ancho por 10-20 cm de largo; o escasamente algunas hojas más largas, ápice acuminado hasta largo-acuminado atenuado, base ampliamente acorazonada, palmaticompuesta 9-11 nervaduras, nervaduras extremadamente libres, profundidad de las laterales coaleciendo ligeramente con la nervadura principal en la base, membrana 50 secante, translúcido, pelucido-punteado, pecíolo mayor a 4 cm de longitud o más largo en hojas más grandes, vaginado-alado hasta cerca de la hoja; espigas de 2-4 mm, gruesas y maduras y de más de 10-13 cm u ocasionalmente de 20 cm; pedúnculo de más o menos 10 mm de

largo; brácteas transversalmente triangulares-peltada, con flecos; fruto ligero-plano, obpiramidal, angular, 3 estigmas, lineares, sésiles (Trelease, 1950).



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Localización: Cundinamarca, Tibacuy, vereda Bateas

Cundinamarca, Tibacuy, vereda Balunda, cerro del Quinini

Usos

La decocción o maceración de las hojas en bebidas, baños o emplastos tiene actividad inmunoestimulante, antibacteriana y relajante de los músculos lisos. Se ha comprobado actividad antibacteriana del aceite esencial contra *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* y *Mycobacterium smegmatis*. El aceite esencial contiene anetol, limoneno, linalol, miristicina, nerolidol, eugenol y esteres farnesilos del ácido benzoico. Neutraliza parcialmente el efecto edematizante del veneno de la serpiente mapana.

La decocción de la raíz se usa contra el paludismo y la de las hojas como digestiva, diurética y facilitadora de la menstruación, también contra la amibiasis. Las hojas frescas trituradas o estrujadas se recomiendan como hemostático externo y en emplastos sirven para desinflamar tumores. La planta entera fresca y masticada, o el zumo del tallo, se unta en los dientes para prevenir caries y piorrea; el jugo de las hojas se emplea para tratar irritaciones oculares.

Tillequin *et al.* (1978) reportan que las hojas contienen flavonoides tales como vitexina y marginatoside (6-O- β gentiobiosyl vitexina). La planta también contiene 3,4-Methylenedioxy propiophenone, 2,4,5-Trimethoxypropiophenon, 2-metoxi-4,5-methylenedioxy propiophenone, 1-(3,4-metilendioxifenil propan-Marginatumol), 5,4'-dihidroxi-7-metoxiflavanona y 5,7-dihidroxi-4'-metoxiflavanona (Reigada *et al.*, 2007).

Según Ramos *et al.* (1986), un aceite esencial puede ser producido a partir de la planta que muestra las actividades de disuasión y larvicidas contra el *Aedes aegypti*.

El aceite esencial de *P. marginatum* se obtuvo por hidrodestilación empleando un equipo Clevenger. Se determinó su rendimiento, y su composición química se investigó por CG/EM. Se realizó la determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y la Concentración Mínima Bactericida (CMB) por el método de las diluciones seriadas frente a *X. albilineans*. Se identificaron los componentes responsables de la actividad biológica mediante el fraccionamiento del aceite esencial por cromatografía seca y las fracciones fueron identificadas por CG/EM, así como evaluadas frente a la bacteria antes mencionada. El aceite posee una fuerte actividad antibacteriana con CMI y CMB de 0,12 mg.mL⁻¹. Los componentes responsables de la actividad biológica observada son los compuestos oxigenados, fundamentalmente la mezcla de isosafrol y notosmirnol.

Existen posibilidades de desarrollo del aceite esencial de *P. marginatum* como agente antibacteriano para el control de *X. albilineans*, considerando su actividad bactericida frente a esta importante bacteria.

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper peltatum</i> L.

Nombre común

Cordoncillo o Caisimón

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Alcanza a veces hasta 2 m de altura y sus hojas son alternas, enteras, suborbiculares, flácidas, de 16 a 35 cm de largo y de 14 a 34 cm de ancho, a menudo peltadas; agudas en el ápice, acorazonadas en la base, lampiñas o puberulentas en los nervios en ambas caras, con finos puntos traslúcidos, con las venas palmeadas, el nervio central con uno o dos nervios pennados a cada lado; pecíolo lampiño o puberulento, de 8 a 20 cm de largo. Flores en espigas umbeladas, sobre pedúnculos axilares; el pedúnculo común más corto que el pecíolo, de 1 a 7 cm de largo, lampiño o puberulento; espigas de 4 a 10, pedúnculos individuales de 7 a 12 mm de longitud. Brácteas peltadas, con el margen vellosa-fimbriado. Flores sésiles perfectas. Estambres 2, filamentos filiformes cortos, anteras reniformes, 1-loculares. Ovario sésil; estigmas 2, sésiles, recurvados.

Fruto de 0,5 a 0,6 mm de longitud, anguloso. Semilla triangular (Trelease, 1950).

Localización

Cundinamarca, Pandi, vereda Mercadillo

Cundinamarca, Tibacuy, vereda La Cajita, vía cerro del Quininí



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Usos

Es una planta con múltiples aplicaciones en medicina tradicional (antidiarreico, anestésico, antiofídico, antiinflamatorio, antipirético, hepatoprotector, en infusiones como diurético y para tratamiento externo de úlceras e infecciones de la piel) (La Rotta, 1990; González *et al.*, 1994; Desmarchelier *et al.*, 1997).

Puertas *et al.* (2006) en un estudio demostraron que todas las muestras evaluadas de esta especie poseen propiedades antioxidantes, lo cual soporta el uso tradicional de *P. peltatum* para el tratamiento de diferentes afecciones de la piel y otras enfermedades. Estos extractos con carácter lipofílico pueden ser considerados como

potenciales fuentes de sustancias antioxidantes; resulta muy promisorio la fracción, cuya capacidad antioxidante fue incluso mejor que la de las sustancias de referencia y del extracto crudo. Esto es muy usual para los extractos crudos porque los compuestos activos presentes en este pueden ser atenuados por otros componentes de la mezcla. Efecto sinérgico similar ha sido reportado por Puertas *et al.* (2006) a partir de una fracción aislada del aceite esencial de orégano y los compuestos antioxidantes naturales timol y carvacrol (la actividad aumentó en 82,7 % en una mezcla 1:1). Por lo tanto, para obtener una buena capacidad antioxidante, los constituyentes activos de un extracto natural deberían ser más eficientes que los compuestos de referencia o ejercer su actividad de modo sinérgico.

Blair *et al.* (2005) reportan que las semillas de caisimón son madurativas y las hojas y los retoños son considerados como muy buen antiescorbútico. Agrega dicho autor, que las raíces de esta planta constituyen el mejor diurético de la flora de los países intertropicales, que su infusión se emplea en la cura de la gonorrea y que las hojas ligeramente cocidas se emplean a manera de cataplasma, después de molidas, sobre los tumores para madurarlos.

Grosourdy le atribuye, además, todas las siguientes propiedades: rubefaciente, tónico estomático, antiescrofuloso, antihidrópico. También se usan las hojas para ponerlas bajo el sombrero contra el dolor de cabeza. Las hojas empapadas en aceite se aplican al vientre cuando este se encuentra inflamado. Para inflamaciones de origen linfático se emplea el cocimiento hecho con ocho hojas grandes para un litro de agua. También como emoliente se emplea el cocimiento de las hojas; este se deja reposar por diez minutos, se moja algodón en el líquido, se coloca entre dos hojas de caisimón y se aplica a manera de cataplasma, sobre la parte afectada. Además de usarse como diurético, el caisimón se emplea en baños y para tomar contra la atonía del estómago.

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper septulinervium</i>

Nombre común

Cordoncillo

Estatus oficial

Especie silvestre amenazada

Botánica

Planta herbácea, rastrera; hojas verde encendido, de 5-8 cm de longitud por 4-6 cm de ancho, nervadura central protuberante; tallos delgados, entrenudos cortos con numerosas raíces adventicias, puede llegar a medir hasta 2 m; inflorescencias cortas de aproximadamente 3-5 cm de longitud; olor característico (aromático).

Plantas arbustivas, hasta de 3 m de alto, follaje aromático con olor a anís, los nudos viejos engrosados. Hojas simples, alternas, ovadas, entre 9-20 cm de largo y 7-23 cm de ancho, ápice acuminado, base cordada, sagitada, dísticas. Inflorescencias erectas y curvadas, blanco-amarillentas en la antesis, verde pálidas en fruto, brácteas florales triangulares, flores sésiles. Frutos drupas ovoides, trígonos vistos desde arriba, 1 mm de largo, apicalmente truncados, glabros, café oscuros cuando secos.

Localización

Cundinamarca, Granada, vereda San José

Cundinamarca, Fusagasugá, vereda Santa Lucía

Usos

Los metabolitos de *P. septuplinervium* mostraron inhibir el crecimiento de los hongos fitopatógenos *Fusarium oxysporum* f. sp. *Dianthi* y *Botrytis cinérea* en ensayos de bioautografía directa mostrando efectos que resultan traducidos en cantidades mínimas inhibitorias de 2 µg y 100 µg para los dos compuestos contra las dos cepas de hongos, respectivamente; efectos importantes si se tiene en cuenta que los controles positivos usados en los ensayos (Benomil e Iprodiona) poseen cantidades mínimas inhibitorias de 1µg/ml en ambos casos (Ávila *et al.*, 2011).



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Teniendo en cuenta los resultados de cantidad mínima inhibitoria, el extracto etanólico de *P. septuplinervium* fue sometido a un conjunto de pruebas de análisis químico-cualitativo para tratar de determinar la posible presencia de tipos de metabolitos en el extracto. Los resultados obtenidos muestran la presencia de flavonoides, triterpenos, esteroides y polifenoles, principalmente, de

los cuales los metabolitos tipo flavonoide y polifenólico poseen reportes de actividad antifúngica sobre diferentes tipos de hongos (Danelutte *et al.*, 2003).

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper subtomentosum</i>

Nombre común

Cordoncillo

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Árbol que puede alcanzar hasta 8 m de altura, entrenudos florecientes robustos y alongados, tomentulosos, hojas acorazonadas, de 26 cm de ancho por 40 de largo, ápice agudo, base inequilateralmente cortada con abertura, cavidad más o menos rectangular y un lado de 5 a 10 mm más corto hacia el pecíolo, nervadura pinnatelada desde abajo del tercio superior, de 8-9 nervaduras a cada lado, esparcidamente pubescentes y a lo largo de las nervaduras principales levemente pubescentes abajo; pecíolo de 5-10 mm, vaginación alada para la hoja, algo tomentulosa; espigas todavía jóvenes de 3 mm de gruesas por 60 mm de largo; pedúnculo de 3 cm de largo entelarañado, brácteas redondeadas-subpeltadas, apenas con flecos (Trel & Yunck).

Localización

Cundinamarca, Fusagasugá, vereda Santa Lucía

Cundinamarca, Fusagasugá, vereda La Aguadita, reserva San Rafael
Cundinamarca, Granada, vereda San José Bajo



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Usos

Murcia y Bermúdez (2008) reportan que extractos etanólicos de *Piper subtomentosum* en tres dosis presentaron un efecto antialimentario sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*; el promedio acumulado presentó valores más bajos que los obtenidos con el tratamiento *Bacillus thuringiensis* hasta 9 días después de la aplicación, después de ese tiempo la dosis de 100 ppm fue la que mejores resultados presentó.

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Piper</i>	<i>Piper eriopodum</i>

Nombre común

Cordoncillo

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Arbusto hasta de 3 m de altura; ramillas de hirsuto-amarillento glabrescente a un granular fino y oscuro, entrenudos superiores moderadamente cortos y delgados, hojas elípticas, principalmente de 5-8 cm de ancho por 12-15 cm de largo, ocasionalmente de 3-4 por 8-10 o más de 9 cm, ápice filoso-acuminado, base inequilateral con un lado de más de 3-4 mm más corto hacia el pecíolo y obtuso o ligeramente cordelado o algunas veces agudo, nervadura pinnatelada desde la mitad inferior, cerca de 6 nervaduras a cada lado, bruscamente escabro-pubescentes arriba, punteadura glandular y vellos abajo, firme, subopaca; pecíolos entre 5-10 o más de 3-4 mm de largo; hirsuto invaginado cerca a la base; espigas de 3-4 mm de grosor por 10 cm de largo; pedúnculo de 5-10 mm de largo, hirtelos espaciados; brácteas redondeadas-subpeltadas, marginalmente corto-ciliadas; fruto pequeño, corto-oblongo, más o menos angular por la presión, glabrado; estigmas 3, sésiles (Trelease, 1950).



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Localización

Cundinamarca, San Bernardo, vereda Andes, sector El Gualilo

Cundinamarca, Arbeláez, vereda Santa Bárbara, finca La Loma

Cundinamarca, Tibacuy, vereda La Cajita, vía Ocobo, km 24,1 vía a Quininí

Cundinamarca, Tibacuy, vereda Albania, vía Quininí

Cundinamarca, Tibacuy, vereda Balunda, cerro del Quininí

Cundinamarca, Fusagasugá, vereda Guavio Bajo

Cundinamarca, Fusagasugá, vereda Usatama

Usos

Los extractos etanólicos de hojas, madera e inflorescencias de la especie *Piper eriopodon* mostraron ser activos contra el hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, inhibiendo el crecimiento micelial de este fitopatógeno. El extracto de inflorescencias de dicha especie vegetal mostró un mayor efecto inhibitorio sobre el crecimiento del hongo (Muñoz, 2008).

El extracto etanólico de *P. eriopodon* evaluado para control de larvas en primer instar *Schizomya* sp. plaga en el tomate de árbol, fue eficiente y es así como a las 96 horas después de la aplicación, se

detectó una mortalidad del 100 % para todas las concentraciones del extracto.

Muñoz (2008) evaluó el efecto antialimentario de los extractos etanólicos de hojas, madera e inflorescencias de *Piper eripodon*, así como del gibbilimbol B frente a la larva *Spodoptera frugiperda*, obteniendo resultados de inhibición del consumo normal de la larva hasta en un 70 % para el extracto de madera en la concentración más baja (50 ppm), y hasta del 84 % para el gibbilimbol B en la concentración de 100 ppm.

A partir de los extractos etanólicos de madera y hojas de la especie *Piper eripodon*, se logró la identificación de seis compuestos, tres de tipo esteroidal y tres de tipo alquenilfenol. De esta manera, por medio de diferentes técnicas cromatográficas, se llegó al aislamiento de un compuesto fenólico llamado gibbilimbol B y tres compuestos de tipo esteroidal conocidos como campesterol, estigmasterol y β -sitosterol del extracto etanólico de madera. Igualmente del extracto etanólico de hojas se llegaron a identificar tres compuestos de tipo alquenilfenol, el gibbilimbol B encontrado también en la madera y dos compuestos no reportados aún por la literatura: el 4-hidroxi-4-(3'(Z)-decenil)-2,5-ciclohexadien-1-ona y el 4-(3'(E)-decenil)-catecol. El gibbilimbol B se encontró en grandes cantidades en el extracto de hojas que corresponde al 9,5 % del extracto etanólico total de hojas, como en el de madera que corresponde al 3,5 % del extracto etanólico total de madera.

Correa *et al.* (2015) estudiaron seis especies de plantas de la familia *Piperaceae* y encontraron que *Piper eripodon* presenta propiedades tanto antioxidantes como antifúngicas, por lo cual tiene un alto potencial como fuente de compuestos bioactivos que podrían ser usados como alternativas terapéuticas o industriales.

La capacidad antioxidante de los extractos puede ser atribuida al poder reductor, a la capacidad atrapadora de radicales libre, o a la habilidad para capturar oxígeno molecular. Se observa que las plantas con mejor actividad antioxidante fueron *P. eriopodon* y *P. crassinervium*, las cuales mostraron buena actividad con todos sus extractos y aunque estos presentaron menor capacidad atrapadora de radicales libre que el control positivo (hidroquinona: $26,81 \pm 1,43$), los valores son significativos. Así mismo, la especie *P. umbellatum* presentó actividad antioxidante apropiada con dos de sus tres extractos evaluados, mientras que *P. pesaresanum* y *P. acuminata* evidenciaron actividad antioxidante destacada solo con uno de sus extractos.

La especie con mejor actividad antifúngica fue *P. pesaresanum*, la cual presentó buena inhibición con todos sus extractos frente a los dos hongos evaluados; es el extracto de diclorometano el que mostró mayor porcentaje de inhibición contra *F. solani*. Con menor actividad antifúngica se encontró *P. eriopodon*, la cual fue activa con los extractos de diclorometano y de metanol frente a ambos hongos, pero los valores obtenidos fueron inferiores a los de *P. pesaresanum*. Es importante resaltar que con los extractos metanólicos de las dos especies mencionadas y el de *P. daniel-gonzalezii* no se determinó el porcentaje de inhibición frente a *F. solani* porque aunque hubo crecimiento, se observaron diferencias morfológicas frente al control negativo, por lo cual también se les consideraron especies activas. Las especies *P. umbellatum*, *P. crassinervium*, *P. glanduligerum* y *P. acuminata* evidenciaron actividad solo con uno de sus extractos; esta última especie mostró la mayor actividad frente a *F. oxysporum*. En todos los casos, los extractos mostraron menor porcentaje de inhibición que el control positivo (Ketokonazol 100%).

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Peperomia</i>	<i>Peperomia griseoargentea</i> Yunck

Nombre común

Peperomia

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Planta erecta con tallos verdes y hojas alternas, cordadas, algo coriáceas, de 3-5 cm de longitud, con el haz de color verde grisáceo y el envés verde pálido. Venación palmeada y muy marcada en ambas caras de la hoja. Inflorescencia solitaria con espigas de 5-8 cm de longitud, de color verde pálido. Su origen es desconocido. Se las cultiva mucho por su follaje ornamental. Son mayormente nativas de América tropical.



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Localización

Cundinamarca, Tibacuy, vereda Balunda

Usos

Estas especies se cultivan con fin ornamental, aunque a veces por sus flores, como en *Peperomia fraseri*. Excepto las especies suculentas, son generalmente fáciles de crecer en invernáculo. Diferentes especies y cultivares se hallan en el mercado.

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Peperomia</i>	<i>Peperomia leucostachia</i>

Nombre común

Peperomia

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Hojas alternas, cordadas, de 3-4 cm de longitud, algo coriáceas, de color verde fuerte en el haz y más pálidas en el envés. Venación palmeada y muy marcada en ambas caras de la hoja. Inflorescencia solitaria, con espigas de 2-5 cm de longitud y color verde pálido.



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Localización

Cundinamarca, Tibacuy, vereda Balunda, vía cerro del Quininí

Usos

El género *Peperomia* son plantas en general decorativas por sus hojas y se adaptan a recipientes medianos o pequeños.

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Peperomia</i>	<i>Peperomia obtusifolia</i> (L.) A. Dietr.

Nombre común

Peperomia

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Hierbas epifitas que forman estolones, rastrera, tallos delgados, ascendentes, hasta los 15 cm o más alta, rotando hasta los nudos

más bajos; pecíolos de 0,5-4 mm de largo; hojas más o menos aovadas, obtusas o usualmente redondas hasta el ápice, de 4-12 cm de largo y de 2,5-6 cm de ancho, algunas veces pubescentes en la superficie de abajo, las venaciones son más oscuras; espigas densas, flores axilares; tallo de 5-15 cm de longitud a 5 cm de ancho; frutos elípticos de 1 mm de longitud.



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Localización

Cundinamarca, Tibacuy, vereda La Cajita, vía cerro del Quininí

Usos

El género *Peperomia* son plantas en general decorativas por sus hojas y se adaptan a recipientes medianos o pequeños. Se usa como una cubierta vegetal popular para los jardines de sombra tropicales, pero no se puede sostener cuando hay caminos peatonales. Sirve como antiescorbútica, antipalúdico y antiartrítico. Un estudio aisló compuestos fenólicos con un grupo metilo, isoprenilo y geranilo sobre un núcleo de anillo de benceno.

Según un reporte de Batista *et al.* (2012), algunas comunidades utilizan esta especie para tratar las picaduras de insectos y serpientes o incluso como un limpiador de la piel. Estudios

de bioactividad guiada anteriores resultaron en el aislamiento de cromanos racémicos con actividad tripanocida potente y baja citotoxicidad inespecífica, entre otros metabolitos secundarios. Por otra parte, un informe reciente de estos autores describe el aislamiento, la elucidación de la estructura y la configuración absoluta de seis nuevos esteres cromano monoterpeneo isoméricas de *P. obtusifolia*.

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Peperomia</i>	<i>Peperomia peltoidea</i> Kunth

Nombre común

Peperomia

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Planta herbácea, coriácea; hojas lanceoladas, brillantes, de 5-8 cm de longitud por 3-5 cm de ancho, nervaduras muy protuberantes con 8-10 nervios principales a cada lado de la hoja; inflorescencias rojas de 5-9 cm de longitud aproximadamente.



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Localización

Cundinamarca, Fusagasugá, reserva natural San Rafael

Usos

El género *Peperomia* son plantas en general decorativas por sus hojas y se adaptan a recipientes medianos o pequeños.

Ficha de identificación

Jardín *in vivo* y *ex situ* de piperáceas del Sumapaz
Granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)

Familia	Género	Especie
<i>Piperaceae</i>	<i>Peperomia</i>	<i>Peperomia tetraphylla</i>

Nombre común

Peperomia

Estatus oficial

Especie silvestre no amenazada

Botánica

Planta rastrera, tapizante, de tamaño pequeño, hojas de 1-1,5 cm de ancho por 1-2 cm de largo, esta planta puede llegar hasta los 15 cm de longitud, en invierno asume una coloración verde-blanco, en invierno mantiene todas sus hojas; inflorescencias de 2-3 mm de ancho por 4-8 cm de largo; esta planta tiene el desarrollo de una planta herbácea perenne. Generalmente está ubicada en lugares muy húmedos como cobertura del suelo o de troncos viejos.



Fuente: Álvarez y Roa (2008).

Localización

Cundinamarca, Tibacuy, vereda La Cajita, vía cerro del Quininí

Usos

El género *Peperomia* son plantas en general decorativas por sus hojas y se adaptan a recipientes medianos o pequeños.

En medicina, el jugo se utiliza como un tónico y para trastornos del oído interno. Varias partes de las plantas con otros ingredientes se usan por vía oral para el flujo vaginal, posiblemente para las distintas etapas de la apendicitis (Handy *et al.*, 1972).

Referencias

- ABEDINI, W. (2005). Propagación vegetativa de *Parkinsonia aculeata* L. por estaquillado. *Revista de Ciencias Forestales Quebracho*, (12), 23-33. Universidad Nacional de La Plata, C.C. 31 (1900) La Plata, Argentina.
- ABEDINI, W., RIVAS, C., GUIDO, A., RIVERA, S., RUSCITTI, M., MARINUCCI, L. Y GALLIUSI E. (2000). *Cátedras de introducción a la dasonomía, dendrología y fisiología vegetal*. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata. C.C. 31 (1900) La Plata, Argentina.
- ALBARRACÍN, G. Y GALLO, S. G. (2003). *Comparación de dos métodos de extracción de aceite esencial utilizando Piper aduncum (cordoncillo) procedente de la zona cafetera*. Tesis de grado, Ingeniería Química, Universidad Nacional de Colombia, Manizales.
- ÁLVAREZ, J. Y ROA, A. (2008). *Protocolo para la adecuación y establecimiento de un jardín in vivo y ex situ de especies de la familia Piperaceae, en la granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)*. Tesis de grado, Universidad de Cundinamarca.
- ALVES DOS SANTOS, R., CLÉCIO SOUZA RAMOS, M. Y YOUNG, M. (2013). Antifungal Constituents from the Roots of *Piper dilatatum* Rich. *Journal of Chemistry*, 2013, Article ID 160165, 5 pages. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/160165>
- ARNASON, J. T., DURST, T. Y PHILOGENE, B. J. R. (2005). Phytochemical discovery of new botanical insecticides. En R. C. Regnault, B. J. J. Philogene y C. Vincent (eds.), *Biopesticides of plant origin* (pp. 37-46). Lavoiser and Intercept, Ltd., París and Andover.
- AVELLA. E. Y PUENTES DE DÍAZ, A. (2008). Constituyentes del aceite esencial de *Piper arthante* (Piperaceae). En *XI Congreso Colombiano de Química y I Feria Internacional de Química*.

- Ponencia: Libro Memorias del XI Congreso Colombiano de Química y I Feria Internacional de Química. Colombia, 1998.
- AVELLA, E. Y RÍOS-MOTTA, J. (2010). Main constituents and cytotoxic activity of the essential oil of *Piper artanthe*. *Chemistry of Natural Compounds*, 46(4), 651.
- BAKER, A., CHARLTON, W., JOHNSON, B., LÓPEZ-HUERTAS, E., OH, J., SPARKES, I. Y THOMAS, J. (2000). Biochemical and molecular approaches to understanding protein import into peroxisomes. *Biochem Soc Trans.*, 28(4), 499-504.
- BALDWIN, B. G., SANDERSON, M. J., PORTER, J. M., WOICKIESCHOSKI, M. F., CAMPBELL, CH. S. Y DOGNOHUE, L. J. (1995). DNA sequences of the ITS regions in nuclear ribosomal DNA Ann. *Missouri Bot. Gard.*, 247-277.
- BATISTA, J., BATISTA, A., MASSUO, J., VANDERLAN, S., LÓPEZ, S., NAFIELD, L. Y FURLANA, M. (2012). Further monoterpene chromane esters from *Peperomia obtusifolia*: VCD determination of the absolute configuration of a new diastereomeric mixture. *Tetrahedron Letters*, 53(45), 6045-6051.
- BLAIR, S. Y MADRIGAL, B. (2005). *Plantas antimaláricas de Tumaco. Costa pacífica colombiana*. Editorial Universidad de Antioquia.
- BUCKLER, E. S. Y HOLTSFORD, T. P. (1996). Zea systematic. Ribosomal ITS evidence. *Mol. Biol. Evolution*, (13), 612-622.
- CELIS, A., MENDOZA, C. Y PACHÓN. (2012). Establishment of a garden *in vivo* and *ex situ* of species of *Piperaceae* in Fusagasugá, Colombia. *Acta Horticulturae*, 964, 191-196.
- CELIS, A., MENDOZA, C. Y PACHÓN, M. E. (2012). *Herbicide effects of Piper extracts on a seed bank in Fusagasugá (Colombia)*. International Symposium on Medicinal Plants and Natural Products. Quito, Ecuador, December.
- CELIS, A., MENDOZA, C., PACHÓN, M. E., DELGADO, W. Y CUCA, L. E. (2008). Extractos vegetales utilizados como biocontroladores

- con énfasis en la familia *Piperaceae*. Una revisión. *Agron. Colombiana*, 26(1). Bogotá.
- CICCIO, J. F. (1994). *Constituyentes del aceite esencial de las hojas de Piper terrabanum (Piperaceae)*. Centro de Investigaciones en Productos Naturales (Ciprona) y Escuela de Química, Universidad de Costa Rica, San José.
- CORREA NAVARRO, Y., PALOMINO GARCÍA, L. Y MOSQUERA MARTÍNEZ, O. (2015). Actividad antioxidante y antifúngica de piperáceas de la flora colombiana. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(2).
- DANELUTTE, A. P., LAGO, J. H. G., YOUNG, M. C. M. Y KATO, M. J. (2003). Antifungal flavanones and prenylated hydroquinones from *Piper crassinervium* Kunth. *Phytochemistry*, (64), 555-559.
- DE LA RÚA, A. (1999). *El poder curativo de las hierbas*. Bogotá: Círculo de Lectores.
- DELGADO, W., PACHÓN, M. E., CELIS, A., MENDOZA, C., DAZA, M. Y CUCA, L. E. (2008). *Informe técnico Proyecto "Bioprospección participativa de comunidades vegetales asociadas a la familia Piperaceae en la región del Sumapaz medio y bajo occidental"*. Colciencias, Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Cundinamarca.
- DÍAZ, L., MUÑOZ, D., PRIETO, R., CUERVO, S., GONZÁLEZ, D., GUZMÁN, D. Y BHAKTA, S. (2012). Antioxidant, antitubercular and cytotoxic activities of *Piper imperiale*. *Molecules*, 17(4), 4142-4157.
- DÍAZ, P. P., MALDONADO, E. Y OSPINA, E. (1984). Aceite esencial de *Piper aduncum*. *Revista Latinoamericana de Química*, 15(3), 136-138.
- FAO. (1996). Conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos. Conservación *ex situ*. En *Técnicas para el manejo y uso de los recursos*.

- FRANCIS, J. K. (2003). *Piper aduncum* fact sheet. USDA Forest Service.
- GARCÍA, V. F. (s. f.). *Phylogeny of Piper (Piperaceae); implications for classification and biogeography*.
- GONZÁLEZ, E. (2002). *Proyecto estrategia regional de biodiversidad para los países del Trópico Andino*. Convenio de cooperación técnica no reembolsable ATN/JF-5887/RG CAN-BID. Maracay, Venezuela.
- GROSOURDY, R. (1864). *El médico botánico criollo, t. 3, Ns. 20 y 355 y t. 4. n. 779*. The Luz Esther Mertz Library, the New York Botanical Garden. Date Scanned: 11/28/2007.
- GUPTA, M. P., ARIAS, T. D. Y SMITH, R. M. The composition of essential oil of *Piper aduncum* L. of Panama. *Revista Latinoamericana Quím.*, (14), 36-37.
- GUTIÉRREZ, C., SCULL, R., DELGADO, L., SÁNCHEZ, A. Y JIMÉNEZ, C. (2016). Parámetros farmacognósticos y actividad antioxidante de *Piper aduncum* subsp. *ossanum* trel según el lugar de colecta. *Revista de Ciencias Farmacéuticas y Alimentarias*. La Habana, Cuba.
- HAMBY, R. K. Y ZIMMER, E. A. (1992). Ribosomal RNA as a phylogenetic tool in plant systematics. En P. S. Soltis, D. E. Soltis y J. J. Doyle (eds.), *Molecular systematics of plants*. (pp. 50-91). Chapman and Hall, Nueva York.
- HANDY, E., CRAIGHILL, S. Y GREEN, H. (1972). Native planters in old Hawaii, their life, lore and environment. *Bernice P. Bishop Museum Bulletin*, 233. Bishop Museum Press, Honolulu, Hawái.
- HERNÁNDEZ, L. A. (2002). *Herramientas para la bioprospección en Colombia*. Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología.
- HILLIS, D. M. Y DIXON, M. J. (1991). Ribosomal DNA: molecular evolution and phylogenetic inference. *The Quarterly Review of Biology*, (66), 411-453.

- IIAP. (2010). *Base de datos de plantas medicinales*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Recuperado de http://www.iiap.org.pe/Archivos/Publicaciones/Publicacion_1586.pdf
- JARA, A. (2014). *Análisis fitoquímico y determinación de la actividad antioxidante del extracto etanólico de las hojas de la especie Piper imperiale (Piperaceae)*. Tesis de grado, Facultad de Ciencias y Tecnología Química, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (Udca).
- JARAMILLO, M. A. Y CALLEJAS, R. (2004). A reappraisal of *Trianaeopiper Trelease*: convergence of dwarf habit in some *Piper* species of the Chocó. *Taxon*, 53(2), 269-278.
- JARAMILLO, M. A. Y MANOS, P. S. (2001). Phylogeny and patterns of floral diversity in the genus *Piper* (Piperaceae). *Am. J. Bot.*, 88(4), 706-716.
- LISTON, A., ROBINSON, W. A., PIÑERO, D. Y ÁLVAREZ-BUYLLA, E. R. (1999). Phylogenetics of *Pinus* (Pinaceae) based on nuclear ribosomal DNA internal transcribed spacer region sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.*, 11, 95-109.
- LITTLE, E., WADSWORTH, F. H. Y MARRERO, J. (2001). *Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes* (2^{da} ed.). Puerto Rico: Editorial de la Universidad de Puerto Rico.
- MORA, F., PEÑA, J., ROJAS, L., USUBILLAGA, A. Y MELÉNDEZ, P. (2008). Composición química de los aceites esenciales de *Piper dilatatum* L.C. Rich. y *Piper tuberculatum* Jacq. de Mérida, Venezuela. *Ciencia* (Maracaibo), 16(3), 365-369.
- MURCIA, A. M. Y BERMÚDEZ, H. (2008). *Evaluación de la actividad insecticida de extractos vegetales de la familia Piperaceae, sobre Spodoptera frugiperda Smith, en condiciones semicontroladas*. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá.

- OLIVEIRA, B. Y OLIVEIRA, M. C. (1999). 2, 4, 5-Trimethoxy propiophenone from *Piper marginatum*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 27(5), 539-541.
- PACHÓN, R. Y TORRES, T. (2008). *Evaluación de tres extractos vegetales sobre larvas de liberalito (Schizomya sp.) en primer instar en cultivo de tomate de árbol (Solanum betacea Send) en condiciones de laboratorio*. Tesis de grado, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Ingeniería Agronómica, Fusagasugá.
- PARMAR, V., SUBHASH, S., JAIN, C., BISHT, K. S., JAIN, R., TANEJA, P., JHA, A., TYAGI, O. D., PRASAD, A. K., WENGEL, J., OLSEN, C. E. Y BOLL, P. M. (1997). Phytochemistry of the genus *Piper*. *Phytochem*, 46(4), 597-673.
- PARRA, J. E. (2011). Contribución al estudio fitoquímico de la parte aérea de *Piper cf. cumanense* Kunth (*Piperaceae*). Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Bogotá.
- PLAZAS, E., CUCA, L. E. Y DELGADO, W. (2008). Flavonoides aislados de las inflorescencias de *Piper hispidum* Kunth (*Piperaceae*) y derivados acetilados. *Rev. Col. Quím.*, 37(2). Bogotá.
- PIER, H. (2003). *Pacific Islands Ecosystems at Risk*.
- PINEDA, M. R. (2012). Chemical composition and antifungal activity of *Piper auritum* Kunth and *Piper holtonii* C. DC. Against phytopathogenic fungi. *Chilean J. Agric. Res.*, 72(4), 507-515. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-58392012000400008&lng=es&nrm=iso
- PINO, O. H., CORREA, T., SÁNCHEZ, Y., RODRÍGUEZ, M., DEMEDIO, J. Y SANABRIA, J. L. (2011). Caracterización química y actividad acaricida del aceite esencial de *Piper aduncum* sp. *ossanum* frente a *Varroa destructor*. *Rev. Protección Veg.*, 26(1), 52-61.

- PIÑERES, J. (1991). *Plantas medicinales (compendio de farmacología vegetal)*. Bogotá: Escuela de Medicina. Fundación Universitaria Juan N. Corpas.
- PLUCKNETT, D. L., SMITH, N. J. H., WILLIAMS, J. T. Y MURTHI ANISHETTY, N. (1987). *Gene banks and the world's food*. Princeton University Press, Nueva Jersey.
- POLANCO, D. (1995). *Aportes al Informe Nacional sobre Recursos Fitogenéticos, relativos a flora nativa para diferentes usos*. Departamento de Vida Silvestre/SURENA-SEA.
- PUERTAS, M., GÓMEZ, L., CHABALA, I., ROJANO, B. Y SAEZ, V. (2006). Capacidad antioxidante *in vitro* de fracciones de hojas de *Piper peltatum* L. *Rev. Cubana Plant. Med.*, 14(2). La Habana, abr.-jun.
- RAMOS, L. M., DA SILVA, M. L., LUZ, A. I. R., ZOGHBI, M. G. B. Y MAIA, J. G. S. (1986). Essential oil of *Piper marginatum*. *J. Natural Products*, (49), 712-713.
- REGASINI, L. M., COTINGUIBA, F., DUO PASERINI, G., VANDERLAN, B., BARRETO, R., KATO, M. Y FURLAN, M. (2009). Atividade tripanocida de *Piper arboreum* e *Piper tuberculatum* (*Piperaceae*). *Rev. Bras. Farmacogn.*, 19(1b), João Pessoa, Jan.-Mar.
- REIGADA, J., TCACENCO, M., ANDRADE, L., KATO, J., PORTO, L. M. Y LAGO, J. (2007). Chemical constituents from *Piper marginatum* Jacq. (*Piperaceae*) - antifungal activities and kinetic resolution of (RS) - marginatumol by *Candida antarctica* lipase (Novozym 435). *Tetrahedron: Asymmetry*, 18(9), 1054.
- ROJAS, M. A. (2012). Estudio fitoquímico y evaluación de la actividad antimalárica de *Piper cumanense* y *Piper holtonii*. Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia.
- ROJAS M., ARDILA, J. Y HENRÍQUEZ, P. (2002). *Valoración económica de los recursos fitogenéticos en Mesoamérica*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura II C

- A. Red Mesoamericana de Recursos Fitogenéticos - Remerfi. Proyecto IICA-GTZ/REMERFI / IICA. San Salvador, El Salvador.
- SÁNCHEZ, Y., ALBARRACÍN, D., ROJAS, M., RINCÓN, J., ROBLEDO, S., MUÑOZ, D., OVIEDO, J., CALDERÓN, M., FERNÁNDEZ, N. Y DELGADO, G. (2010). Evaluación de la actividad citotóxica y leishmanicida de extractos y fracciones de *Piper cumanense* y *Piper holtonii*. *Revista Colombiana de Ciencias Químico Farmacéuticas*, 39(1), 21-29.
- SÁNCHEZ, Y., CORREA, T., ABREU, y PINO, O. (2012). Efecto del aceite esencial de *Piper marginatum* Jacq. y sus componentes sobre *Xanthomonas albilineans* (Ashby) DAWSON. *Rev. Protección Veg.*, 27(1), 39-44. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522012000100007
- SAUÑE, A. Y REYNEL, C. (2013). *Árboles y arbustos de Piper ("Matico") del valle de Chanchamayo, DP. de Junín (Perú)*. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- SCHELDEMAN, X., ROJAS, W., VALDIVIA, R., PERALTA, V., PERALTA, E. Y PADULOSI, S. (s. f.). Retos y posibilidades del uso de especies olvidadas y subutilizadas en un desarrollo sostenible. Recuperado de https://www.academia.edu/32160553/Retos_y_Posibilidades_d_el_Uso_de_Especies_Olvidadas_y_Subutilizadas_en_un_Desarrollo_Sostenible
- SECRETARÍA DE ESTADO DE AGRICULTURA DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS. (1995). *Informe sobre colecciones in situ y ex situ sobre recursos genéticos alimenticios. Aportes para el Informe Nacional*. Santo Domingo, D. N.
- SENGUPTA, S. Y RAY, A. B. (1987). The chemistry of *Piper* species: a review. *Fitoterapia*, (58), 147-166.
- SILVA, R. V., NAVICKIENE, H. M. D., KATO, M. J., BOLZANI, V. S., MÉDA, C. I., YOUNG, M. C. M. Y FURLÁN, M. (2002). Antifungal

- amides from *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. *Phytochem.*, 59(5), 521-527.
- SIMPOSIO SOBRE PLANTAS TÓXICAS. (1994). *Especies medicinales utilizadas por las comunidades indígenas embera del Chocó*. Herbario Universidad de Antioquia (HUA).
- SMITH, J. F., STEVENS, A. C., TEPE, E. J. Y DAVIDSON, C. (2008). Placing the origin of two species-rich genera in the late cretaceous with later species divergence in the tertiary: a phylogenetic, biogeographic and molecular dating analysis of *Piper* and *Peperomia* (Piperaceae). *Plant Syst. Evol.*, 275(1-2), 9-30.
- SMITH, R. M. Y KASSIM, H. (1979). The essential oil of *Piper aduncum* from Fiji. *New Zealand J. Crop Hort. Sci.*, (22), 127-128.
- SWOFFORD, D. L. (1998). *PAUP*: phylogenetic analysis using parsimony (*and other methods), Version 4.0*. Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, EE. UU.
- TILLEQUIN, F., PARIS, M., JACQUEMIN, H. Y PARIS, R. (1978). Flavonoids from *Piper marginatum* isolation of a new flavonoid, the marginatoside. *Planta Médica*, 33(1), 46-52.
- TRELEASE, W. Y YUNCKER, T. (1950). *The Piperaceae of northern South America*. Illinois: University of Illinois Press.
- TROPICOS.ORG. (2013). *Missouri Botanical Garden*. Recuperado de <http://www.tropicos.org/Name/25001129>
- WEN, B., XUE, P., ZHANG, N., YAN, Q. Y JI, M. (2015). Seed germination of the invasive species *Piper aduncum* as influenced by high temperature and water stress. *Weed Research*, 55(2), 155-162.
- WRIGHT, S. J. (1991). Seasonal drought and the phenology of understorey shrubs in a tropical moist forest. *Ecology*, (72), 1643-1657.

Capítulo V: Descripción biofísica del hábitat donde se encuentran las plantas de la familia Piperaceae en la región media y baja del Sumapaz

Gilma Amparo Reina Sánchez¹, Maicol Beltrán Cruz², César Suárez Castellanos², Andrea Alayón² y Rosa Romero² (Udec)

Las plantas cumplen una función importante al ser capaces de capturar la luz y convertirla en compuestos orgánicos vitales para los procesos de los seres vivos, ofrecen hábitat y refugio para la fauna, alimentación y sitios para su reproducción, protegen el suelo de la desertificación y erosión, favorecen la interceptación e infiltración de aguas lluvias y la regulación de caudales, y generan bienes y servicios ambientales. En concordancia con lo anterior, los estudios de vegetación son uno de los principales soportes de planificación, manejo y conservación de los ecosistemas; así, la información proveniente de un inventario florístico proporciona datos de estructura y diversidad que permiten determinar el estado de conservación de las áreas estudiadas. Por medio de parcelas se obtiene información sobre las características cualitativas y cuantitativas de la vegetación sin necesidad de recorrerla en su totalidad.

¹ I. A., M. C. CAR.

² I. A. Universidad de Cundinamarca.

Partiendo de este método, se realizó entonces la caracterización biofísica del hábitat donde se encuentran las plantas de la familia *Piperaceae*. De las visitas realizadas a la región se seleccionaron seis zonas, las cuales fueron consideradas representativas de los relictos de bosques donde se localizaron las diferentes especies de la familia *Piperaceae* (tabla 1).

Tabla 1. Relictos seleccionados para estudios de hábitat de plantas de la familia *Piperaceae* (2008)

Relicto	Ubicación
Arbeláez	Vereda Santa Bárbara
Granada	Vereda San José Bajo
Tibacuy	Cerro del Quininí
Fusagasugá	Vereda Santa Lucía, cerro Fusacatán
Silvania	Vereda Yayatá, alto El Uval

Caracterización de las unidades cartográficas de los suelos en los relictos seleccionados (según Igac, 2000).

Cada unidad cartográfica está representada en un mapa por una colección de delineaciones que tienen el mismo contenido semántico (la misma definición y los mismos atributos, que varían dentro de un cierto intervalo) y una significación parecida.

En la leyenda del mapa, la unidad cartográfica expresa cómo se han delineado los límites entre teselas. Las delineaciones o teselas de una misma unidad cartográfica se identifican con un mismo color, cifra, letra o letras, o un símbolo alfanumérico que facilite la identificación.

Para establecer una unidad cartográfica se pueden utilizar diferentes criterios, siempre de acuerdo con el objetivo y la escala del mapa. La calidad de la información de las unidades cartográficas aumenta con la densidad de observaciones, la escala del mapa y la complejidad del territorio cartografiado.

En mapas detallados, algunas unidades cartográficas representan áreas dominadas por una única serie de suelos. En este caso, la unidad cartográfica se corresponde con una unidad taxonómica única. Esto solo sucede en mapas detallados de suelos y con modelos de distribución de suelos sencillos, pero no se cumple en otros casos, en que la unidad cartográfica representa áreas dominadas por dos o más series de suelos (más de una unidad taxonómica). Esto ocurre siempre en los mapas de suelos de escala pequeña.

Las unidades cartográficas de suelos se denominan mediante una o diversas series de suelos que dominan la unidad. Un porcentaje menor de cada unidad cartográfica corresponde a otras series de suelos (impurezas o inclusiones) que no se incluyen en el nombre de la unidad cartográfica, si bien se indica su presencia.

Suelos del relicto de Arbeláez (Santa Bárbara)

El relicto ubicado en esta vereda pertenece al grupo indiferenciado *Andic Dystrudepts* y *Typic Hapludands*, símbolo MKC fase: MKCe. Esta unidad cartográfica se localiza en altitudes entre 2000 y 3000 m s. n. m., en clima ambiental frío y muy húmedo, con temperaturas que varían entre 12 y 18 °C y precipitaciones de 2000 y 4000 mm/año. La unidad corresponde geomorfológicamente a crestones de relieve moderadamente quebrado a moderadamente empinado, con pendientes entre 12 y 75 %, de laderas medias y largas, rectilíneas y cimas estrechas y agudas. Los suelos se han desarrollado a partir de rocas clásticas limoarcillosas, arenosas y depósitos de espesor

variable de ceniza volcánica; son bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas y profundos a superficiales, limitados por contacto con el material parental duro y coherente.

Suelos del relicto de Granada (vereda San José Bajo)

La vereda donde se ubicó el relicto pertenece a la asociación *Humic Lithic Eutrudepts*, *Tupic Placudands* y *Dystric Eutrudepts*, símbolo MLV, fase MLVe. Esta asociación se encuentra en alturas entre los 2000 y 3000 m s. n. m. de altura. En un clima ambiental frío y húmedo, con temperaturas entre 12 y 18 °C y precipitación promedio anual entre 1000 y 2000 mm. Geomorfológicamente estos suelos se ubican en crestones de relieve que varía de moderadamente quebrado a moderadamente escarpado con pendientes entre 12 y 75 %. Algunos de los suelos de la unidad están afectados por erosión moderada (en surcos), principalmente en sectores con pendientes entre 25 y 50 %. Los suelos se han desarrollado a partir de rocas clásticas limoarcillosos, químicas carbonatadas y depósitos de espesor variable de ceniza volcánica; son profundos a superficialmente limitados por contacto con el manto rocoso, bien a moderadamente bien drenados y de texturas finas a moderadamente gruesas.

Suelos relictos del cerro del Quininí (municipio de Tibacuy)

El cerro/reserva del Quininí pertenece a la asociación *Typic Eutrudepts*, símbolo MQS fase MQSg. Los suelos de esta unidad cartográfica se encuentran en alturas entre 1000-2000 m s. n. m., clima ambiental medio y húmedo con temperaturas entre 18 y 24 °C y precipitación entre 1000-2000 mm/año. Relieve de crestas y escarpes mayores caracterizados por laderas medias y largas, rectilíneas y cimas agudas. Relieve fuertemente escarpado con pendientes superiores al 75 %. Los suelos se derivan de rocas clásticas limoarcillosas, son bien a excesivamente drenados, moderadamente profundos a superficiales, limitados por presentar

fragmentos de roca dentro del perfil. Son de grupo textural moderadamente fino a moderadamente grueso con fragmentos de roca (gravilla) en algunos horizontes.

Suelos del relicto de Fusagasugá (vereda Santa Lucía)

El relicto de bosque de esta vereda pertenece al grupo indiferenciado *Andic Dystrudepts* y *Typic Hapludands*, símbolo MKC, fase MKCf. Esta unidad cartográfica se localiza en altitudes entre 200 y 3000 m s. n. m., en clima ambiental frío y muy húmedo, con temperaturas que varían entre 12 y 18 °C y precipitaciones entre 2000 y 4000 mm/año. La unidad corresponde geomorfológicamente a crestones de relieve moderadamente quebrado a moderadamente empinado, con pendientes entre 12 y 75 %, de laderas medias y largas, rectilíneas y cimas estrechas y agudas. Los suelos se han desarrollado a partir de rocas clásticas limoarcillosas, arenosas y depósitos de espesor variable de ceniza volcánica; son bien drenados, de texturas finas a moderadamente gruesas y profundos a superficiales limitados por contacto con el material parental duro y coherente. En sectores fuertemente escarpados de la unidad afloran materiales rocosos en una proporción inferior al 5 %.

Suelos del relicto de Fusagasugá (base del cerro Fusacatán, vereda Pekín Alto)

La base del cerro Fusacatán pertenece al complejo *Dystric Eutrudepts* - *Humic Eutrudepts*, símbolo MQB, fase MQBe. Los componentes de esta unidad cartográfica se localizan en altitudes que oscilan entre 1000 y 2000 m s. n. m., con clima ambiental medio y húmedo, caracterizado por precipitaciones promedio anual entre 1000 y 2000 mm/año y temperaturas entre 18 y 24 °C. Se localizan en lomas con relieve moderada a fuertemente quebrado, con pendientes entre 12 y 50 %. Los suelos se caracterizan por ser bien drenados, profundos a moderadamente profundos (limitados por presencia de fragmentos de roca en el perfil) de texturas finas y evolucionados a partir de rocas

clásicas limoarcillosas y conglomeráticas. Actúa como limitante para el uso agropecuario de estos suelos la pedregosidad superficial, que dificulta las labores de mecanización y retención de humedad del suelo.

Relicto de Sylvania (alto El Uval, vereda Yayatá)

El alto El Uval presenta suelos de la consociación *Typic Hapludands*, símbolo MQF, fase MQFf. Se encuentra en altitudes entre 1000 y 2000 m s. n. m., correspondiente al clima medio muy húmedo, caracterizado por temperaturas entre 18 y 24 °C y precipitación entre 2000 y 4000 mm/año. Ocupa la posición de espinazos, en un relieve de ligera a moderadamente escarpado, caracterizado por laderas largas, rectilíneas y en sectores ligeramente convexas. El relieve es ligera a moderadamente escarpado. El material parental consiste en rocas clásticas arenosas. Los suelos son bien a excesivamente drenados, profundos a superficiales limitados por fragmentos de roca. Están afectados por erosión laminar ligera, terracetas y patas de vaca. Su escasa profundidad efectiva y susceptibilidad a la erosión limitan el uso agropecuario.

Descripción del perfil del suelo de cada uno de los relictos de bosque secundario

Recolección de las muestras de suelo de los diferentes relictos.

Se tomaron cinco muestras de suelo en el momento de hacer la recolección de plantas de la familia *Piperaceae* en cada relicto de bosque, en cuatro lugares en donde se presentaban especies de *Piperaceae* y una testigo en donde no se encontraban. Además, se realizó una calicata en la zona más representativa de cada relicto, de la cual se obtuvieron muestras de suelo de cada perfil. Los resultados se muestran en las tablas 2, 3, 4, 5 y 6. Igualmente, se presentan en las figuras 1 a 6.

Tabla 2. Características de la zona del relicto de Arbeláez

Localización geográfica	Departamento: Cundinamarca	Municipio: Arbeláez
Sitio: vereda Santa Bárbara, sector La Arabia, finca La Loma - 400 m al occidente a la escuela de Arabia.		
Altitud: 1460 m s. n. m.		
Coordenadas geográficas:	Latitud: 4° 16' 30' norte	Longitud: 74° 23' 49''
Paisaje: montaña	Tipo de relieve: glacis coluvial	
Relieve: ligeramente inclinado		
Material parental: ceniza volcánica sobre depósitos clásticos gravigénicos y rocas clásticas limoarcillosas.		
Clima edáfico: údico		
Profundidad efectiva: superficial	Límite de profundidad: presencia de rocas	
Uso actual: relicto de bosque		
Vegetación natural: selva subandina		

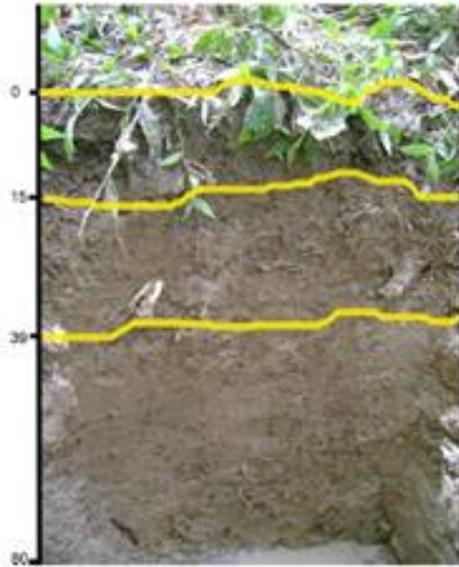


Figura 1. Perfil de suelo vereda Santa Bárbara, sector La Arabia, Arbeláez (2008)

Descripción del perfil del suelo

Profundidad y descripción:

00-15 cm. Color en húmedo café oscuro (7,5 YR 3/3), consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente plástico.

15-39 cm. Color en húmedo café (7,5 YR 4/4), consistencia en húmedo friable, en mojado moderadamente plástico.

39-80 cm. Color en húmedo café rojizo (5 YR 4/3), consistencia en húmedo firme, en mojado ligeramente plástico.

Tabla 3. Características de la zona del relicto de Granada

Localización geográfica:	Departamento: Cundinamarca	Municipio: Granada
Sitio: vereda San José Bajo, finca El Carajo		
Altitud: 2500 m s. n. m.		
Coordenadas geográficas:	Latitud: 4° 32' 17' norte	Longitud: 74° 20' 51'
Paisaje: montaña	Tipo de relieve: cuesta	

Relieve: escarpado	Pendiente: 50 %
Material parental: depósitos de ceniza volcánica que recubren parcialmente rocas clásticas limoarcillosas	
Clima edáfico: údico	
Profundidad efectiva: profundo	
Uso actual: relicto de bosque	
Vegetación natural: selva subandina	

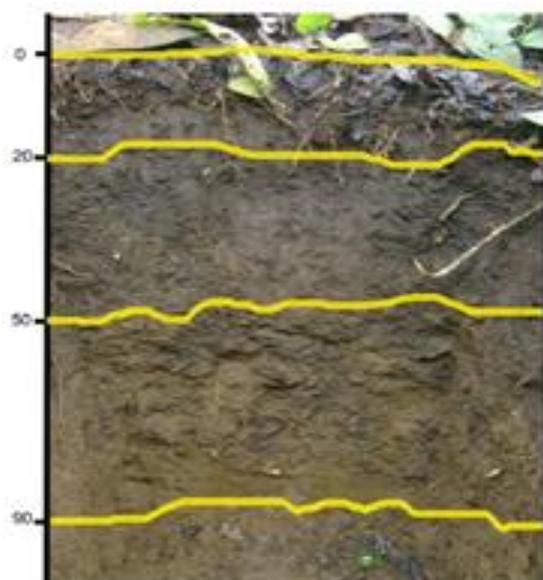


Figura 2. Perfil de suelo vereda San José Bajo, Granada (2008)

Descripción del perfil del suelo

Profundidad y descripción:

00-20 cm. Presencia de hojarasca

20-50 cm. Color en húmedo gris muy oscuro (10 YR 3/1), consistencia en húmedo muy friable, en mojado no plástico.

50-90 cm. Color en húmedo café muy oscuro (7,5 YR 2,5/3), consistencia en húmedo muy friable, en mojado no plástico.

Tabla 4. Características de la zona del relicto de Santa Lucía (Fusagasugá)

Localización geográfica:	Departamento: Cundinamarca	Municipio: Fusagasugá
Sitio: vereda Santa Lucía		
Altitud: 2068		
Coordenadas geográficas:	Latitud: 4° 15 ' 06 ' norte	Longitud: 74° 21 ' 33.7 '
Paisaje: montaña	Tipo de relieve: cuesta	
Relieve: muy escarpado	Pendiente: 80 %	
Material parental: los suelos se han desarrollado a partir de rocas clásticas limoarcillosas, arenosas y depósitos de espesor variable de ceniza volcánica.		
Clima edáfico: údico		
Profundidad efectiva: superficial	Límite de profundidad: presencia de rocas	
Uso actual: relicto de bosque		
Vegetación natural: selva subandina		

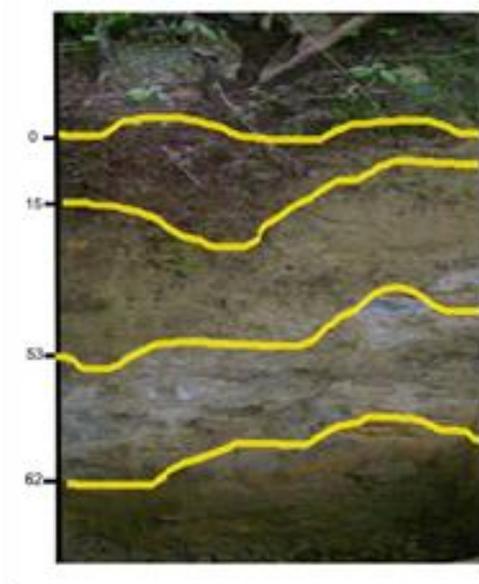


Figura 3. Perfil de suelo vereda Santa Lucía, Fusagasugá (2008)

Descripción del perfil del suelo

Profundidad y descripción

- 00-15 cm. Color en húmedo café oscuro (10 YR 3/3), consistencia en húmedo friable, en mojado no plástico.
- 15-33 cm. Color en húmedo café amarillento (10 YR 5/6), consistencia en seco blanda, en húmedo muy friable, en mojado no plástico.
- 33-62 cm. Color en húmedo café oliva claro (2,5 Y 5/4), consistencia en seco ligeramente dura, en húmedo muy friable, en mojado no plástico.
- >62 cm. Color en húmedo amarillo parduzco (10 YR 3/8), consistencia en seco dura, en húmedo firme, en mojado ligeramente plástico.

Tabla 5. Características de la zona del relicto del cerro Fusacatán (Fusagasugá)

Localización geográfica:	Departamento: Cundinamarca	Municipio: Fusagasugá
Sitio: vereda Pekín Alto, base del cerro Fusacatán, planta del acueducto de Fusagasugá		
Altitud: 1905		
Coordenadas geográficas:	Latitud: 4° 20 ' 50 ' norte	Longitud: 74° 20 ' 59 '
Paisaje: montaña	Tipo de relieve: lomas	
Relieve: moderadamente escarpado	Pendiente: 30 %	
Material parental: los suelos se han desarrollado a partir de rocas clásticas limoarcillosas y conglomeráticas		
Clima edáfico: medio húmedo		
Profundidad efectiva: superficial	Límite de profundidad: presencia de rocas	
Uso actual: relicto de bosque, baja intervención por ser predios privados del acueducto		
Vegetación natural: selva subandina		

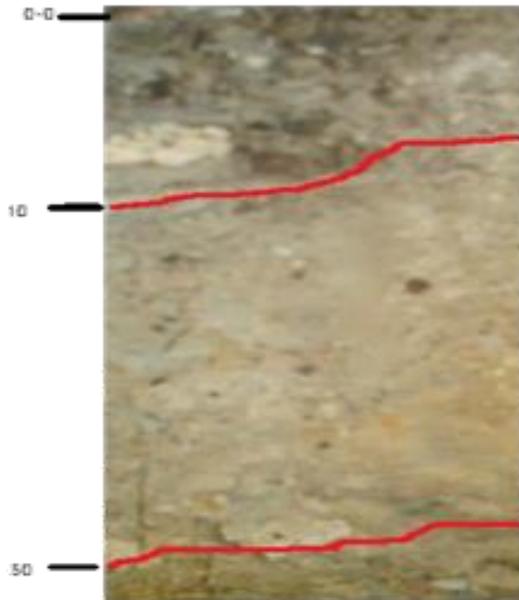


Figura 4. Perfil de suelo cerro Fusacatán, Fusagasugá (2008)

Descripción del perfil del suelo

Profundidad y descripción:

- 0-10 cm. Color en húmedo 7,5 YR 4/6 strong brown. Estructura bloques angulares, fina. Consistencia en húmedo friable, en mojado ligeramente plástico, ligeramente pegajoso. Escasa actividad de macroorganismos, baja actividad microbiana. Presencia de raíces gruesas. pH: 3.86.
- 10-50 cm. Color en húmedo 10YR 5/8 yellowish brown. Estructura bloques subangulares, fina, débilmente desarrollada. Consistencia en húmedo moderadamente plástico, moderadamente pegajoso. Presencia de raíces muy finas, baja actividad de microorganismos. Presenta un cambio de color abrupto del horizonte A al B, presenta moteos de color gris. pH: 3.76.
- >50 cm. Color en húmedo 2,5 Y 5/6 Light olive brown. Estructura fin, consistencia en húmedo friable, en mojado moderadamente pegajoso, moderadamente plástico.

Presenta un cambio leve en el color del horizonte B al C.
Se hace visible el nivel freático. pH: 3.88.

Tabla 6. Características de la zona del relicto del cerro del Quininí

Localización geográfica:	Departamento: Cundinamarca	Municipio: Tibacuy
Sitio: vereda Balunda, cerro del Quininí, relicto de bosque de robles		
Altitud: 1870		
Coordenadas geográficas:	Latitud: 4° 19' 39' norte	Longitud: 74° 29' 45'
Paisaje: montaña	Tipo de relieve: crestas y escarpes mayores	
Relieve: fuertemente escarpado	Pendiente: 80 %	
Material parental: los suelos se han desarrollado a partir de rocas clásticas limoarcillosas		
Clima edáfico: medio húmedo		
Profundidad efectiva: medianamente profundo	Límite de profundidad: presencia de rocas	
Uso actual: relicto de bosque, ecoturismo		
Vegetación natural: selva subandina		

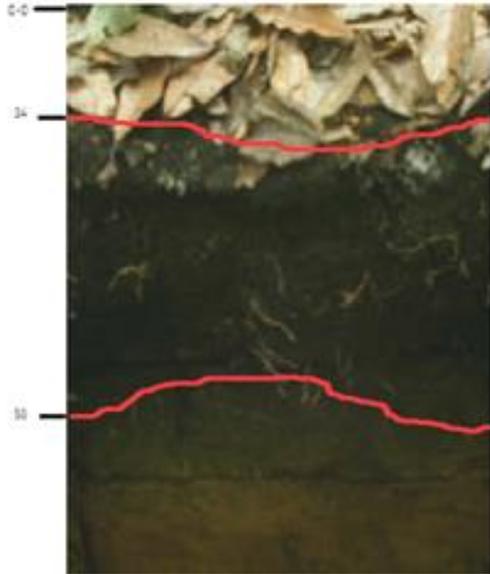


Figura 5. Perfil de suelo vereda Balunda, cerro del Quininí, Tibacuy (2008)

Descripción del perfil del suelo

Profundidad y descripción:

- 0-34 cm. Color en húmedo 2,5 N Black. Estructura granular fina, consistencia en húmedo muy friable, en mojado no pegajoso y ligeramente plástico. Alta actividad de macroorganismos y microorganismos, presencia de raíces gruesas y medianas. pH: 4.77.
- 34-50 cm. Color en húmedo 10YR 3/2 very dark grays brown. Estructura granular fina, débilmente desarrollada. Consistencia: presencia de raíces muy finas, baja actividad de microorganismos y macroorganismos. Presenta un cambio de color abrupto del color del horizonte A al horizonte B. pH: 4.20.
- >50 cm. Color en húmedo 7,5 Y 5/8 strong brown. Estructura granular muy fina débilmente desarrollada. Presenta un cambio abrupto en el color del horizonte B al C. pH: 4.72.

Tabla 7. Características de la zona del relicto alto El Uval

Localización geográfica:	Departamento: Cundinamarca	Municipio: Silvania
Sitio: vereda Yayatá, alto El Uval		
Altitud: 2270		
Coordenadas geográficas:	Latitud: 4° 26´09´ norte	Longitud: 74° 24´45´
Paisaje: montaña	Tipo de relieve: espinazos	
Relieve: ligeramente escarpado	Pendiente: 20 %	
Material parental: los suelos se han desarrollado a partir de rocas clásticas arenosas, limoarcillosas y depósitos de ceniza volcánica.		
Clima edáfico: medio muy húmedo		
Profundidad efectiva: superficial	Límite de profundidad: presencia de rocas	
Uso actual: relicto de bosque		
Vegetación natural: selva subandina		

Descripción del perfil del suelo

Profundidad y descripción:

0-32 cm. Color en húmedo 10 YR 4/6 dark yellowish brown. Estructura angular fina, consistencia en húmedo firme, en mojado ligeramente pegajoso, moderadamente plástico. Abundante actividad de macroorganismos. Presencia de raíces gruesas y medianas. pH: 4.10.

>32 cm. Color en húmedo 10YR 5/6 yellowish brown subangular. Estructura consistencia en húmedo muy firme, en mojado

muy pegajoso, moderadamente plástico. Presencia de raíces finas y pequeñas. Baja actividad de microorganismos. Presenta un cambio de color leve del horizonte A al B, y moteos de color gris. Se hace visible el nivel freático. pH: 4.35.



Figura 6. Perfil de suelo alto El Uval, vereda Yayatá, Silvania (2008)

Caracterización físico-química de los suelos

Como parte de la caracterización de las propiedades químicas de los suelos en los relictos, se llevó a cabo la determinación de pH por medio de lectura con potenciómetro. Se realizó en el laboratorio de análisis de suelos de la Universidad de Cundinamarca y se obtuvieron los resultados presentados en las tablas 8, 9 y 10.

Tabla 8. Propiedades físicas de los suelos de los seis relictos muestreados

Propiedad del suelo	Relicto					
	Arbeláez	Fusagasugá (Sta. Lucía)	Granada	Fusacatán	Silvania	Tibacuy
Arena %	41,16	48,14	76,46	42,49	28,96	71,96

Arcilla %	26,84	21,04	4,54	33,04	25,04	3,03
Limo %	32,00	30,82	19,00	25,00	34,00	23,00
Densidad aparente gr.cm ⁻³	1,03	0,86	0,67	0,83	0,66	1,55

Tabla 9. Propiedades químicas de los suelos de los relictos de bosque (variables paramétricas)

Propiedad del suelo	Relicto					
	Arbeláez	Fusagasugá	Granada	Fusacatán	Silvania	Tibacuy
CO %	2,20	3,08	9,69	1,77	1,73	10,06
CIC meq/ 100g	12,92	20,00	40,28	18,40	17,10	41,25
S p.p.m	24,15	28,09	50,16	26,53	24,86	42,50
Cu p.p.m	3,19	0,91	1,96	0,41	3,26	6,00
Mn p.p.m	58,00	7,98	40,49	11,85	25,03	4,76

Tabla 10. Propiedades químicas de los suelos de los relictos de bosque (variables no paramétricas)

Propiedad del suelo	Relicto					
	Arbeláez	Fusagasugá	Granada	Fusacatán	Silvania	Tibacuy
pH	5,08	4,94	4,57	3,97	4,03	4,66
[Al] cmol.kg ⁻¹	0,18	2,05	1,44	4,88	2,68	1,15
Ca cmol.kg ⁻¹	23,79	21,97	19,86	11,01	16,14	2,37
Mg cmol.kg-1	0,33	2,42	2,54	1,79	3,20	0,72
Na cmol.kg-1	0,33	0,3	0,25	0,34	0,33	0,16
K cmol.kg-1	0,3	0,33	0,97	0,31	0,37	0,37
P cmol.kg-1	22,24	14,24	8,61	13,8	5,23	13,59
B cmol.kg-1	0,15	0,19	0,11	0,78	0,42	0,11
Fe cmol.kg-1	439,46	374,2	250,88	1239,6	1189,68	213,98
Zn cmol.kg-1	11,02	2,25	9,18	2,74	2,13	2,14

Caracterización ecológica de los relictos de bosque donde se encuentran las plantas de la familia Piperaceae

En los seis relictos de bosque representativos de la región, se realizaron muestreos de las familias taxonómicas asociadas a *Piperaceae* por medio de transectos o cuadrantes dependiendo de las características de cada zona; en general fueron áreas de 10 metros de largo por 5 de ancho. En esos transectos se tomaron muestras con plantas de la familia *Piperaceae* y una parcela donde no se encontrarán plantas de la misma familia. Entre las familias asociadas a las piperáceas se encuentran melastomataceas, poáceas y aráceas. A partir de los datos obtenidos se lograron los índices de diversidad, dominancia y riqueza.

Con el inventario de las diferentes comunidades de vegetación presentes en cada relicto de bosque, se calculó el índice de riqueza y abundancia de las familias presentes en el cual la riqueza (S) es el número de familias presentes en el relicto de bosque y la abundancia relativa de la familia (P_i) es el cálculo del cociente entre la abundancia de la familia (número de individuos que compone la familia: N_i) y la abundancia total (N) de todo el relicto de bosque ($P_i = N_i / N$) (Ramírez, 2006). Del mismo modo, se calculó el índice de riqueza y abundancia relativa de las especies vegetales de la familia *Piperaceae*.

Las comunidades biológicas poseen una propiedad emergente, la diversidad específica, que se relaciona con la variedad dentro de esas comunidades; este atributo es la expresión de dos componentes. El primero de ellos es el número de especies presentes en la comunidad, denominado riqueza de especies. El segundo componente es la equitabilidad, que se refiere a cómo la abundancia (e. g., el número de individuos, biomasa, cobertura, etc.) se distribuye entre las especies de la comunidad. Por ejemplo, en una comunidad con 10 especies, si el 90 % de los individuos pertenecen a una sola especie y el restante 10 % se distribuye entre las otras 9, la equitabilidad se considera baja. En cambio, si

cada una de las 10 especies cuentan con el 10 % del total de los individuos, la equitabilidad se considera máxima (Krebs, 1995).

Para estimar la diversidad debe considerarse que:

1. Se tiene buen conocimiento de la composición taxonómica. Es raro que se estime la diversidad de toda la comunidad; por lo general, se mide la diversidad en un fragmento de ella que se denomina taxocenosis (e. g., diversidad de aves, de árboles, del fitoplancton, etc.).
2. Los individuos asignados a una clase (especie) son considerados idénticos. Es decir, no se reconoce la variabilidad que puede existir entre, por ejemplo, los sexos de una misma especie o, entre etapas del desarrollo (larva-pupa-adulto).

Numerosos índices han sido propuestos para caracterizar la riqueza de especies y la equitabilidad, denominados índices de riqueza e índices de equitabilidad, respectivamente. Los índices que combinan tanto la riqueza de especies como la equitabilidad en un solo valor se conocen como índices de diversidad. Una de las principales críticas a estos índices es que combinan y, por lo tanto, confunden un conjunto de variables que caracterizan a la estructura de la comunidad:

(a) El número de especies (riqueza específica), (b) la abundancia relativa de las especies (equitabilidad), y (c) la homogeneidad y el tamaño del área muestreada (Krebs, 1995).

Características generales de los relictos de bosque

Todas las comunidades de los relictos de bosque presentan tres estratos bien definidos, en los cuales las diversas especies son dominantes. La cantidad de epífitas, musgos y bejucos varía de una comunidad a otra. En general va de mediana a alta, exceptuando el

relicto de bosque del municipio de Arbeláez donde hay una baja presencia de bejucos y musgos. En los tres relictos de bosque las epífitas y los musgos definen uno de los estratos: el estrato aéreo.

Por otro lado, y de acuerdo con el sistema de Holdridge, adaptado a las condiciones ambientales de Colombia por el Igac, (1977), los tres relictos de bosque pertenecen a tres zonas de vida diferentes, las cuales se mencionan a continuación: el relicto de bosque del municipio de Arbeláez pertenece a la zona de vida de bosque húmedo premontano, la cual tiene una formación vegetal que se encuentra condicionada a los siguientes parámetros climáticos: biotemperatura media entre 18 y 24 °C, con un promedio anual de lluvias de 1000 a 2000 mm, una altitud de 900 hasta 2100 m y una evapotranspiración potencial promedio de 865 mm/año. Esta formación se localiza por encima del bosque seco tropical y corresponde a gran parte de la zona cafetera. Sobre esta formación se desarrolla un bosque secundario fuertemente intervenido, ya que ha sido reemplazado por la agricultura, especialmente por cultivos de frutales y café, quedando solo algunos relictos de bosque. El relicto de bosque del municipio de Fusagasugá pertenece a la zona de vida de bosque húmedo montano bajo, la cual se caracteriza por tener un clima representado por una biotemperatura media de 12 a 18 °C, una precipitación entre 1000 y 2000 milímetros al año y altitudes entre 1800 y 2800 m s. n. m. Además, es otra de las formaciones en las cuales los bosques han sido reemplazados desde hace muchos años por actividades antrópicas, para dar origen a diversos cultivos de papa, maíz, trigo, arracacha, flores y hortalizas (remolacha, zanahoria, repollo, arveja, cebolla y haba) y ganadería de tipo extensivo. Solamente se hallan algunas especies arbustivas y unas cuantas arbóreas.

El relicto de bosque del municipio de Granada hace parte de la zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo, formación

ecológica que se caracteriza por registrar biotemperaturas medias entre 12 y 18 °C, con un promedio anual de lluvias de 2000 a 4000 mm, una altitud entre 1800 y 2800 m y una evapotranspiración calculada que presenta valores promedio anual entre 720 y 750 mm/año. Los escasos relictos de bosques que aún subsisten de esta formación, se caracterizan porque sus especies alcanzan una altura elevada, hay mayor diversidad y se favorece el desarrollo de epifitismo con especies como quiches (*Tillandsia recurvata*), musgo (*Sphagnum* sp.), líquenes (*Cladonia* spp.) y orquídeas (*Epidendron* sp.).

Diversidad de familias vegetales en los relictos de bosque

Los dos índices de diversidad utilizados (Simpson y Shannon Wiener) muestran que los relictos de bosque de los municipios de Fusagasugá y Granada son los más diversos en familias vegetales y presentan un valor alto de equitatividad de 0,84 y 0,9, respectivamente, lo cual indica que las familias están distribuidas uniformemente en los relictos de bosque, mientras que el relicto de bosque del municipio de Arbeláez es el menos diverso y presenta un índice de equitatividad medianamente bajo de 0,51, lo cual indica que existe una familia que domina sobre todas las demás. Posiblemente los relictos de bosque de Fusagasugá y Granada presentan una mayor diversidad por la zona de vida en la cual están ubicados y el buen estado de conservación del relicto de bosque, a pesar de que la extracción de especies maderables y la apertura de áreas para la agricultura y ganadería se hayan dado mayormente en las zonas no escarpadas (tabla 11, figuras 7, 8 y 9). En el relicto de bosque de Arbeláez una sola familia, Poaceae, presentó cerca del 61 % de los individuos encontrados en el relicto de bosque, seguida distantemente por Lamiaceae y Piperaceae. Posiblemente la familia Poaceae tiene la mayor abundancia, debido a que esta agrupa especies capaces de establecerse en sitios abiertos y en zonas de regeneración temprana

como el relicto de bosque del municipio de Arbeláez, gracias a sus estrategias de dispersión anemócora (Mendoza y Ramírez, 2000, citados por Vargas, 2002).

En el relicto de bosque de Fusagasugá, las familias más abundantes fueron Commelinácea y Piperaceae, cada una con una abundancia relativa un poco mayor al 19 %. Probablemente Commelinaceae es una de las familias con mayor abundancia porque agrupa especies que tienen facilidad de propagarse en forma sexual o asexual, característica que la hace más competitiva frente a otras familias que están en el mismo relicto.

En el relicto de bosque de Granada las familias más abundantes fueron Polipodiaceae, Piperaceae y Euphorbiaceae, cada una con una abundancia relativa mayor al 14 % (figura 12). La abundancia de Polipodiaceae puede estar explicada porque el helecho marranero (*Pteridium caudatum*) representaba la familia y, de acuerdo con lo mencionado por Barrios y Escobar (1998), es una especie que es favorecida por suelos ácidos, tal como se encontró en este relicto de bosque. Con respecto a Euphorbiaceae tiene relación con lo mencionado por Webster (1994), quien indica que es la sexta familia más diversa en el mundo, distribuyéndose mejor en la zona del trópico.

Las diferencias en riqueza (número de familias) y abundancia (número de individuos por familia) presentadas entre los relictos de bosques estudiados pueden ser el resultado de las diferencias estructurales entre ellos y su estrecha relación con las variables microclimáticas propias de cada uno. En los bosques estudiados estas variables se refieren básicamente a la humedad y la intensidad lumínica, tal como se ha registrado en otros estudios similares (Wolf, 1994).

Tabla 11. Diversidad general de familias vegetales y especies de *Piperaceae*

		Relicto					
Índices		Arbeláez	Fusagasugá	Granada	Fusacatán	Silvania	Tibacuy
Comunidades vegetales asociadas	Riqueza	18	14	14	12	20	20
	Abundancia	51	125	213	110	317	196
	Índice Shannon	1,68	1,95	1,13	2,3	1,4	2,5
	Índice Simpson	0,1	0,23	0,54	0,12	1,02	0,11
	Equitatividad	0,58	0,73	0,43	0,32	0,30	0,35
<i>Piperaceae</i>	Riqueza	4	3	3	4	4	6
	Abundancia	16	16	32	14	87	39
	Índice Shannon	0,88	0,89	0,84	0,99	1,2	1,1
	Índice Simpson	0,14	0,38	0,42	0,43	0,46	0,35
	Equitatividad	0,64	0,81	0,76	0,38	0,34	0,31

Fuente: Beltrán y Suárez, 2008; Alayón y Romero, 2009.

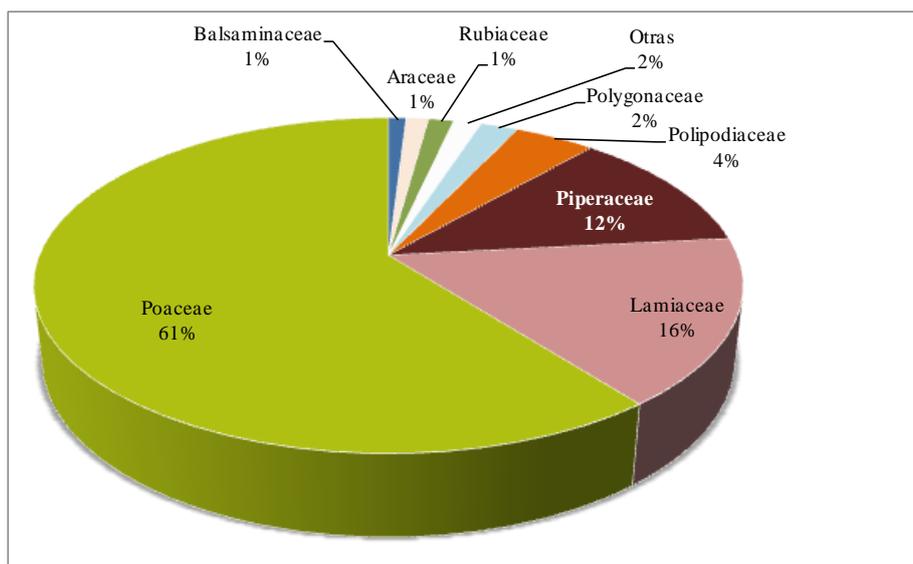


Figura 7. Abundancia relativa de las familias presentes en el relicto de bosque de Arbeláez

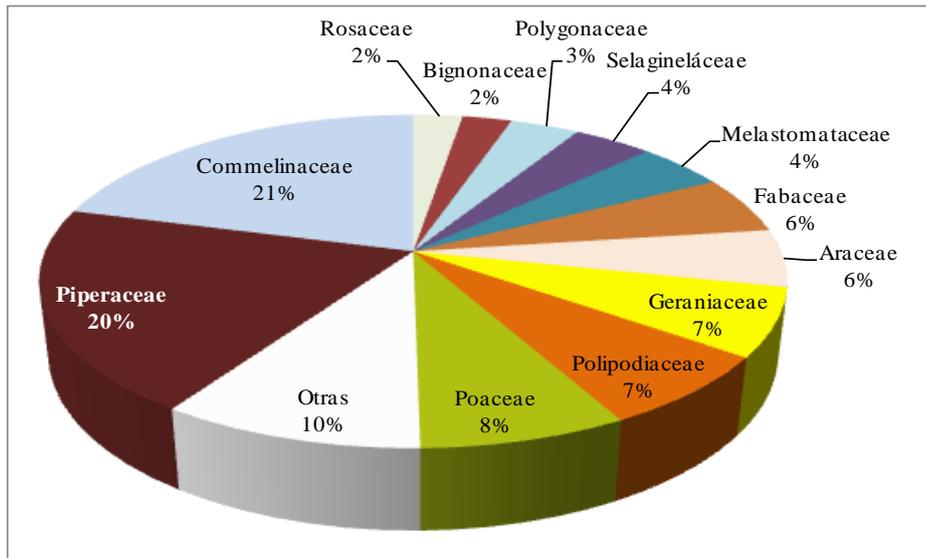


Figura 8. Abundancia relativa de las familias presentes en el relicto de bosque de Fusagasugá

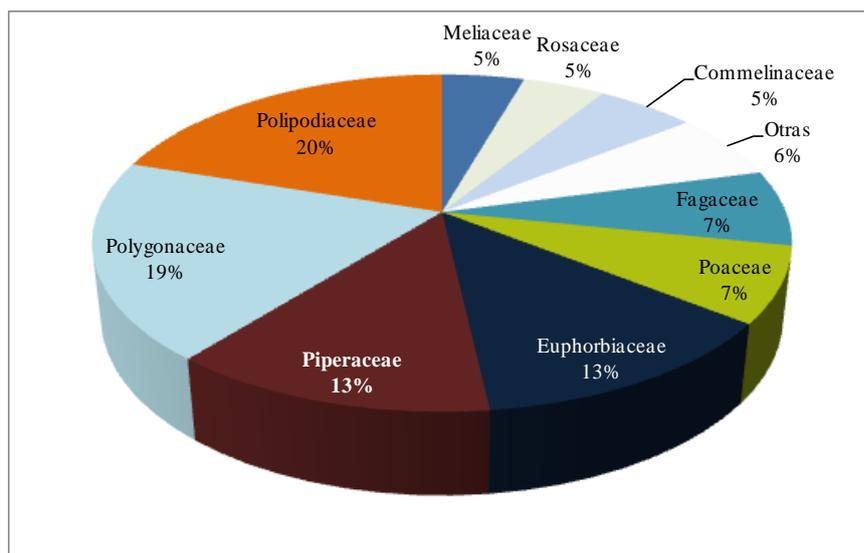


Figura 9. Abundancia relativa de las familias presentes en el relicto de bosque de Granada

Referencias

ALAYON, A. Y ROMERO, R. (2009). *Caracterización biofísica de tres relictos de bosque con presencia de especies de Piperaceae, ubicados en los municipios de Fusagasugá, Tibacuy y Sylvania*. Tesis de grado, Universidad de Cundinamarca, Facultad de

Ciencias Agropecuarias, Programa de Ingeniería Agronómica, Fusagasugá.

- ÁLVAREZ, J. Y ROA, A. (2008). *Protocolo para la adecuación y establecimiento de un jardín in vivo y ex situ de especies de la familia Piperaceae, en la granja La Esperanza (Guavio Bajo, Fusagasugá)*. Tesis de grado, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Ingeniería Agronómica, Fusagasugá.
- ARÉVALO, R. Y BETANCUR, J. (2004). Diversidad de epífitas vasculares en cuatro bosques del sector suroriental de la serranía de Chiribiquete, Guayana colombiana. *Caldasia*, 26(2), 359-380.
- BARRIOS, E. Y ESCOBAR, E. (1998). *Plantas indicadoras de calidad del suelo en la cuenca del río Cabuyal (Plants as indicators of soil quality in the Cabuyal river watershed)*. CIAT internal working document.
- BELTRÁN, M. Y SUÁREZ, C. (2008). *Caracterización biofísica de tres relictos de bosque con presencia de especies de Piperaceae, ubicados en los municipios de Arbeláez, Fusagasugá y Granada*. Tesis de grado, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Ingeniería Agronómica, Fusagasugá.
- CDIM. (2001). Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Granada. Recuperado de http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/G/granada_-_cundinamarca_-_eot_-_2001_-_2009/granada_-_cundinamarca_-_eot_-_2001_-_2009.asp
- CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA, CAR. (2001). *Atlas ambiental*. Bogotá.
- DELGADO, W., CELIS, A., MENDOZA, C., PACHÓN, M., CARDONA, O., DAZA, M., BUSTAMANTE, M. Y CUCA, L. I. (2007). *Informe técnico de avance proyecto "Bioprospección participativa de*

comunidades vegetales asociadas a la familia Piperaceae en la región del Sumapaz medio y bajo occidental". Colciencias, Universidad Nacional de Colombia, Universidad de Cundinamarca.

IGAC. (2000). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca*. Bogotá.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. (1999). *Registros climatológicos de las estaciones localizadas en el departamento de Cundinamarca*. Bogotá: Ideam.

JARAMILLO, D. (2002). *Introducción a las ciencias del suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

KREBS, C. J. (1995). *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. Nueva York: Harper Collins Publishers.

LEGENDRE, L. Y LEGENDRE, P. (1979). *Ecologie numérique 2. La structure des données écologiques*. Masson: Les presses de l'Université du Québec.

LEÓN, L. (2001). Evaluación de la fertilidad del suelo. En SCCS (Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo). *Fertilidad de suelos, diagnósticos y control*. (pp. 113-128). Bogotá: Francisco Silva Mojica.

LORA, R. (2001). Factores que afectan la disponibilidad de nutrimentos para las plantas. En SCCS (Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo). *Fertilidad de suelos, diagnósticos y control*. (pp. 113-128). Bogotá: Francisco Silva Mojica.

PORRAS, R. (2000). *Plan de manejo ambiental del área de reserva forestal del cerro del Quininí*. CAR-Seccional Sumapaz.

RAMÍREZ, A. (2006). *Ecología: métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.

- SAS INSTITUTE INC. (1999). *SAS/STAT. Guide for personal computers*. Version 6th edition. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF (SSDS). (1993). *Soil survey Manual. Handbook 18*. Washington D. C.: USDA.
- VARGAS, W. (2002). *Guía ilustrada de las plantas de las montañas del Quindío y los Andes centrales*. Corporación Autónoma Regional del Quindío: Universidad de Caldas.
- WEBSTER, G. L. (1994). Classification of the Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, (81), 3-32.
- WOLF, J. H. D. (1995). Non-vascular epiphyte diversity patterns in the canopy of an upper montane rain forest (2550-3670 m), central cordillera, Colombia. *Selbyana*, 16(2), 185-195.
- ZAPATA, R. (2004). *La química de la acidez del suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Capítulo VI: Fitoquímica de piperáceas de la región del Sumapaz medio y bajo occidental

Mónica Constanza Ávila¹, Wilman Antonio Delgado² y Luis Enrique Cuca³

Las piperáceas hacen parte de uno de los grupos más fascinantes de plantas con semillas cubiertas, perteneciente al primer linaje, que evolucionaron después del origen de las angiospermas y a los cuales se les denomina a menudo “angiospermas basales”. Además de la importancia que poseen por sobrevivir al proceso de “prueba y error” de la selección natural, son relevantes por su amplia distribución, importancia económica, utilidad etnobotánica, acciones biológicas comprobadas y diversidad química (Dyer, 2004). En este sentido, impulsados por la diversidad etnobotánica de muchas especies de la familia *Piperaceae* (Parmar *et al.*, 1997; Wu *et al.*, 2004; Sandberg *et al.*, 2005; Krief *et al.*, 2005; Piñeres, 1991; De La Rúa, 1999); posteriormente comprobada por estudios de actividad biológica (Rho *et al.*, 2007; Jensen *et al.*, 2006; Srinvas *et al.*, 2004; Steenkamp *et al.*, 2007; Park *et al.*, 2002; Zheng *et al.*, 2003), se realizaron estudios fitoquímicos parciales y completos a las especies recolectadas en la región del Sumpaz medio y bajo occidental comprendida por los municipios de Fusagasugá, Granada, Sylvania, Tibacuy, Arbeláez, Pasca, Venecia, Cabrera, San Bernardo y Pandi; obteniendo interesantes resultados.

¹ Química, M. C., Ph. D. Profesor de la Universidad Nacional de Colombia.

² Químico, M. C., Ph. D. Profesor de la Universidad Nacional de Colombia.

³ Químico, M. C., (c) Ph. D. Profesor de la Universidad Nacional de Colombia.

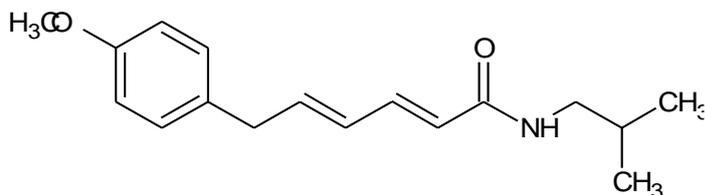
Las especies de piperáceas se caracterizan por la presencia de metabolitos secundarios derivados biosintéticamente tanto de ácido acético, como de ácido shiquímico y de biosíntesis mixta. Los tipos de metabolitos secundarios aislados de especies de piperáceas son amidas, fenilpropanoides, terpenos, flavonoides, crómenos, derivados de ácido benzoico y pironas. A continuación se presenta una breve descripción de las características más relevantes de los compuestos comúnmente aislados de piperáceas.

Amidas

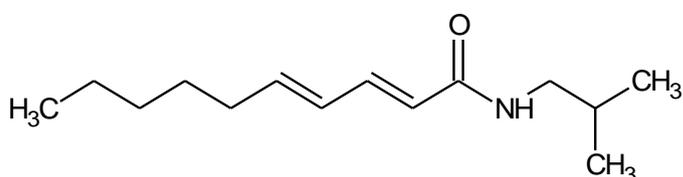
Llamados en un principio alcaloides, ya que en muchos casos el nitrógeno amídico forma parte de un ciclo; sin embargo, a pesar de que poseen esta característica estructural que las hace similar a los alcaloides difieren de ellos en otras características químicas propias de estos y posteriormente se convino en llamarlas alcanmidas, como también muy comúnmente se conocen (Molina, 2001). Las amidas son compuestos comunes en los seres vivos porque están presentes en los enlaces de todas las proteínas de los organismos; no obstante, las amidas como producto natural no son comunes y están más bien restringidas, se encuentran presentes en las familias *Asteraceae*, *Solanaceae*, específicamente en el género *Capsicum*, al que pertenecen los chiles, y en la *Piperaceae* en la cual en su mayoría se presentan con un anillo homo o heterocíclico. Desde el punto de vista biosintético, las alcanmidas representan una clase de productos naturales que se forman al combinar dos diferentes rutas metabólicas, están constituidas por la unión de un ácido graso, de longitud de cadena de mediana a larga, que puede ser de ocho a dieciocho carbonos, generalmente alifática lineal, unida a una amina proveniente de un aminoácido por descarboxilación al momento de la condensación (Molina, 2001).

Existen varios tipos de amidas aisladas de especies de piperáceas, principalmente amidas isobutílicas como la Piperovatina

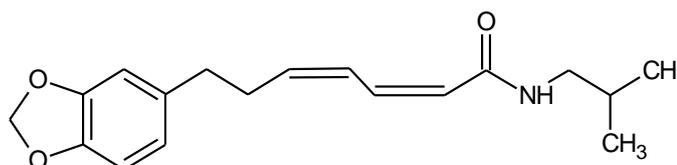
1, Pellitorina **2**, (3Z, 5Z)-N-isobutil-8-(3',4'-metilendioxfenil)-heptadienamida **3**; la primera aislada de la especie *Piper piscatorum* y las dos siguientes aisladas de las especies *Piper tuberculatum* y *Piper hispidum*, las cuales poseen acción neurofarmacológica (McFerren *et al.*, 2002) y fungicida (Navickiene *et al.*, 2000).



1

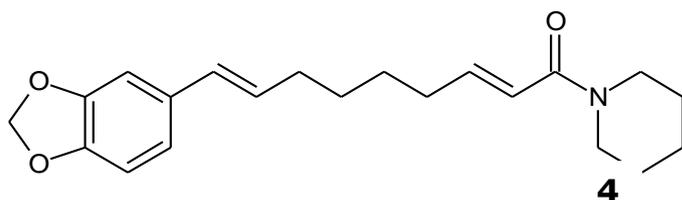


2

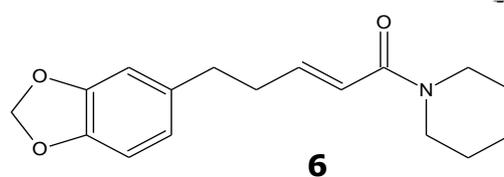
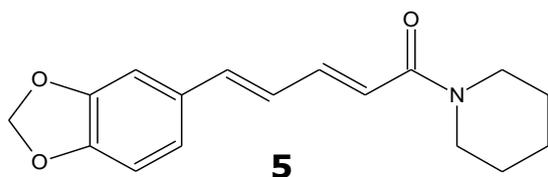


3

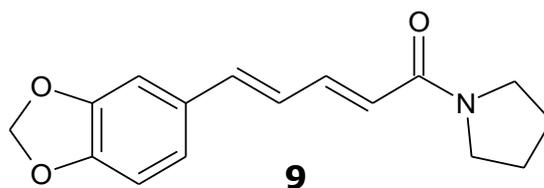
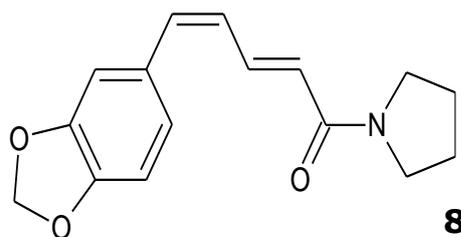
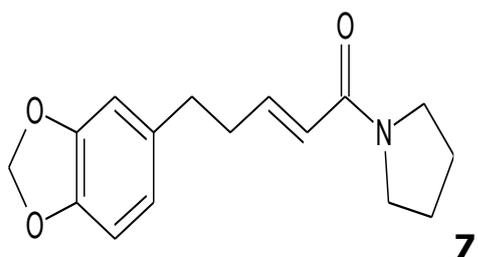
Amidas de tipo heterocíclico derivadas de piperidina y pirrolidina son ampliamente encontradas en especies de la familia piperácea, y son más abundantes en el género *Piper* que en el *Peperomia*; de las especies *Piper longum* y *Piper tuberculatum* se han aislado las amidas Pipernonalina **4**, Piperina **5** y 4,5 dihidropiperina **6**, las cuales han mostrado una importante actividad como insecticidas y fungicidas de amplio espectro (Lee *et al.*, 2001).



4

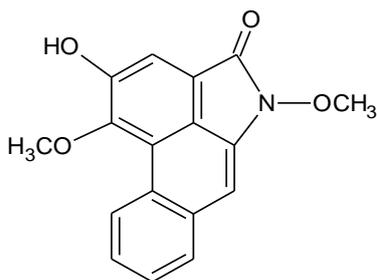


Al igual que las amidas de tipo piperidínico, las amidas derivadas de pirrolidina son particularmente importantes por sus potentes actividades biológicas de interés en el sector agrícola y farmacológico debido a su poder insecticida contra vectores de enfermedades tropicales, plagas de diferentes cultivos y poder fungicida contra cepas de diferentes cepas de patógenos y fitopatógenos. Algunos ejemplos de las estructuras mencionadas anteriormente son la N-[10-(13,14-metilendioxifenil)-7E,9(Z)-pentadienoil]-pirrolidina **7**, N-[10-(13,14-metilendioxifenil)-7E-pentaenoil]-pirrolidina **8**, y N-[10-(13,14-metilendioxifenil)-7E,9E-pentadienoil]-pirrolidina **9** aisladas de la especie *Piper arboreum* (Da Silva *et al.*, 2002).

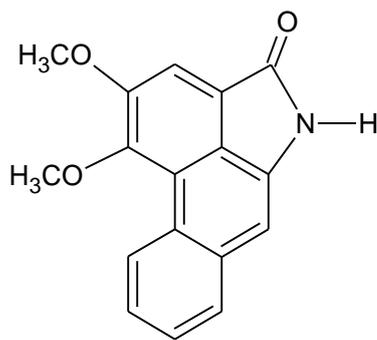


Además de alquilamidas y amidas heterocíclicas, de especies vegetales del género *Piper* se han aislado amidas cíclicas más

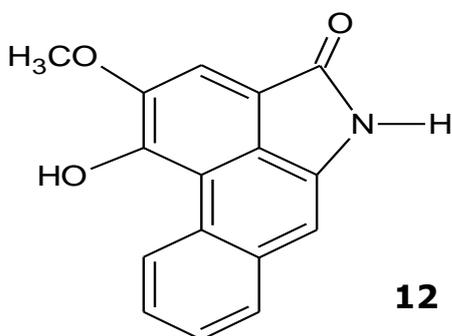
conocidas como lactamas; por ejemplo de *Piper puberullum* se aisló el ácido 10-amino-3-hidroxi-4-metoxi-N-metoxifenantreno-1-lactama carboxílico **10**, (Wu *et al.*, 1997) y de *Piper marginatum* se aislaron la cefaranona **11** y la piperolactama **12** (Chaves, *et al.* 2006).



10



11



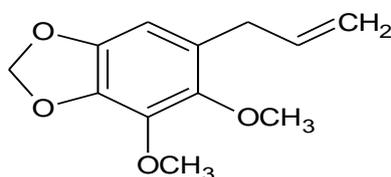
12

Fenil propanoides

Los fenil propanoides son metabolitos secundarios provenientes de la ruta biosintética del ácido shiquímico y cuyo precursor es el ácido cinámico, el cual es obtenido por aminación reductiva desde fenil alanina (Dewick, 2002); están formados por un anillo aromático unido a una cadena de tres carbonos comúnmente nombrados como C₆-C₃. Pueden encontrarse como una sola unidad, o formando dímeros por acoplamiento oxidativo, para dar origen a los denominados lignanos y neolignanos. Los metabolitos formados por

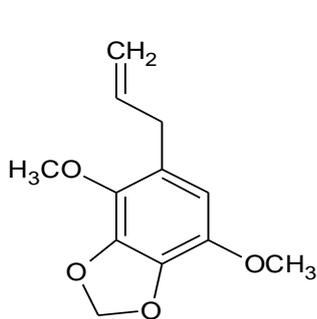
una sola unidad C₆-C₃ revisten importancia en la familia *Piperaceae* ya que son aislados en bastante cantidad, además por estar presentes como componentes mayoritarios de muchos aceites esenciales de especies de esta familia, a lo cual se debe su comprobada actividad insecticida (Parmar, 1997).

De las especies *Piper aduncum*, *Piper auritum* (Nair *et al.*, 1989), *Piper regnelli* (Benevides *et al.*, 1999) fue aislado Dilapiol **13**, al cual se le atribuye actividad insecticida contra larvas de *Ostrinia nubilalis* (Bernard *et al.*, 1995).

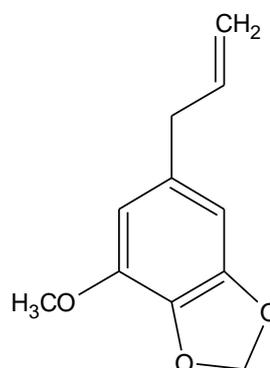


13

Además de Dilapiol, de la especie *Piper regnelli* se aislaron también los fenil propanoides Apiol **14** y Miristicina **15**, esta última también aislada de *Piper mullesua* y que se comprobó tiene actividad insecticida contra adultos de *Spirilactia oblicua* (Srivastava *et al.*, 2001).



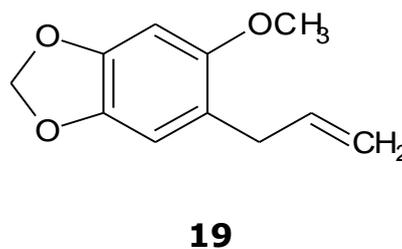
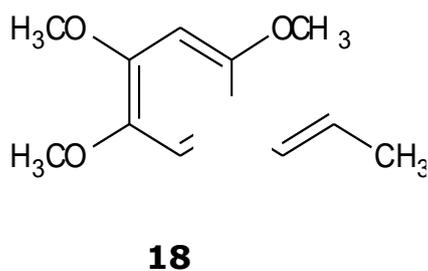
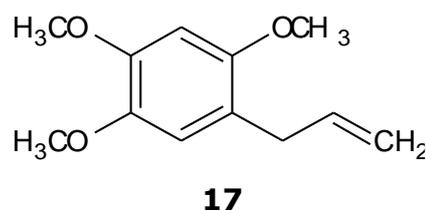
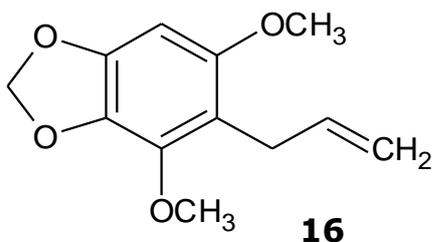
14



15

De la especie *Piper sarmentosum* se aislaron los fenil propanoides: 1-alil-2,6-dimetoxi-3,4-metilendioxi-benceno **16**, 1-alil-

2, 4,5-trimetoxibenceno **17**, 1-(1-*E*-propenil)-2,4,5-trimetoxibenceno **18**, 1-alil-2-metoxi-4,5-metilendioxibenceno **19**, los cuales resultaron ser activos contra las bacterias *Escherichia coli* y *Bacillus subtilis* (Masuda *et al.*, 1991).



Cuando existe acoplamiento oxidativo generado por oxidación monoelectrónica de dos unidades de C₆-C₃ para originar dímeros, se da lugar a un tipo de metabolitos secundarios derivados de fenil propanoides llamados lignanos o neolignanos dependiendo del lugar en el cual se realice la unión.

Los lignanos son metabolitos que se originan por unión C8-C8', también llamada β-β' de dos unidades de fenil propanoide, como se observa en la figura 1.

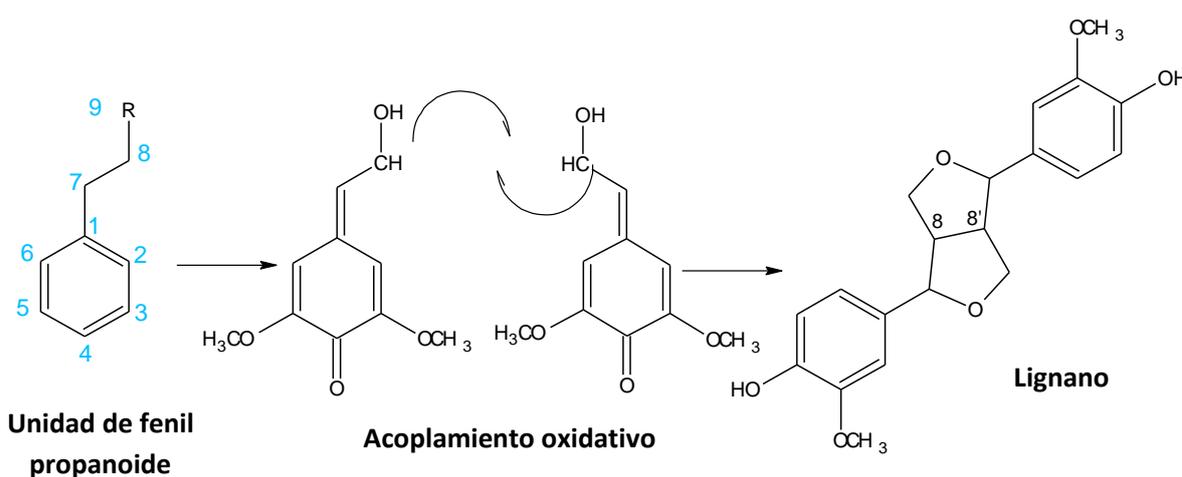
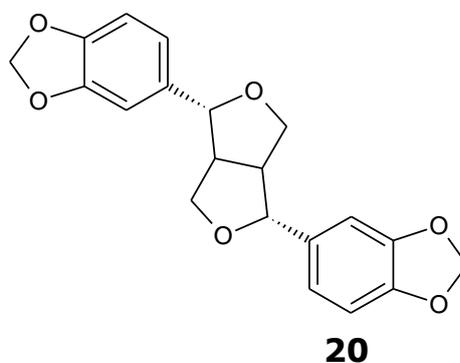


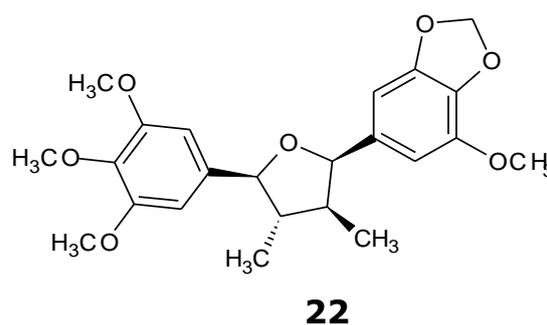
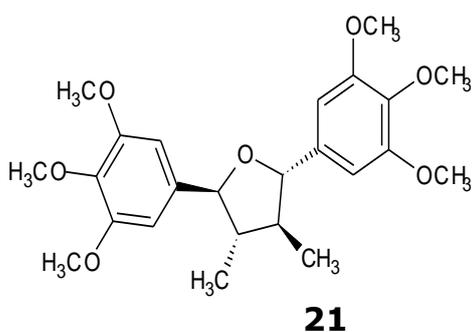
Figura 1.

En las especies de la familia *Piperaceae* se encuentran lignanos de diferentes tipos dependiendo el núcleo que se origine del acoplamiento, entre los que se cuentan: lignanos furofuránicos también conocidos como 1,3-benzodioxanos, lignanos diarilbutánicos, y lignanos tetrahidrofuránicos conocidos como epoxilignanos; estos metabolitos son muy apreciados por la variedad de actividades biológicas que poseen (Ayres, 1990).

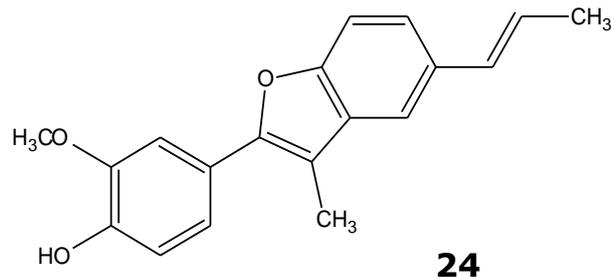
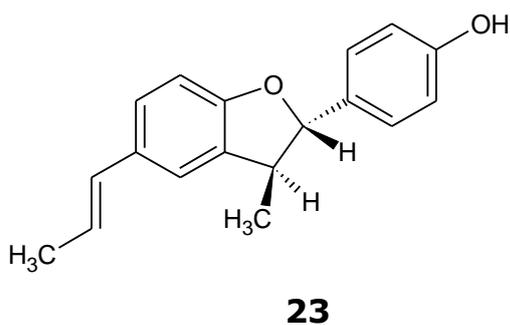
El primer lignano aislado de una especie de *Piperaceae* fue la Sesamina **20**, lignano furofuránico presente en *Piper austrosinense*, *Piper brachystachyum*, *Piper clusii*, *Piper cubeba*, *Piper guineense*, *Piper longum* y *Piper peepuloides* (Parmar *et al.*, 1997).



De la especie *Piper solsianum* se aislaron dos lignanos tetrahidrofuranicos: (-)-Grandisina activo contra *Trypanosoma cruzi* causante de la enfermedad de Chagas, y (+)- **21** y **22** Veraguensina (Maetins *et al.*, 2000).



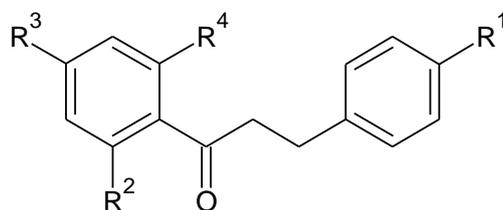
En las especies de la familia *Piperaceae* se ha reportado la presencia de diferentes tipos de neolignanos, los cuales se originan cuando el dímero se genera en una unión diferente a las posiciones 8-8' de las unidades de fenil propanoide. Estos metabolitos poseen actividades biológicas interesantes. Por ejemplo de la especie *Piper decurrens* se aisló el neolignano 2,3-dihidrobenzofuranico Conocarpano **23**, el cual tiene actividad insecticida contra la larva *Ostrinia nubilalis* responsable de las pérdidas de cultivos de maíz en Europa y América del Norte (Chauret *et al.*, 1996). Además tiene una potente actividad antifúngica contra hongos patógenos de los géneros *Microsporum* y *Trichophyton*, como sucede con otro neolignano del mismo tipo denominado Eupamatenoide **24** aislado de *Piper solsianum* (De Campos *et al.*, 2005).



Flavonoides

Los flavonoides son metabolitos derivados biosintéticamente de ruta mixta importantes en todas las especies vegetales por la variedad de actividades biológicas que tienen, entre las que se destaca la actividad antioxidante debida a los grupos OH de tipo fenólico presentes en la mayoría de estas estructuras. En las especies del género *Piper* se reporta la presencia de flavonoides de núcleo chalcona, dihidrochalcona, flavanona y flavona, principalmente, los cuales como característica común poseen baja oxigenación en el anillo B (Parmar *et al.*, 1997).

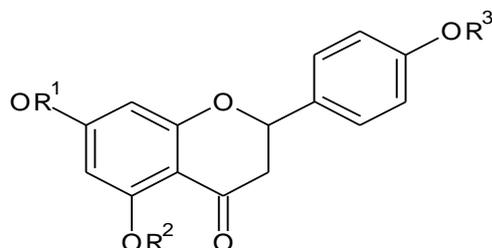
De la especie *Piper elongatum* se aislaron las dihidrochalconas con actividad leishmanicida 2',6'-dihidroxi-4-metoxi-dihidrochalcona **25** y Asebogenina **26**. (Hermoso *et al.*, 2003).



25. R₁ = H, R₂ = OH, R₃ = OCH₃, R₄ = OH

26. R₁ = R₂ = R₄ = OH, R₃ = OCH₃

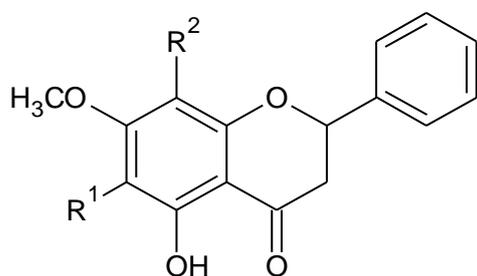
Flavanonas con propiedades antifúngicas fueron aisladas de la especie *Piper crassinervium*, las flavanonas Naringenina **27** y Sakuranetina **28** presentaron actividad contra cepas de hongos del género *Cladosporium* (Danelutte, 2003).



27. R₁= R₂= R₃=H

28. R₁=CH₃, R₂= R₃=H

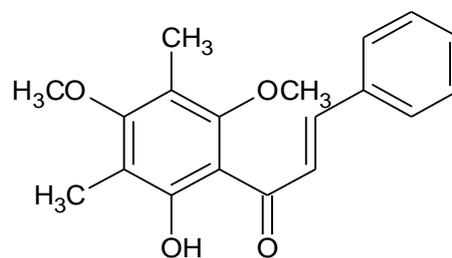
De la especie *Piper corniconnectivum* se aislaron los siguientes flavonoides metilados, con un alto nivel de sustitución que no son comunes en piperáceas: 5-hidroxi-7-metoxi-6-metilflavanona **29**, 5-hidroxi-7-metoxi-8-metilflavanona **30**, 5-hidroxi-7-metoxi-6,8-dimetilflavanona **31** y 2'-hidroxi-4',6'-dimetoxi-3',5'-dimetilchalcona **32** (Facundo *et al.*, 2004).



29. R₁=CH₃, R₂=H

30. R₁=H, R₂=CH₃

31. R₁=R₂=CH₃



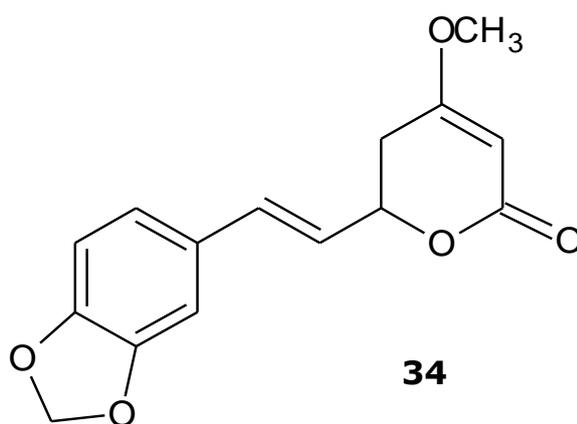
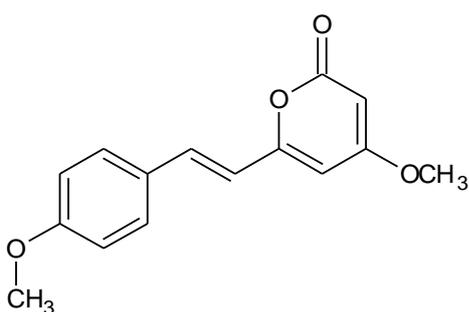
32

α -Pironas

Las α -pironas son metabolitos secundarios derivados de ácido acético formados a través de un tricétido, en piperáceas son metabolitos restringidos a *Piper methysticum* por lo que se consideran marcadores quimiotaxonómicos de dicha especie; sin embargo, a pesar de su escasa distribución son muy relevantes, por ser los compuestos responsables del efecto relajante atribuido a la bebida elaborada a partir de las raíces de la especie en mención desde la antigüedad en Oceanía y Tailandia. Actualmente es comercializada en todo el mundo como kava-kava, por tal razón las α -pironas se denominan comúnmente como kavapironas (Gurib-Fakim, 2006).

Estructuralmente las kavapironas se caracterizan por la sustitución del anillo de la pirona, en el cual está presente un grupo estiril o dihidroestiril. En general las kavapironas actúan como agentes antagonistas de la estricnina, un poderoso agente que induce convulsiones y posee una acción letal; la Methysticina **33** es la kavapirona que posee el efecto antagonista más marcado según un experimento realizado en ratones, y la Yangonina **34** inhibe el crecimiento de la ameba *Etamoeba histólica* (Parmar, 1997).

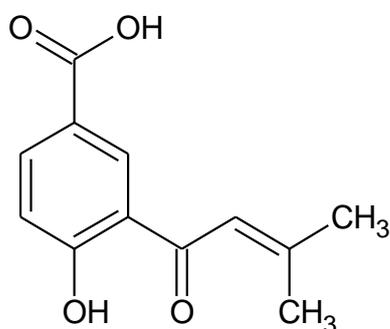
33



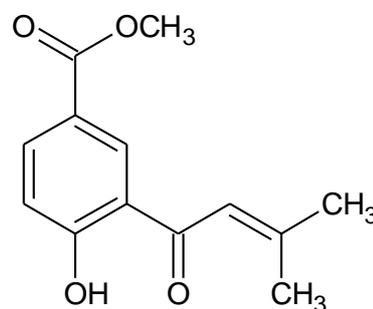
Derivados de ácido benzoico

Los derivados del ácido benzoico son metabolitos aislados en menor cantidad en piperáceas, pero son muy importantes por la actividad fungicida e insecticida que poseen.

De la especie *Piper dilatatum* se aislaron dos derivados de ácido benzoico: el ácido tobogaico **35** y el toboganato de metilo **36**, los cuales tienen actividad fungicida contra cepas de hongos fitopatógenos del género *Cladosporium* (Terreaux *et al.*, 1998).

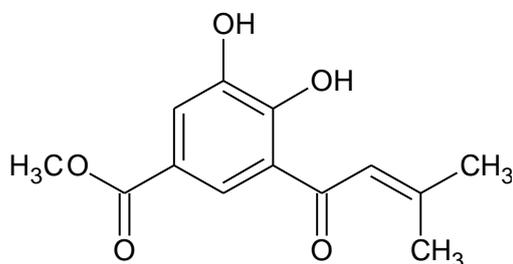


35

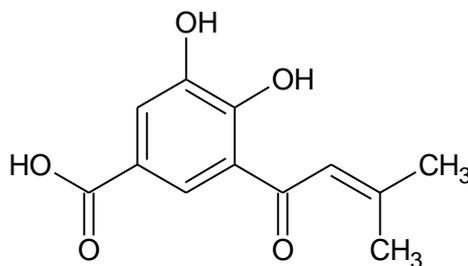


36

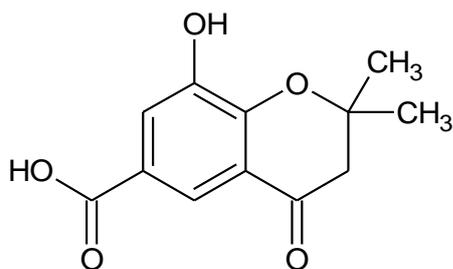
De la especie *Piper lanceafolium* se aislaron: el ester metílico del ácido lanceafólico **37**, el cual mostró actividad contra *Candida albicans*, junto con el ácido lanceafólico **38**, ácido ciclolancaefólico **39** y el metil ester del ácido ciclolancaefólico **40** (López *et al.*, 2002).



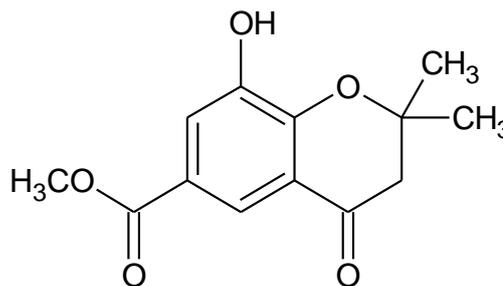
37



38



39

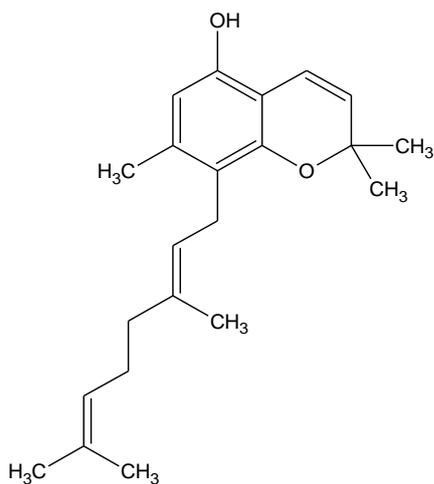


40

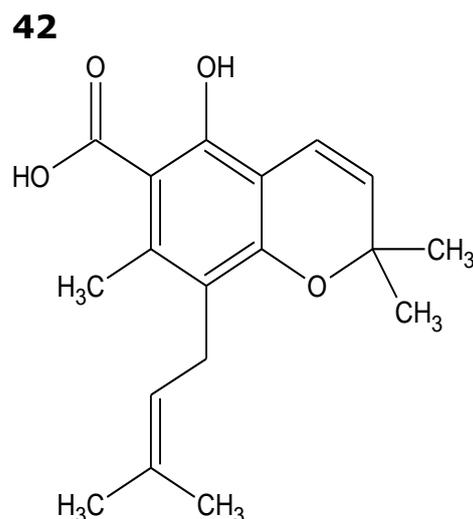
Cromenos

Los cromenos son metabolitos secundarios derivados biosintéticamente de ácido acético, obtenidos por C-isoprenilación de una acetofenona polihidroxilada. Se han encontrado en mayor cantidad en el género *Peperomia* y son menos comunes en el género *Piper*, sin embargo pese a su cantidad, al igual que los derivados de ácido benzóico, son muy importantes por la potencia de sus efectos como antifúngicos e insecticidas de amplio espectro; algunos ejemplos de este tipo de estructuras se presentan a continuación.

De la especie *Peperomia sarpens* se aislaron los cromenos [5-hidroxi-8-(3',7'-dimetilocta-2',6'-dienil)]-2,2,7-trimetil-2H-1-cromano **41** y ácido 5-hidroxi-8-(3'-metil-2'-butenil)-2,2,7-trimetil-2H-1-cromeno-6-carboxílico **42**. (Saga *et al.*, 2006).

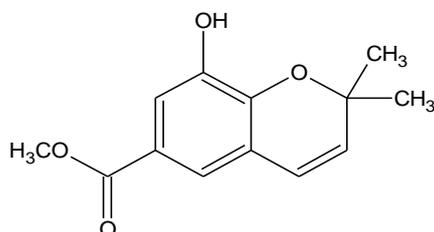


41

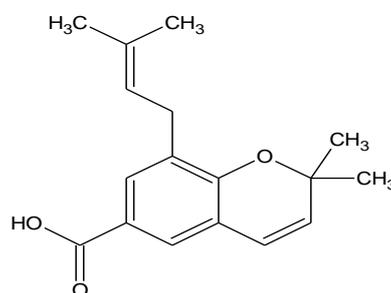


42

De la especie *Piper aduncum* se aislaron los cromenos 8-hidroxi-2,2-dimetil-2H-cromeno-6-carboxilato de metilo **43** y ácido 2,2-dimetil-8-(3-metil-2-butenil)-2H-cromeno-6-carboxílico **44** (Baldoqui *et al.*, 1999).



43



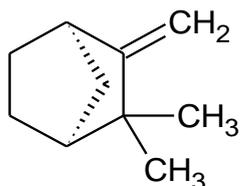
44

Terpenos

Las especies de la familia *Piperaceae* se caracterizan por tener glándulas oleíferas en la mayoría de sus partes, lo que las hace una fuente abundante de aceites esenciales, de los cuales los terpenos son componentes importantes. Parmar *et al.* (1997) realizan una revisión bastante completa de la gran variedad de terpenos presentes en el género *Piper*; a continuación se muestran algunos de los terpenos comúnmente aislados de especies de este género cuyos

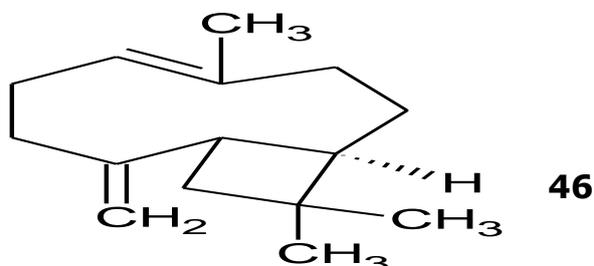
aceites son muy importantes por tener una potente actividad insecticida (Enan, 2001).

El canfeno **45** es un monoterpeneo bicíclico componente de los aceites esenciales de las especies *Piper auritum*, *Piper betle*, *Piper futokadsura*, *Piper guineense*, *Piper hispidum* y *Piper nigrum* (Parmar *et al.*, 1997).



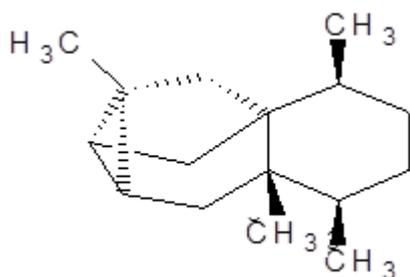
45

De los aceites esenciales de *Piper argyrophyllum*, *Piper attenatum*, *Piper auritum*, *Piper betle*, *Piper gaudichaudianum*, *Piper guineense*, *Piper marginatum*, *Piper mikanianum* y *Piper nigrum*, se identificó el sesquiterpeneo β -Cariofileno **46** como componente importante (Gupta *et al.*, 1985).

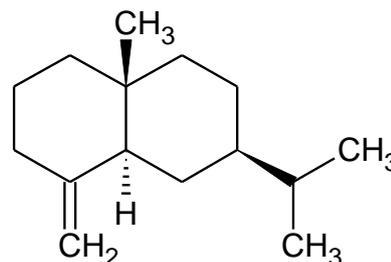


46

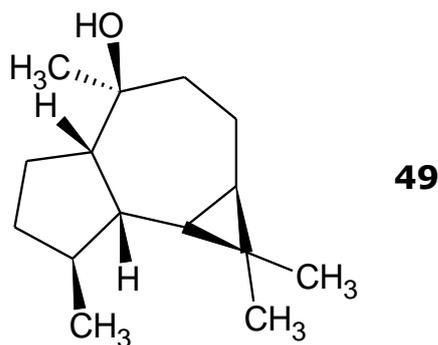
Del aceite esencial con propiedades larvicidas contra *Aedes agipty* de *Piper gaudichanum* del Amazonas, se identificaron como componentes mayoritarios los sesquiterpenos: Ishwareno **47**, β -Selineno **48**, y Viridiflorol **49** (Terreaux *et al.*, 1998).



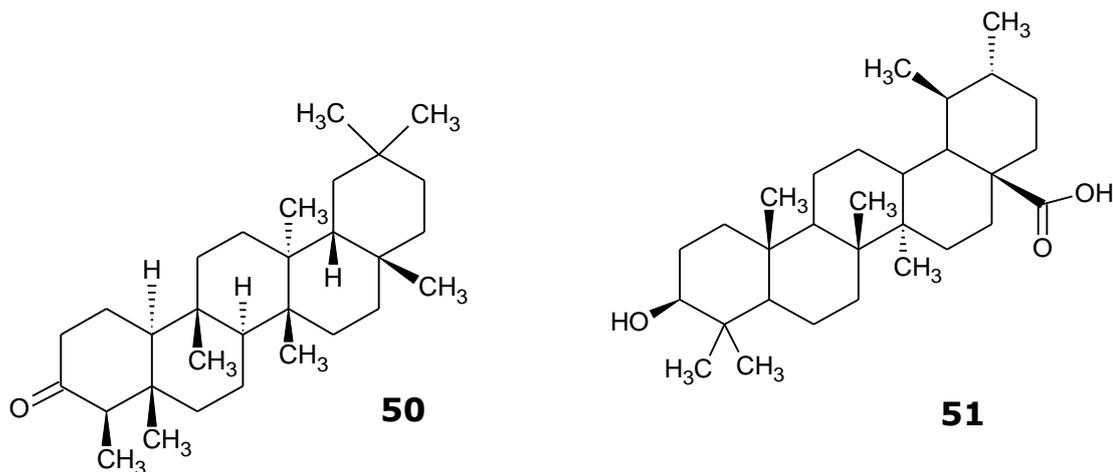
47



48



Los triterpenos pentacíclicos y los esteroides no son muy comunes, sin embargo se han aislado triterpenos del friedelano como la friedelina **50** y del ácido ursólico **51**, y esteroides comunes en las especies vegetales como el sitosterol y el estigmasterol (Parmar *et al.*, 1997).



Esto ha hecho que algunas especies del género *Piper* se identifiquen como especies promisorias en Colombia, y dentro de estas se citan *Piper auritum*, (C. D. C.) conocida comúnmente como anisillo o cordoncillo (Colombia), Santa María u Hoja Santa (México y Centroamérica). Toda la planta posee aceite esencial y su rendimiento puede pasar el 2 % V/P, la composición de este aceite está representada mayoritariamente por compuestos de tipo fenil propanoide con contenidos de safrol superiores al 90 %. En regiones azucareras de Colombia los frutos de esta especie son utilizados como

saborizantes especialmente de la panela, en reemplazo del anís. En Cinérea Gráfico se utilizan las hojas y los frutos como condimento para carnes o en ensaladas, y las hojas se emplean para envolver o preparar alimentos. En El Salvador la savia es empleada para remover ácaros (Bandoni, 2000; Martínez Zarela, 1995).

Piper aduncum, conocido popularmente como cordoncillo o platanillo de Cuba. De Díaz *et al.* (1984) reportan que el aceite esencial extraído de hojas frescas tiene un rendimiento entre 0,8 a 0,9 % V/P. Mediante el análisis de este aceite por métodos cromatográficos y espectroscópicos se determinó como principales constituyentes dilapiol, miristicina y piperitona (De Díaz *et al.*, 1999). Un segundo análisis mediante cromatografía de gases de alta resolución acoplada a espectrometría de masas, de una muestra de aceite extraído de hojas frescas reveló la siguiente composición: piperitona (6,1 %), \square -copaeno (0,3 %), *trans*-cariofileno (2,2 %), (+)-aromadendreno (0,5 %), acetato de linalilo (0,2 %), dispiro [3.0.3.1] nonano (0,4 %), *cis*-cariofileno (0,8 %), cadineno (0,9 %), \square -cadineno (1,11 %), 3,4,5-trimetoxipropenilbenceno (0,3 %), 3,7,11-trimetil-1,6,10-dodecatrien-3-ol (0,3 %), 1,2-dihidro-1,1,6-trimetilnaftaleno (0,3 %), apiol (32,2 %), 2-isopropil-5-metil-9-meten-biciclo [4.4.0] dec-1-eno (0,9 %) y 2,3-dimetoxi-4,5-metilendioxililbenceno (44,5 %) (Bandoni, 2000).

Gupta (1983) y Bin-Jantan (1994) reportan el dilapiol como el constituyente mayoritario del aceite esencial de *P. aduncum* L. proveniente de Panamá y la península de Malasia en un 90 y 58 %, respectivamente.

Piper lenticellosum C. D. C.

Esta especie del género *Piper* es conocida como cordoncillo oloroso. Las hojas poseen variadas aplicaciones en medicina tradicional. En el aceite esencial extraído de hojas frescas se aislaron e identificaron como principales constituyentes elemicina, isosafrol, O-metileugenol, 2-metoxi-4,5-metilendioxilbenceno y 3,5-dimetoxitolueno (Díaz, 1986). Del aceite esencial de las hojas se aisló aldehído cumínico y 1,3-p-mentadien-7-al (Bandoni, 2000).

Piper divaricatum Meyer

Planta encontrada en Surinam, Guyana Inglesa, región amazónica y Chocó (Colombia). Es empleada tradicionalmente como insecticida (Avella *et al.*, 1994). El aceite esencial extraído de hojas frescas por hidrodestilación con un rendimiento de 1,8 % V/P y el análisis mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas reveló la siguiente composición: α -pineno (0,4 %), β -mirceno (0,1 %), 1,8-cineol (0,6 %), 3,7-dimetil-1,3,6-octatrieno (0,2 %), *trans*-ocimeno (1,8 %), α -elemeno (0,2 %), eugenol (0,4 %), α -copaeno (0,3 %), o-metileugenol (2,9 %), *trans*-cariofileno (2,6 %), β -selineno (1,6 %), (+)-aromadendreno (0,4 %), β -cubebeno (1,3 %), α -selineno (2,3 %), 2,4-diisopropenil-1-metil-1-vinilciclohexano (3,3 %), α -cadineno (0,5 %), 4-hidroxi-3,5-dimetoxialilbenceno (1,0 %), o-metileugenol (10,8 %), 3,4,5-trimetoxialilbenceno (38,7 %) y ácido-3-hidroxi-4-metoxicinámico (0,2 %) (De Díaz, 1990; Bandoni, 2000).

Piper artanthe C. DC.

Planta empleada en medicina tradicional para tratar heridas infectadas. Las hojas y los tallos frescos fueron sometidos a hidrodestilación y el aceite esencial obtenido con un rendimiento de 0,76 % V/P y sometido a análisis por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas reveló la siguiente composición: tricleno (0,4 %), artemisiatrieno (1,0 %), sabineno (0,3 %), careno

(0,2 %), o-cimeno (0,2 %), silvestreno (0,5 %), α -terpineno (0,6 %), α -terpinoleno (0,2 %), linalol (0,1 %), α -elemeno (11,7 %), α -cubebeno (0,9 %), ciclosativeno (0,4 %), isoledeno (0,1 %), α -copaeno (2,3 %), β -cubebeno (1,2 %), β -elemeno (1,4 %), ϵ -cariofileno (10,2 %), β -funebreno (0,4 %), α -santaleno (0,8 %), (+)-aromadendreno (1,2 %), α -guaieno (0,3 %), *cis*-4(14)-5-muurooladieno (2,1 %), α -muurooleno (2,3 %), β -selineno (0,2 %), epi-cubebol (8,9 %), *trans* β -guaieno (2,9 %), α -cadineno (3,1 %), cubebol (6,3 %), miristicina (2,6 %), α -cadineno (2,4 %), 1,4-cadinadieno (0,6 %), α -calacoreno (0,1 %), elemiina (0,1 %), germacreno B (0,1 %), D-germacren-4-ol (0,2 %), (-)-espatulenol (0,3 %), óxido de cariofileno (0,4 %), hinesol (0,2 %), cubenol (0,6 %), α -muurolol (0,2 %), kongol (1,1 %), apiol (14,5 %) (Avella *et al.*, 1998; Bandoni *et al.*, 2000).

Piper chiadoense Yuncker

Especie encontrada en el departamento de Antioquia (Colombia). El aceite esencial obtenido mediante hidrodestilación a partir de hojas frescas, con un rendimiento del 0,9 % V/P. La composición establecida mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas fue la siguiente: 4-isopropiltolueno (0,4 %), α -cubebeno (11,3 %), α -copaeno (4,3 %), β -cubebeno (0,7 %), *trans*-cariofileno (6,2 %), α -humuleno (1,1 %), eremofileno (9,8 %), α -selineno (1,4 %), α -muurooleno (1,2 %), α -cadineno (2,9 %), 1,2,3,4-tetrahidro-1,6-dimetil-4(1-metiletil) naftaleno (5,1 %), germacreno B (1,1 %) y 1,2,3,4,4^a,7-hexahidro-1,6-dimetil-4(1-metiletil) naftaleno (1,7 %) (Bandoni *et al.*, 2000).

Piper crassinervium H. B. K.

Composición química del aceite esencial: 1,2,3,4,4^a,7-hexahidro-1,6-dimetil-4(1-metiletil) naftaleno (0,5 %), copaeno (1,5 %), *trans*-cariofileno (9,4 %), (+)-aromadendreno (7,0 %), 1,2,3,4,4^a,5,6,8^a-octahidro-7-metil-4(1-metiletil) naftaleno (6,2 %), β -selineno

(7,1 %), α -selineno (3,2 %), α -muuroleno (1,8 %), α -cadineno (3,0 %), 1,2,3,4-tetrahidro-1,6-dimetil-4-(1-metiletil) naftaleno (2,7 %), farnesol (4,7 %), óxido de cariofileno (7,1 %), globulol (5,7 %) y 1,2,3,4,4^a,5,6,8^a-octahidro-7-metil-4 (1-metiletil) naftaleno (3,5 %) (Bandoni *et al.*, 2000).

Piper tuberculatum Jacq.

Es una especie de *Piper* de amplia distribución en el continente americano. García-Barriga (1974) reporta que las hojas pulverizadas son empleadas como insecticidas para piojos, también se emplean como hemostático y para tratar mordeduras de serpientes, entre otras aplicaciones.

Las hojas frescas sometidas a hidrodestilación produjeron un aceite esencial con un rendimiento del 1,6 % V/P. El análisis de este aceite esencial mediante cromatografía en columna y técnicas espectroscópicas permitió aislar e identificar los compuestos 3,4,5-trimetoxibenzaldehído, o-metileugenol, linalol (50 %), eudesmol y viridiflorol (Bandoni, 2000).

Navickiene *et al.* (2006) analizaron por separado la composición del aceite esencial de hojas, tallo y frutos de *P. tuberculatum* procedente de Brasil y, además, determinaron su actividad antifúngica contra hongos fitopatógenos. En el aceite de hojas encontraron como principales constituyentes: α -pineno (10,4 %), β -pineno (12,5 %), limoneno (4,2 %), ϵ - α -ocimeno (8,6 %), α -cariofileno (40,2 %), α -humuleno (2,7 %), germacreno D (5,5 %) y farneseno (8,3 %). En frutos encontraron α -pino (28,7 %), β -pineno (38,2 %), limoneno (2,4 %), ϵ - α -ocimeno (9,8 %), α -cariofileno (14,0 %), α -humuleno (1,4 %); y en corteza: α -pino (17,3 %), β -pineno (27,0 %), limoneno (2,1 %), ϵ - α -ocimeno (14,5 %), α -cariofileno (32,1 %) y α -humuleno (1,2 %).

Piper peltatum (L.)

Es una planta con múltiples aplicaciones en medicina tradicional (antidiarreico, anestésico, antiofídico, antiinflamatorio, antipirético, hepatoprotector, en infusiones como diurético y para tratamiento externo de úlceras e infecciones de la piel) (La Rotta, 1990; González *et al.*, 1994; Desmarchelier *et al.*, 1997).

El aceite esencial obtenido por hidrodestilación de hojas frescas, con un rendimiento de 0,3 % V/P y caracterizado mediante cromatografía de gases de alta resolución acoplada a espectrometría de masas arrojó la siguiente composición: *trans*-cariofileno (0,4 %), 6,10-dimetil- ϵ 5,9-undecadien-2-ona (2,0 %), β -ionona (0,6 %), \square -muuroleno (1,0 %), \square -cadineno (0,3 %), 9-metilen-5-metil-2-isopropil-biciclo[4.4.0]dec-1-eno (1,9 %), 4-(1'-metiletil)-1,6-dimetil-1,2,3,4-te-trahidronaftaleno (10,3 %), 1,1,6-trimetil-1,2-dihidronaftaleno (0,9 %), farnesol (2,9 %), (-)-espatulenol (2,8 %), 6-metoxi-1-acetonaftona (1,2 %), 4-(1'-metiletil)-1,6-dimetil-1,2,3,4,4^a,7-hexahidronaftaleno (6,6 %), adamantano (4,6 %), torreyol (1,4 %), 4-(1'-metiletil)-1,6-dimetilnaftaleno (7,3 %), 9-eicoseno (0,8 %), 3,7,11,15-tetrametil-2-hexadecen-1-ol (2,1 %), pentacosano (0,7 %), hexatriacontano (0,7 %), norolean-12-eno (1,2 %), tetracontano (1,0 %) (De Díaz *et al.*, 1997; Bandoni *et al.*, 2000).

Teniendo en cuenta el interesante panorama químico antes descrito para algunas de las especies de piperáceas, se realizaron diversos estudios a las especies de esta familia recolectada en la zona del Sumapaz medio y bajo occidental, con el fin de conocer sus características químicas las cuales en muchos casos no habían sido reportadas en la literatura. De las 28 especies recolectadas en la zona de los municipios de Fusagasugá, Granada, Tibacuy, Sylvania, Arbeláez, Pasca, Venecia, San Bernardo, Cabrera y Pandi se tomaron

12 especies para ser sometidas a estudios fitoquímicos preliminares y completos.

En este punto es adecuado responder varios interrogantes: ¿qué es un estudio fitoquímico preliminar?, ¿qué es un estudio fitoquímico completo? y ¿cuáles son sus características? El estudio fitoquímico preliminar comprende una serie de pruebas químicas sencillas a menudo realizadas en tubo de ensayo en donde por reacciones de coloración y precipitación se determina la posible presencia de tipos de metabolitos en una muestra vegetal: se trata de un análisis puramente cualitativo, que ofrece una aproximación a la composición general de una muestra vegetal y que puede ser empleado cuando no se tienen equipos de análisis químico o los reactivos necesarios para realizar la purificación fitoquímica que requiere soportes sólidos para cromatografía y solventes orgánicos de diferentes polaridades. Es importante anotar que no se necesita una gran cantidad de muestra ni tiempos prolongados (Lock, 1988; Sanabria, 1983). También es relevante considerar que en algunos casos pueden presentarse resultados erróneos, por lo cual es importante que la persona que realice el análisis tenga conocimientos de química orgánica que le permitan evaluar la validez de los resultados obtenidos teniendo en cuenta que un extracto vegetal es una matriz supremamente compleja y hay que entrar a considerar las reacciones secundarias que puedan presentarse si se tiene conocimiento de los reactivos usados en el análisis.

Por su parte, el análisis fitoquímico completo comprende desde la obtención del extracto de la muestra vegetal de interés usando diferentes tipos de disolventes, hasta la obtención de los metabolitos secundarios que componen la muestra con el uso de técnicas cromatográficas convencionales e instrumentales. Los solventes escogidos para la extracción del material vegetal dependen del tipo de estudio que se requiera hacer con el extracto; por ejemplo, si se

necesita analizar componentes lipofílicos es recomendable usar un solvente de baja polaridad como los hidrocarburos, sin embargo de manera común son muy utilizados los solventes alcohólicos principalmente el etanol 96 %, el cual permite por cosolvencia realizar la extracción de compuestos con amplio espectro de polaridades. Posteriormente se recomienda realizar partición por polaridad del extracto etanólico (Hostettmann, 2008).

A partir del material vegetal muestreado en el Sumapaz medio y bajo occidental, se obtuvieron los extractos etanólicos de diferentes órganos de las plantas por percolación o maceración en frío, métodos comunes de extracción en productos naturales que son ampliamente utilizados por su facilidad de operación (Cuca *et al.*, 2010). En la tabla 1 se muestran las especies sometidas a extracción y los extractos etanólicos obtenidos.

Tabla 1. Extractos obtenidos de especies de piperáceas recolectadas en la zona del Sumapaz medio y bajo occidental

Número de extracto obtenido	Especie vegetal	Parte de la planta empleada para la extracción
1	<i>Piper bogotense</i>	Hojas
2	<i>Piper bogotense</i>	Inflorescencias
3	<i>Piper holtonii</i>	Parte aérea
4	<i>Piper el-bancoanum</i>	Hojas
5	<i>Piper el-bancoanum</i>	Madera
6	<i>Piper peltatum</i>	Parte aérea
7	<i>Piper amalago</i>	Hojas
8	<i>Piper sp. (CMF-50)</i>	Inflorescencias
9	<i>Piper aduncum</i>	Madera
10	<i>Piper aduncum</i>	Hojas
11	<i>Piper aduncum</i>	Inflorescencias
12	<i>Piper hispidum</i>	Madera

13	<i>Piper hispidum</i>	Hojas
14	<i>Piper hispidum</i>	Raíz
15	<i>Piper eriocladum</i>	Madera
16	<i>Piper septuplinervium</i>	Parte aérea
17	<i>Piper eriopodon</i>	Madera
18	<i>Piper eriopodon</i>	Hojas
19	<i>Piper eriopodon</i>	Inflorescencias

Los 19 extractos etanólicos obtenidos fueron sometidos a diferentes pruebas de coloración y precipitación, las cuales fueron seleccionadas teniendo en cuenta la distribución de metabolitos secundarios en la familia *Piperaceae*. Se realizaron reacciones de determinación de alcaloides, esteroides y triterpenoides, flavonoides, quinonas, compuestos fenólicos, saponinas, lactonas y α -pironas. En la tabla 2 se presentan los resultados de las pruebas hechas considerando ausencia (-) o presencia (+) de los diferentes tipos de metabolitos o funciones químicas por determinar.

Tabla 2. Resultados análisis fitoquímico preliminar de extractos de piperáceas

Tipo de compuesto	Prueba química	Extracto																
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	1	1	1	1	1	1	1	
Alcaloides	Dragendorff	-	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-	+	+	-	-	-	
Esteroides o triterpenoides	Liebermann-Burchard	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Flavonoides	Shinoda	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	
Leucoantocianidinas	Reacción de HCl	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	

Quinonas	Borntrang er-Krauss	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Compuestos fenólicos-taninos	Cloruro férico	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Saponinas	Espuma	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
α -Pironas	Hidroxam ato férrico para esteres	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-
Lactonas terpénicas	Hidroxam ato férrico para esteres	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-

Los resultados presentados en la tabla 2 confirman químicamente la determinación taxonómica de las muestras recolectadas; por los tipos de metabolitos presentes en los extractos ensayados, se evidencia la presencia de compuestos nitrogenados u oxigenados teniendo en cuenta los resultados obtenidos por la reacción de Dragendorff. El reactivo usado en la prueba es una sal de bismuto y el precipitado que indica la prueba positiva es un complejo que se forma por coordinación del bismuto con los heteroátomos (nitrógeno y oxígeno).

Los esteroides y triterpenoides están presentes en todas las especies, aunque no es claro el mecanismo de reacción por el cual procede la reacción de Lieberman-Burchard, si se sabe que la presencia de coloraciones rosas y violetas con este reactivo evidencia la presencia de núcleos de C₂₇ o C₃₀ con sustitución -OH en el carbono 3 del esqueleto tetracíclico hidrocarbonado. Resultados positivos cuando se realiza la reacción de Shinoda indican la presencia de compuestos en cuya estructura existe pirona, como es

el caso de diferentes núcleos flavonoides como flavonas, flavanonas, flavonoles y flavanonoles, entre otros.

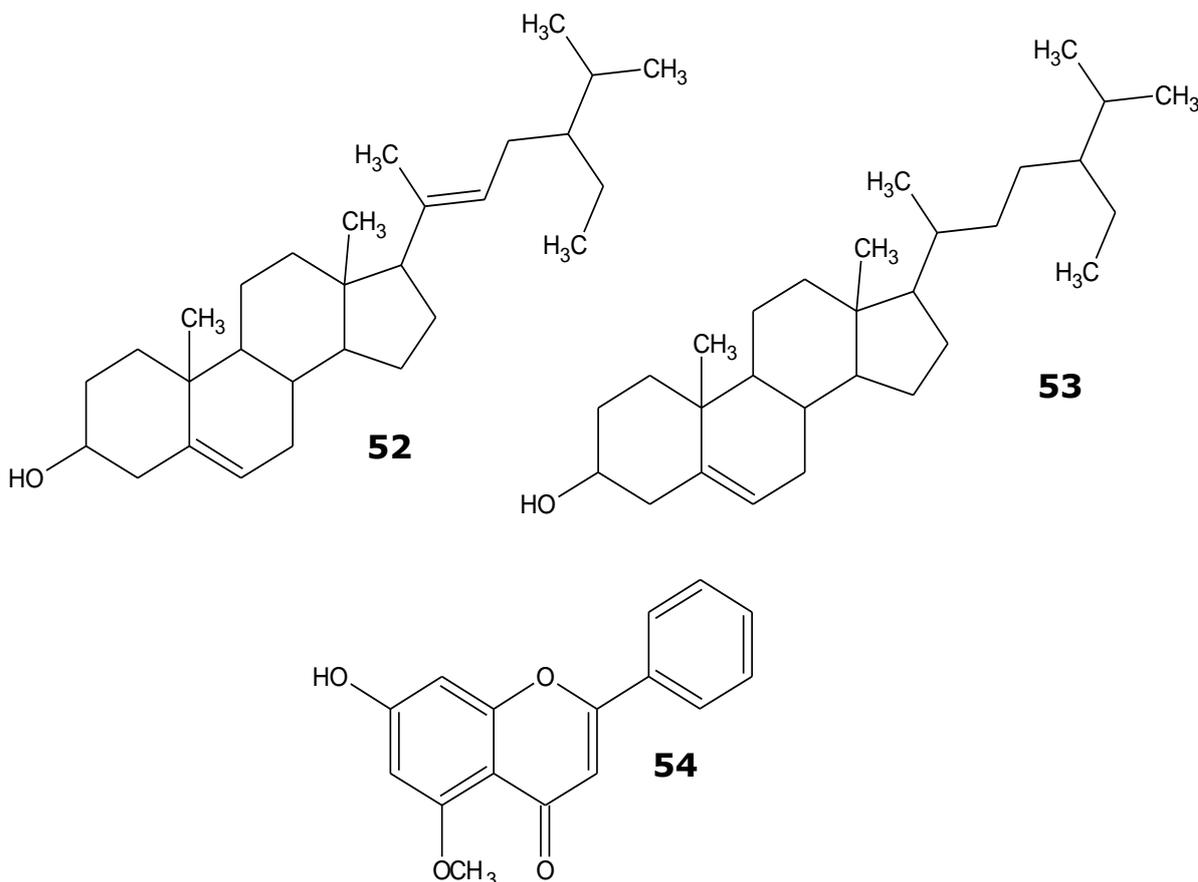
Además de los resultados anteriores, es notable la presencia de compuestos fenólicos, función química presente en muchos metabolitos secundarios de la familia *Piperaceae*, como es el caso de amidas, flavonoides y cromenos, entre otros. Finalmente la prueba de Cinérea Graf para esteres usada en el análisis para la determinación de lactonas terpénicas y α -pironas mostró resultados relevantes teniendo en cuenta que de acuerdo con la tabla 2 existe una abundante presencia de esteres cíclicos en la mayoría de las especies recolectadas, lo cual concuerda con todas las evidencias proporcionadas por la literatura y presentadas por nosotros en las páginas precedentes.

Después de realizar el análisis fitoquímico meramente cualitativo, se procedió a someter las especies vegetales con mayor cantidad de biomasa recolectada a estudios fitoquímicos profundos en los cuales se determinaron los metabolitos secundarios presentes. Las especies objeto de este tipo de estudio fueron: *Piper el-bancoanum*, *Piper hispidum*, *Piper septuplinervium*, *Piper cumanense*, *Piper tuberculatum* y *Piper eriopodon*. A continuación se describen los resultados obtenidos para cada especie.

***Piper cf. el-bancoanum* Trel & Yunck**

La especie *Piper el-bancoanum* fue recolectada en la finca La Loma, vereda Santa Bárbara, municipio de Arbeláez (Cundinamarca), y fue determinada en el Herbario Nacional Colombiano del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, donde reposa con el número de herbario COL 518182. La parte aérea de la especie fue sometida a extracción con etanol 96 %, el extracto etanólico resultante se sometió a fraccionamiento y purificación por el uso de cromatografía en columna consecutiva. De esta manera se

aislaron y purificaron los metabolitos secundarios: Estigmasterol **52**, β -Sitosterol **53**, Alpinetina (5-hidroxi-7-metoxi-flavona) **54**, dos esteroides de amplia distribución en especies vegetales y una flavona aislada de especies de la familia *Zingiberaceae*, *Labiatae* y *Asteraceae* (Valero, 2008).



Aceite esencial

Las hojas frescas de *Piper el-bancoanum* sometidas a destilación por arrastre con vapor, produjeron un aceite esencial con un rendimiento del 0,3 % V/P. El análisis cromatográfico de este aceite reveló que se encontraba compuesto en su mayor parte por sesquiterpenos y sus derivados oxigenados con 39,8 y 51,0 % con cinérea gráficas. El compuesto mayoritario con 32,8 % corresponde a un hidrocarburo sesquiterpénico oxigenado de peso molecular (220) que no fue posible identificar plenamente mediante su espectro de masas y la

comparación con bases de datos e índices de retención. En la tabla 3 y en la gráfica 1 se observa la composición detallada de este aceite y la proporción relativa en que se encuentran los distintos tipos de constituyentes.

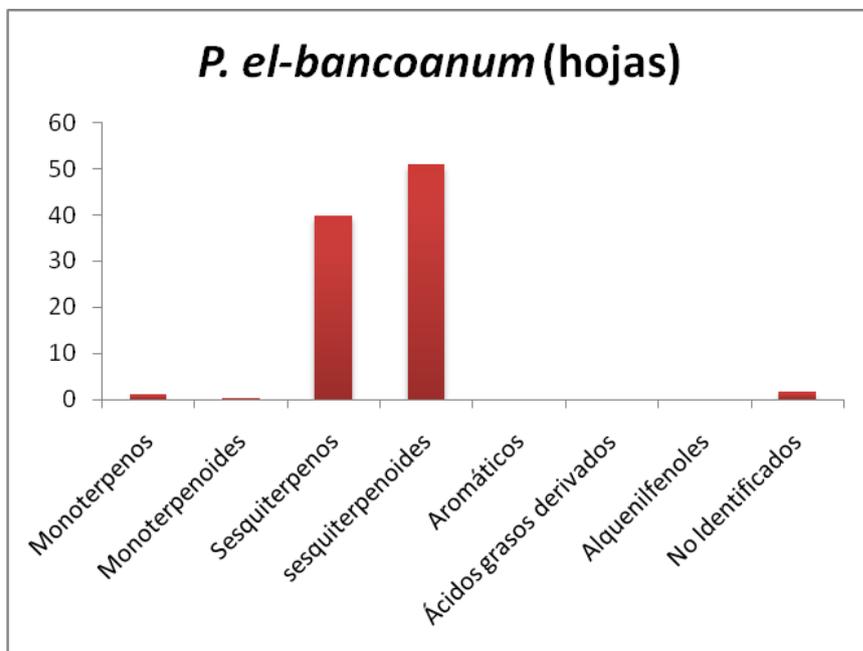
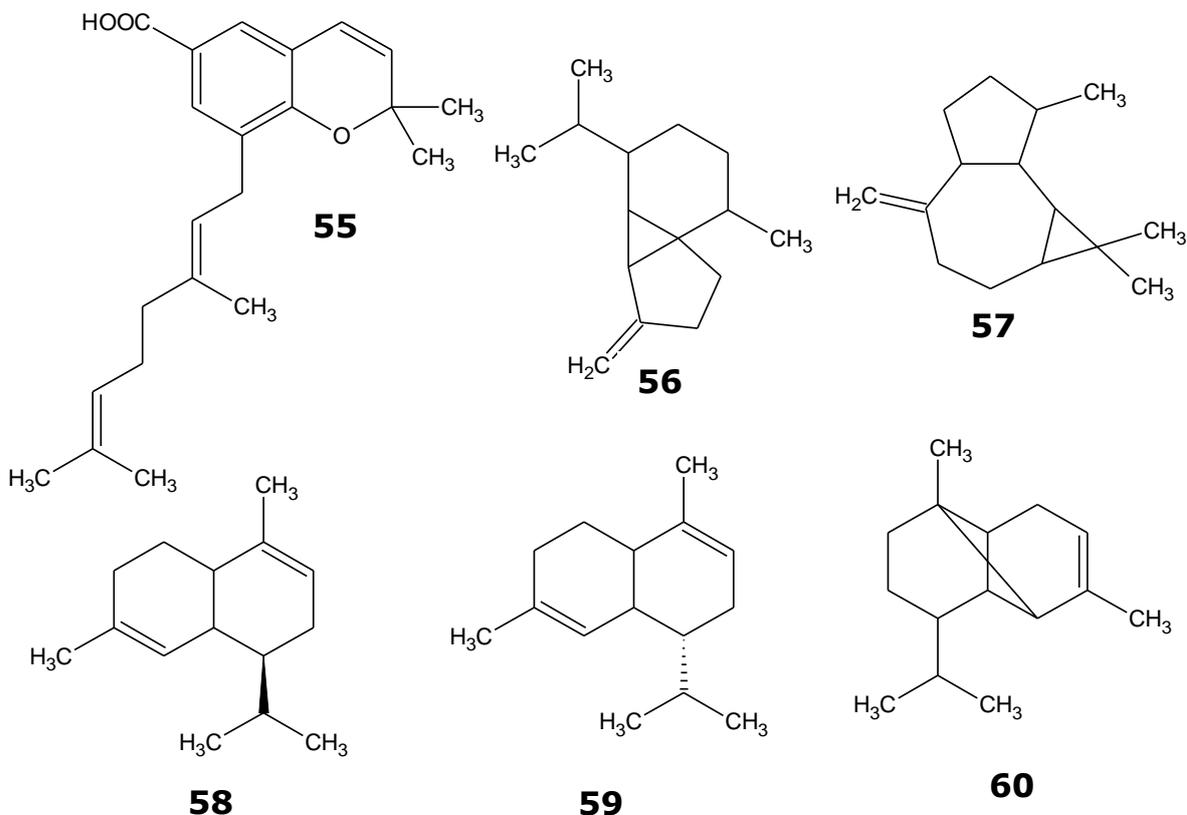


Figura 1. Composición química relativa por tipo de compuestos del aceite esencial obtenido mediante arrastre con vapor de hojas de *Piper el-bancoanum*.

***Piper cumanense* Kunth**

La especie *Piper cumanense* fue recolectada en el municipio de Arbeláez y determinada en el Herbario Nacional Colombiano del Instituto de Ciencias Naturales, en donde reposa un espécimen con el código COL518185. Las hojas de la especie colectada se sometieron a extracción con etanol al 96 %, el extracto etanólico obtenido por previa remoción del solvente fue fraccionado y purificado por medio de cromatografía *flash* repetitiva determinando la presencia de un cromeno con estructura novedosa y dos mezclas de terpenos que fueron establecidas utilizando cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, y en comparación con la literatura. Los compuestos aislados y determinados en las hojas de la especie *P. cumanense* corresponden a ácido cumanensico **55**, β -cubebeno **56**,

alloaromadendreno **57**, α -amorfenoleno **58**, α -muuroleno **59**, cabaleno **60**, estigmasterol **53** y β -sitosterol **54** (Parra *et al.*, 2011).



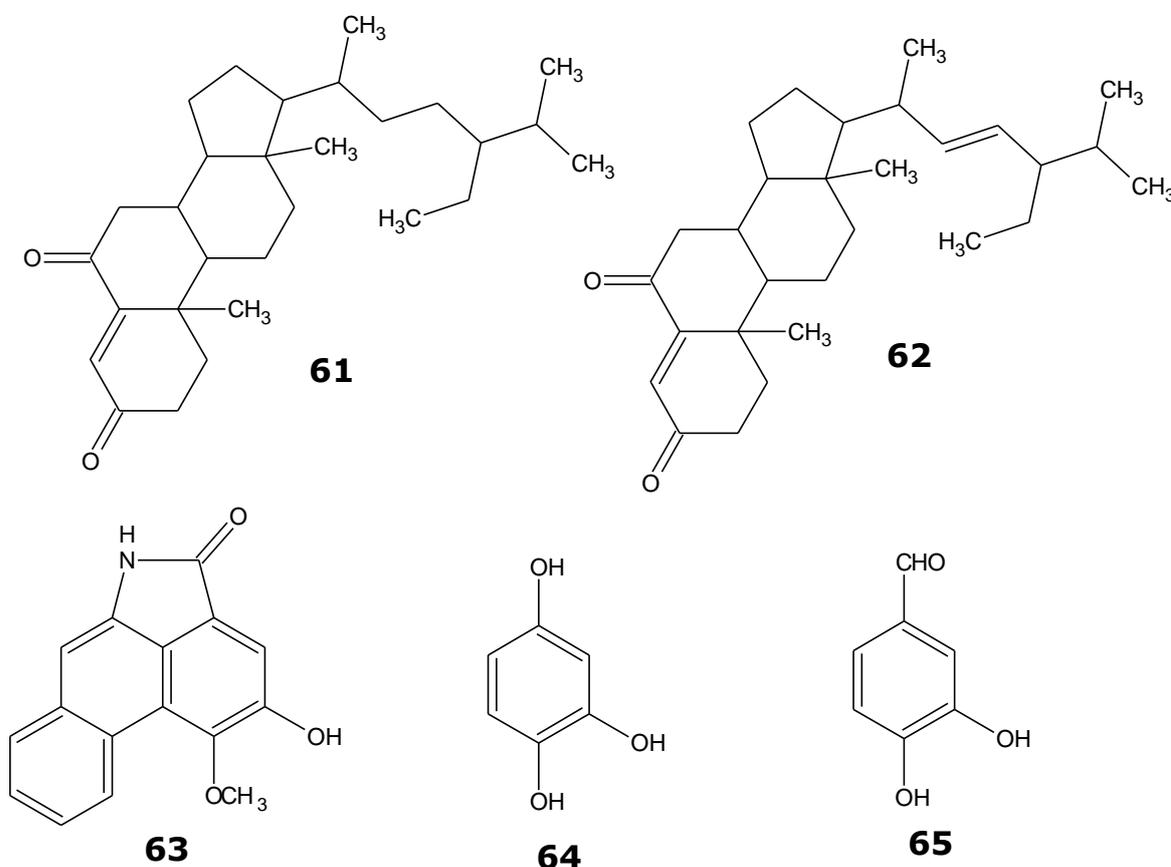
El cromeno ácido cumanicum fue sometido a ensayos de actividad antifúngica contra dos cepas de hongos fitopatógenos: *Fusarium oxysporum* f. sp. *Dianthi* y *Botrytis cinérea*. Ambos patógenos poseen una significativa importancia económica en Colombia, ya que estos son los responsables del marchitamiento vascular en clavel y del moho gris de frutas y hortalizas, respectivamente, y son productos de alto impacto en las exportaciones del país. El compuesto ensayado mostró una cantidad mínima inhibitoria de 1 μ g en el caso de *Fusarium oxysporum* f. sp. *Dianthi* y 10 μ g para *Botrytis cinérea*, resultados interesantes comparados con los patrones usados: benomyl e iprodione, los cuales corresponden a principios activos de productos comerciales usados en

Colombia para combatir las enfermedades causadas por dichos patógenos (Parra *et al.*, 2011).

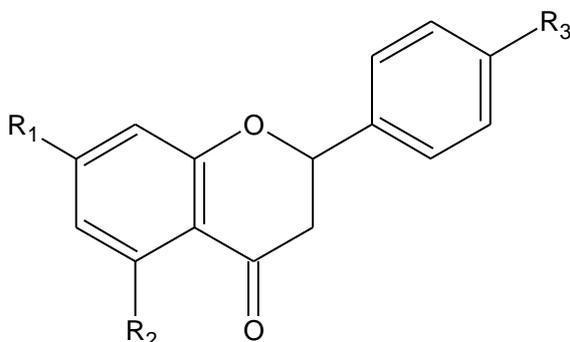
***Piper hispidum* Kunth**

La especie *P. hispidum* fue determinada en el Herbario Nacional Colombiano del Instituto de Ciencias Naturales, en donde reposa un espécimen con el COL 510518. Las inflorescencias y la madera de la especie fueron sometidas a extracción con etanol al 96 % para la obtención de los respectivos extractos etanólicos, los cuales fueron fraccionados y purificados por técnicas cromatográficas convencionales.

Del extracto de madera de *P. hispidum* se aislaron dos esteroides: 24-etilcolesta-4-en-3,6-diona **61**, 24-etilcolesta-4,22-dien-3,6-diona **62**; una lactama: aristolactama A **63** (Plazas, 2007); y dos fenoles simples: 1,3,4-trihidroxifenol **64**, 3,4-dihidroxibenzaldehído **65** (Plazas, 2009).



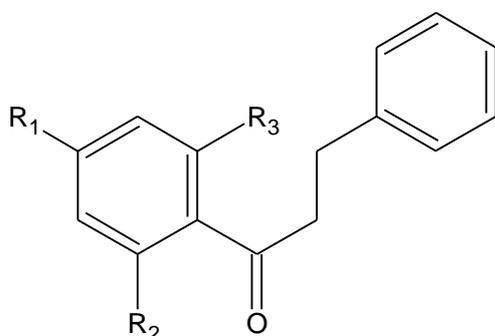
Por otro lado, la purificación del extracto de inflorescencias dio como resultado la obtención de siete flavanonas: 5-hidroxi-7-metoxiflavanona **66**, 5-hidroxi-7,4'-dimetoxiflavanona **67**, 5,7-dihydroxiflavanona **68**, 5,7-dihidroxi-4'-metoxiflavanona **69**, 5-hidroxi-4'-metilcarbonil-7-metoxiflavona **70**, 5,7,4'-rihidroxiflavanona **71**, 5,4'-dihidroxi-7-metoxiflavanona **72**; y dos dihidrochalconas: 2',4',6'-trimetoxidihidrochalcona **73** y 4'-hidroxi-2',6'-dimetoxidihidrochalcona **74**. A partir de los compuestos 66 y 67 se prepararon los derivados acetilados respectivos **75** y **76**. Desde el compuesto 73 se prepararon los derivados demetilados **77** y **78**. Los flavonoides naturales y sus derivados fueron sometidos al ensayo de determinación de actividad leishmanicida contra parásitos de la especie *Leishmania panamensis* responsable de la leishmaniosis cutánea. El derivado demetilado 78 (2',6'-dihidroxi-4'-metoxidihidrochalcona) fue el compuesto con mayor actividad (Plazas *et al.*, 2008).



- 66** R₁= OCH₃ R₂=OH R₃=H
67 R₁=OCH₃ R₂=OH R₃=OCH₃
68 R₁= R₂=OH R₃=H
69 R₁= R₂=OH R₃=OCH₃
70 R₁=OCH₃ R₂=OH R₃=CH₃CO
71 R₁= R₂=R₃=OH
72 R₁=OCH₃ R₂= R₃=OH

75 $R_1=OCH_3$ $R_2=Oac$ $R_3=H$

76 $R_1=OCH_3$ $R_2=Oac$ $R_3=OCH_3$



73 $R_1= R_2= R_3=OCH_3$

74 $R_1= OCH_3$ $R_2= OH$ $R_3=OCH_3$

77 $R_1= R_2= R_3=OH$

78 $R_1= OCH_3$ $R_2= R_3=OH$

Aceite esencial

Mediante hidrodestilación de las inflorescencias secas de *Piper hispidum* Kunth en un aparato tipo Clavenger modificado, se obtuvo un aceite esencial de color amarillo con un rendimiento de 0,8 % V/P y empleando cromatografía de gases de alta resolución acoplada a espectrometría de masas se determinó la composición química relativa. En la tabla 3 se observan los compuestos determinados en este aceite y su composición porcentual. Este aceite se caracteriza por ser complejo en cuanto al número de componentes determinados (setenta) y la amplia diversidad química encontrada. Los principales componentes son hidrocarburos monoterpénicos y sesquiterpénicos representando el 51,9 y 37,3 % de la composición, respectivamente. Los componentes de tipo derivado oxigenado de los hidrocarburos terpénicos y compuestos aromáticos de tipo aril propano están presentes en baja proporción, como se observa en la figura 2.

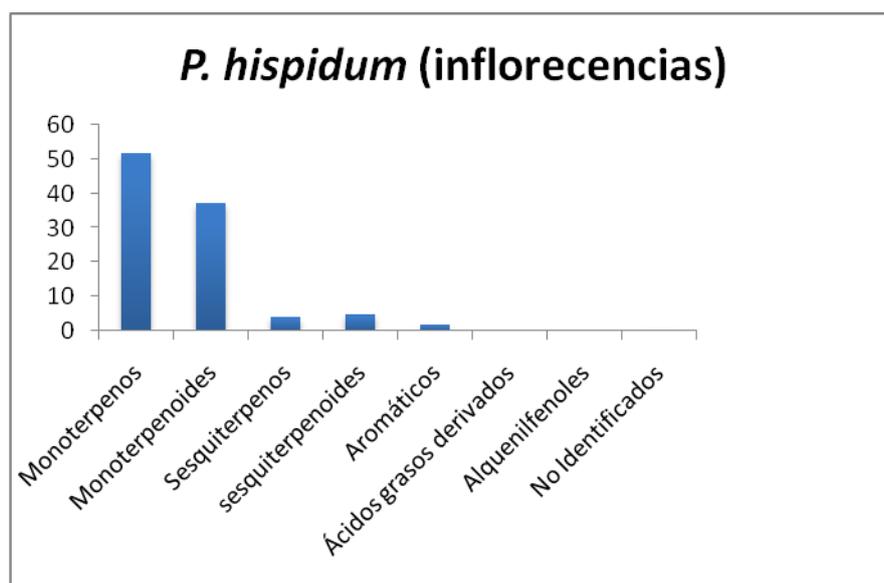
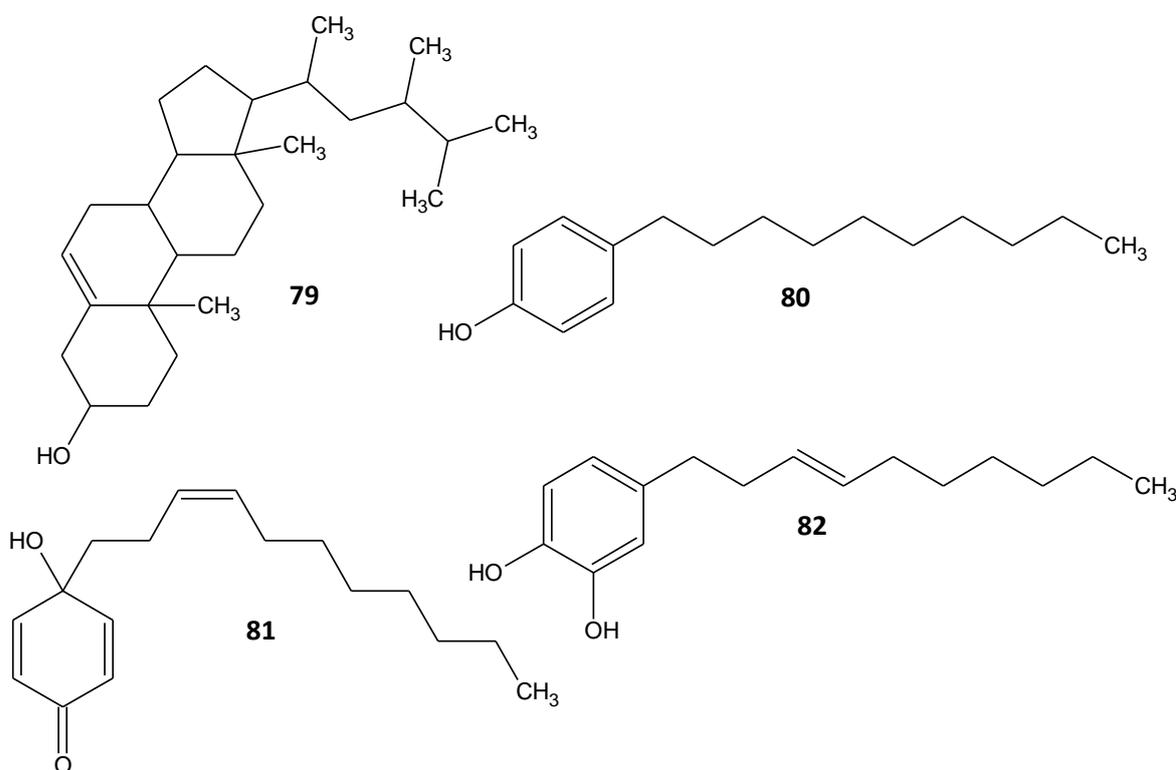


Figura 2. Composición química relativa por tipo de compuestos del aceite esencial obtenido mediante hidrodestilación de inflorescencias de *Piper hispidum*.

***Piper eriopodon* (Miq.) C.DC.**

La especie *P. eriopodon* fue recolectada en el municipio de Fusagasugá en la carretera que conduce al cerro del Quininí. Una muestra reposa en el Herbario Nacional Colombiano del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia con el número COL 516757. A partir de la extracción con etanol al 96 % de la madera y las hojas de la especie en mención, seguido por el fraccionamiento usando técnicas cromatográficas convencionales de los extractos obtenidos, se aislaron e identificaron por técnicas espectroscópicas seis compuestos, tres de naturaleza esteroidal: Estigmasterol **53**, β -Sitosterol **54** y Campesterol **79**, aislados del extracto de hojas; y tres alquenilfenoles: Gibbilimbol B **80** (aislado de hojas y madera), 4-hidroxi-4-(3'-(Z)-decenil)-2,5-ciclohexadien-1-ona **81**, y 4-(3'- ϵ -decenil)-catecol **82**. Los metabolitos secundarios de tipo alquenilfenol **81** y **82** aislados del extracto de madera corresponden a compuestos novedosos (Muñoz, 2008).

El alquenilfenol identificado como Gibbilimbol B es el componente mayoritario de los extractos estudiados teniendo en cuenta que corresponde al 9,5 % y 3,5 % del peso total del extracto de hojas y madera, respectivamente. Además de revestir importancia por su abundante presencia en los dos extractos, mostró ejercer efecto antialimentario sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* de tercer instar, inhibiendo hasta en un 85 % el consumo normal de la larva a concentración de 100 ppm (Muñoz, 2008).



Aceite esencial

El aceite esencial obtenido mediante hidrodestilación de la inflorescencias secas de *P. eriopodon* con un rendimiento del 0,4 % posee una composición muy diferente a los obtenidos de otras especies de *Piper*. En la tabla 3 se reporta la composición establecida mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Se destaca la presencia en más de un 80 % del alquenil fenol conocido como gibbilimbol B y que se obtuvo cinérea de otros órganos de la planta a partir del extracto etanólico. Junto con este compuesto

se ha determinado la presencia en el aceite obtenido de cantidades minoritarias de otros alquenilfenoles que no han sido plenamente identificados. En la figura 3 se observa la relación entre los distintos tipos de componentes de este aceite esencial.

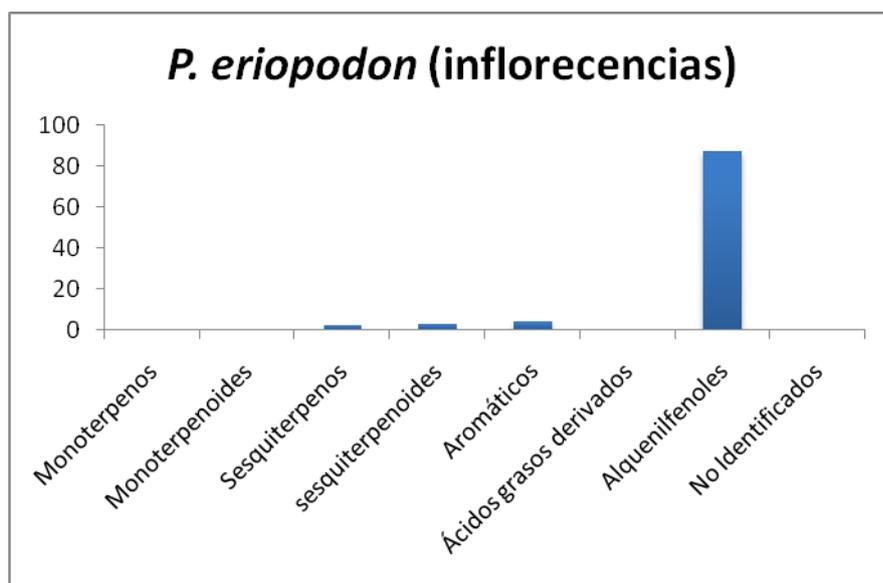
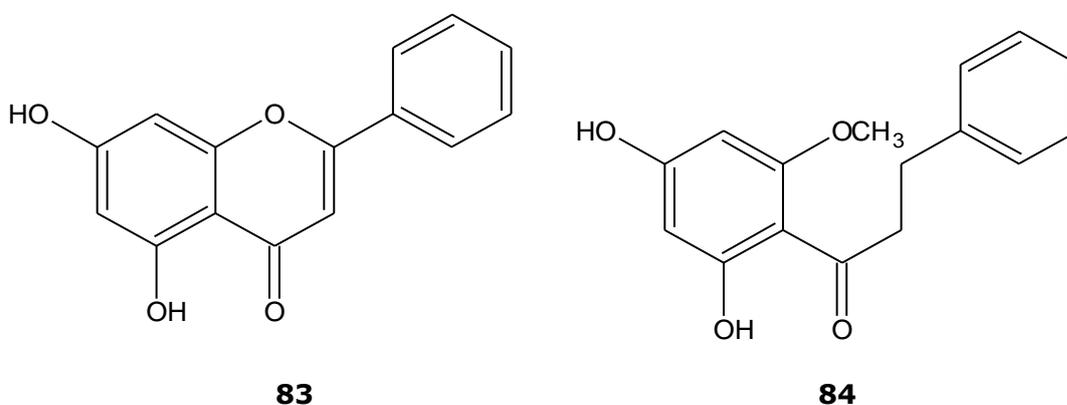


Figura 3. Composición química relativa por tipo de compuestos del aceite esencial obtenido mediante hidrodestilación de inflorescencias de *Piper eriopodon*.

***Piper septuplinervium* (Miq.) C.DC.**

La especie *P. septuplinervium* fue recolectada en la vereda San José bajo del municipio de Granada, y un espécimen reposa en el Herbario Nacional Colombiano con el número COL 517695. La parte aérea de la especie en mención fue sometida a extracción con etanol al 96 %, posteriormente por técnicas cinérea gráficas como cromatografía en columna *flash* repetitiva se aislaron y purificaron dos compuestos de tipo flavonoide, cuya estructura fue determinada por métodos espectroscópicos de análisis. Los compuestos aislados corresponden a 2',4'-dihidroxi-6'-metoxi-dihidrochalcona **83** comúnmente llamada Uvangoletina aislada previamente de especies de las familias Annonaceae, Ptaeroxylaceae y Zingiberaceae; y 5,7-dihidroxi-flavona **84** comúnmente conocida como Crisina, un flavonoide con excelentes

propiedades citotóxicas que es actualmente comercializado. Los metabolitos **83** y **84** mostraron inhibir el crecimiento de los hongos fitopatógenos *Fusarium oxysporum* f. sp. Dianthi y *Botrytis cinérea* en ensayos de bioautografía directa mostrando efectos que resultan traducidos en cantidades mínimas inhibitorias de 2 µg y 100 µg para los dos compuestos contra las dos cepas de hongos, respectivamente; efectos importantes si se tiene en cuenta que los controles positivos usados en los ensayos (Benomil e Iprodiona) poseen cantidades mínimas inhibitorias de 1 µg/ml, en ambos casos (Ávila *et al.*, 2011).



***Piper aduncum* L.**

Al igual que lo reportado por otros investigadores en América y Asia, (Gupta, 1983 y Bin-Jantan, 1994) en el aceite esencial de esta especie obtenidos por hidrodestilación son mayoritarios los compuestos aromático de tipo aril propano, es este caso tanto el aceite obtenido de las hojas (0,4 % V/P) mediante destilación por arrastre con vapor como el de los frutos (0,6 % V/P) obtenido por hidrodestilación, tienen como componente mayoritario dilapiol en proporciones del 55,8 y 86,4 %, respectivamente. En la tabla 1 y en la figura 4 se aprecia la composición detallada de estos aceites y la distribución según el tipo de compuestos constituyentes. El material fue determinado en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, y una muestra de este material

reposa en el Herbario Nacional de Colombia con el número COL 515969.

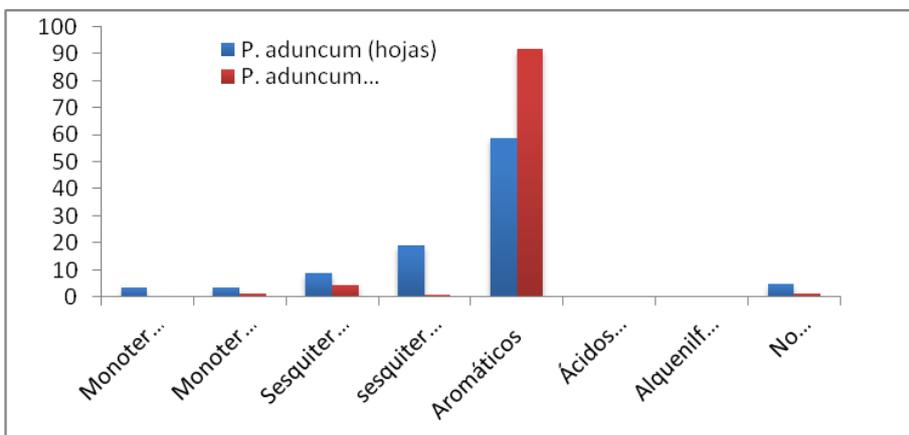


Figura 4. Composición química relativa por tipo de compuestos de los aceites esenciales obtenidos mediante arrastre con vapor e hidrodestilación de hojas e inflorescencias de *P. aduncum*.

Piper bogotense C.DC.

El aceite esencial de las hojas de *Piper bogotense* se obtuvo con un rendimiento del 0,2 %, el análisis cromatográfico reveló un perfil complejo con más de cincuenta componentes. La identificación de los distintos componentes de la mezcla reveló que se trataba de un aceite con alta proporción de hidrocarburos sesquiterpénicos, seguido de sus derivados oxigenados. El compuesto mayoritario identificado mediante la comparación y el estudio del espectro de masas y

parámetros cromatográficos corresponde al hidrocarburo longiciclono.

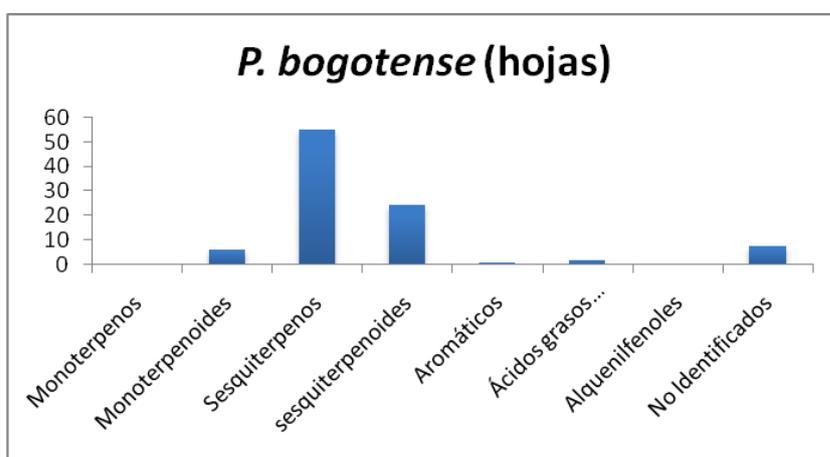


Figura 5. Composición química relativa por tipo de compuestos del aceite esencial obtenido mediante arrastre con vapor de hojas de *Piper bogotense*.

El material fue determinado en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia y una muestra de este material reposa en el Herbario Nacional de Colombia con el número COL 511095.

Tabla 3. Composición química relativa de aceites esenciales de especies del género *Piper* colectadas en la región del Sumapaz, Cundinamarca

Compuestos	Composición química relativa (%)					
	Flores de <i>P. hispidum</i>	Hojas de <i>P. el-bancoanum</i>	Flores de <i>P. eriopodum</i>	Hojas de <i>P. aduncum</i>	Flores de <i>P. aduncum</i>	Hojas de <i>P. bogotense</i>
alfa-Tuyeno	0,08				0,06	
alfa-Pineno	13,46	0,63		0,8		
3-Etiliden-1-metilciclopenteno	0,08					
Camfeno	4,24					
1,7,7-Trimetilbicyclo[2,2,1]2-hepteno	0,71					
1-Etilciclohexanol	0,1					
beta-Pineno	14,49	0,38		1,27		
beta-Mirceno	0,29					
para-Cimeno	2,18					
dl-Limoneno	16,28					
1,8-Cineol	5,08			2,63	1	
3,7-Dimetil-1,3,6-octatrieno				0,51		
3,7-Dimetil-1,3,7-octatrieno				1,13		
acetato de bornilo				0,86		
cis-Óxido de linalool	0,42					
alfa-Terpinoleno	0,19				0,21	
Fenchona	0,33					
Linalool	9,62	0,38				4,88
6-Etenildihidro-2,2,6-trimetil-2H-pirano-3(4H)-ona	0,43					
d-Fenchil alcohol	0,28					
exo-Fenchil acetato	0,12					
MO-NI	0,08					0,31
trans-Pulegol	2,16					
Alcanfor	4,42					
2,3,3-	0,28					

Trimetilbicyclo[2,2,1]heptan-2-ol						
Endoborneol	3,95					
1-(1-Metiletil)-4-metil-3-ciclohexen-1-ol	0,71					
1-(1-metiletil)benceno metanol	0,12					
alfa-Terpineol	8,51				0,21	0,98
Ciclosativeno					0,12	
cis-Carveol	0,06					
Nerol	0,06					
5-(1-metiletenil)-2-metil-2-ciclohexen-1-ona	0,06					
Acetato de 1,7,7-trimetilbicyclo[2,2,1]heptan-2-ol	0,07					
3,5-dimetoxitolueno						0,58
delta-Elemeno						1,07
NI	0,08					
NI	0,06					
trans-Pinocarveol	0,24					
Mirtenol	0,18					
alfa-cubebeno		0,47				0,19
S-NI	0,1					
alfa-Copaeno	0,14	0,81	0,63	0,91	0,52	2,09
beta-Burbuneno						0,22
beta-Elemeno				0,62	0,15	0,27
beta-Cubebeno					1,08	2,98
beta-Gurjuneno		0,76				
alfa-Bergamoteno						5,19
Longiciclono						13,59
alfa-Gurjuneno		0,4				
(+)-Sativeno	0,09					
trans-Cariofileno	0,32	6,05	0,84	3,95	0,53	
beta-Selineno				0,32		
S-NI						1,87
epi-beta-Santaleno						3,77
beta-Santaleno						3,73
beta-Bisaboleno						3,41
gama-Elemeno		1,33				
alfa-Neocalitropseno		0,35				
Germacreno B	0,11	1,73			1,15	
3,7-Guayadieno	0,12					
alfa-Humuleno	0,07	2,07			0,03	
Germacreno D		0,82		0,62		
Biciclogermacren		3,18				

o						
Aloaromadendren o	0,16			0,29	0,09	
gama-Muuruleno				0,44	0,16	4,35
2-Isopropil-5,9- dimetilbiciclo[4,4, 0]dec-1-eno	0,14					
Farnesol				1,04		5,09
cis-Farnesol						1,36
SO-NI				0,89	0,12	2,02
Elemicina					0,25	
NI					0,43	4,27
Metil isoeugenol	0,13					
Aromadendreno	0,28			0,34		
Calareno				1,2		
(-)-alfa-Selineno	0,26					
delta-Guaieno	0,08					
gama-Cadineno	0,06				0,18	1,97
delta-Selineno						4,21
delta-Cadineno	0,21	1,93	0,67	0,34	0,55	5,6
cis-Calamemmeno		17,6				
trans-1,4- Cadinadieno		1,09				
trans-Nerolidol		2,89				
SO-NI				0,97		1,1
Miristicina				2,92	5,05	
Bibencilo	1,24					
1-Metil-4- (fenilmetil)bence no	0,25					
1,2,3,4,5,6,8alfa Hexahidro- 1-isopropil-4,7- dimetilnaftaleno						0,34
1,2,3,4,4 ^a ,5,6,8 ^a -Octahidro-4 ^a ,8- dimetilnaftaleno	0,88					
1,2,3,4,5,6,8,8 ^a - Octahidro-1,8 ^a - dimetilnaftaleno	0,95					
SO-NI	0,18			0,86		0,57
S-NI	0,19					0,31
SO-NI	0,17				0,22	2,52
Espatulenol	0,39	4,46	0,31	4,05	0,22	0,76
alfa-Bisabolol						1,38
Óxido de cariofileno	1,12	4,05	0,93	5,01		
Apiol			4,2		0,27	
NI					0,54	0,4
Guaiol	0,88					
Ledol	0,12					

Viridiflorol						2,15
SO-NI	0,12	1,76	0,38			1,59
1-Metil- tricyclo[4.4.0.02,7]deca- 3-eno-3-metanol			1,06			
SO-NI		32,78	0,32			0,85
Dilapiol				55,81	86,42	
gibilimbol B			86,4			
Alquenil fenol NI			0,43			
Alquenil fenol NI			0,36			
SO-NI	0,08	3,23		5,24		1,45
Aristoleno	0,14					
1,2,3,4,4 ^a ,5,6,7- Octahidro-2- naftalenometanol	0,17					
beta-Eudesmol	0,67					
SO-NI	0,34	3,42		0,71	0,14	0,52
cis-Calamenen- 10-ol		0,72				
SO-NI	0,08	0,55		1,31		3,58
NI	0,13	0,66		0,42	0,24	0,41
Alcanfor de juniper	0,12					
NI		1,09		1,2	0,14	0,3
NI				0,68		0,18
NI				0,53		0,45
NI				1,22		0,15
NI				0,61		0,42
Nonadecano						0,34
Palmitato de etilo						0,22
Heneicosano						0,91
Tricosano						0,51
NI						0,4
NI						0,29
NI						0,45

La composición relativa de los aceites obtenidos de especies del género *Piper* colectados en la región del Sumapaz, establecida mediante cromatografía de gases de alta resolución HRGC con detectores de ionización en llama FID y selectivo de masas MSD, muestran aceites con muy variadas características de composición. Algunos muy complejos, con 50 y 70 componentes identificados como *Piper bogotense* y *Piper hispidum*, respectivamente; y en los cuales los compuestos mayoritarios no sobrepasan el 16 %.

Estructuralmente los componentes de estos aceites complejos son de tipo mono o sesquiterpénico.

Los aceites de menor complejidad en cuanto a número de componentes son aquellos en los cuales predominan compuestos de tipo aromático (alquenilfenoles o fenilpropanos) y en los aceites estudiados, el número de componentes identificados no sobrepasa los 35 en *P. eriopodon* y *P. aduncum*. Esta tendencia se puede observar en los aceites obtenidos de otras especies del género *Piper* como *Piper auritum* en el que un solo compuesto (safrol) puede representar más del 90 % de la composición relativa (Bandoni, 2000) o *Piper permaculatum* y *Piper hostmanianum*, en los cuales los compuestos de tipo fenilpropano representan el 98,8 y 57,0 %, respectivamente, con un número de compuestos no mayor de 23 (De Moais *et al.*, 2007).

La diversidad química encontrada en los aceites obtenidos y analizados, está representada por los siguientes tipos de compuestos: monoterpenos, monoterpenoides, sesquiterpenos, sesquiterpenoides, compuestos aromáticos de tipo fenilpropano y de tipo alquenilfenol, ácidos grasos y sus derivados.

Referencias

- ÁVILA, M. C., PATIÑO, O., PRIETO, J., DELGADO, W. Y CUCA, L. E. (2011). Flavonoides con actividad antifúngica aislados de *Piper septuplinervium* (Piperaceae). *Revista Colombiana de Química*, (40), 25-33.
- AYRES, D. C. Y LOIKE, J. D. (1990). *Lignans: chemical, biological and clinical properties*, 1st ed. Cambridge University Press: Nueva York.
- BALDOQUI, D. C., KATO, M. J., CAVALHEIRO, A. J., BOLZANI, V. D. S., YOUNG, M. C. Y FURLAN, M. A. (1999). Chromene and prenylated benzoic acid from *Piper aduncum*. *Phytochemistry*, (51), 899-902.
- BENEVIDES, P., SARTORELLI, P. Y KATO. (1999). M. Phenylpropanoids and neolignans from *Piper regnellii*. *Phytochemistry*, (52), 339-343.
- BERNARD, C. B., KRISHNAMURTY, H. G., CHAURET, D., DURTS, T., PHILOGENE, B. J. R., SANCHES-VINDAS, P., HASBUN, C., POVEDA, L., SAN ROMÁN, L. Y ARNASON, J. T. (1995). Insecticidal Defenses of *Piperaceae* from the Neotropics. *Journal of Chemical Ecology*, 21(6), 801-813.
- CHAURET, D., BERNARD, C., ARNASON, J. Y DURTS, T. (1996). Insecticidal neolignans from *Piper decurrens*. *Journal Natural Products*, (59), 152-155.
- CHAVES, M., OLIVEIRA, A. Y OLIVEIRA, B. (2006). Aristolactams from *Piper marginatum* (Piperaceae). *Biochemical systematic and Ecology*, (34), 75-77.
- CUCA, L. E., COY, C. Y COY, E. (2010). La investigación en productos naturales. *Innovación y Ciencia*, (17), 58-71.
- DANELUTTE, A., LAGO, J., YOUNG, M. Y KATO, M. (2003). Antifungal flavanones and prenylated hydroquinones from *Piper crassinervium*. *Phytochemistry*, (64), 555-559.

- DASILVA, R., NAVICKIENE, H., KATO, M., BOLZANI, V., MÉDA, C., YOUNG, M. Y FURLAN, M. (2002). Antifungal amides from *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. *Phytochemistry*, (59), 521-527.
- DE CAMPOS, M., FILHO, V., DASILVA, R., YUNES, R., ZACCHINO, S., JUÁREZ, S., BELLA CRUZ, R. Y BELLA CRUZ, A. (2005). Evaluation of antifungal activity of *Piper solmsianum* C. DC. Var. *solmsianum* (*Piperaceae*). *Biol. Pharm. Bull.*, 28(8), 1527-1528.
- DE LA RÚA, C. (1999). *El poder curativo de las hierbas*, 3^{ra} ed. Bogotá: Círculo de Lectores.
- DEWICK, P. (2002). *Medicinal natural products*, 2nd ed. Nueva York: John Willey & Sons.
- DYER, L. Y PALMER, A. (2004). *Piper: A model genus for studies of phytochemistry, ecology and evolution*, 1st ed. Nueva York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- ENAN, E. (2001). Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. *Comparative Biochemistry and Physiology*, Part C, 130, 325-337.
- FACUNDO, V. A. Y BRAZ-FILHO, R. (2004). C-metilated flavonoids from the roots of *Piper carniconnectivum* (*Piperaceae*). *Biochemical Systematics and Ecology*, (32), 1215-1217.
- GUPTA, M. P., ARIAS, T., WILLIAMS, N., BOS, R. Y TATTJE, D. (1985). *Journal of Natural Products*, (48), 330-332.
- GURIB-FAKIM, A. (2006). Medicinal plants: traditions of yesterday and drugs of tomorrow. *Molecular Aspects of Medicine*, (27), 1-93.
- HERMOSO, A., JIMÉNEZ, I., MAMANI, Z., BAZZOCCHI, I., PIÑERO, J., RAVELO, A. Y VALLADARES, B. (2003). Antileishmanial activities of dihydrochalcones from *Piper elongatum* and synthetic relates compounds. Structural requirements for activity. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, (11), 3975-3980.

- HOSTETTMANN, K., GUPTA, M., MARSTON, A. Y FERREIRA, E. (2008). *Handbook of strategies for the isolation of bioactive natural products*. Iberoamerican Program of Science and Technology, Cytel, SECAB: Bogotá.
- JENSEN, H., SCOTT, I., SIMS, S., TRUDEAU, V. Y ARNASON, J. (2006). Gene expression profiles of *Drosophila melanogaster* exposed to an insecticidal extract of *Piper nigrum*. *Journal Agricultural and Food Chemistry*, (54), 1289-1295.
- KRIEF, S., HLADIK, C. Y HAXAIRE, C. (2005). Ethnomedicinal and bioactive properties of plants ingested by wild chimpanzees in Uganda. *Journal of Ethnopharmacology*, (101), 1-15.
- LEE, S., PARK, B., KIM, M., CHOI, W., KIM, H., CHO, K., LEE, S. Y LEE, H. (2001). Fungicidal activity of piperonaline, a piperidine alkaloid derived from long pepper, *Piper longum* L., against phytopathogenic fungi. *Crop protection*, (20), 523-528.
- LOCK, O. (1988). *Investigación fitoquímica, métodos en el estudio de productos naturales*. Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- LÓPEZ, A., MING, D. Y TOWERS, N. (2002). Antifungal activity of benzoic acid derivates from *Piper lanceafolium*. *Journal of Natural Products*, (65), 62-64.
- MAETINS, R., LATORRE, L., SARTORELLI, P. Y KATO, M. (2000). Phenylpropanoids and tetrahydrofuran lignans from *Piper solmsianum*. *Phytochemistry*, (55), 843-846.
- MASUDA, T., INAZUMI, A., YAMADA, Y., PADOLINA, W., KIKUZAKI, H. Y NAKATANI, N. (1991). Antimicrobial phenylpropanoids from *Piper sarmentosum*. *Phytochemistry*, 30(10), 3227-3228.
- MCFERREN, M., CÓRDOVA, D., RODRÍGUEZ, E. Y RAUH, J. (2002). In vitro neuropharmacological evaluation of piperovatine, an isobutylamide from *Piper piscatorum* (Piperaceae). *Journal of Ethnopharmacology*, (83), 201-207.

- MOLINA TORRES, J. Y GARCÍA, A. (2001). *Alcamidas en plantas, distribución e importancia*. Departamento de Biotecnología y Bioquímica de la Unidad de Irapuato del Cinestav México, 377-388.
- MUÑOZ, D. R. (2008). *Estudio fitoquímico y evaluación de actividad fungicida e insecticida de la especie Piper eriopodon (Piperaceae)*, Tesis de maestría, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- NAIR, M., SOMMERVILLE, J. Y BURKE, B. (1989). Phenyl Propenoids from roots of *Piper auritum*. *Phytochemistry*, (28), 654-655.
- NAVICKIENE, M., ALECIO, A., KATO, M., BOLZANI, V., YOUNG, M., CAVALHEIRO, A. Y FURLAN, M. (2000). Antifungal amides from *Piper hispidum* and *Piper tuberculatum*. *Phytochemistry*, (55), 621-626.
- PARK, B., LEE, S., CHOI, W., JEONG, C., SONG, C. Y CHO, K. (2002). Insecticidal and acaricidal activity of piperonaline and piperoctadecalidine derives from dried fruits of *Piper longum* L. *Crop Protection*, (21), 249-251.
- PARMAR, V., JAIN, S., BISHT, K., JAIN, R., TANEJA, P., JHA, A., TYAGI, O., PRASAD, A., WENGEL, J., OLSEN, C. Y BOLL, P. (1997). Phytochemistry of Genus *Piper*. *Phytochemistry*, 46(4), 597-673.
- PARRA, J. E., DELGADO, W. A. Y CUCA, L. E. (2011). Cumanensic acid, a new chromene isolated from *Piper cf cumanense* Kunt (*Piperaceae*). *Phytochemistry letters*, (4), 280-282.
- PIÑERES, J. (1991). *Plantas medicinales: compendio de farmacología vegetal*. Bogotá: Escuela de Medicina San Juan Corpas.
- PLAZAS, E. A. (2007). *Estudio fitoquímico de algunos metabolitos secundarios del extracto de madera de la especie Piper hispidum (Piperaceae)*, Trabajo de grado, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

- PLAZAS, E. A. (2009). *Estudio fitoquímicos y evaluación de actividad leishmanicida de la especie Piper hispidum Kunth (Piperaceae)*, Tesis de maestría, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- PLAZAS, E. A., DELGADO, W. Y CUCA, L. E. (2008). Flavonoides aislados de las inflorescencias de *Piper hispidum* Kunth (*Piperaceae*) y sus derivados acetilados. *Revista Colombiana de Química*, (37), 135-144.
- RHO, M., LEE, S., PARK, H., CHOI, J., KANG, J., KIM, K., LEE, H. Y KIM, Y. (2007). ACAT inhibition of alkamides identified in the fruits of *Piper nigrum*. *Phytochemistry*, 68(6), 899-903.
- SAGA KITAMURA, R. O., ROMOFF, P., YOUNG, M. C., KATO, M. J. Y LAGO, J. H. (2006). Chromenes from *Peperomia sarpens* (*Piperaceae*). *Phytochemistry*, (67), 2398-2402.
- SANABRIA, A. (1983). *Análisis fitoquímico preliminar: metodología y su aplicación en la evaluación de 40 plantas de la familia Compositae*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Farmacia.
- SANDBERG, F., PERERA-IVARSON, P. Y EL-SEEDI, H. (2005). A Swedish collection of medicinal plants from Cameroon. *Journal of Ethnopharmacology*, (102), 336-343.
- SRINIVAS, P., PRAVEEN, B., KISHAE, K., CHINA, B., MURTHY, S. Y RAO, M. (2004). Antibacterial constituents from berries of *Piper nigrum*. *Phytomedicine*, (11), 697-700.
- SRIVASTAVA, S., GUPTA, M., PRAJAPATI, V., TRIPATHI, A. K. Y KUMAR, S. (2001). Insecticidal activity of Myristicin from *Piper mullesua*. *Pharmaceutical Biology*, 39(3), 226-229.
- STEENKAMP, V., FERNANDES, A. Y RENSBURG, C. (2007). Screening of Venda medicinal plants for antifungal activity against *Candida albicans*. *South African Journal of Botany*, (73).

- TERREAUX, C., GUPTA, M. Y HOSTETTMANN, K. (1998). Antifungal benzoic acid derivatives from *Piper dilatatum*. *Phytochemistry*, 49(2), 461-464.
- VALERO, Y. (2008). *Contribución al estudio químico del extracto etanólico de la especie Piper cf. el-bancoanum familia Piperaceae*, Trabajo de grado, Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- WU, S., SUN, C., PEI, S., LU, Y. Y PAN, Y. (2004). Preparative isolation and purification of amides from the fruits of *Piper longum* L. by upright counter-current chromatography and reverse-phase liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, (1040), 193-204.
- WU, Q., WANG, S., TU, G., FENG, Y. Y YANG, J. (1997). Alkaloids from *Piper puberulum*. *Phytochemistry*, (44), 727-730.
- ZHENG, S., YU, W., XU, M. Y CHENG, C. (2003). First synthesis of naturally occurring epi-conocarpan. *Tetrahedron letters*, (44), 1445-1447.

Capítulo VII: Pruebas de actividad biológica

Álvaro Celis F¹, Paola Moreno L². y Andrea Roa B³.

Introducción

Las plantas, en conjunto, producen más de 100 000 sustancias de bajo peso molecular conocidas también como metabolitos secundarios. Estos son, normalmente, no esenciales para el proceso metabólico básico de la planta. Entre ellos se encuentran terpenos, lignanos, alcaloides, azúcares, esteroides, ácidos grasos, etc. Esta diversidad química es consecuencia del proceso evolutivo que ha llevado a la selección de especies con mejores defensas contra el ataque microbiano, o la predación de insectos y animales (Dixon, 2001). Hoy en día se sabe que estos metabolitos secundarios tienen un rol importante en el mecanismo defensivo de las plantas (Jacobson, 1989). Por lo tanto, en los últimos años se está retornando al uso de las plantas como fuente de pesticidas más seguros para el medioambiente y la salud humana (Ottaway, 2001; Mansaray, 2000).

El uso de las plantas es una práctica que existe desde los inicios de la especie humana. La etnobotánica es la ciencia que investiga la relación entre las plantas y la cultura humana en diferentes ambientes, la cual surge como un instrumento para rescatar tradiciones milenarias sobre los diversos usos que el hombre le ha dado a estas y como alternativa de dar valor agregado a los recursos vegetales (Pino y Valois, 2004).

¹ I. A., M. C. Oficina de Investigaciones, Universidad de Cundinamarca.

² I. A., M. C. Profesor TCO, Universidad de Cundinamarca.

³ I. A., M. C. Universidad de Chile.

En Colombia, aparentemente, existen muchos trabajos en etnobotánica, pero, dada la gran diversidad florística, estos son insuficientes. Se pueden citar los de Pérez-Arbeláez (1996) sobre plantas medicinales y venenosas, Schultes (1951) con la flora amazónica y García (1974) con la flora medicinal de Colombia. Las plantas y sus derivados han mostrado efectos controladores contra ácaros, roedores, nematodos, bacterias, virus, hongos e insectos (Grainge y Ahmed, 1988). Especies de plantas como ajo (*Allium sativum*), ají (*Capsicum frutescens*), higuera (*Ricinus comunis*), nim (*Azadirachta indica*) y paraíso (*Melia azedarach*) son materia prima de varios insecticidas comerciales (Rodríguez y Nieto, 1997).

Dentro de la familia *Piperaceae*, se destaca que especies del género *Piper* son utilizadas como condimento por sus frutos aromáticos y picantes (*P. nigrum*) y otras se han empleado por lo general como fuente de insecticidas y en la medicina natural (Keller *et al.*, 1963; Morton, 1981). Debido a sus diversos usos, se considera que esta familia es bien tolerada por el hombre (Arnason *et al.*, 2005). Químicamente los constituyentes más comunes de este género son alcaloides, amidas como isobutilamina, piperidina y pirrolidina, propenilfenoles, lignanos, neolignanos, terpenos, flavonoides, kawalactonas, butenólidos y epóxidos del ciclohexano, entre otros (Sengupta y Ray, 1987; Parmar *et al.*, 1997; Delgado *et al.*, 2007).

Una cualidad de las plantas de este género es la presencia de aceites esenciales, que podrían ser característicos de cada especie. Se han efectuado estudios acerca de la composición de varios aceites esenciales del género *Piper*, encontrándose como constituyentes principales fenilpropanoides, monoterpenoides y sesquiterpenoides (Nigam y Purohit, 1962; Gupta *et al.*, 1985; Ramos *et al.*, 1986). Por ejemplo, se halló un 58 % de dilapiol 1 en *P. aduncum* (Smith y Kassim, 1979), un 74,5 % en *P. Aduncum* var. *aduncum* y un 88,4 %

en *P. aduncum* var. *Cordulatum* (Gottlieb *et al.*, 1981); un 70 a 85 % de safrol 2 en *P. auritum* (Castro y Poveda, 1983; Gupta *et al.*, 1985), 69 % en *P. callosum* y 89 % en *P. hispidinervum* (Gottlieb *et al.*, 1981); 90,5 % de eugenol 3 en *P. betle* (Sharma *et al.*, 1983) y un 80,5 % de trans-anetol 4 en *P. marginatum* (Hussain *et al.*, 1990).

En 1994, Cicció obtuvo el aceite esencial de las hojas de *Piper terrabanum*, con un rendimiento de 0,1 % en relación con el peso del material fresco. Se analizó la composición del aceite y se identificaron 42 compuestos en forma total o parcial, correspondientes a un 90,2 % del aceite como hidrocarburos terpénicos y el alcohol sesquiterpénico cisnerolidol. Estos aceites cumplen funciones ecológicas como la atracción de polinizadores y causar efectos alelopáticos, por lo cual este género tiene un uso potencial para controlar arvenses, plagas y enfermedades (Harborne, 1985).

Las investigaciones realizadas desde hace pocos años en el campo de la ecología química han puesto de manifiesto que muchos de estos compuestos secundarios tienen un importante papel en la relación planta-insecto (Reese, 1987). Algunos, ya sea por separado o de forma sinérgica, constituyen una auténtica barrera química de defensa para el vegetal frente a determinadas plagas y enfermedades.

En la agricultura convencional, el uso de agroquímicos ha repercutido en más problemas con el manejo de plagas, enfermedades y arvenses, por lo que la profundidad en el estudio de las nuevas estrategias basadas en fenómenos naturales, como los alelopáticos, es fuente de nuevas ideas de investigación. Algunos estudios se han centrado sobre el potencial que podrían tener algunas especies de arvenses y cultivos como herramientas para el manejo integrado de arvenses. Sin embargo, las perspectivas del uso de la

alelopatía en el manejo de arvenses tienen grandes vacíos en ciencias básicas y aplicadas, las cuales son necesarias para solucionar los problemas prácticos relacionados con los sistemas de producción agrícola (Zamorano, 2006).

El estudio de compuestos bioactivos provenientes de plantas se ve muchas veces limitado por la falta de procedimientos de tamizaje apropiados, simples y rápidos. Existen muchos bioensayos que utilizan organismos vivos, ya sea animales, tejidos u órganos aislados, para determinar los efectos que están en observación. Sin embargo, no todos los laboratorios están suficientemente equipados, ni poseen personal capacitado para realizar este tipo de pruebas (Abudalai et al., 2003).

Uno de los primeros ensayos para determinar si un extracto vegetal es tóxico es realizar las pruebas con organismos fáciles de manejar y de determinar los efectos de extractos vegetales.

Pruebas Artemia salina

Uno de los efectos que se observan al monitorear actividad biológica de productos fitofarmacéuticos es la letalidad, ya que la evaluación de la respuesta es simple: sobreviven o mueren. Un procedimiento para tamizaje de toxicidad no requiere de mucha especialización del personal técnico y es esencial como una etapa preliminar en el estudio de compuestos bioactivos. Un organismo experimental simple que se ha utilizado ampliamente para este propósito es el camarón salino del orden crustáceo, de la clase Ana costraca, *Artemia salina*.

A. salina tiene varias ventajas al ser utilizada para bioensayo, como por ejemplo: los quistes son viables por varios años, posee una alta sensibilidad a tóxicos, se utiliza un volumen pequeño de muestra, requiere de instrumentación poco compleja, es posible la

miniaturización y es un bioensayo rápido, simple y económico (Pozo *et al.*, 1998).

En otros estudios se ha utilizado *A. salina* para la determinación de concentración anestésica media, midiendo la potencia de anestésicos cuantitativamente con *A. salina*. También en el área farmacológica se utilizó para encontrar actividad farmacológica potencial de remedios caseros y como bioensayo para análogos de avermectina, ya que la mayoría de métodos disponibles consumen mucho tiempo y son poco convenientes. El método de *A. salina*, que detecta toxicidad general de compuestos orgánicos, se usó también para relacionarla con actividad antiparasitaria.

Ensayo de letalidad sobre el microcrustáceo Artemia salina

Delgado *et al.* (2008) realizaron el ensayo de toxicidad en *Artemia salina* utilizando el extracto etanólico de madera de *Piper eriopodum*, colectado en Fusagasugá. Se utilizaron la fracción polar y no polar, el aceite esencial obtenido por hidrodestilación de inflorescencias y el compuesto fenólico Gibbilimbol B. Se determinó la concentración letal para la mitad del número total de organismos CL₅₀ por medio del análisis PROBIT¹. Los resultados para el CL₅₀ se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Resultados obtenidos para el ensayo de toxicidad en *Artemia salina* evaluando diferentes extractos de *Piper eriopodon* y un compuesto fenólico aislado de esta especie

Fracción / Compuesto	Toxicidad en <i>Artemia salina</i> LC ₅₀ (µg/ml)	Límite inferior de 95 % de confianza	Límite superior de 95 % de confianza

¹ Para el cálculo de CL₅₀, se utilizó el *software* de la EPA (US Environmental Protection Agency).

Aceite esencial de inflorescencias	< 10*	-	-
Extracto etanólico de madera	< 10*	-	-
Fracción no polar de madera	< 10*	-	-
Fracción polar de madera	194,75	119,94	265,23
Gibbilimbol B	1,48	0,75	2,44

Los resultados de CL₅₀ para *Artemia salina* mostraron claramente que existe una correlación entre el aceite esencial de inflorescencias y el gibbilimbol B, ya que este fenol es el componente mayoritario del aceite esencial (86,4 %), al igual que con el extracto etanólico y la fracción soluble en n-hexano, de donde se aisló este compuesto, el cual es posible que sea uno de los mayoritarios presentes en la especie *Piper eriopodon*, ya que de 25 g de extracto etanólico de madera para el cálculo de CL₅₀, se utilizó el *software* de la EPA (US Environmental Protection Agency) y se lograron extraer 768 mg de Gibbilimbol B, que corresponde al 3 % del extracto total.

Los insecticidas sintéticos se han desarrollado y se utilizan extensamente por su facilidad de uso, efectividad y facilidad de almacenamiento. Pero, su uso extendido ha demostrado que poseen una serie de inconvenientes de gravedad, como disturbios en el ambiente, resurgencia de plagas, resistencia de plagas a plaguicidas, efectos letales sobre organismos no blanco y toxicidad a los usuarios y consumidores (Prakash y Rao, 1997).

Existe una abundante bibliografía sobre las propiedades biológicas de extractos crudos y sustancias secundarias aisladas de plantas sobre diferentes insectos, hongos y arvenses. Jilani y Su (1983) y Jilani *et al.* (1988) efectuaron determinaciones de repelencia a insectos con extractos de diferentes plantas sobre plagas de granos almacenados.

La evaluación de controladores biológicos de insectos así como de extractos orgánicos de plantas en laboratorio requiere del establecimiento de metodologías de crías masivas de los hospederos sobre los cuales realizar esas evaluaciones. A continuación se presentan algunos ejemplos de cría artificial de algunos insectos plagas y en los cuales se han realizado ensayos con extractos del género *Piper* en laboratorio y ensayos de campo en Fusagasugá.

Cría masiva de mosca blanca de invernaderos (Trialeurodes vaporariorum): homóptera: Aleyradidae en condiciones semicontroladas en Fusagasugá

Para la cría masiva se siembran plantas de fríjol a la intemperie para obtener los primeros insectos, luego se aíslan en la jaula de malla que contendrá las plantas para su multiplicación, cuando haya suficientes ninfas se llevará a la identificación morfológica con la supervisión de un entomólogo utilizando estereoscopio y basándose en diferencias en el cuarto instar ninfal.

Al tener plena identificación de la especie se iniciará un ciclo de siembra de fríjol continuo, con el fin de mantener el alimento necesario para las múltiples generaciones de las moscas blancas durante la cría.

El material vegetal será sembrado en materos de plástico y corresponderá a plantas de fríjol arbustivo, como sustrato alimenticio. Con el fin de mantener la cría básica que se mantendrá en la casa de malla libre de otros insectos plaga o de los controladores naturales de mosca blanca, se utilizará un fungicida sistémico para el manejo de enfermedades por hongos en el fríjol y se efectuarán las demás labores culturales correspondientes como riego y fertilización, entre otras.

Se puede utilizar una casa de malla con anjeo, dotada de mesones para realizar las labores pertinentes. Se construyeron dos jaulas de malla de 70 x 70 x 70 cm en madera con base en trípex y

forradas con muselina con una abertura con velcro para fácil manejo, en la cual se dispondrán materos de plástico de 9 onzas, frijol arbustivo variedad calima para la colonia sembrados en sustrato (tierra, cascarilla, arena), además se necesitará de jaulas vaso hechas de botellas de plástico de 2 litros con ventanas de muselina sobre tazas de icopor de 14 onzas, para las respectivas aplicaciones de extractos contra mosca blanca; también se necesitará de jaulas pinzas fabricadas en tubos de plástico, pinzas metálicas y muselina para el conteo de estados ninfales afectados por los extractos en las hojas de frijol arbustivo. Se utilizó un aspirador bucal fabricado con una jeringa de 5 cc, muselina y una manguera corta de 5 mm de diámetro para manejo de adultos en las infestaciones.

Cría del liberalito (Schizomia sp.): díptera: Cecidomyiidae en condiciones de laboratorio en Fusagasugá

La plaga de liberalito (*Schizomia* sp.), se ha convertido en uno de los mayores problemas en el cultivo de tomate de árbol, ya que causa a la planta daños al alimentarse directamente de los fluidos de las flores y propiciar la caída de estas afectando el rendimiento y la producción óptima del cultivo.

Para su cría artificial se recolectaron botones infestados con el insecto plaga y se realizó un medio para adaptación del insecto suministrándole una solución nutritiva a base de extracto de botones florales de tomate de árbol.

Cría gusano cogollero del maíz (Spodoptera frugiperda) Smith: lepidóptera: Noctuidae

El gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* es una de las plagas de mayor importancia económica en la agricultura. Por su carácter cosmopolita posee gran número de plantas hospedantes entre cultivos comerciales y malezas. Sus hábitos tan variados, su alta adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales y su alto potencial

de fecundidad, hacen que los daños se presenten durante la mayor parte del ciclo vegetativo de las plantas hospedantes.

La producción o cría masiva del insecto requiere la disponibilidad de un laboratorio o un espacio con higiene y la utilización de una dieta apropiada y de fácil manejo, que facilitan su multiplicación. Para iniciar con la cría es indispensable partir de una población inicial que se colecta en campo, en cultivos de maíz que no hayan sido aplicados con insecticidas. Se colectan larvas de instares 3 y 4, que se deben disponer en una casa de malla y en jaulas de muselina con alimento natural como hojas de maíz y posteriormente con dietas artificiales.

Al llegar a la casa de malla, las larvas colectadas fueron individualizadas en microjaulas de desarrollo larval que estaban rotuladas con el código de ingreso; en ellas se introdujo pedacitos de hojas tiernas de maíz que les sirvieron de alimento y que fueron cambiadas todos los días hasta que las larvas llegaron a la etapa de pupa. Una vez que las larvas de *S. frugiperda* alcanzaron la fase de pupa, se prepararon las jaulas para oviposición de adultos. Este estudio se realizó en la casa de malla y en el laboratorio de entomología de la Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá.

Cría del insecto con dieta artificial

La dieta artificial según Osoreo *et al.* (1982), le proporciona el alimento adecuado para el desarrollo normal del insecto. Para ello se utilizaron los siguientes ingredientes: harina de fríjol 600 gramos, germen de trigo 140 gramos, levadura de cerveza en polvo 120 gramos, agar 160 gramos; ácido ascórbico 27 gramos, ácido sórbico 8 gramos y nipagin 8 gramos; formaldehído del 40 % 0,6 litros y agua destilada 0,4 litros.

Se agregan 400 ml de agua destilada en la licuadora, se le adicionan los demás ingredientes, licuando a alta velocidad hasta

obtener una mezcla homogénea. A esta mezcla se le agrega agar caliente al baño de maría y se agita continuamente. La mezcla se calienta al baño de maría para que pierda viscosidad por unos minutos mientras se mezcla bien, luego se vacía en los vasos de cría aproximadamente 10 ml, dejándola enfriar y por último se coloca sobre ellas las larvas de *S. frugiperda* después de 2 a 3 días de eclosionadas, en el primer instar larval, tapándolas con liencillo doble para evitar que las larvas se escapen.

Para evaluar el efecto de extractos, las diferentes concentraciones por utilizar se sirven en el medio de la cría artificial, antes de que se enfríe y después se colocan los vasos en los cuales se colocan de 2-5 larvas del primer instar. Cada semana se renueva la dieta artificial y las larvas que van pasando de instar se separan para evitar el canibalismo.

Resultados de control de insectos plagas con extractos de especies de Piper spp.

Actividad insecticida en mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)

Guzmán y Rodríguez (2008) efectuaron un estudio para determinar la actividad biológica insecticida de cinco extractos de las especies del género *Piper* sp., *Piper bogotense*, *Piper amalago*, *Piper eriopodon*, *Piper aduncum* y *Piper* cf. *el-bancoanum*; aplicados en solución sobre adultos de mosca blanca de los invernaderos en condiciones semicontroladas y de campo. Se realizaron aplicaciones de cada una de las soluciones en concentraciones de 2,5 %, 3 %, 3,5 % para condiciones semicontroladas; 4 % y 4,5 % para condiciones de campo, registrando mortalidad de los individuos a las 24 h, 48 h y 72 h para semicontroladas y 48 h y 72 h para campo luego de la aplicación.



Figura 1. Ensayos en campo para control de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*)
Fuente: Guzmán y Rodríguez (2008).

Entre los tratamientos no se observan diferencias significativas para las frecuencias de lectura a las 24 h y 48 h del ensayo en condiciones semicontroladas; al igual que en las frecuencias de lectura a las 48 h y 72 h del ensayo en condiciones de campo. El efecto insecticida de los extractos fue mejor de acuerdo con lo observado en la evaluación a las 72 h ya que los tratamientos evaluados superaron al testigo absoluto pero no al testigo comercial. Se aplicó la metodología para la cría masal de mosca blanca *T. vaporariorum* en condiciones semicontroladas en plantas de frijol arbustivo *Phaseolus Vulgaris* L. en casa de malla en condiciones semicontroladas en Fusagasugá.

Control de gusano cogollero del maíz (Spodoptera frugiperda) Smith

Con el propósito de buscar métodos alternativos de control del gusano cogollero del maíz, se establecieron unos ensayos cuya finalidad era evaluar el efecto insecticida de extractos vegetales de la familia *Piperaceae*, en condiciones semicontroladas y posteriormente de campo en la región del Sumapaz (Fusagasugá) dentro de un proyecto financiado por Colciencias.

Un insecticida es aquella sustancia que ejerce su acción biocida debido a la naturaleza de su estructura química. La mayoría de las especies de plantas que se utilizan en la protección vegetal exhiben un efecto insectistático más que insecticida. Es decir, inhiben el desarrollo normal de los insectos. Esto lo pueden hacer de varias maneras:

La inhibición de la alimentación es quizás el modo de acción más estudiado de los compuestos vegetales como insecticidas. En rigor un inhibidor de la alimentación es aquel compuesto que luego de una pequeña prueba, el insecto se deja de alimentar y muere por inanición. Muchos de los compuestos que muestran esta actividad pertenecen al grupo de los terpenos y se han aislado principalmente de plantas medicinales (Coats, 1994).

Existen reportes de extractos acuosos y etanólicos de diferentes especies de plantas que tienen actividad biológica sobre *Spodoptera frugiperda*, de los cuales se pueden citar los de Bogorni y Vendramim, 2005 que realizaron un estudio con el fin de evaluar el efecto de extractos acuosos de hojas y ramas de seis especies de *Trichilia* (*T. casaretti*, *T. catigua*, *T. clauseni*, *T. elegans*, *T. pallens* y *T. pallida*), sobre el desarrollo de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) en condiciones de laboratorio. Hojas de sorgo fueron colocadas en una solución del 1 % p/v, se les eliminó el exceso del extracto y después se colocaron sobre larvas en primer instar de *S. frugiperda* en

condiciones de laboratorio. Se evaluaron los efectos de sobrevivencia, duración y peso de larvas y pupas. Los extractos de ramas de *T. pallida* y de hojas de *T. pallens* fueron los más eficientes; en las seis especies evaluadas, los demás extractos también mostraron efectos pero inferiores sobre el desarrollo de las larvas.

El papel de los metabolitos secundarios de las plantas como agentes de control ha sido establecido por Baladrin *et al.* (1985) y una aproximación de identificación de los compuestos de posible valor práctico se pueden tener al identificar plantas que son resistentes al ataque de insectos y separando sus principios activos. Muchas familias de plantas como las *Myrtaceae*, *Asteraceae* y *Piperaceae* son bien conocidas por tener principios como los terpenoides y grupos de amidas que tienen efecto antialimentario (Schmutz y Breazeale, 1986).

El género *Piper* presenta un amplio e interesante espectro en cuanto a ensayos de actividad biológica, despertando en los investigadores el afán por encontrar compuestos bioactivos especialmente con actividad insecticida o fungicida, ya que este género se caracteriza por poseer compuestos que favorecen estos dos tipos de actividades (Muñoz, 2008).

Scott, *et al.* (2004) trabajaron con extractos de tres especies de plantas de la familia *Piperaceae*, *Piper nigrum* (L.), *Piper guineense* (Schum y Thonn), y *Piper tuberculatum* (Jacq.), que fueron probados contra insectos de cinco órdenes; actuando como neurotoxinas contra los insectos. Químicamente, los constituyentes más comunes del género son las amidas, en especial la isobutilamina, piperidina y pirrolidina. También se encuentran lignanos, neolignanos y sus precursores, flavonoides, kawalactonas, butenólidos y epóxidos del ciclohexano, entre otros (Sengupta y Ray, 1987).

En reportes de piperáceas encontrados, como el que cita Muñoz (2008), en el cual se han aislado los terpenos safrol, sarisan y dilapiol de la especie *Piper aduncum*, se encontró que presentan actividad insecticida contra escarabajos adultos de *Cerotoma tingomarianus*. Scott *et al.* (2004) trabajaron con extractos de tres especies de plantas de la familia *Piperaceae*, *Piper nigrum*, *P. guineense* y *P. tuberculatum*, que fueron evaluados en insectos de cinco órdenes. Las tres especies contenían isobutylamidas, compuestos secundarios de plantas que actúan como neurotoxinas contra los insectos. Estos compuestos se consideran seguros para los mamíferos, ya que *Piper* ha sido usado por siglos como especia y elemento medicinal (Soberón *et al.*, 2006).

De acuerdo con las propiedades físico-químicas y a las formulaciones de *Piper* sp., tienen una actividad repelente y protegen las hojas de las plantas de: a) comedores de follaje, adultos y larvas y b) ovoposición. Combinaciones con otros extractos botánicos dan un efecto aditivo y mayor toxicidad y repelencia (Silva, 2002).

Murcia y Bermúdez (2008) realizaron la evaluación del efecto insecticida de 10 extractos vegetales de *Piper* sobre *S. frugiperda* en dos dietas (natural y artificial) en condiciones semicontroladas, para determinar posible efecto insecticida de tipo fulminante o antialimentario. Para el establecimiento del 'pie de cría' se realizaron colectas de posturas en parcelas de maíz y en cultivos establecidos en la granja La Esperanza de la Universidad de Cundinamarca. Las larvas de segundo y tercer instar fueron tratadas con extractos de *Piper* sp. en tres concentraciones (50, 100 y 150 ppm), más tres testigos: absoluto, químico comercial (*Clorpirifos*) y biológico (*Bacillus thurigiensis*). A las 72 horas post-aplicación, ningún extracto produjo efecto fulminante sobre las larvas. Los 10 extractos de *Piper* sp. evaluados mostraron efecto antialimentario, y sobresalen: *P. eriopodon* madera, *P. holtonii*, *P. subtomentosum* y *P. aduncum*-

inflorescencia; el extracto de madera de *P. eriopodon* [100 ppm y 50 ppm], y *P. submentosum* [150 y 50 ppm] presentaron mayor efecto antialimentario y porcentajes altos de mortalidad similares a los testigos comerciales (Clorpirifos y *B. thuringiensis*). Puede atribuirse esta acción a los metabolitos secundarios presentes en estas especies y a una posible asociación de plantas del género *Piper* con *B. thuringiensis*, lo que se evidencia en la similitud de la sintomatología en las larvas tratadas con el control biológico (BT). Los resultados reportados aquí son similares a los señalados por otros autores para control de *Spodoptera* sp. y otros lepidópteros, con extractos de piperáceas o con extractos vegetales de otras especies vegetales.



Figura 2. Preparación dieta artificial para cría de *Spodoptera frugiperda* Smith
Fuente: Murcia y Bermúdez (2008).

Díaz y Marroquín (2009) realizaron la evaluación del efecto insecticida del aceite de *Piper eriopodon* (Gibbilimbol B) y el extracto etanólico de *Piper submentosum* en cuatro concentraciones: 0, 50, 100 y 200 ppm, sobre larvas de *Spodoptera frugiperda*. Implementaron un ensayo en condiciones semicontroladas en Fusagasugá. Se utilizaron tres bioensayos que incluían dieta artificial (osores), dieta natural modificada (agar) y utilización de plántulas de maíz infestadas artificialmente. Se utilizó un DCA con tres

repeticiones y un arreglo factorial A*B, en el cual A correspondía a épocas de lecturas y B al efecto de los tratamientos. Los principales resultados obtenidos indican que el bioensayo de dieta artificial mostró un buen efecto antialimentario y los mayores porcentajes de mortalidad en larvas de *S. frugiperda*. El extracto etanólico de *P. subtomentosum* mostró mejor efecto antialimentario y mortalidad que el aceite de *P. eriopodum* (90 % Gibilimbol B), aparentemente la mezcla de metabolitos secundarios presentes en este extracto superó los efectos que produjo el Gibilimbol B presente en *P. eriopodum*.

De acuerdo con la sintomatología que muestran las larvas afectadas por los extractos evaluados en el caso de *P. subtomentosum*, se observa acortamiento del tamaño de la larva, necrosis y deformación en pupas. Los efectos observados como resultado de la aplicación del aceite de *P. eriopodon* en diferentes concentraciones sobre larvas de *S. frugiperda* fueron necrosamiento, acortamiento de tamaño, cuando se llega a formar la pupa se genera una pudrición acuosa acompañada de un mal olor y su deformación.

Las principales recomendaciones que derivan del trabajo son implementar este tipo de ensayos en condiciones de campo, tratando de ajustar dosis y usando una metodología que permita hacer una evaluación técnica de las aplicaciones.

Garay y Torres (2008) evaluaron el efecto insecticida de cuatro extractos de plantas de la familia *Piperaceae*: *Piper eriopodon*-hojas e inflorescencia; *Piper aduncum*-hojas e inflorescencia; los cuales no presentaron efecto fulminante o de *knock out*, sino que un mostraron un efecto insecticida de tipo antialimentario, más marcado en unos extractos que en otros de acuerdo con la concentración.

Dieta Artificial

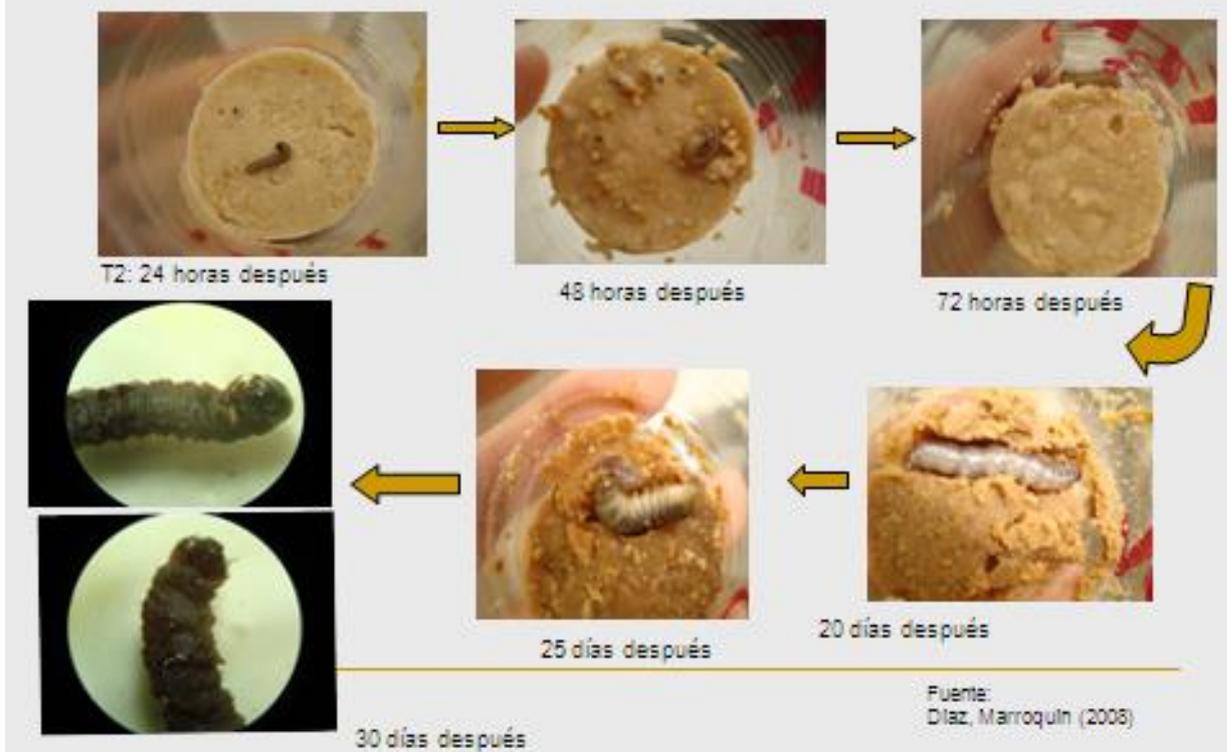


Figura 3. Aspectos de utilización de dieta artificial con extractos de *Piper eriopodum* sobre *Spodoptera frugiperda*
Fuente: Díaz y Marroquín, 2009.



Figura 4. Ensayo de control de *Spodoptera frugiperda* con infestación natural, Fusagasugá
Fuente: Díaz y Marroquín, 2008.

Corresponde la mejor concentración para el extracto de *Piper eriopodon*-hojas, con concentraciones de $4000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ y $5000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ porque presentaron un mejor comportamiento de efecto

antialimentario, y fue el 50 % de mortalidad a los 8 días de su aplicación.

En cuanto al extracto *Piper eriopodon*-flor los resultados mostraron que las concentraciones más altas son las que presentan mejor control sin llegar a superar las de *Piper eriopodon*-hojas.

Los resultados del extracto *Piper aduncum*-hojas demostraron que la mejor concentración es la de 4000 mg*L⁻¹ ya que su mortalidad fue del 44 % y presentó un efecto antialimentario. Para la concentración del extracto de *Piper aduncum*-flor la mejor fue la concentración más baja, que fue la de 3000 mg*L⁻¹.

Una conclusión importante en este ensayo es que los resultados obtenidos con estos extractos están en concordancia con los resultados reportados por Murcia y Bermúdez (2008), Caballero (2004) y Popich *et al.* (2007) que describen el efecto de terpenoides naturales para el control de *Spodoptera* sp.; Soberon, *et al.* (2006) evaluaron extractos etanólicos de espigas de *Piper tuberculanum* para el control de *Diatrea sacharalis*.

Celis *et al.* (2012) evaluaron en condiciones semicontroladas en dieta artificial cuatro extractos de la familia *Piperaceae*, un insecticida biológico (*Bacillus thuringiensis*) y uno de síntesis química (*Clorpirifos*) para el control de *Spodoptera frugiperda* Smith. Se utilizaron concentraciones de 50, 100 y 200 ppm en larvas de segundo instar, las cuales fueron colocadas en la dieta artificial una en cada vaso, que contenía 10 ml de dieta mezclada con los extractos en cada una de las respectivas concentraciones. Se evaluaron 15 tratamientos distribuidos en un diseño completamente al azar (DCA) con 5 repeticiones, en las cuales se midió el efecto antialimentario y el de derribo o *knock out*. Los principales resultados muestran que existe efecto antialimentario debido a la aplicación de los extractos y que el efecto insecticida no es fulminante o derribo, sino que es

causado por efecto de consumo de la dieta con los extractos evaluados. Se encontró que los extractos de *Piper el bancoanum* en concentración de 200 ppm y *Piper arboreum* en concentración de 50 ppm producen un índice de mortalidad similar a los testigos comerciales *clorpirphos* y *Bacillus thurigiensis*.

Control de liberalito (Schizomia sp.) en tomate de árbol (Solanum betacea)

En la provincia del Sumapaz el manejo de la plaga de liberalito (*Schizomia* sp.), se ha convertido en uno de los mayores problemas en el cultivo de tomate de árbol (*Solanum betacea*) ya que causa a la planta daños al alimentarse directamente de los fluidos de las flores y propiciar la caída de estas, afectando el rendimiento y la producción óptima del cultivo. Este problema lleva a la búsqueda de alternativas de control de plagas como la aplicación de extractos obtenidos a partir de plantas que actúen como inhibidoras del desarrollo normal del insecto.

Torres *et al.* (2008) evaluaron el efecto insecticida y antialimentario de los extractos vegetales de Barbasco (*Polygonum hydropiperoides*), especies del género *Piper adumcum* (hoja y madera), sobre *Schizomia*. Para evaluar estos efectos se realizó un medio para adaptación del insecto suministrándole una solución nutritiva a base de extracto de botones florales de tomate de árbol. En los extractos logrados mencionados anteriormente se utilizaron solventes como el etanol, el cual se aplicó en larvas de primer instar. Los resultados esperados mostraron que la aplicación del extracto de barbasco (*P. hydropiperoides*), obtenido a partir de etanol al 70 % en sus diferentes dosis, alcanzó una mortalidad del 100 % a las 96 horas después de la aplicación y un efecto antialimentario del 4 %. Los resultados obtenidos en la presente investigación sugieren que en la aplicación de los diferentes extractos vegetales es posible controlar las larvas de *Schizomia*, debido a su efecto insecticida con una

mortalidad del 100 %, inhibiendo la alimentación de las larvas; de tal manera, se puede decir que puede controlar el ataque de las plantas productivas de tomate de árbol (*Solanum betacea*).

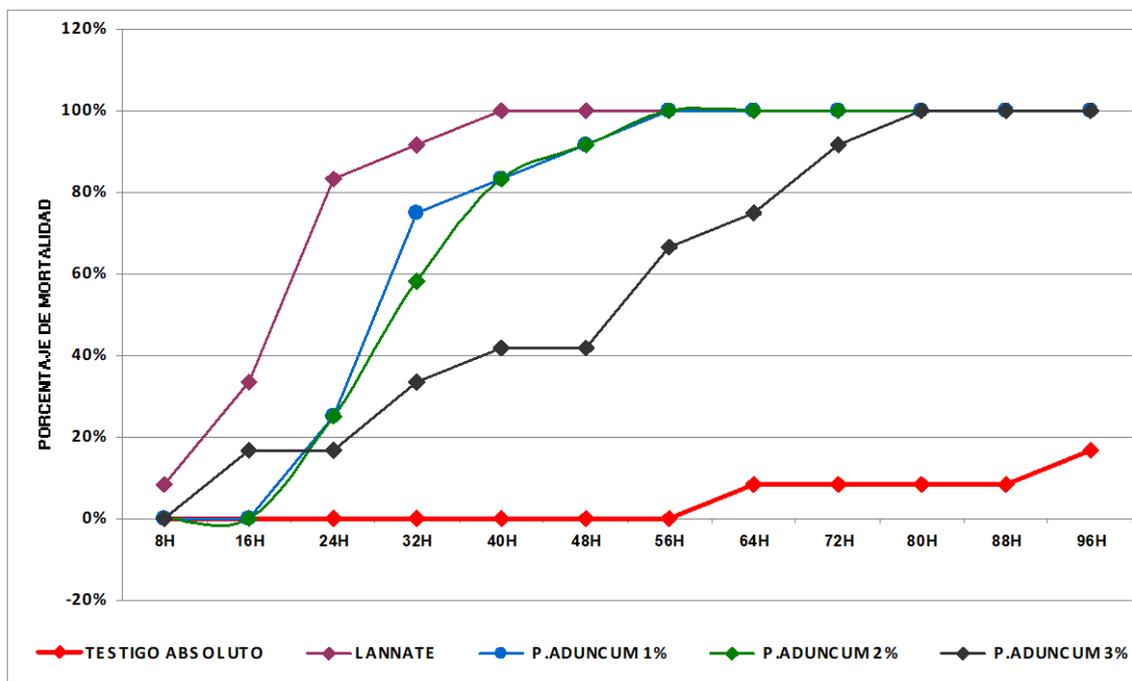


Figura 5. Porcentaje de mortalidad de larvas de *Schizomia* sp. después de la aplicación de extracto de hojas *Piper Aduncum*. Fusagasugá, 2008.

Bioensayos para determinar efecto sobre arvenses

Una de las formas más sencillas de examinar las propiedades alelopáticas de una especie es mediante bioensayos, en los que se cuantifica la germinación o emergencia de plántulas, y se mide la radícula o el hipocótilo. Pocos estudios incluyen microscopía para dilucidar los posibles efectos primarios ocasionados por dichos compuestos (Lovett y Ryuntyu, 1992). Así, estudios futuros deberían incluir aspectos bioquímicos y citológicos.

Una de las ventajas más importantes de los compuestos aleloquímicos en el desarrollo de pesticidas naturales es que son fácilmente biodegradables y muchos de ellos son seguros y limpios desde el punto de vista ambiental (Rizvi *et al.*, 1992).

Weidenhamer (1996) propuso dos áreas claves para proveer evidencia sobre la interferencia química de una especie: 1) distinguir la alelopatía de la competencia por recursos u otros mecanismos de interferencia en los estudios de crecimiento de plantas; 2) desarrollar nuevas técnicas analíticas que permitan dar un soporte a datos sobre concentraciones y disponibilidad de los aleloquímicos en el suelo, tal como se procede para los productos sintéticos.

Para Duke *et al.* (2002) hay muchos productos naturales cuya obtención resulta muy costosa como para que sean considerados seriamente como fuente de herbicidas, por la complejidad de su estructura o por las pocas cantidades presentes en los tejidos de la planta de interés, entre otros factores. En el mismo sentido, afirman que hay muchos productos naturales que son tóxicos tanto para vegetales como para animales, lo que impide desde el principio su desarrollo posterior.

Chávez y Pérez (2008) realizaron un ensayo en el laboratorio y casa de malla de la Universidad de Cundinamarca, sede Fusagasugá, con el propósito de evaluar el efecto de seis extractos: fruto de *Piper aduncum*, madera de *Piper aduncum*, hojas de *Piper hispidium*, raíz de *Piper hispidium*, parte aérea de *Piper holtonii* y madera de *Piper eriopodon*, sobre la germinación y el desarrollo de plántulas de caminadora (*Rotboellia cochichinensis*), sorguillo (*Sorghum halepense*), nabo (*Brassica rapa*), frijolillo (*Phaseolus lathyroides*), bledo (*Amaranthus dubius*) y lenguevaca (*Rumex crispus*). También se evaluaron estos extractos en semillas de cultivos que pueden indicar fitotoxicidad como: maíz (*Zea mays*), arroz (*Oryza sativa*) lechuga (*Lactuca sativa*), tomate (*Solanum lycopersicum*) y zanahoria (*Daucus carota*).

El método empleado fue el de bioensayos en cámara de germinación para preemergencia y aplicación en bandejas para

postemergencia en casa de malla. Se empleó un diseño DCXA con arreglo factorial 6 x 4 x 3 para cada uno de los ensayos de arvenses y plantas cultivables en ensayos de preemergencia y postemergencia.



Figura 6. Cámara de germinación para ensayo de arvenses
Fuente: Robayo y Rodríguez (2007).

Los principales resultados indican que los diferentes extractos en las distintas concentraciones inhiben la germinación en las arvenses y en los cultivos indicadores de fitotoxicidad, en los cuales sobresalen los extractos de madera de *P. aduncum* y raíz *P. hispidium*. Así mismo, los extractos mencionados anteriormente produjeron reducciones fuertes en el desarrollo radicular y en la parte aérea de las arvenses y las plantas de cultivo, como consecuencia de la aplicación. Las especies de arvenses más sensibles fueron bledo y lenguevaca, las más resistentes fueron caminadora (*Rotboellia cochinchinensis*), sorguillo (*Sorghum halepense*) y nabo (*Brassica rapa*), que han sido reportadas como muy agresivas. No hay una tendencia clara sobre el efecto de las concentraciones, pues en algunos casos son de tipo escalar y en otras las dosis medias fueron las que más afectaron el desarrollo y crecimiento de arvenses y plantas indicadoras de fitotoxicidad.

En postemergencia no se determinaron efectos fitotóxicos y solo se observaron efectos inhibitorios del crecimiento de parte aérea y radicular en arvenses y nuevamente la caminadora (*Rotboellia cochichinensis*) y el sorguillo (*Sorghum halepense*) mostraron mayor desarrollo, por ser especies tipo C4. En el caso de plantas cultivables se presentaron efectos estadísticos de especies y dosis, y fueron el maíz (*Zea mays*) y el arroz (*Oryza sativa*) las más desarrolladas, y la zanahoria (*Daucus carota*) la menos desarrollada en crecimiento radicular y aéreo. En las especies cultivadas, el efecto de las concentraciones mostró un efecto benéfico en el crecimiento radicular, que incrementó respecto al testigo sin aplicación.



Figura 7. Aplicación de extractos vegetales con aerógrafo
Fuente: Barrera y Martínez (2008).

Barrera y Martínez (2008) realizaron un ensayo en la casa de malla de las instalaciones de la Universidad de Cundinamarca en Fusagasugá, con el cual se buscaba evaluar el posible efecto herbicida de cinco extractos de piperáceas sobre las arvenses presentes en el banco de semillas de dos suelos de la granja de la Universidad; y de igual forma evaluar si los extractos tenían resultados fitotóxicos sobre semillas y plantas de maíz y arroz. Los extractos utilizados fueron: madera de *Piper aduncum*, hojas de *Piper*

aduncum, hojas de *Piper hispidum*, hojas de *Piper eriopodon* y parte aérea de *Piper holtonii*.

El diseño estadístico fue uno completamente al azar, con un arreglo factorial 2 x 5 x 2 con tres repeticiones, y el primer factor fue el suelo, el segundo las concentraciones y el tercero los cultivos. El efecto bioherbicida de los extractos se evaluó en preemergencia y postemergencia.



Figura 8. Fitotoxicidad en arvenses por extractos etanólicos de *Piper* sp.
Fuente: Barrera y Martínez (2008).

Los resultados fueron interpretados de acuerdo con el valor porcentual de efecto fitotóxico, que a un valor mayor de este, menor control bioherbicida y viceversa. El efecto bioherbicida en preemergencia y postemergencia fue evidente en las arvenses, pero no tan contundente como al resultado del herbicida comercial. El extracto que obtuvo mejor resultado fitotóxico en preemergencia para las malezas dicotiledóneas fue el extracto de hojas de *Piper aduncum* con un promedio de germinación de 12,23 %. Para las monocotiledóneas se obtuvieron los mejores resultados inhibitorios de germinación con tres extractos: parte aérea de *P. holtonii*, hojas

de *P. eriopodon* y hojas de *P. aduncum*, ya que estos no tuvieron diferencias estadísticas. Para las commelináceas se evidenció el efecto inhibitorio en dos extractos: el de hojas de *P. hispidum* y hojas de *P. aduncum*. La concentración que mejor presentó resultados fue la de 3 %. El extracto que mejor presentó el control de arvenses después de emergidas, y en cuanto al tipo de hoja ancha fue el de hojas de *Piper hispidum* con un valor porcentual de 1,05 %.

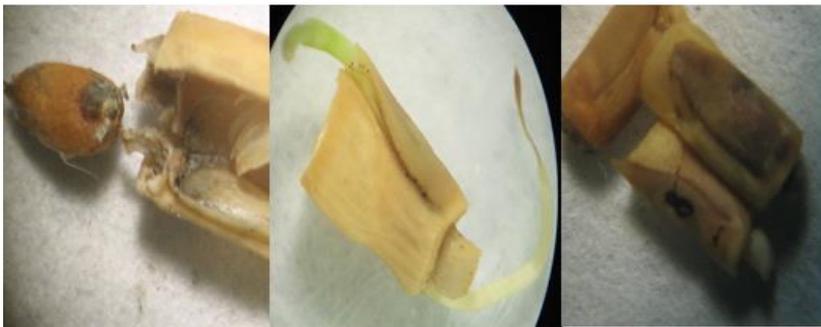


Figura 9. Efecto de extracto de *Piper hispidum* sobre semilla de caminadora a) Concentración 3 % b) Testigo sin aplicación c) Concentración 2 %
Fuente: Robayo y Rodríguez (2007).

Pruebas de actividad antifúngica de extractos vegetales y aceites esenciales de Piper sp.

Con el fin de determinar cuáles extractos vegetales y aceites esenciales de diferentes especies de piperáceas presentan actividad antifúngica, se llevaron a cabo bioensayos utilizando las metodologías de bioautografía en cromatografía en placa fina y discos de papel filtro estériles según el CYTED, *Manual de técnicas de investigación* (1995).

Para iniciar los bioensayos se recolectaron muestras de material vegetal de tomate de mesa (*Solanum lycopersicum*) con síntomas de marchitamiento vascular causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Se realizaron colectas de plantas de tomate variedad Milano de 120 días de edad, cultivadas a libre exposición en la finca El Pilar ubicada en la vereda Novilleros, del municipio de Fusagasugá, a 1546 m s. n. m., con una temperatura promedio de 20 °C. Se tomaron plantas con síntomas de marchitamiento generalizado y con

coloración marrón en los haces vasculares del tallo al realizarle un corte transversal a 10 cm de la superficie del suelo.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio de microbiología de la Universidad de Cundinamarca. Para aislar el patógeno se tomaron trozos de 0,5 cm de tallos de plantas con síntomas, se desinfectaron colocándolos en etanol al 70 % por 30 segundos, luego en hipoclorito de sodio al 1 % por un minuto. Posteriormente se realizó un lavado con agua destilada estéril. Se secaron los trozos en papel toalla estéril y se transfirieron al medio de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar). Los aislamientos se incubaron a 20 °C .Tres días después se realizó un repique de las colonias a nuevo medio para obtener cepas puras del patógeno.

Debido a la presencia de cepas no patogénicas de *Fusarium* como contaminante ambiental o como habitante natural del suelo, se realizaron pruebas de patogenicidad, con el fin de corroborar que se trataba de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Además, se enviaron muestras de cultivo puro del hongo al cepario de la Universidad Jorge Tadeo Lozano para determinar si pertenecían a *F. oxysporum* patogénico. Se tomaron plántulas de tomate variedad milano de 35 días y se inocularon con una suspensión de 500 000 conidias/ml. Se realizaron dos tipos de inoculación: con herida y sin herida. En el primer caso, se sumergió la raíz de cada planta en la solución de conidias durante 1 minuto y posteriormente se sembró en materas que contenían una mezcla de suelo + cascarilla estériles. La inoculación con herida consistió en cortar una parte de la raíz de cada plántula y sumergirla en la suspensión de conidias por un minuto, luego de este proceso se sembraron en materas con el mismo sustrato descrito anteriormente. Se tomaron cuatro plantas (repeticiones) por tipo de inoculación.

También se recolectaron muestras de frutos de tomate de árbol (*Cyphomandra betaceae*) con síntomas de antracnosis (*Colletotrichum* spp.), en un cultivo ubicado en la vereda San Raimundo, municipio de Granada, Cundinamarca. Las muestras fueron llevadas al laboratorio de pruebas biológicas de productos naturales vegetales del Departamento de Química de la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, donde se realizó el aislamiento de los patógenos. Se tomaron 0,5 cm de la lesión en el fruto y se sembraron en PDA. Una vez empezó a crecer el micelio se pudo observar la presencia de dos patógenos y se confirmó por medio de la clave de Barnett y Hunter la presencia de dos especies del género *Colletotrichum*. Para la identificación de las especies de *Colletotrichum* que se habían aislado, se utilizó la prueba de sensibilidad a benomyl y se identificaron las especies *C. gloeosporioides* y *C. acutatum*. Los bioensayos se realizaron con *C. acutatum*, ya que había mayor disponibilidad de este patógeno.

Se utilizaron extractos y aceites esenciales de piperáceas. Para evaluar los extractos se utilizó la metodología de bioautografía en placa fina. Primero se hacía una suspensión de conidias de 1×10^6 conidias/ml. Posteriormente se tomaba un cromatofolio en el cual se ponían varios extractos disueltos en etanol, con la ayuda de una jeringuilla.

Una vez puestos los extractos, el cromatofolio se ponía en una cámara de vidrio con unos cuantos mililitros de un solvente orgánico que subiera por capilaridad y permitiera la separación de los compuestos del extracto. Posteriormente el cromatofolio era sacado de la cámara de vidrio, y se ponía en la cabina de flujo laminar y allí se asperjaba la suspensión de conidias. Después el cromatofolio era colocado en una cámara de vidrio limpia con vasos de agua destilada y sellada con vinipel, para crear una atmósfera húmeda. Pasados tres días se evaluaron los diámetros de los halos de inhibición de

crecimiento micelial. Los aceites esenciales fueron evaluados utilizando la técnica de discos de papel filtro estéril. Primero se preparó el medio de cultivo PDA, se esterilizó en autoclave, se sirvió en cajas de petri. Una vez el medio gelificó, se enfrió, se ponía un trozo de medio de cultivo con micelio del hongo por evaluar de aproximadamente 1 cm² en cada caja de petri. Tres días después se evaluó el diámetro de crecimiento del micelio y se registraban los aceites en los cuales el diámetro fue menor. Los extractos que presentaron actividad fungicida se presentan en la tabla 2 (figuras 10, 11 y 12).

Tabla 2. Extractos con mayor actividad antifúngica

Extracto vegetal	<i>Fusarium oxysporum</i> f. <i>sp. lycopersici</i>	<i>Colletotrichum</i> <i>acutatum</i>
Madera <i>P. bogotense</i>	Se realizó	No se realizó
Hojas <i>P. amalago</i>	Se realizó	No se realizó
Hojas <i>P. hispidum</i>	Se realizó	No se realizó
Raíz <i>P. hispidum</i>	Se realizó	No se realizó
Hojas <i>P. artanthe</i>	Se realizó	No se realizó
<i>P. aérea P. peltatum</i>	No presentó	No se realizó
<i>P. marginatum</i>	No presentó	No se realizó
Hojas <i>P. arboreum</i>	No presentó	No se realizó
Hojas <i>P. cumanense</i>	Se realizó	No se realizó
Madera <i>P. aduncum</i>	Se realizó	No se realizó
<i>P. aérea P. holtonii</i>	No presentó	No se realizó

Inflorescencia CMF 50	No presentó	No se realizó
Frutos <i>P. bogotense</i>	No presentó	No se realizó
Hojas <i>P. bogotense</i>	No presentó	No se realizó
Hojas <i>P. aduncum</i>	Se realizó	No se realizó
Frutos <i>P. eriopodon</i>	Se realizó	No se realizó
Frutos <i>P. aduncum</i>	Se realizó	No se realizó
Hojas <i>P. holtonii</i>	Se realizó	No se realizó
<i>Piper cumanense</i>	No presentó	No se realizó
<i>Piper Subtomentosum</i>	No presentó	No se realizó
<i>P. aduncum</i>	No presentó	No se realizó
<i>P. el-bancoanum</i>	No presentó	No se realizó
<i>Piper eriopodon</i>	No presentó	No presentó
<i>P. septulinervium</i>	No presentó	Se realizó
<i>P. aduncum</i> - parte aérea	Se realizó	Se realizó
<i>P. aduncum</i> - hojas	No presentó	Se realizó
<i>P. subtomentosum</i>	Se realizó	Se realizó
<i>Piper cumanense</i>	Se realizó	No presentó
<i>Piper el-bancoanum</i>	Se realizó	No presentó

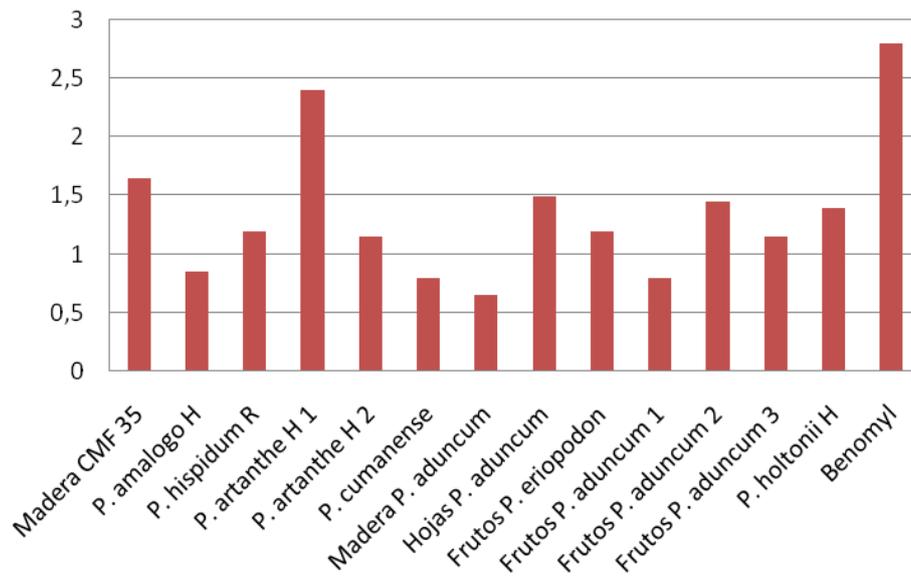


Figura 10. Diámetro (cm²) de los halos de inhibición de crecimiento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* usando extractos de *Piper* spp.

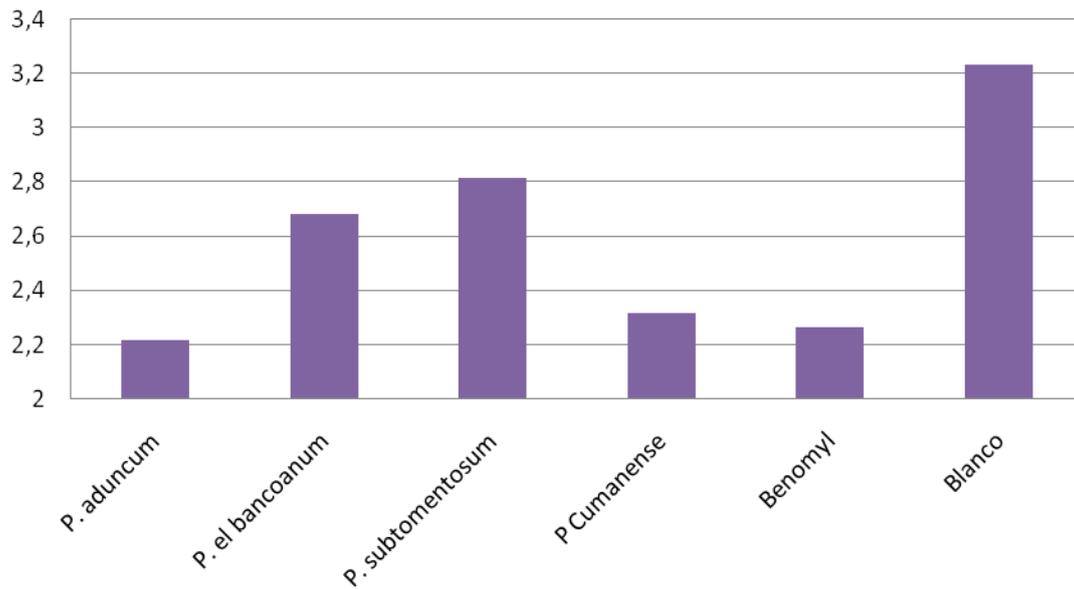


Figura 11. Diámetro de crecimiento micelial (cm) de *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* usando aceites esenciales (5 microlitros) de *Piper* spp. con sensidiscos.

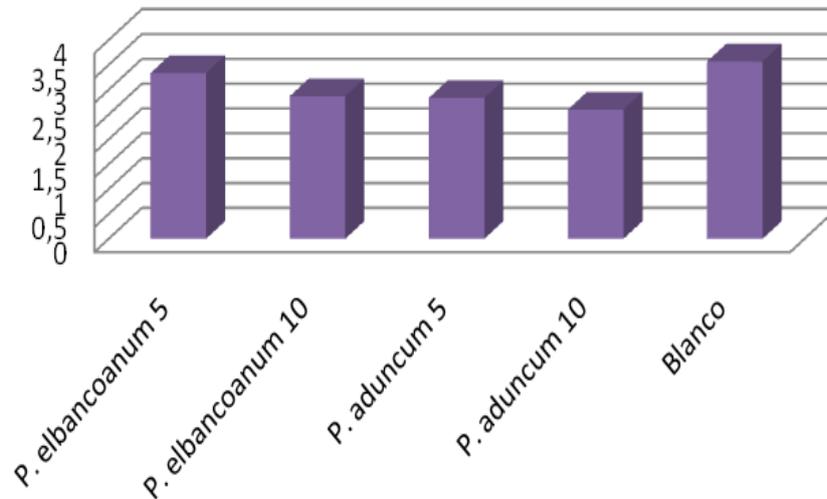


Figura 12. Diámetro de crecimiento micelial (cm) de *Colletotrichum acutatum* usando aceites esenciales de *Piper* spp. con sensidiscos.

Actividad fungicida de extractos de Piperaceae sobre Fusarium oxysporum f. lycopersici en condiciones semicontroladas y de laboratorio en el cultivo de tomate en la granja La Esperanza

Metodología

La evaluación de la bioactividad se realizó *in vitro* con cepas de *F. oxysporium* aisladas de tejidos de plantas de cultivos afectados. Los hongos se mantuvieron en PDA en cápsulas de Petri de 1-4 semanas de edad. Los extractos se agregaron al medio PDA después de esterilizar en autoclave, a diferentes concentraciones y se dispensan 15 ml. En cada caja de Petri discos de 5 mm de diámetro de cultivo de cada uno de los hongos en estudio se sembraron en las cápsulas que contienen el medio y se incuban en condiciones de laboratorio. Se empleó un diseño experimental con varias concentraciones de los extractos, las valoraciones se realizaron con las mediciones de cada colonia de acuerdo con el halo de inhibición, para establecer curvas de crecimiento y dosis efectivas que ocasionen la reducción del 50 % de la colonia con respecto al testigo, siguiendo la metodología

sugerida por Zapata (2003). Las pruebas de laboratorio con efecto controlador fueron evaluadas en condiciones de campo en cultivo semicomercial de *Lycopersicon esculentum* Mill.

Evaluación de la bioactividad fungicida de extractos vegetales sobre Colletotrichum gloeosporioides en tomate de árbol (Cyphomandra betacea)

Metodología

La evaluación de la bioactividad se realizó *in vitro* con cepas de *Colletotrichum gloeosporioides* aisladas de tejidos de plantas de cultivos afectados. Los hongos se mantuvieron en PDA en cápsulas de Petri de 1-4 semanas de edad. Los extractos se agregaron al medio PDA después de esterilizar en autoclave, a diferentes concentraciones y se dispensan 15 ml. En cada caja de Petri se colocaron discos de 5 mm de diámetro de cultivo y de cada uno de los hongos en estudio se sembraron en las cápsulas que contienen el medio y se incubaron en condiciones de laboratorio. Se empleó un diseño experimental con varias concentraciones de los extractos de *Matricaria chamomilla*, *Thymus Vulgaris* y *Piper aduncum*. Las valoraciones se hicieron con las mediciones de cada colonia. De acuerdo con el halo de inhibición, se establecieron curvas de crecimiento y la dosis efectiva fue la que ocasionó la reducción del 50 % de la colonia con respecto al testigo, siguiendo la metodología sugerida por Zapata (2003). Las pruebas de laboratorio con efecto controlador fueron evaluadas en condiciones de campo en cultivo semicomercial.

Resultados

Los extractos etanólicos de *Matricaria chamomilla* y *Thymus vulgaris* mostraron buen efecto controlador del hongo, tanto en los bioensayos como en las condiciones de campo. El extracto de *Piper aduncum* no

mostró efecto estadístico sobre el hongo, tanto en laboratorio como en el campo.

Actividad antioxidante y antifúngica de extractos de piperáceas

La dificultad existente en el tratamiento de las enfermedades fúngicas, debido a la resistencia generada por los hongos patógenos a los medicamentos hoy en uso y las múltiples enfermedades generadas por las especies reactivas de oxígeno (cáncer, diabetes y problemas cardiovasculares, entre otras), ha suscitado el interés creciente en la búsqueda de nuevos productos antifúngicos y antioxidantes para el tratamiento de las dolencias con estos orígenes. La familia *Piperaceae* es muy conocida por sus actividades biológicas variadas, lo cual permite encontrar en especies de esta familia, fitocompuestos con buen potencial biológico para tratar estas afecciones.

Correa *et al.* (2015) realizaron la evaluación de la actividad antioxidante y antimicótica de los extractos de diferente polaridad, de ocho especies de piperáceas colectadas en el Parque Regional Natural Ucumarí, en Colombia.

El material vegetal (tallos y hojas) se secó, se molió y después se extrajo por percolación con n-hexanos, diclorometano y metanol. Las soluciones obtenidas se concentraron a presión reducida y con los extractos crudos se evaluaron las actividades antioxidantes mediante el procedimiento del difenilpicrilhidrazilo y la antifúngica. A través de la metodología de placa perforada de conjunto, se realizó un tamizaje fitoquímico por cromatografía de placa delgada.

Los extractos metanólicos fueron más bioactivos en los dos ensayos realizados. Las especies *Piper eriopodon* y *Piper crassinervium* son las que presentaron la mejor actividad

antioxidante, mientras que en la evaluación de la actividad antifúngica *Piper pesaresanum* y *Piper eripodon* mostraron mayor porcentaje de inhibición. El tamizaje fitoquímico evidenció que los metabolitos secundarios con mayor presencia en estas especies fueron: alcaloides, fenoles, taninos, terpenos, triterpenos, esteroides, saponinas, flavonoides y antraquinonas.

Las conclusiones sugieren que *Piper eripodon* presenta propiedades tanto antioxidantes como antifúngicas, por lo cual tiene un alto potencial como fuente de compuestos bioactivos que podrían ser usados como alternativas terapéuticas o industriales.

Referencias

- ABUDALAI, M., SHEPARD, B. M. Y SALIFU, A. B. (2003). Field evaluation of a neem (*Azadirachta indica* A. Juss) based formulation Neemix against *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae) in cowpea. *International Journal of Pest Management*, 49(2), 109-113.
- BALADRIN, M. F., KLOCKE, J. A, WURTELE, E. Y BOLLINGER, H. (1985). Natural plant chemicals. Sources of industrial and medicinal material. *Science*, (228), 1154-1160.
- BOEKE, S. J., BARNAUD, C., VAN LOON, J. A., KOSSOU, D. K., VAN HUIS, A. Y DICKE, M. (2004). Efficacy of plant extracts against the cowpea beetle, *Callosobruchus maculatus*. *International Journal of Pest Management*, 50(4), 251-258.
- CELIS, A., MENDOZA, C. Y PACHÓN, M. E. (2012). *Herbicide effects of Piper extracts on a seed bank in Fusagasugá (Colombia)*. International Symposium on Medicinal Plants & Natural Products. Quito, Ecuador, December, 2012.
- CHÁVEZ, C. Y PÉREZ, Y. (2008). *Efectos alelopáticos de extractos de Piperaceae sobre germinación y emergencia de arvenses y plantas cultivadas bajo condiciones controladas*. Trabajo de

- grado, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Fusagasugá.
- CICCIO, J. F. (1995). *Constituyentes del aceite esencial de las hojas de Piper terrabanum (Piperaceae)*. Centro de Investigaciones en Productos Naturales (Ciprona) y Escuela de Química, Universidad de Costa Rica, San José.
- CORREA, Y., PALOMINO, L. Y MOSQUERA, O. (2015). Actividad antioxidante y antifúngica de piperáceas de la flora colombiana. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 19(2), 167-181.
- CUTTLER, P. Y SCHMUTTERES, H. (1999). Natural pesticides from the Neem seed and other plants. *Journal of Ethnopharmacology*, (333), 11-19.
- DEL TÍO, R., MARTÍN SANTANA, P. Y OCETE, M. E. (1996). Efectos de la aplicación de un extracto bruto del fruto de *Melia azedarach* L. a la dieta de *Tribolium confusum* Duv. (Coleoptera, Tenebrionidae). *Boletín Sanidad Vegetal Plagas*, (22), 421-426.
- DÍAZ, L. Y MARROQUÍN, M. (2008). *Determinación de los efectos de la actividad insecticida de los extractos vegetales: Piper eriopodon- gibbilimbol B y Piper subtomentosum (parte aérea), sobre Spodoptera frugiperda Smith, en condiciones semicontroladas*. Trabajo de grado, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Fusagasugá.
- DIXON, R. (2001). Natural products and plant disease resistance. *Nature*, (411), 843-847.
- DUKE, S. O., DAYAN, F. E., RIMANDO, A. M., SCHRADER, K. K., ALIOTTA, G., OLIVA, A. Y ROMAGNI, J. G. (2002). Chemicals from nature for weed management. *Weed Science*, (50), 138-151.
- FONSECA, O., MORALES, P. Y ESCALONA, E. (2006). *Establecimiento de metodología para cría del psilido asiático de los cítricos*

- Diaphorina citri* Kuwayama. INIA-CENIAP. Edif. 2. Protección Vegetal. Área Universitaria. Apartado 4653. Av. El Limón, Maracay.
- GARAY, R. Y TORRES, L. A. (2008). *Evaluación de extractos vegetales de la familia Piperaceae sobre Spodoptera frugiperda, en campo cultivo de maíz*. Trabajo de grado, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Fusagasugá.
- JACOBSON, M. (1977). Isolation and identification of toxic agents from plants. En A. P. Hedin (ed.), *Host plant resistance to pests* (pp. 153-164). Washington, D. C.: American Chemical Society.
- JACOBSON, M. (1989). Botanical Pesticides: Past, present and future. En J. T. Arnason, B. J. R. Philogene y P. Morand, *Insecticides of Plant Origin*. ACS Symposium Series. 387 pp.
- JILANI, G., SAXENA, R. C. Y RUEDA, B. P. (1988). Repellent and growth-inhibiting effects of turmeric oil, sweeflag oil, neem oil and "Margosan-O" on red flour beetle (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of Economic Entomology*, 81(4), 1226-1230.
- JILANI, G. Y SU, H. C. F. (1983). Laboratory studies on several plant materials as insect repellents for protection of cereal grains. *Journal of Economic Entomology*, (76), 154-157.
- KUBO, I. Y NAKANISHI, K. (1977). Insect antifeedants and repellents from African plants. En P. A. Hedin (ed.), *Host plant resistance to pests*. American Chemical Society. Symposium Series 62, Washington.
- MUÑOZ, D. (2008). *Estudio fitoquímico y evaluación de la actividad fungicida e insecticida de la especie Piper eriopodon (Piperaceae)*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia.
- MURCIA, A. M. Y BERMÚDEZ, H. (2008). *Evaluación de la actividad insecticida de extractos vegetales de la familia Piperaceae,*

- sobre *Spodoptera frugiperda* Smith, en condiciones semicontroladas. Trabajo de grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá.
- NOVO, R. J., VIGLIANCO, A. Y NASSETTA, M. (1997). Actividad repelente de diferentes extractos vegetales sobre *Tribolium castaneum* Herbst. *Agriscientia*, (XIV), 31-36.
- NOVO, R. J., VIGLIANCO, A. Y NASSETTA, M. (1998). Efecto antialimentario de extractos de cuatro plantas sobre *Anticarsia gemmatalis* Hub. (Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín Sanidad Vegetal Plagas*, (24), 525-530.
- OCETE, R. Y PÉREZ, M. A. (1996). Efectos de la aplicación de extractos de *Daphne gnidium* L. y *Anagyris foetida* L. sobre diversos grupos taxonómicos. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas*, (22), 45-56.
- OTTAWAY, P. B. (2001). The roots of a health diet? *Chemistry and Industry*, 22(1), 42-44.
- PACHÓN, R. Y TORRES, T. (2007). *Evaluación de tres extractos vegetales sobre larvas de liberalito (Schizomya sp.) en primer instar en cultivo de tomate de árbol (Cyphomandra Betacea Send) en condiciones de laboratorio*. Tesis de grado, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Ingeniería Agronómica, Fusagasugá.
- PARRA, J. E. (2011). *Contribución al estudio fitoquímico de la parte aérea de Piper cf. cumanense Kunth (Piperaceae)*. Trabajo de grado, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Química, Bogotá.
- PEÑALOZA, C. (1995). *Efectos biológicos de diferentes extractos de plantas sobre Tribolium castaneum Herbst. (Coleoptera, Tenebrionidae)*. Tesis de grado, Facultad de Ciencias Naturales, Físicas y Matemáticas, Universidad Nacional de Córdoba.

- PÉREZ, M. A. Y OCETE, R. (1994). Actividad antialimentaria de extractos de *Daphne gnidium* L. y *Anagyris foetida* L. sobre *Leptinostarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae). *Boletín Sanidad Vegetal Plagas*, (20), 617-622.
- PRAKASH, A. Y RAO, J. (1997). *Botanical pesticides in agriculture*. CRC Press Inc.
- RAMÍREZ, L. (2001). *Efectos agudos crónicos de los plaguicidas en la salud humana*. Memorias del Simposio "Impacto de los Agroquímicos en el Occidente del País". Barquisimeto, Lara, Venezuela.
- REESE, J. C. (1987). *Herbivores: their interactions with secondary plant metabolites*. En G. A. Rosenthal y D. H. Anzen (eds.). (300-330). Academic Press, Nueva York.
- RIBA, M., TORRA, E. Y MARTÍ, J. (1996). Bioactividad de extractos de *Melia azedarach* L. sobre el taladro del maíz *Sesamia nonagrioides* Lef. *Boletín Sanidad Vegetal Plagas*, (22), 261-276.
- RIZVI, S. J. H., HAQUE, H., SINGH, V. K. Y RIZVI, V. (1992). A discipline called Allelopathy. En S. J. H. Rizvi y V. Rizvi (eds.), *Allelopathy: Basic and applied aspects*. (pp. 1-10). Chapman & Hall, Londres.
- ROBAYO, D. R. Y RODRÍGUEZ, Y. (2006). *Efecto alelopático de extractos de Swinglia glutinosa Murray y Piper aduncum sobre germinación de semillas de arvenses asociadas a cultivos de clima cálido*. Tesis de grado, Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Ingeniería Agronómica.
- SCOTT, I. M., JENSEN, H., NICOL, R., LESAGE, L., BRADBURY, R., SÁNCHEZ-VINDAS, P., POVEDA, L., ARNASON, J. T. Y PHILOGENE, B. J. R. (2004). Efficacy of *Piper* (Piperaceae) extracts for control of common home and garden insect pests. *J. Econ. Entomol.*, 97(4), 1390-1403.

- SILVA, G., LAGUNES, A., RODRÍGUEZ, J. C. Y RODRÍGUEZ, D. (2002). Insecticidas vegetales: Una vieja-nueva alternativa en el control de plagas. *Revista Manejo Integrado de Plagas*, (66), 4- 12. Facultad de Agronomía, Chillan, Chile.
- SOBERÓN, G., ROJAS, C., SAAVEDRA, J., KATO, M. Y DELGADO, G. (2006). Acción biocida de plantas de *Piper tuberculatum* Jacq. sobre *Diatrea saccharalis* (Lepidoptera, Pyralidae). *Revista Peruana de Biología*, 13(1), 197-112.
- TALUKDER, F. A. Y HOWSE, P. E. (1994). Laboratory evaluation of toxic and repellent properties of the pithraj tree, *Aphanamixis polystachya* Wall & Parker, against *Sitophilus oryzae* (L.). *International Journal of Pest Management*, 40(3), 274-279.
- TALUKDER, F. A. Y HOWSE, P. E. (1995). Evaluation of *Aphanamixis polystachya* as a source of repellents, antifeedants, toxicants and protectants in storage against *Tribolium castaneum* (Herbst). *Journal of Stored Products Research*, 31(1), 55-61.
- VALLADARES, G., GARBIN, L., DEFAGÓ, M. T., CARPINELLA, C. Y PALACIOS, S. (2003). Actividad antialimentaria e insecticida de un extracto de hojas senescentes de *Melia azedarach* (Meliaceae). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 62(1-2), 53-61.
- ZAMORANO, C. (2006). Alelopatía: Un nuevo reto en la ciencia de las Arvenses en el trópico. *Agron. Colombiana*, 14(1), 7-15.

 **Editorial**
UCundinamarca



UDEC
UNIVERSIDAD DE
CUNDINAMARCA