

Composición química de los aceites esenciales de las hojas de *Helicteres guazumifolia* (Sterculiaceae), *Piper tuberculatum* (Piperaceae), *Scoparia dulcis* (Arecaceae) y *Solanum subinerme* (Solanaceae), recolectadas en Sucre, Venezuela

Gabriel Ordaz¹, Haydelba D'Armas², Dayanis Yáñez¹ & Shailili Moreno²

1. Departamento de Ciencias, Sección de Química, Núcleo de Monagas, Universidad de Oriente. Maturín 6201, estado Monagas, Venezuela; gabrieljordazgonz@yahoo.com
2. Departamento de Química, Escuela de Ciencias, Núcleo de Sucre, Universidad de Oriente. Cumaná 6101, estado Sucre, Venezuela; haydelba@yahoo.com

Recibido 22-III-2010. Corregido 03-X-2010. Aceptado 05-XI-2010.

Abstract: Chemical composition of essential oils from leaves of *Helicteres guazumifolia* (Sterculiaceae), *Piper tuberculatum* (Piperaceae), *Scoparia dulcis* (Arecaceae) and *Solanum subinerme* (Solanaceae) from Sucre, Venezuela. Essential oils, biosynthesized and accumulated in aromatic plants, have a wide range of applications in the pharmaceutical health, cosmetics, food and agricultural industry. This study aimed to analyze the secondary metabolites in some plant species in order to contribute to their chemotaxonomy. Leaves from *Helicteres guazumifolia*, *Piper tuberculatum*, *Scoparia dulcis* and *Solanum subinerme* were collected and their essential oils were obtained by means of hydro-distillation. The oil fraction was analyzed and identified by GC/MS. The extraction yields were of 0.004, 0.032, 0.016 and 0.005%, and the oil constituents of 88.00, 89.80, 87.50 and 89.47%, respectively. The principal oils found were: non-terpenoids volatile secondary metabolites (30.28%) in *H. guazumifolia*; sesquiterpenoids (20.82 and 26.09%) and oxygen derivated (52.19 and 25.18%) in *P. tuberculatum* and *S. dulcis*; and oxygen diterpenoids (39.67%) in *S. subinerme*. The diisobutylphtalate (13.11%) in *H. guazumifolia*, (-)-spathulenol (11.37%) in *P. tuberculatum* and *trans*-phytol (8.29 and 36.00%) in *S. dulcis* and *S. subinerme*, were the principal constituents in their respective essential oils. The diisooctylphtalate were the essential oil common to all species, but the volatile compounds such as *trans*-pinane, L-linalool, β -ionone, isophytol, neophytadiene, *trans*-phytol, dibutylphtalate and methyl hexadecanoate, were only detected in three of these essences. This suggests that these plants may require similar secondary metabolites for their ecological interactions, possibly due to common environmental factors. Rev. Biol. Trop. 59 (2): 585-595. Epub 2011 June 01.

Key words: essential oils, hydrodistillation, gas chromatography-mass spectrometry, *Piper tuberculatum*, *Helicteres guazumifolia*, *Solanum subinerme*, *Scoparia dulcis*.

Los organismos vivos, principalmente las plantas, han constituido la fuente principal de productos naturales de uso medicinal. Estos compuestos, conocidos también como metabolitos secundarios, se considera que responden a condiciones ambientales de estrés o que son una manifestación de la individualidad del organismo que los contiene y, generalmente, están relacionados con la interacción con otros

organismos (función ecológica, no fisiológica), tales como la reproducción, la comunicación, la competencia y la protección contra la depredación y la infección (Gros *et al.* 1985, Marcano & Hasegawa 2002).

Los aceites esenciales son el producto final del metabolismo secundario de las plantas (Alzamora *et al.* 2001); y están constituidos por una variedad de constituyentes químicos

volátiles, principalmente terpenoides, así como compuestos aromáticos y alifáticos que le proporcionan características como olor, sabor y actividad biológica. Son biosintetizados por plantas aromáticas y pueden obtenerse de cualquier órgano de la misma (hojas, raíces, tallo, flores, capullos, etc.), y tienen gran aplicación en la industria farmacéutica, sanitaria, cosmética, agrícola y de alimentos (Bakkali *et al.* 2008).

Las especies del género *Piper* (Piperaceae) se encuentran ampliamente distribuidas en las regiones tropicales y subtropicales del mundo, muchas de las cuales se consideran plantas medicinales en Latinoamérica y la región de las Indias Occidentales (Bezerra *et al.* 2008). Los estudios químicos sobre especies de este género, incluyendo *P. tuberculatum* Jacq., han permitido el aislamiento de varios productos naturales biológicamente activos y sus aceites esenciales han sido ampliamente caracterizados, evaluando sus propiedades bioactivas como actividad antimicrobiana, antimutagénica, antioxidante y larvicida, entre otras (Facundo & Morais 2005, Delgado & Cuca 2007, Morais *et al.* 2007, Guerrini *et al.* 2009).

El género *Helicteres* ha sido, tal vez, el más estudiado de la familia Sterculiaceae, se han aislado compuestos con propiedades analgésicas, anti-inflamatorias, antibacteriales y antidiabéticas, entre otras (Ramesh & Yuvarajan 1995, Chakrabarti *et al.* 2002, Chen *et al.* 2006, Tarache 2007). En Venezuela, este género está representado por siete especies, de las cuales *H. baruensis* Jacq. y *H. guazumifolia* Kunth (“Guácimo tornillo”) presentan la mayor distribución, extendiéndose desde los estados centro-occidentales hasta los orientales (Rondón & Cumana-Campos 2007).

La especie *Scoparia dulcis* Linn (Scrophulariaceae, “Anisillo”) se conoce por su utilización en el tratamiento de la diabetes (Latha *et al.* 2004). Alborno (1997) ha informado de su uso tradicional como antiespasmódico, digestivo y tónico estomacal. Mientras que de la especie *Solanum subinerme* (Solonaceae, “Cojón de gato”) no se tienen informes de estudios fitoquímicos.

En tal sentido, se propuso obtener los aceites esenciales de las hojas de las plantas *P. tuberculatum*, *H. guazumifolia*, *S. dulcis* y *S. subinerme*, y caracterizarlos mediante CG/EM, con el propósito de obtener la información más completa posible sobre sus metabolitos secundarios volátiles y realizar un aporte a la quimiotaxonomía de estas especies recolectadas en latitudes venezolanas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección e identificación de las plantas: Las muestras de las plantas *P. tuberculatum*, *H. guazumifolia*, *S. subinerme* y *S. dulcis* fueron recolectadas en la localidad de Camacure (carretera Cumaná – San Juan), estado Sucre, Venezuela, aproximadamente entre 10°19' N-64°09' W y 10°20' N-64°11' W, en febrero de 2008 (período de sequía). La identificación de las especies se realizó en el herbario Isidro Ramón Bermúdez Romero (IRBR) del Departamento de Biología del Núcleo de Sucre de la Universidad de Oriente, Venezuela, usando como referencia los catálogos 0038 (Cumana-Campos) para *P. tuberculatum*, 008 y 012 (Rondón) para *H. guazumifolia*, 1103 (Cumana-Campos) para *S. subinerme* y 074 (Freites) para *S. dulcis*.

Obtención del aceite esencial: Para cada una de las plantas en estudio, se separaron las hojas frescas y se cortaron en pequeños trozos para un total de 250g cada una, los cuales se sometieron a hidrodestilación en balones de 4L, empleándose 2L de agua para cada una de las especies. Seguidamente, se separaron los constituyentes insolubles de la fase acuosa mediante extracción con cloroformo al 100%. En cada caso, la fase orgánica de la extracción se secó con sulfato de sodio anhidro (5g/100ml de solvente) y, por evaporación del solvente a presión reducida (aprox. 11mbar) y temperatura ambiente (25°C) en un rotaevaporador marca Hidolph, se obtuvieron finalmente los aceites esenciales de cada una de las especies.

Determinación de la composición del aceite esencial: La identificación de los constituyentes presentes en el aceite esencial de cada especie se realizó mediante Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (CG/EM). Para la separación de los componentes se preparó una solución con 20-30 μ l del aceite en 1ml de cloroformo grado HPLC, seguidamente se inyectó 1 μ l de la solución en un cromatógrafo de gases marca Hewlett-Packard modelo 5890, serie II, con fuente de ionización por impacto electrónico de 70 eV, equipado con una columna de 25m \times 0.18mm D.I \times 0.18mm de espesor. La temperatura inicial del horno fue de 70°C con una rampa de 10°C por minuto hasta llegar a 300°C. Cada corrida cromatográfica se realizó en un lapso de 33min aproximadamente. El cromatógrafo de gases está acoplado con un espectrómetro de masas marca Hewlett-Packard modelo 5971 A. Los experimentos se realizaron por triplicado.

La cuantificación de los componentes del aceite esencial de cada una de las plantas en

estudio fue establecido con base en las áreas relativas de cada pico, según el criterio cromatográfico. La identificación de los componentes se realizó por comparación computarizada de los espectros de masas obtenidos con las bases de datos de las librerías WILEY 138 L y WILEY 275 L.

RESULTADOS

Rendimiento de los aceites esenciales: El proceso de hidrodestilación permitió obtener 80.4 (0.032%), 9.2 (0.004%), 13.6 (0.005%) y 38.8mg (0.016%) de aceite esencial, a partir de 250g de las hojas frescas de las plantas *P. tuberculatum*, *H. guazumifolia*, *S. subinermis* y *S. dulcis*, respectivamente.

Composición química de los aceites esenciales: Los constituyentes químicos identificados en los aceites esenciales de las hojas de las plantas en estudio se presentan en el Cuadro 1. De *Helicteres guazumifolia* se identificaron

CUADRO 1
Composición química de los aceites esenciales de las hojas de las diferentes especies

TABLE 1
Chemical composition of the essentials oils from the leaf of the different species

Constituyente	<i>H. guz</i>	<i>P. tub</i>	<i>S. dul</i>	<i>S. sub</i>
Monoterpenos				
(-)- <i>trans</i> -pinano	1.85		0.89	0.59
(<i>E</i>)-citral	2.08			
1,5-dimetil-7-oxabicyclo[4,1,0]heptano		0.17		0.17
1-metil-4-(1-metilciclopropil)bicyclo[4,1,0]heptano	0.90			
carona	0.67			
dihidroactinidiolido	2.71			
<i>L</i> -linalool		0.11	1.32	0.44
mirtanal	0.32			
nerol	0.52		0.16	
<i>p</i> -ment-8-en-10-ol		1.30		
<i>trans</i> -geraniol			1.93	1.49
α -terpineol		0.29	1.10	
Sesquiterpenos				
(-)-epóxido de humuleno II		6.04	4.33	
(-)-espatulenol		11.37		
(-)-óxido de cariofileno		1.53	7.91	

CUADRO 1 (Continuación)
Composición química de los aceites esenciales de las hojas de las diferentes especies

TABLE 1 (Continued)
Chemical composition of the essentials oils from the leaf of the different species

Constituyente	<i>H. guz.</i>	<i>P. tub</i>	<i>S. dul</i>	<i>S. sub</i>
(-)-T-Muurolol			2.81	
(-)-β-bouboneno		1.16	0.88	
(1R,2SR)-2-hidroxi-2,4,4-trimetil-3-(3-metil-3-buteniliden)ciclopentil metil cetona		2.68		
(2-cis,6-trans)-farnesal // (Z,E)-farnesal		0.25	0.26	
(E)-geranilacetona	1.09			1.06
1,4-cis-1,7-trans-acorenona			2.61	
1-allo-aromadendreno		0.90		
3-hidroxi-β-damascona				2.19
3-metilbutanoato de citronelilo			0.89	
4,8,8-trimetil-3-oxa-biciclo[5,4,0]undeca-1,7-dieno		0.84		
6-hidroxi-2,2,6-trimetil-1-(3-oxo-1-butenil)biciclo[2,1,1]hexan-5-ona		1.40		
7-acetil-2-hidroxi-2-metil-5-isopropilbiciclo[4,3,0]nonano			1.55	
8-acetil-3,3-epoximetano-6,6,7-trimetilbiciclo[5,1,0]octan-2-ona		2.11		
aristoleneóxido		1.99		
cariofila-3,8(13)-dien-5β-ol		1.13		
cariofilenol II			2.38	
copane				0.84
dihidroactinidiolido				1.19
dihidro-neocloveno-(I)		2.10		
dihidro-β-ionona		1.03		
epiglobulol		2.14		
farnesol	0.25			0.34
globulol		1.52		
hexahidrofarnesol	0.60			
ledano		3.62		
Ledol		1.44		
nor-copaanona		1.14		
<i>trans</i> -cariofileno			3.66	
<i>trans</i> -octahidro-4a,7,7-trimetil-2(1H)-naftalenona			1.13	
viridiflorol		1.32		
α-cadineno	0.58			
α-cadinol		2.86		
α-copaeno		1.31		
α-cubebeno		0.29	1.49	
α-farneseno		6.22	2.86	
α-humuleno			3.01	
α-muuroleno			1.84	
β-cadineno		1.72		
β-cedrenóxido		2.96		
β-damascenone				1.23
β-eudesmol		4.36		

CUADRO 1 (Continuación)
Composición química de los aceites esenciales de las hojas de las diferentes especies

TABLE 1 (Continued)
Chemical composition of the essentials oils from the leaf of the different species

Constituyente	<i>H. guz.</i>	<i>P. tub</i>	<i>S. dul</i>	<i>S. sub</i>
β -ionona	2.61	1.26		1.73
β -oplophenone			1.04	
γ -cadineno			4.86	
γ -gujuneno			0.98	
γ -muuroлено		0.28	1.32	
δ -cadineno		1.33	3.17	
T-cadinol	0.59			
Diterpenos				
(E,E)-farnesilacetona		3.55		
(E,E,E)-3,7,11,15-tetrametilhexadeca-1,3,6,10,14-pentaeno				1.85
5,9-dimetil-4,10-octadecadieno				4.18
acetato de fitol				0.63
hexahidrofarnesil acetona	4.44		1.22	
isofitol	3.76		1.07	1.22
isómero del fitol (3,7,11,15-tetrametil-2-hexadecen-1-ol)	0.50		0.19	1.82
linoleato de 2-cloroetilo	6.23			
linoleato de etilo	0.91			
neofitadieno	2.00		0.99	8.32
<i>trans</i> -fitol	1.50		8.29	36.00
Triterpenos				
escualeno			0.53	
10-demetilescualeno	0.27			
Aromáticos				
2,3-dihidrobenzofurano			4.48	
3-etil-4-metil-1H-pirrol-2,5-diona				0.64
4-norpiridoxol		2.26		
acetato de eugenilo	0.96			0.76
calacoreno		0.52	0.45	
cis-isoegenol	2.10			1.07
dibutilftalato		2.84	6.55	5.37
diisobutilftalato	13.11			
diisooctilftalato	2.55	0.14	0.47	0.74
eugenol			5.60	
melitol	0.80			
<i>p</i> -vinilfenol			1.20	
Hidrocarburos y otros metabolitos secundarios				
(R)-(-)-(Z)-14-metil-8-hexadecen-1-ol				0.87
(Z)-3-hexen-1-ol	1.06			
1-heptadeceno	3.29			
2-(4-octen-4-il)-5-cicloocten-1-ona		1.88		
2-pentadecanona		4.06		
2-tridecanona		4.27		

CUADRO 1 (Continuación)
Composición química de los aceites esenciales de las hojas de las diferentes especies

TABLE 1 (Continued)
Chemical composition of the essentials oils from the leaf of the different species

Constituyente	<i>H. guz.</i>	<i>P. tub</i>	<i>S. dul</i>	<i>S. sub</i>
3,7-dimetil-9-nonadeceno				1.22
3-metil-2-pentil-2-ciclopentil-2-ciclopenten-1-ona		1.41		
9,12,15-octadecatrienal	1.99			
acetato de (Z)-5-tetradecenoilo		1.44		
ácido heptadecanoico				1.00
ácido láurico	1.12			
ácido nonanoico	3.70			
ácido octanoico	0.90			
ácido oleico (ác. (Z)-9-octadecenoico)			0.92	
ácido <i>trans</i> -2-hexenoico	1.63			
dihexil éter	1.14			
eicosano	0.30			0.24
etilmetilmaleimida	2.99			
heneicosano	0.59		1.91	
heptadecano	0.95			0.59
hexadecano	0.50			0.81
hexadecanoato de metilo	2.11		1.21	2.46
hexadecanol				2.70
hexametilciclotrisiloxano				0.41
miristaldehído	1.33			1.26
nonacosano	1.00		1.38	
pentadecanal	9.33			
pentadecilciclohexano	0.79			
tetradecanol				1.57
<i>trans</i> -2-nonadeceno				3.35
tricosano			0.76	0.45
Total	88.62	92.54	91.60	90.16
Rendimiento	0.032	0.004	0.005	0.016

H. gua.: *Helicteres guazumifolia*; *P. tub.*: *Piper tuberculatum*; *S. dul.*: *Scoparia dulcis*; *S. sub.*: *Solanum subinerme*

88.00% de los constituyentes (44 de 50), lo cual representa el 88.62% en masa del aceite esencial. Asimismo, se identificó el 89.80% (44 de 49) de los constituyentes de *Piper tuberculatum*, que se corresponde con el 92.54% en masa. Para *Scoparia dulcis* se identificaron el 87.50% (42 de 48, 91.60% en masa) y para *Solanum subinerme* el porcentaje identificado fue de 89.47% (34 de 38, 90.16% en masa).

La proporción de las diferentes familias químicas que componen los aceites esenciales obtenidos de las hojas de las cuatro plantas en estudio, se muestran en la Fig. 1. La familia química predominante en el aceite esencial de *H. guazumifolia*, fueron metabolitos secundarios volátiles de estructura no terpenoidal (30.28%), seguido por derivados aromáticos (21.84%) y derivados oxigenados de diterpenos (17.99%).

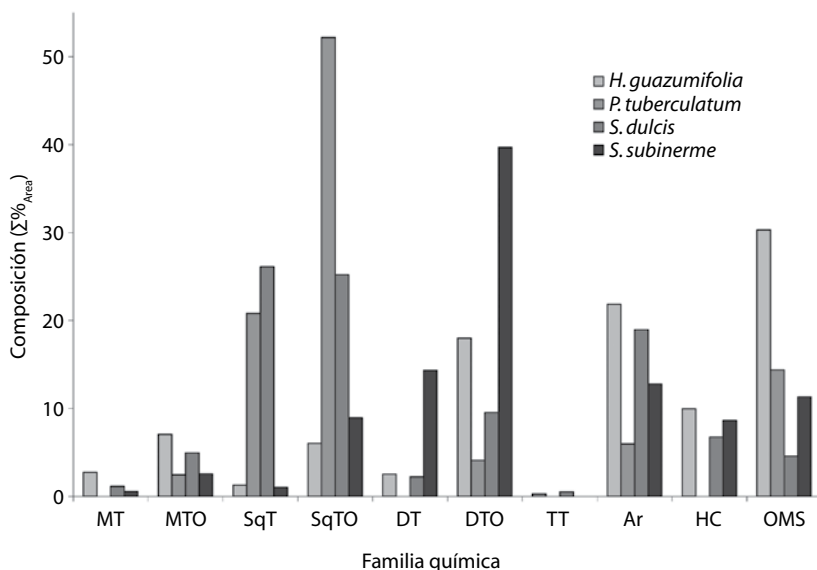


Fig. 1. Distribución de las familias químicas en los aceites esenciales de las hojas de las plantas (MT: monoterpenos, MTO: monoterpenos oxigenados, SqT: sesquiterpenos, SqTO: sesquiterpenos oxigenados, DT: diterpenos, DTO: diterpenos oxigenados, TT: triterpenos, Ar: derivados aromáticos, HC: hidrocarburos no terpenoidales, OMS: otros metabolitos secundarios no terpenoidales).

Fig. 1. Chemicals family distribution in the essentials oils from the leaf of the plants. (MT: monoterpenes, MTO: oxigenates monoterpenes, SqT: sesquiterpenes, SqTO: oxigenates sesquiterpenes, DT: diterpens, DTO: oxigenates diterpens, TT: triterpens, Ar: aromatics derivates, HC: non-terpenoids hydrocarbons, OMS: other non-terpenoids secondary metabolites).

Mientras que, los aceites esenciales de las especies *P. tuberculatum* y *S. dulcis* se componen principalmente de sesquiterpenos (20.82 y 26.09%) y derivados oxigenados de los mismos (52.19 y 25.18%), encontrándose también en alta proporción otro tipo de metabolitos volátiles (cetonas no terpenoides) en la especie *P. tuberculatum* (14.39%) y derivados aromáticos en *S. dulcis* (18.96%). Por su parte, en el aceite de *S. subinerme* predominaron derivados oxigenados de diterpenos (39.67%), diterpenos (14.35%), derivados aromáticos (12.79%) y otros metabolitos no terpenoides (11.34%).

Específicamente, el aceite esencial obtenido de las hojas de *H. guazumifolia* estuvo constituido principalmente por los compuestos diisobutilftalato (13.11%), penta-decanal (9.33%), linoleato de de 2-cloroetilo (6.23%), hexahidrofarnesil acetona (4.44%), isofitol (3.76%), ácido nonanoico (3.70%),

1-hepatdeceno (3.29%), etilmetilmaleimida (2.99%), dihidroactinidiolido (2.71%), β -ionona (2.61%), diisooctilftalato (2.55%), hexadecanoato de metilo (2.11), *cis*-isoeugenol (2.10%), (*E*)-citral (2.08%) y neofitadieno (2.00%).

Mientras que los compuestos (-)-espatulenol (11.37%), α -farneseno (6.22%), (-)-epóxido de humoleno II (6.04%), β -eudesmol (4.36%), 2-tridecanona (4.27%), 2-pentadecanona (4.06%), ledano (3.62%), (*E,E*)-farnesilacetona (3.55%), β -cedrenóxido (2.96%), α -cadinol (2.86%), dibutilftalato (2.84%), (1*RS*, 2*SR*)-2-hidroxi-2,4,4-trimetil-3-(3-metil-3-buteniliden)ciclopentil metil cetona (2.68%), 4-norpiridoxol (2.26%), epiglobulol (2.14%) y 8-acetil-3,3-epoximetano-6,6,7-trimetilbicyclo[5,1,0]octan-2-ona (2.11%), se encontraron en mayor proporción en el aceite esencial de las hojas de *P. tuberculatum*.

Por su parte, el análisis del aceite esencial de las hojas de *S. dulcis*, indicó como constituyentes mayoritarios los compuestos *trans*-fitol (8.29%), (-)-óxido de cariofileno (7.91%), dibutilftalato (6.55%), eugenol (5.60%), γ -cadineno (4.86%), 2,3-dihidrobencofurano (4.48%), (-)-epóxido de humoleno II (4.33%), *trans*-cariofileno (3.66%), δ -cadineno (3.17%), α -humoleno (3.01%), α -farneseno (2.86%), (-)-*T*-muurolol (2.81%), *cis*-1,4-*trans*-1,7-acorenona (2.61%), cariofilenol II (2.38%) y *trans*-geraniol (1.93%).

Mientras que los compuestos *trans*-fitol (36.00%), neofitadieno (8.32%), dibutilftalato (5.37%), 5,9-dimetil-4,10-octadecadieno (4.18%), *trans*-2-nonadeceno (3.35%), hexadecanol (2.70%), hexadecanoato de metilo (2.46%), 3-hidroxi- β -damascona (2.19%), (*E,E,E*)-3,7,11,15-tetrametilhexadeca-1,3,6,10,14-pentaeno (1.85%), fitol (isómero,

1.82%), *trans*- β -ionona (1.73%), tetradecanol (1.57%), *trans*-geraniol (1.49%), tetradecanal (1.26%) y β -damascenona (1.23%) fueron los constituyentes mayoritarios del aceite esencial de las hojas de *S. subinermis*.

Sólo el diisooctilftalato se detectó en los aceites esenciales de todas las especies de plantas y los compuestos volátiles *trans*-pinano, L-linalool, β -ionona, isofitol, neofitadieno, *trans*-fitol, dibutilftalato y hexadecanoato de metilo fueron comunes en tres de ellas. Las estructuras de estos compuestos se pueden apreciar en la Fig. 2.

DISCUSIÓN

Los rendimientos obtenidos en los aceites esenciales, indican que las especies *P. tuberculatum* y *S. dulcis*, requieren biosintetizar una

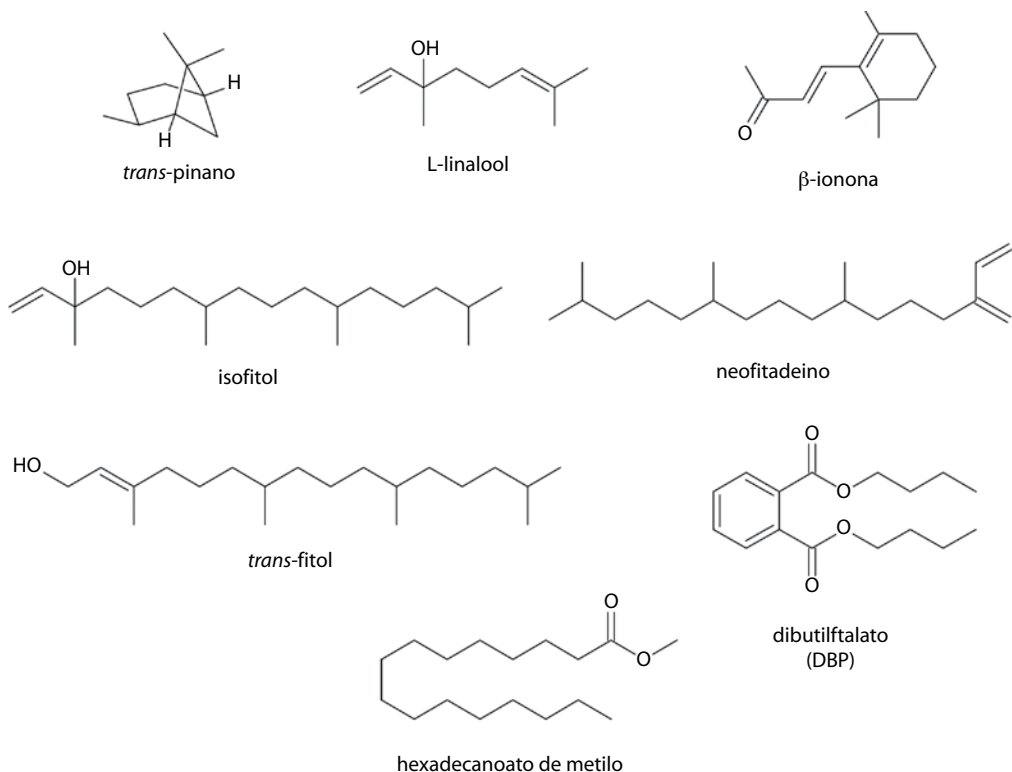


Fig. 2. Fórmula (representación) estructural de los metabolitos volátiles comunes en las esencias de tres de las especies estudiadas.

Fig. 2. Structural formule (representation) of the common volatil metabolites in the essential oils of the three studied species.

mayor proporción de metabolitos secundarios volátiles en comparación con las especies *H. guazumifolia* y *S. subinerme*. Esto sugiere que las dos primeras plantas están sometidas a un estrés ambiental mayor y necesitan este tipo de compuestos como mecanismo de defensa contra posibles depredadores o para otras funciones ecológicas (Albornoz 1980, Marcano & Hasegawa 2002). Sin embargo, se debe considerar las diferencias taxonómicas de las plantas en estudio, las cuales pertenecen a especies y familias biológicas diferentes, y en consecuencia responden de manera distinta al medio ambiente, por lo cual biosintetizan familias químicas en proporciones diferentes y/o compuestos diferentes para su interacción ecológica (Gros *et al.* 1985).

Asimismo, el comportamiento observado en la Fig. 1, demuestra que la producción y distribución de un tipo específico de metabolito secundario es una manifestación de la individualidad del organismo que los contiene (*idem*).

La abundancia de sesquiterpenoides (Fig. 1) y en especial, de derivados oxigenados de sesquiterpenos, así como algunos de los compuestos identificados en el aceite esencial de *P. tuberculatum* (Cuadro 1), han sido informados previamente en los aceites esenciales de hojas y frutos de esta especie (Facundo & Morais 2005) y de otras del género *Piper* (Delgado & Cuca 2007, Morais *et al.* 2007, Guerrini *et al.* 2009). Muchos de estos aceites han presentado actividad biológica variada como actividad antimicrobiana, antiinflamatoria, larvicida y antimutagénicas, entre otras (Morais *et al.* 2007, Guerrini *et al.* 2009), lo cual indica que esta planta aromática puede presentar una valiosa fuente de metabolitos bioactivos como indican los estudios de Sobrón *et al.* (2006) y Bezerra *et al.* (2008). Por su parte, el aceite esencial de *S. dulcis*, presentó un comportamiento similar en cuanto a la alta proporción de sesquiterpenoides (Fig. 1, Cuadro 1), por lo que podría presentar una actividad biológica semejante a la reportada en la literatura para *P. tuberculatum* y, en consecuencia, podrían interactuar ecológicamente del mismo modo, como se mencionó anteriormente

por los rendimientos obtenidos. Además, se ha informado que especies que presentan alto contenido de sesquiterpenos muestran propiedades antioxidantes, como los resultados encontrados para los aceites esenciales de *Lantana camara* (Verbenaceae), donde más del 30% de la mezcla lo representaban hidrocarburos sesquiterpénicos ($C_{15}H_{24}$) y sus análogos oxigenados (Stashenko *et al.* 2003). Esto sugiere que los aceites *P. tuberculatum* y *S. dulcis*, pueden poseer propiedades similares.

En el caso de las especies *H. guazumifolia* y *S. subinerme*, cuyos aceites esenciales también presentan cierta similitud entre ellos, en cuanto al tipo de compuestos identificados (Cuadro 1), éstos se presentan en proporciones diferentes. En la primera especie están presentes mayormente derivados volátiles no terpenoides, mientras que en la segunda predominan derivados oxigenados de diterpenos (Fig. 1), esto igualmente debido a la quimiotaxonomía de las especies en particular o a una respuesta diferente al medio ambiente. De estas especies no se han reportado estudios fitoquímicos importantes, especialmente de *S. subinerme*, debido a que esta planta arbustiva se considera como maleza. Sin embargo, la composición química del aceite esencial de ésta (mayormente diterpenoides), sugiere que este organismo puede ser una fuente importante de metabolitos biológicamente activos.

Por otro lado, la presencia de componentes aromáticos de la familia de los dialquiltalatos, como es caso del diisobutilftalato (componente mayoritario del aceite esencial de *H. guazumifolia*), el diisooctilftalato (constituyente común en las cuatro plantas) y el dibutilftalato (común en *P. tuberculatum*, *S. dulcis* y *S. subinerme*, y tercer compuesto en mayor proporción en las dos últimas), podría indicar posible contaminación del ambiente, donde fueron recolectadas las plantas en estudio, por productos petroquímicos. Sin embargo, la zona en la cual se muestrearon las especies, se encuentra lejos de esta situación, lo cual sugiere que este tipo de compuestos pueden estar presentes de forma natural en los aceites esenciales y no por contaminación, tal como lo refieren Namikoshi *et al.*

(2006) en investigaciones realizadas sobre la abundancia natural del contenido de ^{14}C de dialquil- y dibutilftalato en tres especies de algas marinas.

Los alquilftalatos, han sido aislados de organismos marinos y terrestres, incluyendo plantas (Lee *et al.* 2000), algas marinas (Chen 2004, Sastry & Rao 1995), bacterias y hongos (Al-Bari *et al.* 2005, Amade *et al.* 1994). Además, el diisobutilftalato ha sido reportado en el extracto en éter de petróleo de la especie *Helicteres baruensis* Jacq. (Tarache 2007) y en el extracto hexánico de las hojas de *Ludwidia octovalvis* (Noguera 2007), plantas recolectadas en el estado Sucre, Venezuela.

Los constituyentes *trans*-pinano, L-linalool, β -ionona, isofitol, neofitadieno, *trans*-fitol, dibutilftalato y hexadecanoato de metilo fueron comunes en tres de estas especies. Esto sugiere que dichas plantas pueden requerir metabolitos secundarios similares para su interacción ecológica, posiblemente debido a factores ambientales comunes (temperatura, presión, depredadores y nutrientes, entre otros).

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento al Departamento de Química del Núcleo de Sucre y al Rectorado de la Universidad de Oriente por haber financiado parcialmente esta investigación. A Luis Cumana, del herbario IRBR, por su colaboración en la identificación taxonómica, y al laboratorio de espectrometría de masas de la Universidad Simón Bolívar, por los análisis de CG/EM.

RESUMEN

Los aceites esenciales son biosintetizados por plantas aromáticas y pueden obtenerse de cualquier órgano de la misma, tienen gran aplicación en la industria farmacéutica, sanitaria, cosmética, agrícola y de alimentos. Los aceites esenciales de las hojas de las plantas *Helicteres guazumifolia*, *Piper tuberculatum*, *Scoparia dulcis* y *Solanum subinerme* fueron obtenidos mediante hidrodestilación con rendimientos de 0.004, 0.032, 0.016 y 0.005%, respectivamente. La CG/EM permitió identificar la mayoría de los constituyentes de estos aceites esenciales (88.00,

89.80, 87.50 y 89.47%, respectivamente), encontrándose en mayor proporción metabolitos no volátiles de estructura no terpenoidal en *H. guazumifolia* (30.28%), sesquiterpenoides oxigenados en *P. tuberculatum* (52.19%), sesquiterpenos en *S. dulcis* (26.09%) y derivados oxigenados de diterpenos en *S. subinerme* (39.67%). Los constituyentes mayoritarios fueron el diisobutilftalato (13.11%) en *H. guazumifolia*, (-)-espatulenol (11.37%) en *P. tuberculatum* y el *trans*-fitol (8.29 y 36.00%) para *S. dulcis* y *S. subinerme*, respectivamente. El diisooctilftalato fue el constituyente común en los aceites esenciales de todas las especies y los compuestos volátiles *trans*-pinano, L-linalool, β -ionona, isofitol, neofitadieno, *trans*-fitol, dibutilftalato y hexadecanoato de metilo, fueron detectados en tres de estas esencias. Esto sugiere que dichas plantas pueden requerir metabolitos secundarios similares para su interacción ecológica, posiblemente debido a factores ambientales comunes.

Palabras clave: aceites esenciales, hidrodestilación, cromatografía de gases-espectrometría de masas, *Piper tuberculatum*, *Helicteres guazumifolia*, *Solanum subinerme*, *Scoparia dulcis*.

REFERENCIAS

- Al-Bari, M.A., M.S. Bhuiyan, M.E. Flores, P. Petrosyan, M. Garcia-Varela & M.A. Islam. 2005. *Streptomyces bangladeshensis* sp. nov., isolated from soil, which produces bis-(2-ethylhexyl) phthalate. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 55: 1973-1977.
- Albornoz, A. 1980. *Productos Naturales: Estudio de las sustancias y drogas extraídas de las plantas.* Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.
- Albornoz, A. 1997. *Medicina tradicional herbaria.* Instituto Farmacoterapéutico Latino, S.A. Caracas, Venezuela.
- Amade, P., M. Mallea & N. Bouaicha. 1994. Isolation, structural identification and biological activity of two metabolites produced by *Penicillium olsonii* Bainier and Sartory. *J. Antibiot.* 47: 201-207.
- Alzamora, L., L. Morales, L. Armas & G. Fernández. 2001. Actividad antimicrobiana *in vitro* de los aceites esenciales extraídos de algunas plantas aromáticas. *An. Fac. Med.* 62: 156-161.
- Bakkali, F., S. Averbeck, D. Averbeck & M. Idaomar. 2008. Biological effects of essential oils: A review. *Food. Chem. Toxicol.* 46: 446-475.
- Bezerra, D., D. Mourab, R. Rosa, M. de Vasconcellos, A. Romano, M. de Moraes, E. Silveira, M. Sousa, J. Pegas, L. Costa-Lotufo & J. Saffib. 2008. Evaluation of the genotoxicity of piplartine, an alkamide of *Piper*

- tuberculatum*, in yeast and mammalian V79 cells. *Mutat. Res.* 652: 164-174.
- Chakrabarti, R., R. Vikramadithyan, R. Mullangi, V. Sharma, H. Lagadhesan, Y. Rao, P. Sairam & R. Rajagupalan. 2002. Antidiabetic and hypolipidemic activity of *Helicteres isora* in animal models. *J. Ethnopharmacol.* 81: 343-349.
- Chen, C.Y. 2004. Biosynthesis of di-(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) and di-n-butyl phthalate (DBP) from red alga *Bangia atropurpurea*. *Water. Res.* 38: 1014-1018.
- Chen, W., W. Tang, L. Lou & W. Zhao. 2006. Pregnane, coumarin and lupane derivatives and cytotoxic constituents from *Helicteres angustifolia*. *Phytochemistry* 67: 1041-1047.
- Delgado, W. & L. Cuca. 2007. Composición química del aceite esencial de los frutos de *Piper hispidum* Kunth. *Revista Productos Naturales* 1: 5-8.
- Facundo, V. & S. Morais. 2005. Essential Oil of *Piper tuberculatum* var. *tuberculatum* (Micq.) CDC Leaves. *J. Essent. Oil Res.* 17: 304-305.
- Gros, E., A. Pomilio, A. Seldes & G. Burton. 1985. Introducción al estudio de los productos naturales. Monografía N° 30. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico, Washington, D.C., EEUU.
- Guerrini, A., G. Sacchetti, D. Rossi, G. Paganetto, M. Muzzoli, E. Andreotti, M. Tognolini, M. Maldonado & R. Bruni. 2009. Bioactivities of *Piper aduncum* L. and *Piper obliquum* Ruiz & Pavon (Piperaceae) essential oils from Eastern Ecuador. *Environ. Toxicol. Pharmacol.* 27: 39-48.
- Latha, M., L. Pari, S. Sitasawad & R. Bhone. 2004. Insulin-secretagogue activity and cytoprotective role of the traditional antidiabetic plant *Scoparia dulcis* (Sweet Broomweed). *Life Sci.* 75: 2003-2014.
- Lee, K.H., J.H. Kim, D.S. Lim & C.H. Kim. 2000. Anti-leukemic and anti-mutagenic effects of di(2-ethylhexyl) phthalate isolated from *Aloe vera* Linne. *J. Pharm. Pharmacol.* 52: 593-598.
- Marcano, D. & M. Hasegawa. 2002. Fitoquímica orgánica. Universidad Central de Venezuela. Litopar, Caracas, Venezuela.
- Morais, S., V. Facundo, L. Medeiros, E. Barreira, J. Anjos, S. Ferreira, E. Sousa & M. Souza. 2007. Chemical composition and larvicidal activity of essential oils from *Piper* species. *Biochem. Systemat. Ecol.* 35: 670-675.
- Namikoshi, M., T. Fujiwara, T. Nishikawa & K. Ukai. 2006. Natural abundance ¹⁴C content of dibutyl phthalate (DBP) from three marine algae. *Mar. Drugs* 4: 290-297.
- Noguera, T. 2007. Aislamiento, elucidación estructural y posible bioactividad de algunos de los metabolitos secundarios de la planta *Ludwigia octovalvis* (Onagraceae). Trabajo de pregrado, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.
- Ramesh, P. & C.R. Yuvarajan. 1995. A new flavone methyl ether from *Helicteres isora*. *J. Nat. Prod.* 58: 1242-1243.
- Rondón, J. & L. Cumana-Campos. 2007. Revisión taxonómica del género *Helicteres* L. (Sterculiaceae) en Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 30: 163-190.
- Sastry, V.M. & G.R. Rao. 1995. Dioctyl phthalate, and antibacterial compound from the marine brown alga *Sargassum wightii*. *J. Appl. Phycol.* 7: 185-186.
- Soberón, G., C. Rojas, J. Saavedra, M. Kato & G. Delgado. 2006. Acción biocida de *Piper tuberculatum* Jacq. sobre *Diatraea saccharalis* (Lepidóptera, Pyralidae). *Rev. Peru. Biol.* 13: 107-112.
- Stashenko, E., B. Jaramillo & J.R. Martínez. 2003. Comparación de la composición química y de la actividad antioxidante *in vitro* de los metabolitos secundarios volátiles de plantas de la familia Verbenaceae. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 27: 579-597.
- Tarache, A. 2007. Separación e identificación de algunos compuestos constituyentes de la planta *Helicteres baruensis* Jacq. (Sterculiaceae) y su actividad biológica. Trabajo de pregrado. Departamento de Química, Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela.

