

Metabolitos volátiles presentes en *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. colectado en Tame (Arauca - Colombia)

[Volatile metabolites of *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. from Tame (Arauca-Colombia)]

Geovanna TAFURT-GARCÍA¹ & Amner MUÑOZ-ACEVEDO²

¹Universidad Nacional de Colombia/Sede Orinoquia/Grupo de Investigación en Ciencias de la Orinoquia (GICO), Arauca, Colombia

²Universidad del Norte/División de Ciencias Básicas/Departamento de Química y Biología/Laboratorio de Investigaciones en Química, Barranquilla, Colombia.

Contactos / Contacts: Geovanna TAFURT-GARCÍA - E-mail address: gtafurg@unal.edu.co

Abstract

This paper reports the identification of volatile components of the leaves, flowers, resin of the stem, and bark of the branches of the tree *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. collected from East Plains, Orinoquia, Colombia. The main constituents identified by GC-MS in the volatile fraction of the leaves were guaiol (14,4%), α -copaene (8,6%), 1,10-di-*epi*-cubenol (8,1%), β -cariophyllene (5,7%), and γ -cadinene (5,4%). Germacrene D (13,9%), germacrene B (13,4%), bicyclgermacrene (11,8%), and limonene (8,3%) were determined in the flowers, while *p*-cymene (30,1%), α -pinene (22,1%), and limonene (14,4%) were identified in the resin; finally, germacrene D (27,7%), 1,10-di-*epi*-cubenol (7,9%), guaiol (7,4%), and γ -cadinene (6,9%) were found in the bark. The analysis of the resin showed a high percent of monoterpenes (~60%); while the leaves presented a high content of oxygenated sesquiterpenes (~60%); flowers and bark showed a high composition of sesquiterpenes (40-50%).

Keywords: Arauca, Burseraceae, *Protium heptaphyllum*, Anime, SDE, volatile fraction.

Resumen

En este trabajo se reporta la identificación de los componentes volátiles de hojas, flores, resina del tallo y corteza de las ramas del árbol *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. recolectado en los Llanos Orientales, Orinoquia, Colombia. Los constituyentes mayoritarios identificados por GC-MS en la fracción volátil de las hojas fueron guaiol (14,4%), α -copaeno (8,6%), 1,10-di-*epi*-cubenol (8,1%), *trans*- β -cariofileno (5,7%) y γ -cadineno (5,4%). Germacreno D (13,9%), germacreno B (13,4%), bicilogermacreno (11,8%) y limoneno (8,3%) se determinaron en las flores, mientras que, *p*-cimeno (30,1%), α -pineno (22,1%) y limoneno (14,4%) se identificaron en la resina; finalmente, germacreno D (27,7%), 1,10-di-*epi*-cubenol (7,9%), guaiol (7,4%) y γ -cadineno (6,9%) se encontraron en la corteza. El análisis de la resina mostró un alto porcentaje de monoterpenos (~ 60%); mientras que, las hojas presentaron una alta proporción de sesquiterpenos oxigenados (~ 60%); las flores y la corteza mostraron una alta composición de sesquiterpenos (40-50%).

Palabras Clave: Arauca, Burseraceae, *Protium heptaphyllum*, Anime, SDE, fracción volátil.

Recibido | Received: 28 de Enero de 2012.

Aceptado en versión corregida | Accepted in revised form: 15 de Febrero de 2012.

Publicado en línea | Published online: 30 de Mayo de 2012.

Declaración de intereses | Declaration of interests: ambos autores agradecen a COLCIENCIAS por su apoyo económico a través de Beca Doctoral.

Este artículo puede ser citado como / This article must be cited as: Geovanna Tafurt-García, Amner Muñoz-Acevedo. 2012. Metabolitos volátiles presentes en *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. colectado en Tame (Arauca - Colombia). *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat* 11(3): 223 – 232.

Lista de abreviaciones: SDE - Destilación extracción simultánea con solvente; GC-MS - Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas; I_R: Índice de retención con programación lineal de temperatura; TIC - Corrientes iónicas totales reconstruidas; tr: compuesto presente en trazas; t_R: Tiempo de retención.

INTRODUCCIÓN

La familia Burseraceae es conocida por ser fuente de exudados y resinas con un alto contenido de compuestos aromáticos con aplicaciones en la medicina tradicional y la perfumería, entre otros usos. *Protium* es el género principal de la familia y está distribuido ampliamente en Suramérica, en particular en la región Amazónica. En las comunidades del Orinoco colombiano, la resina blancuzca que exuda el árbol *P. heptaphyllum* (nombres comunes: “Anime, Currusay, Matupa o Tacamahaco”), se usa para aliviar los dolores de cabeza, como repelente y fragancia (Acero, 2007, Rüdiger *et al.*, 2007).

El mayor número de especies de la familia Burseraceae, de acuerdo con las bases de datos del Herbario Nacional de Colombia, corresponden al género *Protium* (88), seguido del *Bursera* (23) y el *Trattinickia* (13) (Instituto de Ciencias Naturales, 2011). La mayoría de ejemplares del Herbario Nacional correspondientes a las especies *Protium* son de las regiones de la Amazonía y la Orinoquía Colombiana, siendo esta última región la de menor cantidad de reportes.

Las resinas, los aceites esenciales (AE) y los extractos crudos de hojas, cortezas y tallos de especies del género *Protium* han sido evaluados para valorar su potencial farmacológico y han mostrado actividades anti-inflamatoria, antinociceptiva, analgésica, expectorante, antitumoral, repelente, acaricida, antimalárica y como protector gástrico y hepático (Siani *et al.*, 1999; Susunaga *et al.*, 2001; Almeida *et al.*, 2002; Oliveira *et al.*, 2004 y 2005; Aragão *et al.*, 2006; Rüdiger *et al.*, 2007; Pinto *et al.*, 2008; Ramos, *et al.*, 2009; Hernández *et al.*, 2010).

En cuanto a la composición química, en la resina de *P. heptaphyllum* se han encontrado componentes como: α -pineno, α -terpineno, α -terpinoleno, mirceno, α -copaeno, γ -elemeno, δ -cadineno, *p*-cimenol, *p*-cimen-8-ol, limoneno y dillapiol (Rüdiger *et al.*, 2007), α - y β -amirina,

maniladiol y lupenona (Susunaga *et al.*, 2001; Almeida *et al.*, 2002; Oliveira *et al.*, 2005; Aragão *et al.*, 2006; Rüdiger *et al.*, 2007). Cumarinas, cumarinolignoides y lupeol se han aislado de hojas, tallos y corteza de esta especie (Almeida *et al.*, 2002).

Debido a la importancia cultural, al uso para el tratamiento de diferentes afecciones y a los relativamente escasos estudios fitoquímicos realizados para especies provenientes de la zona de Arauca (Orinoquía Colombiana), en este trabajo se reporta la identificación por GC-MS de los componentes volátiles, aislados por destilación extracción simultánea con solvente (SDE) de la resina, las hojas, las flores y la corteza de las ramas de *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March., la cual fue recolectada en las cercanías al municipio de Tame (departamento de Arauca, Llanos Orientales, Orinoquía, Colombia).

MATERIALES Y MÉTODOS

Reactivos

Los solventes utilizados fueron diclorometano (Riedel-Haen) y agua destilada. Sulfato de sodio anhidro (Biopack, grado analítico) se usó como agente deshidratante.

Material vegetal

Las muestras de resina, corteza de ramas, flores y hojas de la especie *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. (Figura 1), fueron recolectadas en la finca “La Mancha”, vía Puerto San Salvador, municipio de Tame (Arauca, Colombia) (coordenadas: 71°44' O, 6°27' N, 240 m). La identificación taxonómica (No. COL 557313) fue realizada por O. Rivera-Díaz, en el Herbario Nacional Colombiano del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia.

Destilación-extracción simultánea con solvente

La SDE se realizó en un equipo a microescala, con la modificación propuesta por M. Godefroot (Godefroot *et al.*, 1981). Se utilizaron aproximadamente 10 g del material vegetal (hojas secas, resina, flores frescas y corteza fresca de las ramas). El solvente de extracción, diclorometano (2 mL), se empleó durante 2 h para obtener la fracción volátil. El extracto obtenido se deshidrató con sulfato de sodio anhidro. Finalmente, 1 μ L del extracto se inyectó directamente al GC-MS.

Figura 1
Imágenes de *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March.



Cromatografía de gases-espectrometría de masas

La separación y análisis de los componentes presentes en los extractos se llevó a cabo en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 6890N acoplado a un detector selectivo de masas Agilent Technologies 5973N, con puerto de inyección *split/splitless* (relación *split* 15:1), sistema de inyección automática 7683 *Series Injector Agilent* y *software* para procesamiento de datos MSD *Productivity ChemStation*, con bibliotecas de espectros NIST02.L, NIST098.L, NIST05a.L. Se empleó una columna ZB-35 con fase estacionaria de 35%-fenil-65%-dimetilpolisiloxano de 30 m x 0,25 mm (d.i.) x 0,25 μ m (d_f) y helio (99,995%, *Cryogas S.A.*, Medellín, Colombia) como gas de arrastre (1,0 mL/min, 70 °C), con una presión de entrada en la cabeza de la columna de 8,31 psi. La temperatura del horno se programó desde 70°C (10 min), luego a 5°C/min hasta 150°C (19 min). Las temperaturas de la cámara de ionización y de la línea de transferencia fueron 230°C y 250°C, respectivamente. Los espectros de masas se generaron por ionización electrónica (EI, 70 eV) y analizador cuadrupolar. Las corrientes iónicas totales (TIC), se adquirieron por barrido automático de radiofrecuencia, en el intervalo de masas m/z 30-400.

Los componentes volátiles fueron identificados por comparación de sus espectros de masas con los de las bases de datos y por la determinación de los índices de retención con programación lineal de temperatura (Adams, 2004; Joulain & König, 1998; NIST Chemistry WebBook, 2011).

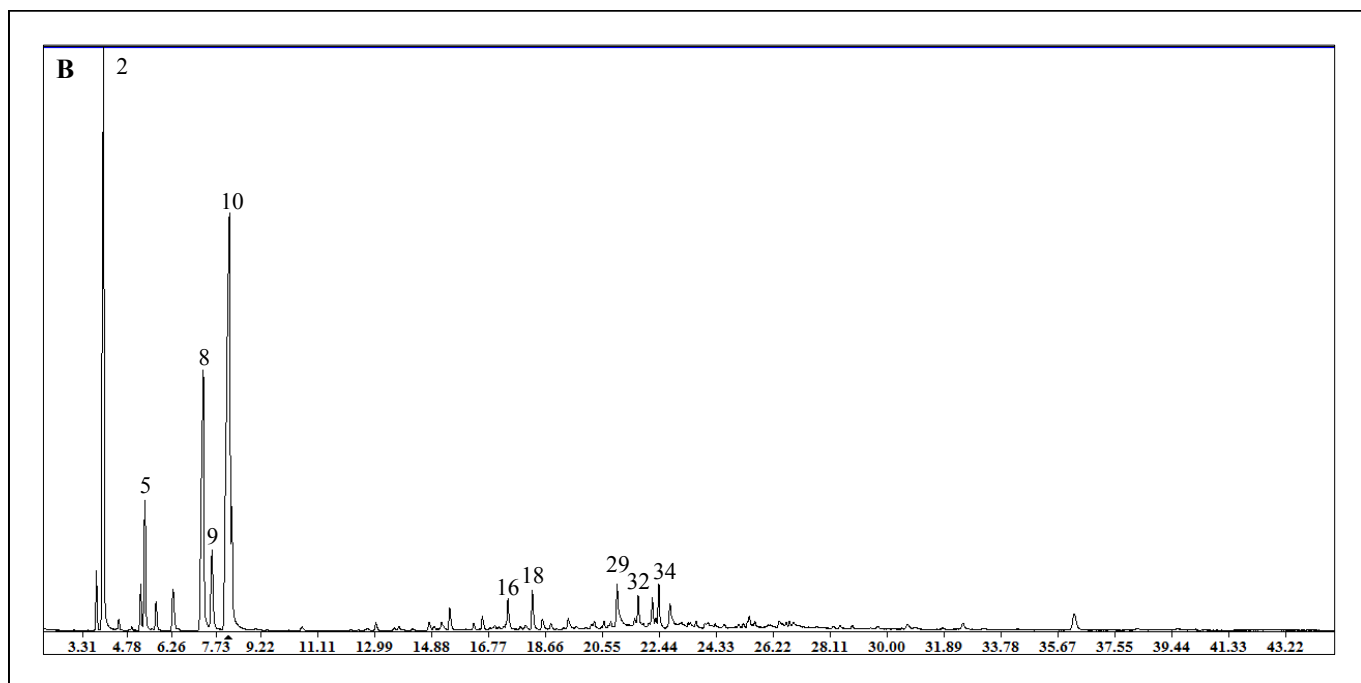
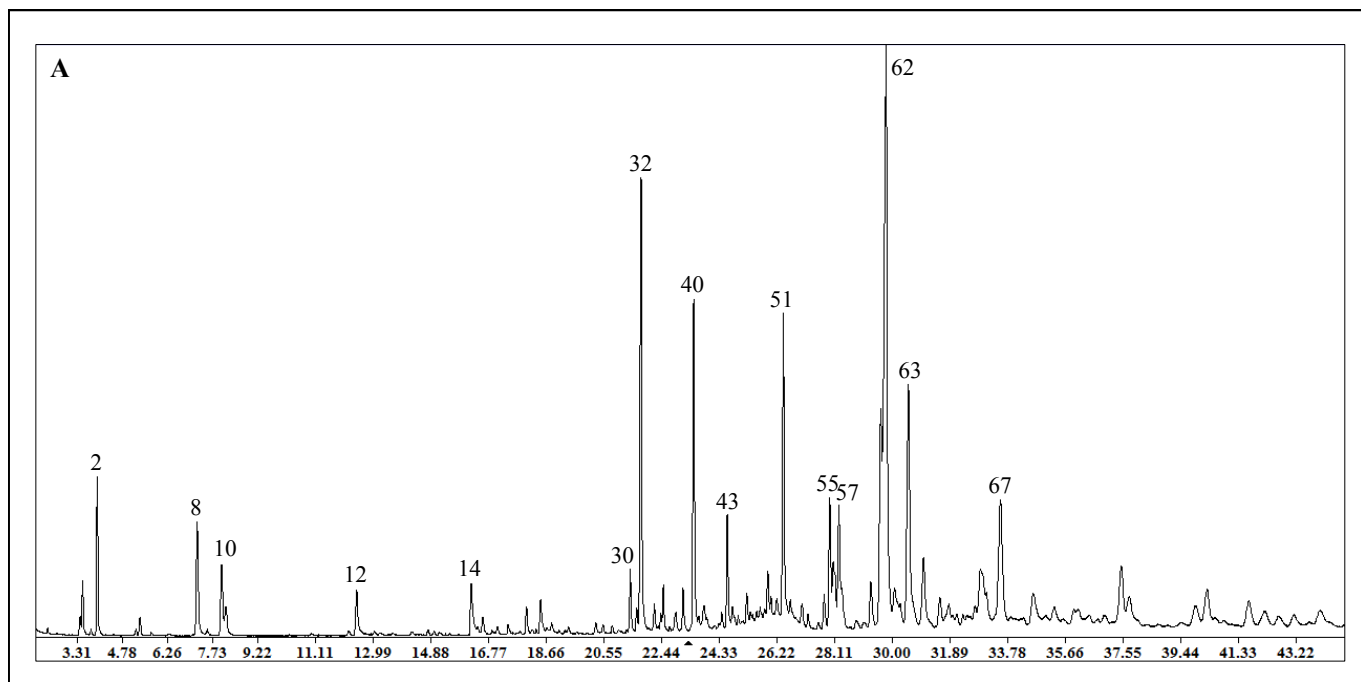
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 2 se muestran las TIC reconstruidas para los metabolitos secundarios presentes en las fracciones volátiles aisladas por SDE a partir de las hojas, la resina, las flores y la corteza de las ramas de *P. heptaphyllum*. En la Tabla 1, se registran los compuestos identificados, sus cantidades relativas y los índices de retención calculados y obtenidos de la literatura.

Entre los constituyentes mayoritarios identificados en las hojas de *P. heptaphyllum* se encontraron guaiol (14,4%), α -copaeno (8,6%) y 1,10-di-*epi*-cubenol (8,1%), mientras que, germacreno D (13,9%), germacreno B (13,4%), bicilogermacreno (11,8%) y limoneno (8,3%) se determinaron en las flores. En la resina se detectaron *p*-cimeno (30,1%), α -pineno (22,1%) y limoneno (14,4%), y de la corteza de las ramas se obtuvo germacreno D (27,7%), 1,10-di-*epi*-cubenol (7,9%), guaiol (7,4%) y γ -cadineno (6,9%). En general, el análisis de la fracción volátil de la resina indicó un alto contenido de monoterpenos (monocíclicos y bicíclicos > 50%), mientras que, las fracciones volátiles de las hojas, las flores y la corteza presentaron una mayor composición de sesquiterpenoides (> 80%). Los hidrocarburos sesquiterpénicos germacreno D, bicilogermacreno y germacreno B fueron los más representativos en las flores y la corteza. En la corteza y la resina se determinó el mayor contenido de monoterpenos oxigenados (> 10%). Las flores y la corteza presentaron una proporción de sesquiterpenos monocíclicos y bicíclicos mayor al 40%. Las hojas mostraron un contenido de sesquiterpenos oxigenados superior al 60%.

Figura 2

Corrientes iónicas totales reconstruidas obtenidas mediante análisis GC-MS a partir de las fracciones volátiles de *P. heptaphyllum* aislados por SDE. **A.** Hojas; **B.** Resina; **C.** Flores; y **D.** Corteza.



Continuación Figura 2.

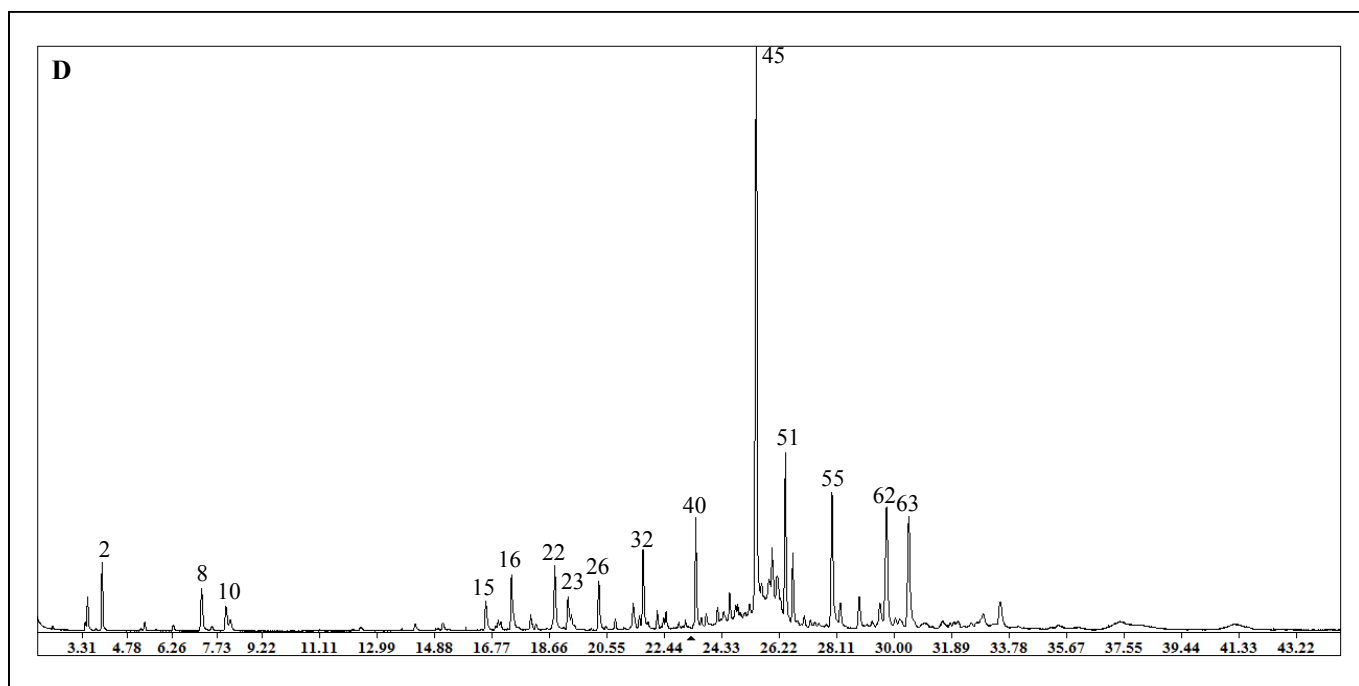
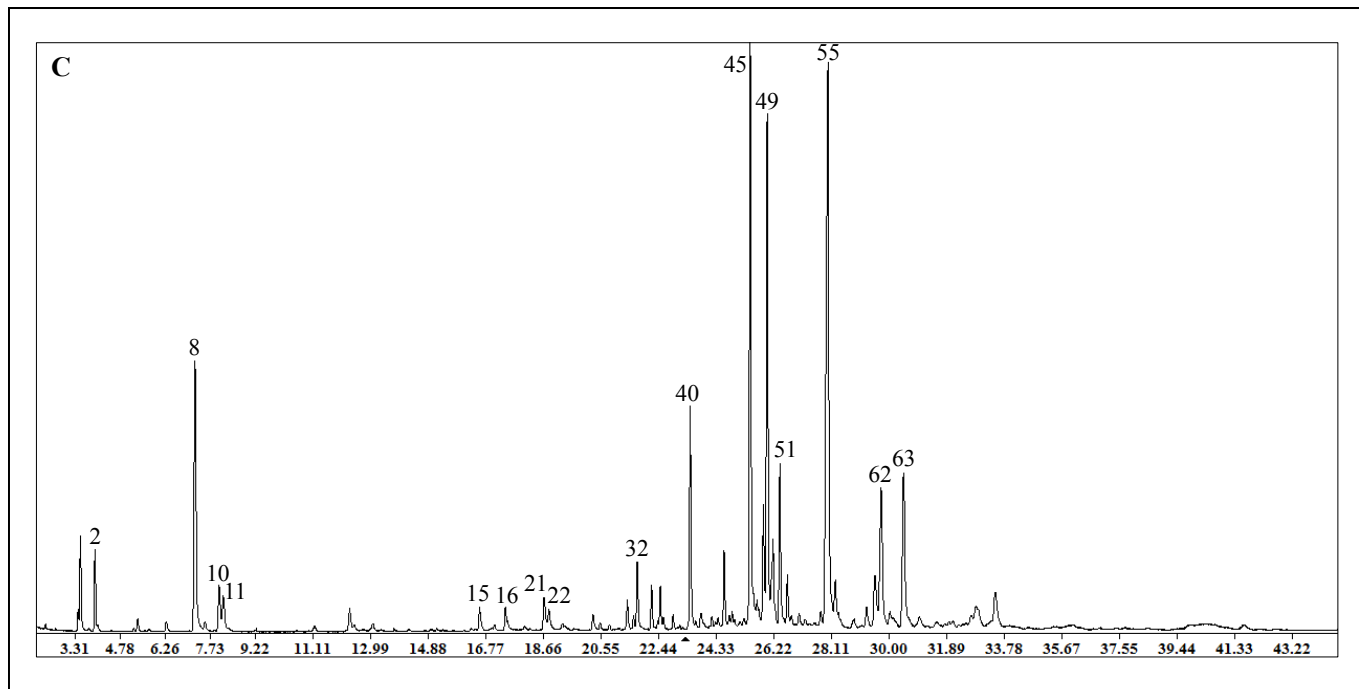


Tabla 1

Composición química de los extractos de *P. heptaphyllum* aislados por SDE establecida mediante análisis GC-MS.

Pico	t _R (min)	Compuesto	Cantidad relativa, %				I _R	
			Hojas	Resina	Flores	Corteza	Calculado ZB-35	Literatura HP-5
1	3,77	α -Tuyeno	tr	1,6	tr	tr	951	930
2	3,96	α-Pino	2,2	22,1	1,6	2,3	963	939
3	4,51	Canfeno	----	0,3	----	----	994	954
4	5,23	Sabineno	tr	1,4	tr	tr	1016	975
5	5,37	β -Pino	tr	4,5	tr	tr	1020	979
6	5,75	<i>p</i> -Ment-3-eno	tr	0,9	tr	tr	1030	988
7	6,30	α -Felandreno	----	1,9	tr	tr	1045	1003
8	7,24	Limoneno	2,5	14,4	8,3	2,3	1070	1029
9	7,60	β -Felandreno	tr	3,7	tr	tr	1080	1030
10	8,03	<i>p</i>-Cimeno	1,6	30,1	1,3	1,1	1092	1025
11	8,17	Eucaliptol	0,7	4,7	1,1	tr	1095	1031
12	12,46	Linalol	1,1	----	tr	tr	1174	1097
13	15,49	<i>trans</i> -Verbenol	----	0,9	----	----	1238	1145
14	16,21	Alcohol feniletílico	1,2	----	----	----	1256	1107
15	16,57	Terpinen-4-ol	tr	0,6	0,7	1,6	1265	1177
16	17,42	α -Terpineol	tr	1,4	0,7	3,1	1287	1189
17	18,02	Valerato de <i>cis</i> -3-hexenilo	0,5	----	tr	----	1302	1236
18	18,23	<i>cis</i> -Pinocarveol + <i>p</i> -Cimen-8-ol	tr	1,5	tr	tr	1308	1183-1184
19	18,48	α -Cianotolueno	0,7	----	----	----	1316	1145
20	18,56	Criptona + Tuyenal	----	0,5	----	----	1319	1186
21	18,69	Salicilato de metilo	tr	----	0,8	----	1322	1192
22	18,85	<i>trans</i> -Carveol	tr	tr	tr	3,5	1327	1217
23	19,28	<i>cis</i> -Carveol	tr	tr	tr	0,8	1341	1229
24	19,41	2,3-Pinenediol	tr	----	----	tr	1345	1320
25	19,42	Verbenona	----	0,5	----	----	1345	1205
26	20,28	Carvona	tr	tr	tr	2,3	1372	1243
27	20,55	δ -Elemeno	tr	tr	tr	tr	1380	1338
28	20,85	α -Cubebeno	tr	tr	tr	tr	1390	1351
29	21,04	Ascaridol	----	2,3	----	----	1396	1303
30	21,42	Ciclosativeno	1,1	----	0,7	1,4	1409	1371
31	21,63	α -Ylangeno	0,4	tr	tr	tr	1416	1375
32	21,77	α-Copaeno	8,6	1,0	1,6	3,3	1421	1377
33	22,21	β -Bourboneno	0,5	1,1	0,9	tr	1437	1388
34	22,42	β -Cubebeno	tr	1,5	tr	tr	1445	1388
35	22,50	β -Elemeno	0,7	----	0,7	tr	1447	1391
36	22,79	NI (M ⁺ : 204)	----	1,3	----	----	1458	----
37	22,90	Caproato de <i>cis</i> -3-hexenilo	tr	----	----	----	1462	1410
38	22,93	α -Gurjuneno	tr	----	tr	tr	1463	1410
39	23,14	<i>cis</i> - α -Bergamoteno	0,8	----	tr	tr	1471	1413

t_R: Tiempo de retención; I_R: Índices de retención experimentales calculados en columna ZB-35 y los reportados en la literatura para una columna HP-5; tr: compuesto presentes en trazas (< 0,5%); NI.: Compuesto no identificado.

Continuación **Tabla 1.**

Pico	t _R (min)	Compuesto	Cantidad relativa, %				I _R	
			Hojas	Resina	Flores	Corteza	Calculado ZB-35	Literatura HP-5
40	23,50	<i>trans</i> -β-Cariofileno	5,7	----	5,0	4,4	1483	1419
41	23,81	Indol + α-Guaieno	tr	----	tr	tr	1495	1291-1440
42	23,85	γ-Elemeno	tr	----	tr	----	1496	1437
43	24,60	α-Humuleno	1,9	----	1,5	1,0	1525	1455
44	25,23	γ-Muuroleno	0,5	----	tr	tr	1550	1480
45	25,43	Germacreno D	tr	0,5	13,9	27,7	1558	1494
46	25,63	γ-Amorfeno	----	----	tr	1,2	1566	1496
47	25,88	<i>trans, trans</i> -α-Farneseno	----	----	2,5	----	1576	1506
48	25,92	α-Muuroleno + Derivado de epóxido de italiceno	0,6	----	----	----	1578	1500
49	26,01	Biciclogermacreno	----	----	11,8	3,2	1581	1500
50	26,19	δ-Amorfeno + Germacreno A	----	----	2,9	----	1589	1512-1509
51	26,42	γ-Cadineno	5,4	----	3,6	6,9	1598	1514
52	26,66	δ-Cadineno	tr	----	0,9	2,8	1606	1539
53	27,77	<i>trans</i> -Calameneno + Sesquiterpeno oxigenado	0,7	----	----	----	1642	1529
54	27,92	<i>trans</i> -Nerolidol	0,7	----	8,9	3,2	1647	1563
55	27,96	Germacreno B	2,0	----	13,4	4,7	1648	1561
56	28,06	Elemol + Sesquiterpeno oxigenado	2,3	----	----	----	1651	1550
57	28,25	Ledol	3,8	----	2,0	1,4	1658	1569
58	28,85	NI (M ⁺ 204)	tr	----	tr	1,7	1677	----
59	29,30	Viridiflorol	1,2	----	tr	----	1692	1593
60	29,63	Espatuleno	5,6	----	2,0	1,7	1702	1578
61	29,70	Óxido de cariofileno	6,2	----	1,6	0,8	1703	1583
62	29,81	Guaiol	14,4	----	3,7	7,4	1706	1601
63	30,53	1,10-di-<i>epi</i>-Cubenol	8,1	----	5,9	7,9	1722	1619
64	31,02	Epóxido de humuleno II	2,6	----	tr	----	1733	1608
65	31,56	10- <i>epi</i> -γ-Eudesmol	0,7	----	tr	tr	1745	1624
66	32,89	β-Eudesmol + α-Cadinol	1,5	----	tr	tr	1774	1792-1654
67	33,54	Bulnesol	5,0	----	2,1	2,5	1789	1672
68	34,62	Eudesma-4(15),7-dien-1-b-ol + <i>cis</i> -Calamenen-10-ol	1,4	----	----	----	1808	1688-1661
69	36,21	NI (M ⁺ 222)	----	1,3	----	----	1831	----
70	37,49	Derivado de 8-α-11-elemodiol Sesquiterpeno oxigenado (M ⁺	2,5	----	----	----	1850	----
71	37,74	236)	1,8	----	----	----	1853	----
72	40,30	Sesquiterpeno oxigenado (M ⁺ 236)	1,4	----	----	----	1890	----
73	41,67	Sesquiterpeno oxigenado (M ⁺ 236)	1,3	----	----	----	1947	----

t_R: Tiempo de retención; I_R: Índices de retención experimentales calculados en columna ZB-35 y los reportados en la literatura para una columna HP-5; tr: compuesto presentes en trazas (< 0,5%); NI.: Compuesto no identificado.

Por otro lado, la resina, las flores y la corteza presentaron una alta proporción de hidrocarburos mono-, bi-, tri- y tetra-cíclicos (> 50%); la resina también presentó un contenido elevado de *p*-cimeno (hidrocarburo aromático, > 30%); las hojas mostraron una cantidad considerable de alcoholes, entre los que se encontraron viridiflorol, espatulenol, guaial, 1,10-di-*epi*-cubenol y bulnesol (alcoholes bicíclicos y tricíclicos, aproximadamente 40%). El único éter cíclico que se determinó fue el eucaliptol, hallado en la resina (4,7%). La cantidad establecida en cuanto a ésteres, aldehídos, cetonas, peróxidos, epóxidos y compuestos nitrogenados es nula o por el orden de las trazas.

La composición de la fracción volátil de la resina de *P. heptaphyllum* reportada en este trabajo posee similitudes con los reportes realizados por Bandeira *et al.*, 2001 y 2006; Rao *et al.*, 2007; Rüdiger *et al.*, 2007 y Amaral *et al.*, 2009, para el aceite esencial de la resina de la misma especie, en cuanto al alto contenido de monoterpenos y a la presencia de α -pineno, limoneno, *p*-cimeno y eucaliptol; sin embargo, se hallaron diferencias relacionadas con el componente mayoritario, los tipos de constituyentes y cantidades relativas, las que generalmente son atribuibles a la influencia de las condiciones agroecológicas sobre la fisiología de la planta y al método de extracción aplicado (Panda, 2000). Bandeira *et al.*, reportaron α -pineno, α -felandreno, limoneno y terpinoleno (mayoritario); Rao *et al.*, obtuvieron α -felandreno, α -terpineno y eucaliptol (mayoritario); y Amaral *et al.*, encontraron *trans*- β -ocimeno, eucaliptol, *p*-cimeno y limoneno (mayoritario). En la recopilación realizada por Rüdiger *et al.*, para *Protium* spp.: *heptaphyllum*, *apiculatum*, *baianus*, *grandifolium*, *hebetatum*, *icicariba*, *nitidifolium*, *paniculatum*, *spruceanum* y *strumosum*, aunque se muestran algunas similitudes en el tipo de monoterpenos, para la especie *P. heptaphyllum* también se reportó un mayor contenido de fenoles (carvacrol y eugenol) y de sesquiterpenos.

En la misma recopilación (Rüdiger *et al.*, 2007), para el análisis de la composición de la fracción volátil obtenida a partir de las hojas de *P. heptaphyllum*, se incluyó que las *Protium* spp.: *grandifolium*, *hebetatum*, *icicariba*, *ilewelyni*, *spruceanum*, *strumosum* y *unifoliolatum*, tuvieron semejanzas con lo reportado en este trabajo, en cuanto a la presencia de monoterpenos, sesquiterpenos (*e.g.* *p*-cimeno, limoneno, linalol, α -terpineol,

trans- β -cariofileno, germacreno D y B, α -copaeno), y alcoholes sesquiterpénicos (espatulenol, viridiflorol y ledol), estos últimos presentes para las especies *P. grandifolium*, *P. hebetatum*, *P. icicariba* y *P. strumosum*. El guaial determinado como componente de las fracciones volátiles de hojas (mayoritario), flores y corteza de la especie *P. heptaphyllum* de Tame-Arauca, no ha sido reportado en estudios anteriores; sin embargo, Rüdiger *et al.*, mostraron la presencia de este compuesto, únicamente para el aceite esencial y la cera epicuticular de *P. icicariba*. El guaial es un componente de alto valor en la industria de las fragancias. Además, tiene un alto potencial en el tratamiento de la melanogénesis, para aplicaciones estéticas, al producir mejoras en la apariencia luminosa de la piel (Werner *et al.*, 2008) y como precursor del guaiazuleno, al cual se le ha demostrado actividad anti-inflamatoria (Khan & Abourashed, 2010).

El alto contenido de monoterpenos presentes en la resina confirma su uso tradicional como material combustible por las propiedades de inflamabilidad que están relacionadas con este tipo de sustancias (Ormeño *et al.*, 2009). En general, tanto los usos tradicionales (Acero, 2007, Rüdiger *et al.*, 2007), como las propiedades anti-inflamatoria, antinociceptiva y repelente de insectos, entre otras, evaluadas para las *Protium* spp. (Siani *et al.*, 1999; Susunaga *et al.*, 2001; Rüdiger *et al.*, 2007) han sido relacionadas con el contenido de monoterpenoides y arilpropanoides (Siani *et al.*, 1999). Monoterpenoides como el α -felandreno y linalol han presentado propiedades antinociceptivas (Lima *et al.*, 2012; Peana *et al.*, 2006), el canfeno ha exhibido actividad hipolipidémica (Vallianou *et al.*, 2011) y el limoneno ha mostrado capacidad anti-aflatoxigénica (Singh *et al.*, 2010). Adicionalmente, sesquiterpenos como α -humuleno y *trans*-cariofileno han exhibido propiedades anti-inflamatorias y anticancerígenas (Fernandes *et al.*, 2007; Legault & Pichette, 2007) y el germacreno D ha sido utilizado como semioquímico con las polillas *Helicoverpa armígera* y *Heliothis virescens* (Straden *et al.*, 2002; Mozuraitis *et al.*, 2002).

CONCLUSIONES

La importancia de este trabajo radica en que se constituye en el primer reporte que se ha realizado sobre la composición de las fracciones volátiles obtenidas por SDE, de partes aéreas de *P. heptaphyllum* nativa de Tame (Arauca, Colombia),

zona con características agroecológicas excepcionales debido a su cercanía al Parque Nacional Natural “El Cocuy”. El guaiol que fue detectado por primera vez en hojas, flores y corteza, le proporciona a la especie analizada un alto valor agregado y gran potencial para su uso en el desarrollo agroindustrial autosostenible de la región. La composición encontrada en la resina de *P. heptaphyllum* presentó el patrón característico para las resinas de las *Protium* spp., en cuanto a la presencia de *p*-cimeno, α -pineno y limoneno.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Profesor Dr. Néstor Fernando Pérez Buitrago y al Ingeniero Agrónomo Jorge Hernández Siculaba, por su colaboración y compañía en estas primeras salidas de campo en el departamento de Arauca. G.T.-G. y A.M.-A. agradecen a Colciencias por su apoyo económico a través de beca doctoral.

REFERENCIAS

- Acero LE. 2007. **Plantas útiles de la cuenca del Orinoco**. Segunda edición. Corporinoquia. Ecopetrol. Bogotá. Colombia.
- Adams RP. 2004. **Identification of essential oil components by gas chromatogram-phy/quadrupole mass spectroscopy**. Ed. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, Illinois.
- Almeida EX, Conserva LM, Lemos RPL. 2002. Coumarins, coumarinolignoids and terpenes from *Protium heptaphyllum*. **Biochem Syst Ecol** 30: 685 - 687.
- Amaral MPM, Braga FAV, Passos FFB, Almeida FRC, Oliveira RCM, Carvalho AA, Chaves MH, Oliveira FA. 2009. Additional evidence for the anti-inflammatory properties of the essential oil of *Protium heptaphyllum* resin in mice and rats. **Lat Am J Pharm** 28: 775 - 782.
- Aragão GF, Carneiro LMV, Vieira APF Jr, Bandeira PN, Lemos TLG, Viana GS. 2006. A possible mechanism for anxiolytic and antidepressant effects of alpha- and beta-amyrin from *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. **Pharmacology Biochem Behav** 85: 827 - 834.
- Bandeira PN, Machado MIL, Cavalcanti FS, Lemos TLG. 2001. Essential oil composition of leaves, fruits and resin of *Protium heptaphyllum* (Aubl.) March. **J Essent Oil Res** 13: 33 - 34.
- Bandeira PN, Fonseca AM, Costa SMO, Lins MUDS, Pessoa ODL, Monte FJQ, Nogueira NAP, Lemos TLG. 2006. Antimicrobial and antioxidant activities of the essential oil of resin of *Protium heptaphyllum*. **Nat Prod Commun** 1: 117 - 120.
- Fernandes ES, Passos GF, Medeiros R, da Cunha FM, Ferreira J, Campos MM, Pianowski LF, Calixto JB. 2007. Anti-inflammatory effects of compounds alpha-humulene and (-)-trans-caryophyllene isolated from the essential oil of *Cordia verbenacea*. **Eur J Pharmacol** 569: 228 - 236.
- Godefroot M, Sandra P, Verzele M. 1981. New method for quantitative essential oil analysis. **J Chromatogr A** 203: 325 - 335.
- Hernández L, Mangas S, Palazón J, Navarro A. 2010. Valuable medicinal plants and resins: Commercial phytochemicals with bioactive properties. **Ind Crop Prod** 31: 476 - 480.
- Instituto de Ciencias Naturales. 2011. **Herbario Nacional de Colombia**. [En línea]. <http://www.biovirtual.unal.edu.co/ICN/>
- Joulian D, König WA. 1998. **The atlas of spectral data of sesquiterpenes hydrocarbons**. Ed. E.B.-Verlag, Hamburg, Germany.
- Khan IA, Abourashed EA. 2010. **Leung's encyclopedia of common natural ingredients used in food, drugs, and cosmetics**. 3rd Ed. Ed John Wiley & Sons, New Jersey, USA.
- Legault J, Pichette A. 2007. Potentiating effect of beta-caryophyllene on anticancer activity of alpha-humulene, isocaryophyllene and paclitaxel. **J Pharm Pharmacol** 59: 1643 - 1647.
- Lima DF, Brandao MS, Moura JB, Leitao JMRS, Carvalho FAA, Miura LMCV, Leite JRSA, Sousa DP, Almeida FRC. 2012. Antinociceptive activity of the monoterpene α -phellandrene in rodents: possible mechanisms of action. **J Pharm Pharmacol** 64: 283 - 292.
- Mozuraitis R, Strandén M, Ramirez MI, Borg-Karlson AK, Mustaparta H. 2002. (-)-Germacrene D increases attraction and oviposition by the tobacco budworm moth *Heliothis virescens*. **Chem Senses** 27: 505 - 509.
- NIST Chemistry WebBook. 2011. **National Institute of Standards and Technology**. [En línea] <http://webbook.nist.gov/chemistry/> [Consultado Julio - diciembre 2011].
- Oliveira FA, Vieira GM Jr, Chaves MH, Almeida, FRC, Florêncio MG, Lima RCP Jr, Silva RM,

- Santos FA, Rao VSN. 2004. Gastroprotective and anti-inflammatory effects of resin from *Protium heptaphyllum* in mice and rats. **Pharmacol Res** 49: 105 - 111.
- Oliveira FA, Costa CLS, Chaves MH, Almeida FRC, Cavalcante IJM, Lima AF, Lima RCP Jr, Silva RM, Campos AR, Santos FA, Rao VSN. 2005. Attenuation of capsaicin-induced acute and visceral nociceptive pain by α - and β -amyrin, a triterpene mixture isolated from *Protium heptaphyllum* resin in mice. **Life Sci** 77: 2942 - 2952.
- Ormeño E, Céspedes B, Sánchez IA, Velasco-García A, Moreno JM, Fernandez C, Baldy V. 2009. The relationship between terpenes and flammability of leaf litter. **Forest Ecol Manag** 257: 471 - 482.
- Panda H. 2000. **Medicinal plants cultivation and their uses**. Asia Pacific Business Press Inc., Delhi, India.
- Peana AT, Marzocco S, Popolo A, Pinto A. 2006. (-)-Linalool inhibits in vitro NO formation: Probable involvement in the antinociceptive activity of this monoterpene compound. **Life Sci** 78: 719 - 723.
- Pinto SAH, Pinto LMS, Cunha GMA, Chaves MH, Santos FA, Rao VS. 2008. Anti-inflammatory effect of α , β -Amyrin, a pentacyclic triterpene from *Protium heptaphyllum* in rat model of acute periodontitis. **Inflammopharmacology** 16: 48 - 52.
- Ramos SCS, de Oliveira JCS, da Câmara, CAG, Castelar I, Carvalho AFFU, Lima-Filho JV. 2009. Antibacterial and cytotoxic properties of some plant crude extracts used in Northeastern folk medicine. **Braz J Pharmacogn** 19: 376 - 381.
- Rao VS, Maia JL, Oliveira FA, Lemos TLG, Chaves MH, Santos FA. 2007. Composition and antinociceptive activity of the essential oil from *Protium heptaphyllum* resin. **Nat Prod Commun** 2: 1199 - 1202.
- Rüdiger AL, Siani AC, Veiga Junior VF 2007. The Chemistry and pharmacology of the South America genus *Protium* Burm. f. (*Burseraceae*). **Phcog Rev** 1: 93 - 104.
- Siani AC, Ramos MFS, Menezes Junior O, Ribeiro R, Fernandez E, Soares ROA, Rosas EC, Susunaga GS, Guimaraes AC, Zoghbi MGB, Henriques MGMO. 1999. Evaluation of anti-inflammatory-related activity of essential oils from the leaves and resin of species of *Protium*. **J Ethnopharmacol** 66: 57 - 69.
- Singh P, Shukla R, Prakash B, Kumar A, Singh S, Mishra PK. 2010. Chemical profile, antifungal, antiaflatoxicogenic and antioxidant activity of *Citrus maxima* Burm. and *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. essential oils and their cyclic monoterpene, DL-limonene. **Food Chem Toxicol** 48: 1734 - 1740.
- Stranden M, Borg-Karlson AK, Mustaparta H. 2002. Receptor neuron discrimination of the germacrene D enantiomers in the moth *Helicoverpa armigera*. **Chem Senses** 27: 143 - 152.
- Susunaga GS, Siani AC, Pizzolatti MG, Yunes RA, delle Monache F. 2001. Triterpenes from the resin of *Protium heptaphyllum*. **Fitoterapia** 72: 709 - 711.
- Vallianou I, Peroulis N, Pantazis P, Hadzopoulou-Cladaras M. 2011. Camphene, a plant-derived monoterpene, reduces plasma cholesterol and triglycerides in hyperlipidemic rats independently of HMG-CoA reductase activity. **Plos One** 6: e20516.
- Werner B, Gerd H, Dietmar O. 2008. [En línea]. <http://www.wikipatents.com/US-Patent-7425320/use-of-guaiol-for-treating-the-skinPatent-7425320> [Consultado agosto 2011].