

ASPECTOS QUIMIOTAXONOMICOS EN MYRISTICACEAE AMERICANAS

LUIS ENRIQUE AGUIRRE GALVIZ

Universidad Nacional de Colombia, Fac. de Ciencias, Dpto. Biología. Apartado Aereo 23227. Bogotá, D.E., Colombia.

RESUMEN

Se hace un análisis del patrón de distribución de agliconas de flavonoides y ácidos hidroxiaromáticos en 187 muestras de 33 especies de Myristicaceae americanas y, junto con la información morfológica disponible, se presenta un enfoque biosistemático para el conocimiento taxonómico de la familia.

SUMMARY

A survey of the distribution of flavonoid aglycones and related hydroxy-aromatic acids in 187 samples of 33 species of American Myristicaceae is carried out. This survey, together with the available morphological information, provides a biosynthetic approach to the taxonomy of the family.

Palabras clave: Taxonomy, biosystematics, flavonoids, hydroxy-aromatic acids. Myristicaceae

INTRODUCCION

Las Myristicaceae constituyen una familia de amplia distribución pantropical en las floras americana, africana y asiática cuyos representantes se encuentran

preferencialmente a bajas altitudes sobre el nivel del mar. Algunas especies son árboles de 5-12 m de altura; *Myristica gigantea* L. es probablemente la más alta con algunos individuos que alcanzan hasta 36 m y algunas especies de *Virola* spp. llegan a medir 30 m. Sin embargo, muchas son arbustos de menos de 5 m y, por ejemplo, *Compsoeura debilis* (A.DC.) Warb., es uno de los representantes más pequeños, llegando a medir 30-60 cm. La familia tiene sus principales centros de distribución en Nueva Guinea para las especies del Viejo Mundo y en la zona oeste de la hoya amazónica para los representantes americanos.

La especie más importante de la familia es quizá la nuez moscada *Myristica fragrans* Houtt. Desconocida para los griegos y probablemente llevada a Europa desde el sureste asiático por los árabes durante el siglo I D.C., esta especie adquirió gran importancia comercial en Europa cuando los portugueses llegaron a la India y controlaron su comercio. Los holandeses, en el siglo XVII reemplazaron a los portugueses en el dominio de los territorios productores de "especias" y establecieron el monopolio del cultivo y del comercio pero, inevitablemente, la especie fué llevada a otras partes del mundo alcanzando el continente americano a mediados del siglo XIX.

Las Myristicaceae han sido por mucho tiempo fuente de sustancias narcóticas utilizadas por tribus indígenas del amazonas para ritos mágico-religiosos y ésta utilización permaneció desconocida hasta que los estudios realizados por Schultes (1967, 1969, 1973) despertaron el interés de investigadores en los campos de la fitoquímica, la farmacología y la etnobotánica. Hoy se sabe que varias especies de *Virola* spp. son el origen de sustancias alucinogénicas que juegan un papel central en la concepción cosmogónica y mágico-religiosa de algunas de las culturas aborígenes amazónicas. En efecto, la distribución geográfica de las Myristicaceae en la hoya del amazonas y el uso que las tribus indígenas de aquellas regiones hacen de sus principios activos como narcóticos o estimulantes, sugiere que el área comprendida entre el sureste amazónico colombiano y la margen del Río Negro brasileño representa el mayor centro de diversidad del género *Virola* y por ende, de preparación y utilización de sustancias psicomiméticas en la forma de rapé del nuevo continente.

Aunque la química de *Myristica fragrans* Houtt. ha recibido alguna atención desde el siglo XVII (Truit, 1967), poco se sabía de los constituyentes químicos de otras especies hasta hace relativamente poco tiempo cuando se reportaron estudios de los principios farmacológicamente activos por Holmstedt y colaboradores (1964). Tales estudios enfocaron el interés sobre el contenido en triptaminas y compuestos relacionados (Aguirell, et al., 1969; Cassady et al., 1971; Blair, 1969).

No obstante, son escasos los estudios realizados en el patrón de polifenoles de las Myristicaceae con miras a utilizarse en discusiones quimiotaxonómicas de la familia a despecho de su distribución casi universal en plantas vasculares, su facilidad de identificación en muestras pequeñas de material botánico y su importancia como marcadores filogenéticos en muchos taxa. Este artículo intenta

hacer uso de la información obtenida a partir de la distribución de algunos polifenoles en un número representativo de géneros y especies americanas, como una contribución al enfoque de los aspectos taxonómicos de las Myristicaceae desde el punto de vista biosistemático.

MATERIALES Y METODOS

A. MATERIAL VEGETAL

La totalidad del material fué coleccionada en varias partes de la selva pluvial tropical de Colombia, Venezuela, Brasil y Perú (Tabla 1), y los exsiccados depositados en el Herbario del Botanical Museum of Harvard University. Casi la totalidad del material fué sujeto a la acción de formaldehído al 1% inmediatamente después de la colección y antes del secado. De los especímenes botánicos se obtuvieron muestras de 300-500 mg y también se recibieron especímenes frescos (200-300 g), para comparación del Instituto Nacional de Pesquisas de Amazonía, Manaus, Brasil.

B. EXTRACCION

La hidrólisis se llevó a cabo mediante la maceración del material (hojas), en tubos de ensayo con ácido clorhídrico 2N (2-3 ml por cada 100 mg de muestra seca) y calentamiento de la suspensión a 100° C por 60 minutos. Después de la hidrólisis, el sobrenadante se decantó y el residuo se lavó con agua destilada que luego fué agregada al producto de la hidrólisis. Esta solución se extrajo dos veces con dietil-éter (mitad de su volumen) para separar los ácidos hidroxiaromáticos. La fracción resultante fué, a su vez, extraída con bicarbonato de sodio 0.1 N para obtener una fracción básica (pH=8.0). La capa orgánica remanente se lavó dos veces con agua destilada y las soluciones acuosas combinadas se agregaron a la solución.

La capa etérea residual se redujo en volumen y se agregó al hidroxilado original. La fracción básica se acidificó con H₂SO₄ 2N (pH=1.5-2.0) y los ácidos hidroxiaromáticos libres se re-extrajeron varias veces con éter. La capa etérea fué evaporada para dar la fracción de ácidos, lista para cromatografía.

El hidroxilado total se calentó para remover el éter disuelto y se sometió a la acción de acetato de etilo (mitad de volumen). Esta fracción contiene el resto de flavonoides y compuestos relacionados, excepto las antocianidinas que permanecen en la solución acuosa, de la cual fueron extraídas con n-butanol hasta obtener la fracción butanólica.

Tanto el extracto de acetato de etilo como el butanólico, se llevaron a la sequedad *in vacuo*. Los residuos de esos extractos se tomaron en la mínima cantidad de metanol, metanol ácido y metanol al 80% respectivamente para examen cromatográfico.

TABLA 1

MATERIAL DE MYRISTICACEAE ESTUDIADO

ESPECIE	No. DE COLECCION	COLECTOR	SITIO DE COLECCION
<i>Compsonaura capitellata</i>	14760	García-Barriga, H.	Río Caquetá, Vichada, Colombia.
	31919	D.D. Soejarto	Providencia, Antioquia, Colombia.
<i>C. sprucei</i>	24191	R.E. Schultes & Soejarto.	Mitù, Vaupés, Colombia.
<i>Dialyanthera parvifolia</i>	2347	Soejarto	Providencia, Antioquia, Colombia.
	3959	Plowman, Schultes & Kennedy.	Leticia, Amazonas, Colombia.
<i>Iryanthera capitellata</i>	---	Schultes & Soejarto	Mitù, Vaupés, Col.
	---	Schultes & Soejarto	Mitù, Vaupés, Col.
<i>I. crassifolia</i>	1025	Martin & Lau-Can	Iquitos, Loreto, Perú.
<i>I. juruensis</i>	24105	Schultes, Raffauf, & Soejarto	Leticia, Amazonas, Colombia.
<i>I. laevis</i>	292	García Ríos C.	Río Tomo, Amazonas, Colombia.
<i>I. longiflora</i>	---	Martin & Lau-Can	Iquitos, Loreto, Perú.
<i>I. paraensis</i>	---	Murça-Pires	Belem, Brasil.
<i>I. tassmani</i>	2043	Tina & Tello	Iquitos, Loreto, Perú.
<i>I. tricornis</i>	2039	Tina & Tello	Iquitos, Loreto, Perú.
<i>I. ulei</i>	24610	Schultes	Manaus, Amaz. Brasil.
	4065	Soejarto	Providencia, Antioquia, Colombia.
<i>Osteophloem platyspermum</i>	1086	Martin & Lau-Can	Iquitos, Loreto, Perú.
	---	Murça-Pires	Belem, Brasil.
<i>V. calophylla</i>	6872	Rodríguez & Camarino	Manaus, Amazonas, Brasil.
	12872	Schultes & Cabrera	Amazonas, Colombia.
	24611	Schultes	Manaus, Amaz. Brasil.
cont...			

ESPECIE	No. DE COLECCION	COLECTOR	SITIO DE COLECCION
	2346	Plowman	Amazonas, Colombia.
	3634	Rodríguez	Manaus, Amaz. Brasil.
	1186	Martin & Lau-Can	Iquitos, Loreto, Perú.
	9639	Rodríguez & Coelho	Manaus, Amaz. Brasil.
	2226	Rodríguez & Coelho	Manaus, Amaz. Brasil.
	2049	Tello & Tina	Ushpacano, Loreto, Perú.
	13365	Prance, Maas & Woodcutt.	Río Unciaurí, Brasil.
<i>Virola calo-phyllodea</i>	12872	Schultes & Cabrera	Leticia, Amazonas, Colombia.
	2392	Plowman, Lockwood & Kennedy.	Leticia, Amazonas, Colombia.
	14281	García-Barriga, H.	Vaupés, Colombia.
	245	García-Ríos, C.	Pto.Nariño, Amazonas, Colombia.
	7266	Rodríguez & Coelho	Amazonas, Brasil.
	4997	Rodríguez	Manaus, Amazonas, Brasil.
	2436	Plowman & Lockwood	Leticia, Amazonas, Colombia.
<i>V. carinata</i>	24097	Schultes, Raffauf & Soejarto	Leticia, Amazonas, Colombia.
	305	García-Ríos, C.	Río Tomo, Vichada, Colombia.
	14159	Schultes & Cabrera	Vaupés, Colombia.
	265	García-Ríos, C.	Río Apaporis, Amaz., Colombia.
<i>V. cuspidata</i>	1403	Coelho	Tarumazinho, Amaz., Brasil.
	2415	Rodríguez & Coelho	Amazonas, Brasil.
<i>V. divergens</i>	3220	Rodríguez & Camarino	Manaus, Amaz. Brasil.
	2562	Plowman	Loreto, Perú.
	951	Chagas	Manaus, Amaz. Brasil.
	3212	Rodríguez	Manaus, Amaz. Brasil.
	5835	Rodríguez & Loureiro	Manaus, Amaz. Brasil.
<i>V. elongata</i>	2049	Tello & Tina	Iquitos, Loreto, Perú.
<i>V. flexuosa</i>	14166	Schultes & Cabrera	Río Apaporis, Colombia.
<i>V. loretensis</i>	1026	Martin & Lau-Can	Iquitos, Loreto, Perú.
<i>V. melinonii</i>	7152	Rodríguez & Loureiro	Manaus, Amazonas, Brasil.
	5326	Rodríguez	Manaus, Amazonas, Brasil.
	24569	Schultes	Río Cauahuri, Amaz. Brasil.

cont...

ESPECIE	No. DE COLECCION	COLECTOR	SITIO DE COLECCION
<i>V. multinervia</i>	16452	Loureiro	Manaus, Amazonas, Brasil.
	1341	Chagas	" " "
	24614	Schultes	" " "
<i>V. peruviana</i>	1203	Martin & Lau-Can	Iquitos, Loreto, Perú.
<i>V. rufula</i>	3219	Rodríguez & Camarino	Manaus, Amazonas, Brasil.
	318	Torres	Iquitos, Loreto, Perú.
	246212	Schultes	Manaus, Amaz.Brasil.
	3604	Rodríguez & Coelho	" " "
	24615	Schultes	Manaus, Amaz.Brasil.
<i>V. sebifera</i>	277	García-Ríos	Vichada, Colombia.
	277	García-Ríos	Delta Amacuro Venezuela.
	413	Blanco	Delta Amacuro, Venezuela.
	445	Blanco	Est. Bolívar, Venezuela.
	283	García-Ríos	Cusaribo, Vichada, Colombia.
	---	Murça-Pires	Belem, Brasil.
<i>V. subcordata</i>	752	Silverwood	Río Makuparaná, Colombia.
<i>V. surinamensis</i>	---	Murça-Pires	Belem, Brasil.
<i>V.theidora</i>	24313	Schultes, Raffauf & Soejarto	Mitù, Vaupés, Colombia.
	196	Chagas	Manaus, Amaz.Brasil.
	24626	Schultes	Río Totobí, Amazonas,Brasil.
	14871	García-Barriga, H.	Río Kudiyari, Vaupés, Colombia.
<i>V. venosa</i>	24613	Schultes	Manaus, Amaz.Brasil.
	5327	Rodríguez	Manaus, Amaz.Brasil.
	2231	Rodríguez & Coelho	Manaus, Amaz.Brasil.
	6708	Rodríguez	Manaus, Amaz.Brasil.
	5968	Rodríguez & Camarino	Manaus, Amaz.Brasil.
	5561	Rodríguez	Manaus, Amaz.Brasil.
<i>V.weberbaueri</i>	2229	Tello & Tina	Iquitos, Loreto, Perú.

Los solventes utilizados fueron:

BzAW: Benceno, ácido acético glacial, agua (6:7:3), capa superior. Debe dejarse equilibrar por lo menos 72 horas (8).

NAF: Hidróxido de sodio 1N, ácido fórmico, agua (150:8:42).

IBA: Isopropanol, n-butanol, tert-butanol, amoniaco conc. ($d=0.88$), agua (4:2:2:1:1).

BAW: n-butanol, ácido acético glacial, agua (6:1:2), solvente de una sola fase equivalente a la capa superior de BAW (4:1:5).

TAW: Tolueno, ácido acético glacial, agua (4:1:5), capa superior equilibrio del tanque con la capa inferior por 12-24 h.

FOR: Acido acético glacial, ácido clorhídrico conc., agua (30:3:10) para separar agliconas de flavonoides que se presenten como impurezas.

FW: Fenol, agua (80:20), solvente de fase simple, útil en la separación de compuestos polimetilados.

AcOH: Acido acético glacial 2% y 50%.

Los tres primeros solventes se utilizan solamente para cromatografía bidimensional. Siempre que fué posible se corrieron cromatografías bidimensionales sobre papel, para comparación, utilizando los mismos solventes.

Los compuestos aislados y purificados fueron analizados por electroforesis y espectroscopía u.v. (Aguirre-Galviz, 1988a; 1988b).

RESULTADOS Y DISCUSION

Desde el punto de vista taxonómico, los datos obtenidos sólo tienen utilidad a un nivel genérico y específico de clasificación. Sin embargo, en combinación con otros estudios (Bate-Smith, 1958, 1962; Kubitzki & Resnik, 1966; Hegnauer, 1966; Gottlieb, 1973), se pueden considerar posibles relaciones entre las Myristicaceae y otras familias de las Magnoliales. Es poco probable que sin la evidencia de registros de fósiles, la información química pueda ser utilizada para una discusión de las tendencias filogenéticas a nivel sub o intra-familiar aún teniendo en cuenta la evidencia citológica, morfológica o palinológica.

El cubrimiento de los diversos géneros fué, como era de esperarse, algo escaso debido a la amplísima zona de distribución geográfica y a la dificultad para coleccionar el material. Así, sólo fueron examinadas 2 especies de *Compsonera*, 2 de *Dialyanthera*, 8 de *Iryanthera*, 1 de *Osteophloem* y 18 de *Virola*. Aún así, se cree que se estudió un grupo representativo en el cual sólo una especie, *D. parvifolia*, había sido ya investigada en lo referente a flavonoides por Kubitzki (1966), quien además examinó *Compsonera debilis*, *Dialyanthera parvifolia*, *D. otoa*, *Iryanthera juruensis*, *Virola sebifera* y *V. oleifera*. La única proantocianina hallada produjo cianidina en condiciones de hidrólisis y se encontró en *Dialyanthera* (1/1), *Iryanthera* (1/8), *Osteophloem* (1/1) y *Virola* (16/18), pero no se encontró en ninguna de las especies de *Compsonera* (Tabla 2).

Como es de esperarse, según los resultados de Kubitzki (1966), el canferol y la quercetina se hallaron en la mayoría de las especies examinadas. El último

TABLA 2

DISTRIBUCION DE FLAVONOIDES EN MUESTRAS DE HERBARIO
DE MYRISTICACEAE AMERICANAS (*)

ESPECIE	AGLICONAS FLAVONOLES		DE FLAVONOIDES DE FLAVANONAS					OTROS	
	Pro-Cy	K	Q	F1	F2	F3	F4		F5
<i>Compsonera capitellata</i>			+		+		+		
<i>C. sprucei</i>					+				
<i>Iryanthera crassifolia</i>					+				
<i>I. juruensis</i>					+				
<i>I. laevis</i>	+		+		+				D
<i>I. longiflora</i>					+				
<i>I. paraensis</i>									D
<i>I. tassmani</i>									
<i>I. tricornis</i>			+						
<i>I. ulei</i>					+				
<i>Dialyanthera parvifolia</i>	+								
<i>Osteophloem platyspermum</i>	+	+	+		+				A,C,D.
<i>Virola colophylla</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	A
<i>V. calophylloidea</i>	+		+	+	+	+			
<i>V. carinata</i>	+		+	+	+	+			A
<i>V. cuspidata</i>		+	+	+	+				
<i>V. divergens</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>V. elongata</i>	+				+	+		+	
<i>V. flexuosa</i>	+	+							

Cont....

AGLICONAS DE FLAVONOIDEA

ESPECIE	FLAVONOLES				FLAVANONAS				
	Pro-Cy	K	Q	F1	F2	F3	F4	F5	OTROS
<i>V. loretensis</i>			+	+	+	+			
<i>V. melinonii</i>	+	+	+	+	+				
<i>V. multinervia</i>	+	+	+						F6
<i>V. peruviana</i>	+				+				
<i>V. rufula</i>	+			+	+	+	+	+	
<i>V. sebifera</i>	+		+	+	+	+	+	+	F6,B,D
<i>V. subcordata</i>	+		+	+					
<i>V. surinamensis</i>		+			+				
<i>V. theidora</i>		+		+	+	+	+	+	C
<i>V. venosa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	Azaletina
<i>V. weberbaueri</i>	+				+	+	+		

- (*) Abreviaturas:
 Pro-Cy: Cianidina de procianidina
 K: Canferol
 Q: Quercetina
 F1-F5: Flavanonas no completamente determinadas.
 A,B,C,D: Compuestos indeterminados.

compuesto se aisló en: *Iryanthera laevis* (2/8), *Osteophloem platyspermum*, 11 especies de *Virola* (*V. calophylloidea*, *V. calophylla*, *V. carinata*, *V. cuspidata*, *V. divergens*, *V. melinonii*, *V. multinervia*, *V. sebifera*, *V. subcordata*, *V. theidora* y *V. venosa*), en *Compsonera capitellata* y *C. sprucei*, pero no en *Dialyanthera parvifolia*. El canferol se encontró generalmente en menores cantidades que la quercetina (Tablas 2 y 4), lo cual concuerda con los hallazgos de Kubitzki (1966), quien demostró que en general, este compuesto se encontraba en menores cantidades que la quercetina en los seis representantes de Myristicaceae americanos que investigó.

Los otros compuestos flavonoicos (F1 - F5), no completamente identificados, pero que a juzgar por sus datos espectroscópicos son flavanonas o flavanoles (Aguirre-Galviz, 1988a), tienen la siguiente distribución: el compuesto F1 se

encontró en 12 especies de *Viola* pero estaba ausente en todos los otros géneros. F2 se obtuvo en todas especies estudiadas, excepto en *Dialyanthera parvifolia*, *Viola surimanensis* y *V. weberbaueri*. F3 se encontró sólo en *Compsonaura capitellata*, y 8 especies de *Viola* (*V. calophylloidea*, *V. calophylla*, *V. elongata*, *V. lorentensis*, *V. rufula*, *V. theidora*, *V. venosa* y *V. weberbaueri*). Las otras flavanonas (F4 y F5) fueron detectadas sólo en *Viola* spp.; en cambio, no se hallaron trazas de luteolina o de apigenina. Esto último no es sorprendente puesto que tales flavonas son relativamente raras en los taxa estudiados, siendo encontradas en sólo 6 de las 18 especies examinadas por Kubitzki et al. (1966). No obstante, los autores mencionados reportaron cantidades relativamente altas de apigenina en *Dialyanthera parvifolia* y cantidades menores en *V. bicuhyba* (= *V. oleifera*) con sólo trazas de luteolina en ambas especies; el autor del presente trabajo (1988b) demostró una ausencia total de flavonas en especímenes de *D. parvifolia*; infortunadamente en esa oportunidad no se dispuso de muestras de *V. oleifera*.

La distribución de ácidos hidroxiaromáticos es como sigue: (Tablas 3, 4 y 5): el ácido p-cumárico se encontró en todos los géneros estudiados pero fué relativamente escaso en *Compsonaura* (1/2) e *Iryanthera* (2/8). Fue común en *Osteophloem* y *Viola* (16/18), excepto en *V. peruviana*. El ácido caféico, ausente en *Dialyanthera*, se halló en todos los otros géneros: *Compsonaura* (1/2), *Iryanthera* (3/8), *Osteophloem* (2/2) y *Viola* (9/18); mientras que el ácido ferúlico, ausente en *Dialyanthera* y *Osteophloem* y raro en *Viola* (3/18), se aisló comúnmente en *Iryanthera* (6/8) y en todas las muestras de *Compsonaura* examinadas (Aguirre-Galviz, 1988a).

Los ácidos metoxilados, sinápico y siríngico siguieron un patrón similar de distribución. El primero fué encontrado raramente en *Viola* (2/18), comúnmente en *Iryanthera* (6/8) y *Compsonaura* (1/2) pero ausente en *Osteophloem* y *Dialyanthera*. En forma similar, el ácido siríngico está ausente en *Dialyanthera*, es raro en *Viola* (5/18) pero común en *Compsonaura* (2/2) e *Iryanthera* (6/8). El otro ácido metoxilado, vanílico, se detectó en *Iryanthera* (5/8), *Osteophloem* (2/2) y *Viola* (12/18), pero no en *Compsonaura* o *Dialyanthera*.

Los ácidos p-hidroxibenzóico y protocatecúico parece que tienen una distribución similar entre las Myristicaceae (Aguirre-Galviz,). El primero está presente en la mayoría de las especies de *Viola* (13/18), *Dialyanthera* (1/1) y *Osteophloem* (1/1), pero irregularmente distribuído en *Iryanthera* (3/8) y ausente en *Compsonaura*. El ácido protocatecúico se encuentra ampliamente distribuído en *Viola* (12/18) y *Osteophloem* (2/2), pero no es común en *Dialyanthera* (1/2) e *Iryanthera* (3/8), mientras que *Compsonaura* parece carecer de este compuesto.

El ácido gentísico es, por otra parte, común en *Viola* (12/18) y *Compsonaura* (1/2), relativamente raro en *Iryanthera* (4/8) y ausente en *Dialyanthera* y *Osteophloem*.

Existen pocos géneros en las Myristicaceae americanas como para deducir cuál es el más primitivo o el más avanzado solamente con la evidencia morfológica. En

TABLE 3
DISTRIBUCION DE ACIDOS HIDROXIAROMATICOS
EN MUESTRAS DE HERBARIO DE MYRISTICACEAE AMERICANAS (*)

ESPECIE	C O M P U E S T O								
	DERIVADOS DEL ACIDO CINNAMICO				DERIVADOS DEL ACIDO BENZOICO				
	p-C	Caff	Fer	Sin	p-OH-b	Prot	Van	Gent	Syr
<i>Componeura capitellata</i>	+	+	+					+	+
<i>C. sprucei</i>			+	+					+
<i>Iryanthera crassifolia</i>			+	+	+	+	+	+	
<i>I. juruensis</i>		+		+				+	
<i>I. laevis</i>		+	+	+			+		+
<i>I. longiflora</i>	+		+	+	+		+	+	+
<i>I. paraensis</i>		+	+	+					+
<i>I. tricornis</i>	+		+		+				+
<i>I. tassmani</i>			+		+		+	+	+
<i>I. ulei</i>		+		+	+		+		+
<i>Diallynanthera parvifolia</i>	+				+	+			
<i>Osteophloem platyspermum</i>	+	+			+	+			
<i>Virola calophylloidea</i>	+	+			+	+			
<i>Virola calophylloidea</i>	+	+			+	+	+	+	+
<i>V. carinata</i>	+	+			+	+			+
<i>V. cuspidata</i>	+	+			+	+			+
<i>V. divergens</i>	+	+			+	+	+	+	+
<i>V. elongata</i>	+	+			+	+		+	+
<i>V. flexuosa</i>	+				+	+			
<i>V. lorensis</i>	+				+				
<i>V. melinonii</i>	+	+					+	+	+
<i>V. multinervia</i>	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>V. peruviana</i>	+				+	+	+	+	+
<i>V. rufula</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>V. sebifera</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>V. subcordata</i>	+				+	+	+		

cont....

	p-C	Caff	Fer	Sin	p-OH-b	Prot	Van	Gent	Syr
V. theidora	+	+			+	+	+		
V. venosa	+	+			+	+	+	+	+
V. weberbaueri	+							+	+

- (3) Abreviaturas:
 p-C: p-Cumárico
 Caff: Caféico
 Fer: Ferúlico
 Sin: Sinápico
 p-OH-b: p-hidroxibenzóico
 Prot: Protocatecúico
 Van: Vanílico
 Gent: Geentísico
 Syr: Siríngico

general, el patrón de flavonoides es primitivo, con proantocianidina y flavonoides y carente de flavonas o compuestos trihidroxilados en el anillo B, tales como miricetina, prodelfinidina y ácido elálgico, lo cual es indicativo de una condición primitiva. Esta distribución es, en términos generales, lo esperado para una familia de las Magnoliales.

Dentro de los géneros examinados se pueden considerar dos grupos relativamente bien diferenciados: uno formado por *Dialyanthera*, *Virola* y *Osteophloem*, que contiene procianidina, canferol y quercetina, junto con cantidades mayores de ácidos hidroxiaromáticos (p-cumárico, caféico, p-hidroxibenzóico y protocatecúico) que los de los respectivos congéneres (ferúlico, sinápico, vanílico y siríngico) (Tablas 2, 3, 4 y 5). El segundo grupo, constituido por *Compsoeura* e *Iryanthera*, se caracteriza por un patrón conformado por pequeñas cantidades de procianidina con mayor proporción de ácidos metoxilados que los correspondientes compuestos hidroxilados. Los compuestos flavonoicos F1 - F5 se encuentran en ambos grupos, pero *Compsoeura-Iryanthera* muestran proporcionalmente menores cantidades de este tipo de flavonoides. Ambos grupos contienen los ácidos vanílico, p-hidroxibenzóico, caféico y gentísico.

Si la agrupación sugerida por el patrón de distribución de flavonoides en las especies suramericanas se mira a la luz de los estudios palinológicos de Smith & Wodehouse (1937), según los cuales *Iryanthera* y *Compsoeura* son perfectamente distinguibles de los otros tres géneros con base en su más avanzada morfología del polen, emerge una regularidad razonable: *Dialyanthera* tiene granos de polen con surcos que son esencialmente como los que se encuentran en las Magnoliaceae primitivas, es decir, una depresión elongada o redondeada con márgenes claramen-

TABLA 4

PORCENTAJE DE GENEROS DE MYRISTICACEAE
QUE CONTIENEN LOS COMPUESTOS AISLADOS *

PORCENTAJE DE ESPECIES

GENERO	NO	L-A	K	Q	F1	F2	F3	F4	F5	p-c	Caff	p-OH-b	Prot	Gent	Fer	Sin	Vas	Syr	
<i>Compsonaura</i>	2			50 (1)	100 (2)	50 (1)				50 (1)	50 (1)			50 (1)	100	50		100	
<i>Iryamthera</i>	8	12½ (1)		25 (2)	62 (5)					25 (2)	35 (3)			50 (4)	70 (6)	70 (6)	62 (5)	70 (6)	
<i>Dialyanthera</i>	1	100 (1)								100 (1)									
<i>Osteophloem</i>	1	100 (1)	100 (1)	100 (1)	100 (1)	100 (1)		50 (1)		100 (1)	100 (1)	100 (1)	100 (1)				0 (0)	0 (0)	
<i>Virola</i>	18	88 (16)	50 (9)	78 (14)	65 (12)	70 (13)	44 (8)	37 (6)	40 (7)	90 (16)	50 (9)	70 (13)	90 (16)	65 (12)	15 (3)	10 (2)	65 (12)	30 (5)	

(*) Para abreviaturas, ver Tablas 2 y 3

TABLA 5
 NUMERO DE MUESTRAS DE MYRISTICACEAE QUE CONTIENEN FLAVONOIDES
 Y COMPUESTOS RELACIONADOS (*)

GENEROS	NUMERO TOTAL DE MUESTRAS	NUMERO Y PORCENTAJE DE MUESTRAS CON EL COMPUESTO (% en paréntesis)				
		PROCIANIDINA	FLAVONOLES	FLAVANONAS	ACIDOS OH-Ar	ACIDOS METOXILADOS.
<i>Compsonoura</i>	3	0 (0)	1 (33)	2 (67)	1 (33)	3 (100)
<i>Iryanthera</i>	12	2 (16)	2 (16)	6 (50)	7 (57)	11 (92)
<i>Dialyanthera</i>	2	2 (100)	0 (0)	0 (0)	2 (100)	0 (0)
<i>Osteophloem</i>	2	2 (100)	2 (100)	2 (100)	2 (100)	0 (0)
<i>Virola</i>	60	47 (78)	33 (55)	40 (67)	51 (87)	26 (45)

(*) Abreviaturas.

Flavonoles: Quercetina + Canferol.

Flavanonas: Fl - F5

Acidos OH-Ar: p-cumárico + caféico + p-hidroxibenzoico + protocatecúico.

Metoxiacidos: Ferúlico + sinápico + siringico

te definidos y una base cubierta por una delgada membrana de textura conspicuamente distinta de la exina pero sin engrosamiento apreciable en la intina subyacente (Smith & Wodehouse, 1937), mientras que el polen de *Virola* tiene surcos que van desde gruesos hasta muy delgados. Estos dos géneros, junto con *Osteophloem*, en que el surco es extendido y ocupa una considerable proporción de la mitad ventral del grano, pertenecen al primer grupo (Smith & Wodehouse, 1937).

De aquí en adelante, la evolución en la familia parece haberse desarrollado hacia el engrosamiento del área que tapiza el surco, con el subsecuente incremento en área. *Compsonera* e *Iryanthera*, por otra parte, poseen granos de polen con surcos que, o bien incluyen una mayor parte de la región ventral del grano (*Compsonera*) o la totalidad, extendiéndose incluso hasta el lado dorsal (*Iryanthera*).

La menor proporción de procianidina y la mayor proporción de ácidos metoxilados en este grupo, también concuerda con cierto grado de avance bioquímico. Altas concentraciones de ácidos sinápico y siríngico generalmente se asocian con lignina que contiene más grupos siríngilo, lo cual a su vez, se asocia con taxa más avanzados, especialmente en las angiospermas. Los dos ácidos incrementan en cantidad, de acuerdo al carácter "primitivo" de los granos de polen en el orden: *Dialyanthera* *Virola* *Osteophloem* *Compsonera* *Iryanthera*, lo cual sugiere una clara tendencia evolutiva en la familia (Tablas 4 y 5).

La fusión de la antera al androceo se considera como un carácter primitivo y es posible que los géneros con este tipo de androceo, habiendo tenido más posibilidades de adaptación, sean los más ampliamente distribuidos. *Virola* en América, *Myristica* en Asia y *Picnanthus* en Africa, comparten esta característica, lo que podría explicar por qué *Virola* presenta el mayor número de especies en Suramérica y por qué sus especies contienen un mayor rango de flavonoides, especialmente flavanonas, que los demás géneros suramericanos.

De las consideraciones anteriores se desprenden algunas generalizaciones aplicables a las Myristicaceae americanas:

1. Al considerar el patrón de flavonoides del taxon, parece claro que las Myristicaceae son una familia primitiva con una clara ausencia de flavonas y con presencia de leucoantocianidinas, flavonoles y ácidos hidroxiaromáticos. A nivel de géneros, se pueden considerar dos grupos desde el punto de vista de su contenido en flavonoides: uno constituido por *Dialyanthera*, *Virola* y *Osteophloem*; y otro integrado por *Compsonera* e *Iryanthera*.

La conformación de estos dos grupos, de los cuales el segundo sería más avanzado, concuerda con las tendencias puestas de relieve por el trabajo de Smith y Wodehouse (1937) en cuanto a sus respectivas características morfológicas y, especialmente palinológicas.

2. Hay relativamente pocos géneros en las Myristicaceae americanas para decidir, de manera categórica, cuál es el más primitivo. De todas maneras, esta discusión

debe hacerse a la luz de los patrones de fósiles y distribución geográfica ya que los diversos géneros pueden haber evolucionado independientemente en los tres continentes después de una dispersión inicial. Croizat (1952), concluye que la migración inicial pudo haber ocurrido en el Jurásico, desde Nueva Guinea hasta las islas del Pacífico y luego a Suramérica, pero tales islas poseen pocos representantes de Myristicaceae, lo cual ha dado lugar a la sugerencia de que la migración pudo haber ocurrido desde Suramérica hacia el oeste. Schopf (1970) y Good (1953) establecen que la deriva continental explicaría la distribución actual de la vegetación, y que la separación comenzó durante el cretáceo. Sea como sea, un análisis de todos los géneros de la familia, a nivel mundial, sugiere que los géneros americanos representan una tendencia evolutiva propia y que están mucho más relacionados entre sí que los del antiguo continente.

BIBLIOGRAFIA

- AGUIRRE-GALVIZ, L.E., 1988a. Polifenoles en Myristicaceae americanas (I). Acta Biol. Colomb. 1, 25.
- AGUIRRE-GALVIZ, L.E., 1988b. Polifenoles en Myristicaceae americanas (II). Distribución en Especies Colombianas. Acta Biol. Colomb. 1, 45.
- AGURELL, S.B. et al., 1969. Alkaloids in certain species of *Virola* an other South American plants of ethnopharmacologic interest. Acta Chem. Scand., 23; 903.
- BATE-SMITH, E., 1958. Plant Phenolics and Taxonomic Guides. Proc. Linn. Soc. London, 169, 198.
- BATE-SMITH, E., 1962. The Phenolic Constituents of Plants and their Taxonomic Significance. J. Linn. Soc. (Bot.), 58, 95.
- BLAIR G.E., et al. 1969. American Myristicaceae. Phytochem., 8, 497.
- CASSADY, J.M. et al. 1971. Alkaloids from Myristicaceae. Lloydia, 32,523.
- CROIZAT, L. 1952. Manual of Phytogeography. Springer Verlag. The Hague.
- GOOD, R. 1953. The Geography of Flowering Plants. 2nd. edit. Logmans, Green & Co. London, New York.
- GOTTLIEB, O.R. et al. 1973. Distribution of Diarylpropanoids in Amazonian *Virola* species. Phytochem., 12. 1880.
- HEGNAUER, R. 1966. Chemotaxonomie der Pflanzen., Vols. III, IV, V. Birkhouser Verlag, Bassel.
- HOLMSTEDT, B. et al. 1964. Chemical Constituents of Southamerican *Virola* spp. Anal. Biochem. 8, 151.
- KUBITZKI, K. & H. RESNIK. 1966. Flavonoid Patterns of the Polycarpiceae as a Systematic Index. Beitr. Biol. Pflanzen., 42, 445.
- SCHOPF, J.M. 1970. Relation of Floras of the Southern Hemisphere to Continental Drift. Taxon. 19, 657.
- SCHULTES, R.E. 1967. En: D. Efron (Ed.): Ethnopharmacologic search for Psychoactive drugs. US Public Health Serv. Publ. No. 1645. US Government Printing office. Washington DC, 291.
- SCHULTES, R.E. 1969. De Plantis Toxicariis e Mundo Novo Tropicale Commentationes V. Bot. Mus. Leaflet. Harvard Univ., 22, 229.
- SCHULTES, R.E. 1973. Botany and Chemistry Hallucinogens. Charles C. Thomas. Springfield US.
- SMITH, A.C. & S.P. Wodehouse., 1937. Revision of the American Myristicaceae. Brittonia, 2; 993.
- TRUIT, E. 1967. En: D. Efron (Ed.): Ethnopharmacologic search for Psychoactive drugs. US Public Health Serv. Publ. No. 1645. US Government Printing office. Washington DC.

INTRODUCCION

Dentro de las muchas especies existentes en nuestro país, tan poco tal como en el mundo, figura la especie *Syzygium myrtilloides*, llamada comúnmente "guineo". Tal potencial económico radica en las frutas comestibles, de sabor agradable y buen aspecto; bayas jugosas con abundantes semillas de color rojo brillante, cuando maduras. Romero (1969) señala que el fruto puede consumirse directamente o aprovecharse en la elaboración de mermelada, licor, etc.