

## NOTA BREVE

**VOLATILES GENERADOS POR HIDROLISIS  
ENZIMATICA DE GLICOSIDOS DE HOJAS DE  
LULO (*Solanum quitoense* L.)**

Coralia Osorio R. y Carmenza Duque B.\*

\*Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Química, AA. 14490, Santafé de Bogotá, Colombia.

**Keywords:** C<sub>13</sub>-norisoprenoids, lulo leaves, flavour precursors, natural flavurings, solanaceae, aroma.

## RESUMEN

La fracción glicosídica de hojas de lulo (*Solanum quitoense* L.) fue obtenida por adsorción sobre Amberlita XAD-2 y posterior elución con metanol. Los glicósidos así extraídos se hidrolizaron enzimáticamente con una glicosidasa no selectiva (Rohaspect D5-L) y las agliconas (volátiles enlazados glicosídicamente) producidas fueron caracterizadas químicamente por CGAR (cromatografía de gases de alta resolución), CGAR-EM (cromatografía de gases de alta resolución acoplada a espectrometría de masas) y analizadas sensorialmente (nota olfativa) por CGAR-O (cromatografía de gases de alta resolución acoplada a olfatometría). Se detectaron en total 25 compuestos volátiles y de ellos, se identificaron 21, los cuales representan el 90 % de todas las agliconas generadas. Los volátiles identificados presentaron diversas estructuras químicas que pueden agruparse en C<sub>13</sub>-norisoprenoides (38.1 %, 15 mg/kg hojas), compuestos aromáticos (30.5 %), alcoholes monoterpénicos (12.3 %) y compuestos alifáticos C<sub>6</sub> (9.3 %). El extracto de volátiles producido por hidrólisis enzimática presentó un olor a verde amaderado agradable, con fuertes notas dulces parecidas a la miel.

## ABSTRACT

HRGC (High Resolution Gas Chromatography), HRGC-MS (High Resolution Gas Chromatography-Mass Spectrometry) identifications and HRGC-vs-

sniffing sensory analysis (odor description) of glycosidically bound volatiles from lulo (*Solanum quitoense* L.) leaves were achieved after isolation of an extract obtained by Amberlite XAD-2 adsorption and methanol elution followed by enzymatic hydrolysis with a non selective glycosidase (Rohapect D5-L). In total, 25 volatiles were detected, of which 21 were positively identified (about 90% of the total aglycons). C<sub>13</sub>-Norisoprenoids afforded the most abundant group of compounds (38.1 %, 15 mg /kg leaves), followed by aromatic compounds (30.5 %), monoterpene alcohols (12.3 %), and C<sub>6</sub>-aliphatic compounds (9.3 %). The bulky of volatiles produced by enzymic hydrolysis possessed a pleasant green woody aroma with strong sweet honey note.

## INTRODUCCION

En los últimos años, los estudios en química de aromas (particularmente en frutas y legumbres) se han enfocado no sólo a la caracterización e identificación de los componentes volátiles responsables de un aroma determinado, sino también a la formación de algunos de estos compuestos después de la disrupción celular (maceración en el momento de la ingestión, pelado, cortado, procesamiento, etc.), a partir de precursores no volátiles encontrados en forma natural en los tejidos vegetales. Entre los diversos tipos de precursores de volátiles estudiados (1), los glicósidos son los compuestos a los que mayor interés se les ha prestado por la importancia científica de conocer sus rutas de transformación cuando originan volátiles y debido a que la industria ha visto en estos compuestos una nueva fuente de aromatizantes y/o saborizantes.

Dentro del marco anterior nuestros estudios realizados sobre volátiles de la pulpa y cáscara del lulo (*Solanum quitoense* L.) (2-6) han mostrado que éstos presentan en conjunto un aroma agradable y exótico y algunos de ellos como el linalol, hotrienol, nerol y óxidos de linalol, son formados por hidrólisis ácida y/o enzimática de precursores no volátiles de tipo glicosídico, en el momento de la disrupción celular antes de su consumo o procesamiento.

Continuando con la búsqueda de los precursores glicosídicos de otros compuestos volátiles del aroma del lulo, se decidió enfocar la presente investigación hacia el estudio de la fracción glicosídica de las hojas de la planta, teniendo en cuenta que los glicósidos no sólo se encuentran en el fruto sino también en otros órganos de la planta, y que estudios realizados en otras especies han mostrado que muchas veces éstos se encuentran en mayor concentración en hojas que en el fruto (7). Otra razón para trabajar con hojas de lulo, es que ellas pueden ser una fuente alternativa de volátiles, permitiendo obtenerlos con alto rendimiento y excelente calidad.

Así, el presente trabajo reporta por primera vez los volátiles generados a partir de la fracción glicosídica de hojas de lulo (*Solanum quitoense* L.) mostrando que allí existen también precursores glicoconjugados de compuestos volátiles tales como C<sub>13</sub>-norisoprenoides y monoterpenoles, algunos de los cuales hacen parte del aroma del fruto (pulpa y cáscara) de esta importante especie vegetal en la fruticultura colombiana. Se realizó además, el análisis sensorial de estos compuestos volátiles generados, con el fin de determinar su calidad como aromatizantes.

## PARTE EXPERIMENTAL

### Muestra.

Se trabajó con hojas de lulo provenientes de un cultivo tecnificado ubicado en el área rural del municipio de La Vega (Cundinamarca), a una altura de 2100 metros sobre el nivel del mar. La planta fue clasificada taxonómicamente como *Solanum quitoense* L. y registrado bajo el código: COL 352780 en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional. Todos los solventes empleados fueron grado reactivo analítico (MERCK) y se redestilaron antes de usarse.

### Aislamiento de glicósidos.

Para obtener el extracto glicosídico se utilizó el procedimiento descrito por Günata et al. (8) que consiste en pasar el extracto polar (metanol-agua) de aproximadamente 2 kg de hojas de lulo, libre de solvente orgánico, a través de una columna de cromatografía (45 x 800 mm) empacada con aproximadamente 1 kg de Amberlita XAD-2. Los glicósidos -retenidos selectivamente- fueron eluidos luego con 1 l de metanol.

### Generación de volátiles por hidrólisis enzimática.

La mezcla glicosídica (100 mg) fue sometida a hidrólisis enzimática durante 24 h a 37°C con una glicosidasa no selectiva (Rohapect D5-L) en aproximadamente 50 ml de buffer de citrato-fosfato (pH 5.5), que contenía el estándar (fenil-β-D-glucopiranosido). Adicionalmente se realizó un blanco sin muestra como control de la hidrólisis. Luego los volátiles generados fueron extraídos con eter etílico y posteriormente analizados por CGAR, CGAR-EM y CGAR acoplada a olfatometría.

### Análisis por CGAR.

La CGAR se realizó en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 serie II equipado con detector de ionización de llama. En la CGAR se utilizaron tres columnas diferentes: DB-Wax (30 m x 0.25 mm x 0.25 μm, 50°C - 220°C a 4°C/min, inyector y detector a 220°C, split 1:13), DB-5 (25 m x 0.31 mm x 0.52 μm, 60°C - 300°C a 5°C/min, inyector y detector a

300°C, split 1:10) y OV-101 (12 m x 0.2 mm x 0.33  $\mu$ m, 50 - 300°C, a 4°C/min, inyector y detector a 300°C, split 1:15).

#### **Análisis por CGAR-EM.**

La CGAR-EM fue realizada en un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 con detector selectivo de masas HP 5970 (Impacto Electrónico). Se utilizaron las columnas DB-5 y OV-101 mencionadas anteriormente, el programa de temperatura fue igual al utilizado en CGAR, los espectros de masas fueron tomados con un potencial de ionización de 70 eV, manteniendo la fuente (detector selectivo de masas) en 300°C y registrando masas entre m/z 30 y 350.

#### **Análisis por CGAR acoplada a olfatometría.**

Este análisis se realizó usando un cromatógrafo de gases Hewlett Packard 5890 serie II equipado con la columna capilar DB-5 en las condiciones antes descritas, acoplado a un olfatómetro (divisor de flujo HP OSS-2) en el cual aproximadamente el 80% del efluente de la columna se hace llegar al punto de olfacción después de ser mezclado con aire húmedo. La temperatura de la interfase fue de 60°C. Cada uno de los volátiles emergentes del cromatógrafo fue caracterizado sensorialmente (características de olor) por triplicado, por un panel de cinco personas especializadas en descripción de olores.

#### **Identificación y cuantificación de los volátiles generados por hidrólisis enzimática.**

La identificación de las agliconas se realizó utilizando dos criterios: el cromatográfico, comparando los índices de retención experimentales -calculados por comparación con una mezcla patrón de parafinas corridas en las mismas condiciones cromatográficas que las de los extractos- con los de sustancias patrón y/o de referencia encontrados en la literatura (9,10); y el espectral, obtenido del análisis de cada uno de los espectros de masas. La cuantificación se realizó por el método del estándar interno, haciendo la relación de áreas de cada uno de los compuestos en CGAR con el área del patrón interno (fenol), asumiendo 100% de hidrólisis.

Se presentan a continuación los datos de EM de las agliconas de tipo C<sub>13</sub>-norisoprenoide identificadas en este trabajo debido a que son compuestos cuyos datos espectrales no se encuentran comúnmente en la literatura:

**3-Oxo- $\alpha$ -ionol (isómeros I y II) 14 y 15:** EM m/z 208 (1%, M<sup>+</sup>), 165 (1), 152 (11), 151 (2), 137 (3), 135 (5), 123 (4), 110 (3), 109 (26), 108 (100), 107 (13), 95 (10), 93 (3), 91 (10), 82 (2), 81 (8), 80 (6), 79 (11), 77 (9), 71 (3), 69 (4), 67 (8), 65 (8), 63 (3), 55 (9), 53 (10), 51 (6), 45 (42), 43 (57), 41 (30).

**3-Hidroxi-5,6-epoxi- $\beta$ -ionol 17:** EM m/z 208 (3%, M<sup>+</sup>- 18), 166 (2), 165 (0.5), 151 (1), 147 (1), 133 (0.7), 125 (14), 124 (4), 109 (8), 107 (8), 95 (4), 93 (3), 91 (3), 83 (6), 82 (10), 81 (7), 79 (4), 77 (3), 71 (4), 69 (4), 67 (5), 57 (3), 55 (10), 53 (5), 45 (8), 43 (100).

**(Z) y (E)-3-Oxo-retro- $\alpha$ -ionol (Isómeros I y II) 20 y 22:** EM m/z 164 (27%, M<sup>+</sup>- 44), 149 (53), 122 (12), 121 (14), 108 (5), 107 (11), 93 (7), 91 (11), 79 (11), 77 (12), 55 (10), 53 (10), 51 (6), 45 (100), 43 (26), 41 (26), 39 (24).

**Vomifoliol (isómero I) 25:** EM m/z 206 (1%, M<sup>+</sup>- 18), 168 (6), 150 (7), 135 (7), 125 (11), 124 (100), 122 (10), 111 (9), 107 (7), 95 (7), 79 (16), 77 (9), 69 (9), 67 (8), 55 (17), 53 (12), 45 (30), 43 (76), 41 (37), 39 (29).

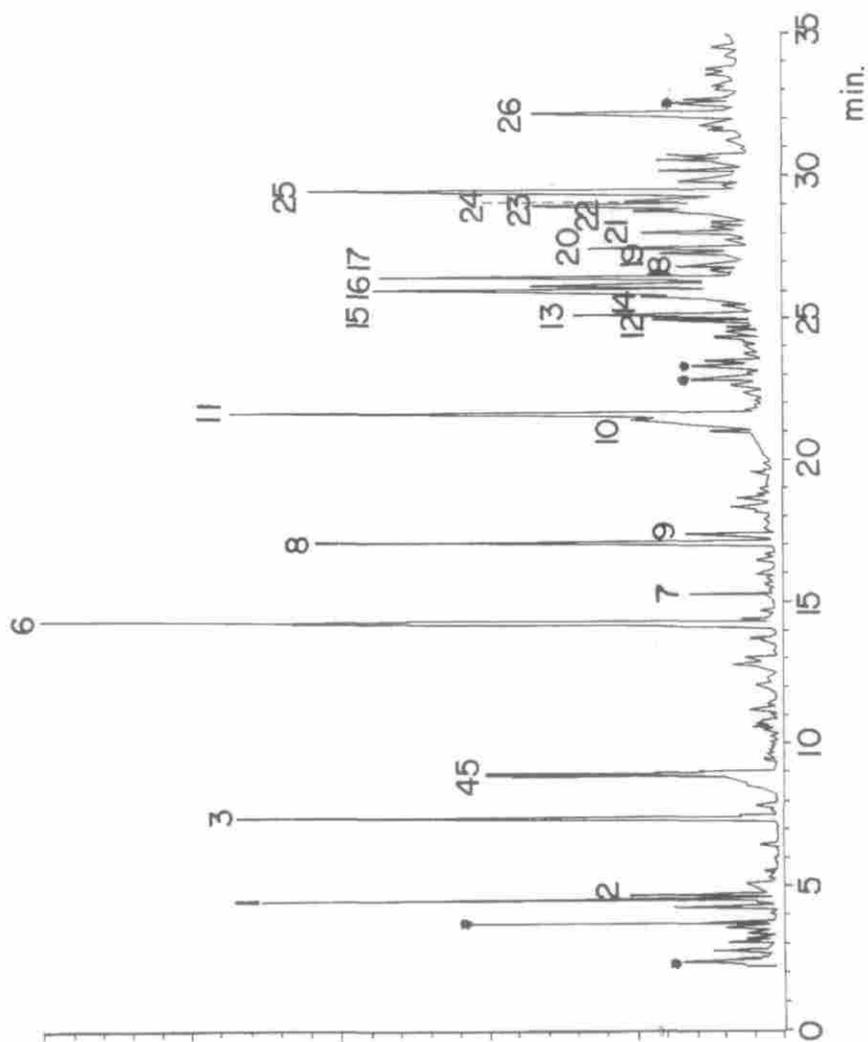
**Vomifoliol (isómero II) 26:** EM m/z 206 (2%, M<sup>+</sup>- 18), 191 (3), 150 (5), 137 (5), 136 (13), 125 (6), 124 (32), 123 (12), 121 (8), 109 (9), 108 (11), 107 (13), 106 (18), 105 (9), 95 (20), 93 (7), 91 (9), 79 (15), 78 (14), 77 (14), 71 (6), 69 (5), 67 (11), 65 (7), 57 (5), 55 (22), 53 (11), 51 (7), 45 (34), 43 (100), 41 (40), 39 (31).

## RESULTADOS Y DISCUSION

El extracto de volátiles obtenido de la hidrólisis enzimática de la fracción glicosídica de hojas de lulo (*Solanum quitoense* L.), presentó un olor verde amaderado agradable, con fuertes notas dulces parecidas a la miel. Su análisis por CGAR se realizó en tres columnas diferentes: DB-Wax (polar), DB-5 (medianamente polar) y OV-101 (no polar). De ellas la que presentó mejor resolución fue la DB-5; en DB-Wax no se detectaron las agliconas de alto peso molecular y en OV-101, la zona de los C<sub>13</sub>-norisoprenoides presentó menor resolución que en la DB-5.

En la figura 1 se presenta el cromatograma de gases de las agliconas liberadas por hidrólisis enzimática del extracto glicosídico de hojas de lulo, utilizando la columna DB-5; allí puede observarse la presencia de por lo menos 25 compuestos volátiles, los cuales fueron luego analizados por CGAR-EM. Para la identificación de cada uno de ellos se utilizó el criterio cromatográfico y el criterio espectral, y para la cuantificación se usó el método del estándar interno. En la tabla 1 se muestran los volátiles identificados, los índices de retención (IR) obtenidos experimentalmente y los de la literatura en las diferentes columnas utilizadas, la cantidad obtenida y la descripción de las notas de olor de cada uno de ellos.

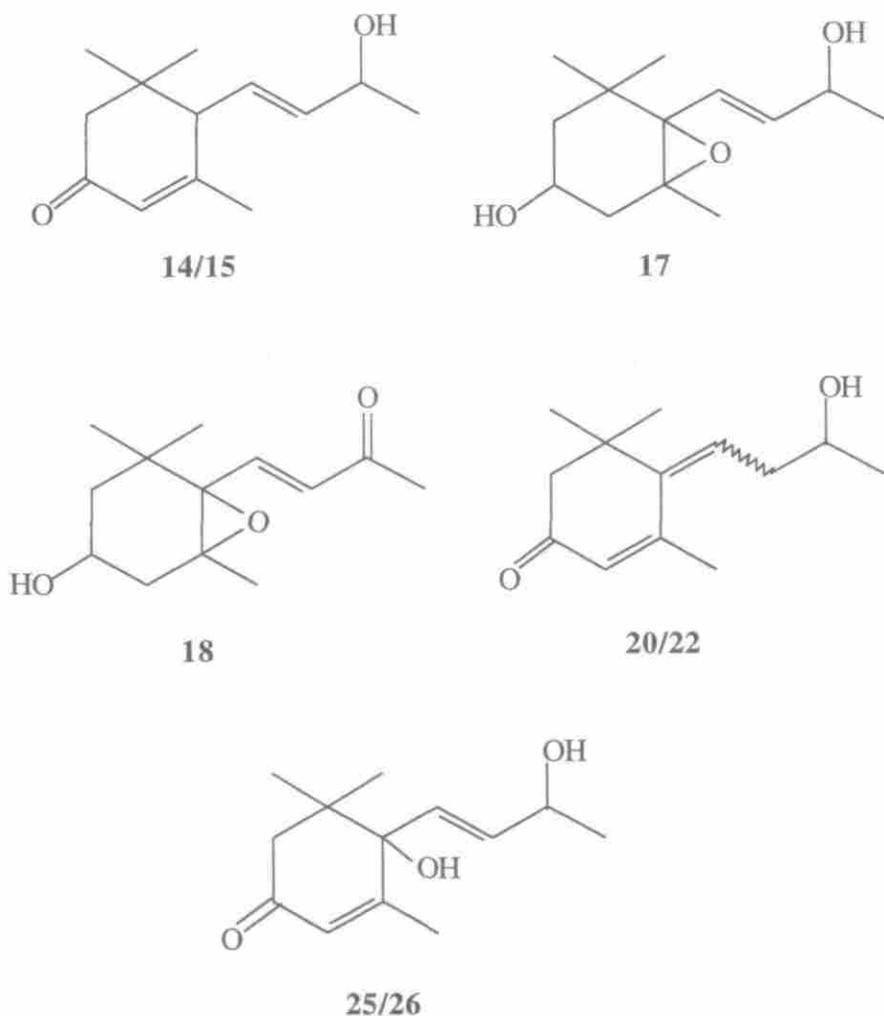
En total se identificaron 21 compuestos volátiles enlazados glicosídicamente, que representan el 90% de la muestra total. Como puede verse



**Figura 1.** Cromatograma de gases de los volátiles liberados por hidrólisis enzimática del extracto glicosídico de hojas de lulo (*Solanum quitoense* L.). Los números corresponden con los usados en la tabla 1. \* Impurezas provenientes del medio donde se encuentra la enzima, identificadas a partir del blanco.

en la tabla 1, las agliconas identificadas presentan diversas estructuras químicas las cuales pueden agruparse en:  $C_{13}$ -norisoprenoides, compuestos aromáticos, alcoholes monoterpénicos y compuestos alifáticos- $C_6$ .

*C<sub>13</sub>-Norisoprenoides.* Las estructuras de estas agliconas detectadas en hojas de lulo, se presentan en la figura 2, y comprenden ocho derivados de la  $\alpha$ - y  $\beta$ -ionona, todos oxigenados en la posición 3; es el grupo mayoritario del extracto (38.1%, 15 mg/kg), y se tiene evidencia de que



**Figura 2.**  $C_{13}$ -norisoprenoides liberados por hidrólisis enzimática del extracto glicosídico de hojas de lulo (*Solanum quitoense* L.). Los números corresponden con los usados en la tabla 1.

**Tabla 1. Compuestos identificados en hojas de lulo (*Solanum quitoense* L.) por CGAR y CGAR-EM después de la hidrólisis enzimática con Rohapect D5-L del extracto glicosídico.**

No.ª	COMPUESTO	DB-5		DB-WAX		OV101	Conc. <sup>b</sup> (mg/kg hojas)	NOTA DE OLOR
		IRexp	IRlit	IRexp	IRlit	IRexp		
1	(Z)-3-Hexenol	854	-	1378	1387	834	+++	Verde agreste, césped
2	(E)-2-Hexenol	875	-	1400	1390	844	++	verde, tomate
3	Fenol (estandar interno)	978	979	1990	1973	958	+++	-
4	Alcohol bencílico	1035	1034	1866	1864	1004	++	grasosa, yodada
5	Acido 2-hexenóico	1039	-	1953	1940	1023	++	floral, almibarada
6	4-Vinilfenol	1219	1221	2375	2352	1190	++++	ureosa
7	Geraniol	1253	-	1833	1830	1231	+	-
8	4-Vinilguayacol	1315	1317	2182	2181	1278	++++	agridulce, alcalina
9	2,3-Dihidroxiben- zoatode metilo <sup>c</sup>	1324	-	-	2209	1285	+	almibarada
10	p-Menten-7,8-diol (Isómero I) <sup>c</sup>	1481	-	-	-	1427	+++	floral, herbal, perfumada
11	p-Menten-7,8-diol (Isómero II)	1489	-	2523	2517	1438	++++	dulce, jalea de guayaba
12	Sin identificar	1620	-	-	-	-	+	amaderada, perfumada
13	Sin identificar	1628	-	2138	-	1591	++	-
14	3-Oxo- $\alpha$ -ionol (Isómero I) <sup>d</sup>	1655	-	-	-	1599	++	amaderada, roja, frutal
15	3-Oxo- $\alpha$ -ionol (isómero II)	1665	1664	2639	2637	1608	+++	dulce, frutal, roja
16	Sin identificar	1673	-	-	-	1636	++	-
17	3-Hidroxi-5,6-epoxi- $\beta$ -ionol	1685	1687	-	2776	1632	+++	amaderada, tabaco

**Tabla 1. Continuación.**

18	3-Hidroxi-5,6-epoxi- $\beta$ -ionona	1695	1697	-	2668	1641	+	-
19	Ferulato de metilo <sup>c</sup>	1714	-	-	2660	1657	+	-
20	(Z)-3-Oxo-retro- $\alpha$ -ionol	1722	1720	2741	2720	1678	++	amaderada
21	Alcohol Coniferílico <sup>e</sup>	1748	1754	-	-	1684	++	-
22	(E)-3-Oxo-retro- $\alpha$ -ionol	1788	1771	2875	2852	1722	+++	amaderada, hoja de bocadillo
23	Sin identificar	1791	-	-	-	-	++	-
24	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>3</sub>	1797	-	-	-	1731	+++	-
25	Vomifoliol (Isómero I)	1806	1801	-	2932	1749	++++	dulce, amaderada, frutal
26	Vomifoliol (Isómero II)	1941	-	-	-	1866	+++	-

<sup>a</sup> Los números de los compuestos corresponden con los utilizados en la figura 1.; <sup>b</sup> + = < 0.5 mg/kg, ++ = 0.5 - 1.5 mg./kg, +++ = 1.5 - 2.5 mg/kg y ++++ = > 2.5 mg/kg de hojas; <sup>c</sup> identificado sólo por espectrometría de masas; <sup>d</sup> isómero del 3-oxo- $\alpha$ -ionol en mezcla; <sup>e</sup> comparado con una muestra auténtica.

algunos de los compuestos que no fue posible identificar, pertenecen también a este grupo.

En general los C<sub>13</sub>-norisoprenoides son compuestos importantes como aromatizantes ya que poseen atractivas propiedades sensoriales junto con bajos valores umbral de olor, se ha encontrado que varios de ellos contribuyen significativamente al aroma de frutas tales como uva, membrillo y carambola (11). En las hojas de lulo, el análisis sensorial (tabla 1) demuestra que los isómeros I y II del 3-oxo- $\alpha$ -ionol, el 3-hidroxi-5,6-epoxi-  $\beta$ -ionol, los isómeros (E)- y (Z)- del 3-oxo-retro- $\alpha$ -ionol y el isómero I de vomifoliol presentan características olfativas agradables, con predominio de la nota amaderada, aunque también se manifiestan notas dulces, frutales y perfumadas. Este resultado es importante porque justifica el uso de las hojas de lulo como fuente alternativa (no convencional) de volátiles en la industria de aromatizantes, principalmente en perfumería.

Además de su importancia en la industria de producción de aromas, los C<sub>13</sub>-norisoprenoides identificados en este trabajo, pueden considerarse

como progenitores de otros volátiles igualmente importantes por sus cualidades olfativas. Por ejemplo, el 3-oxo- $\alpha$ -ionol encontrado enlazado glicosídicamente en frambuesa, vino y tabaco -componente mayoritario del aroma del tabaco (*Nicotiana tabacum* L.)- (11), en medio ácido genera las megastigmatrienonas, compuestos impacto en el aroma de vinos, brandys y jugos de uva.

El 3-hidroxi-5,6-epoxi- $\beta$ -ionol, caracterizado como glucósido en tabaco, en hojas de endrino y en hojas de manzana (11), bajo condiciones ácidas genera actinidoles (importantes en el aroma de vinos blancos, brandys y jugos de uva tratados térmicamente) y TDN (nota desagradable, parecida a kerosene que se genera en algunas clases de vinos).

El vomifoliol encontrado comúnmente en muchas especies vegetales como glucósido, es un precursor importante de teaspironas y vitispiranos los cuales son componentes importantes del aroma del vino presentando notas florales-frutales agradables (12).

Los isómeros 3-oxo-retro- $\alpha$ -ionol (I y II), se han encontrado como volátiles enlazados glicosídicamente en carambola, lulo, maracuyá y uva (11). En maracuyá morado se realizaron estudios de degradación sobre retro- $\alpha$ -ionoles (13), particularmente sobre el 3-hidroxi-retro- $\alpha$ -ionol, encontrándose que este compuesto es precursor natural de edulanos, compuestos «impacto» del aroma de esta variedad de maracuyá .

Dada la alta concentración de estos compuestos  $C_{13}$ -norisoprenoides encontrados en forma enlazada en las hojas de lulo, puede pensarse que ellos juegan un papel importante como precursores de volátiles en esta planta. Experimentos en este sentido están siendo realizados por nosotros actualmente, con el objeto de aislar e identificar cada  $C_{13}$ -norisoprenoide glicoconjugado y luego establecer la naturaleza de los volátiles originados a partir de estos precursores, teniendo en cuenta que la planta es un sistema dinámico donde todas sus partes se interrelacionan mutuamente.

*Compuestos aromáticos.* Estos compuestos constituyen el 30.5 % de los volátiles generados por hidrólisis, todos presentan estructuras tipo  $C_6-C_1$ ,  $C_6-C_2$ ,  $C_6-C_3$  y  $C_6-C_4$ , con diferentes sustituciones hidroxil- y metoxil-. Estos compuestos se consideran productos derivados de fenilpropanoides (ácido cinámico) por degradación de la cadena y reacciones de elongación. En este grupo predominan el 4-vinil fenol y el 4-vinil guayacol, que se caracterizaron por tener notas olfativas desagradables que los hace indeseables en productos alimenticios procesados. Sin embargo vale la pena resaltar que el 2,3-dihidroxi-benzoato de metilo, a diferencia de los anteriores, presenta notas olfativas agradables (dulces, almibaradas).

*Alcoholes monoterpénicos.* Estos volátiles constituyen otro grupo importante (12.3%) entre los compuestos presentes como volátiles enlazados en hojas de lulo, presentan notas dulces y perfumadas. Predominan en este grupo los p-mentendioles, de los cuales es poco lo que se ha reportado en la literatura; sólo puede decirse que son compuestos influyentes en el aroma del vino, y que aparecen durante el añejamiento, debido a la hidrólisis de precursores no volátiles. También se han encontrado como volátiles enlazados en uva (p-menten-7,8- y 6,8-dioles), en vino «Riesling» (p-menten-8,9-dioles) (14) y en la cáscara de lulo (p-menten-7,8-diol) (4); y se ha planteado que pueden relacionarse biosintéticamente con otros terpenoles (p. ej.  $\alpha$ -terpineol) (14).

*Compuestos alifáticos  $C_6$ .* Estos compuestos constituyen el 9.3 % de los volátiles enlazados en hojas de lulo y son los responsables - (Z)-3-Hexenol y (E)-2-Hexenol- del olor a «verde» en el extracto, contribuyendo de esta forma al aroma de las hojas, pues predominan en ellas como volátiles libres (15). En contraste, el ácido 2-hexenoico encontrado en este extracto y que también pertenece a este grupo de compuestos, presenta una nota floral.

Estos resultados muestran a las hojas de lulo como una excelente «fuente natural» de  $C_{13}$ -norisoprenoides, constituyéndose en un buen material vegetal para el estudio de la química de estos compuestos (estructuras y transformaciones) que poseen agradables propiedades sensoriales. Además este estudio demuestra que las hojas de lulo, actualmente desechadas después de la cosecha (en los cultivos son cortadas después de la cosecha para proteger la planta de la infección de hongos y bacterias), pueden convertirse en materia prima para la industria de aromatizantes (hidrólisis de precursores glicosídicos, cultivo de tejidos de hojas de lulo que generen tales  $C_{13}$ -norisoprenoides o transformaciones químicas de dichos compuestos que den origen a otros volátiles), eliminando previamente los compuestos fenólicos. Esta es una aplicación importante, en vista de que actualmente se están buscando fuentes alternativas de volátiles, que sean más fáciles de manejar, que sean naturales y que produzcan alto rendimiento.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a COLCIENCIAS, a la Comunidad Económica Europea (Proyecto CII-CT92-0019) y al Programa Internacional en Ciencias Químicas (IPICS) de la Universidad de Uppsala (Suecia), por el soporte financiero que permitió la realización de este trabajo. Se agradece al señor Over Quintero, por el suministro del material de estudio y al

panel de creación de aromas de LUCTA DE COLOMBIA por la realización del análisis sensorial.

## BIBLIOGRAFIA

1. Schreier, P. «*Chromatographic Studies of Biogenesis of Plant Volatiles*». Hüthig Verlag ed., Heidelberg, **1984**, pp. 53 - 125.
2. Suárez, M.; Duque, C. *J. Agric. Food Chem.* **1991**, 39, 1498.
3. Suárez, M.; Duque, C.; Bicchi, C.; Wintoch, H.; Full, G.; Schreier, P. *Flavour Fragr. J.* **1993**, 8, 215.
4. Suárez, M.; Duque, C.; Wintoch, H.; Schreier, P. *J. Agric. Food Chem.* **1991**, 39, 1643.
5. Wintoch, H.; Morales, A.; Duque, C.; Schreier, P. *J. Agric. Food Chem.* **1993**, 41, 1311.
6. Duque, C.; Wintoch, H.; Suárez, M.; Schreier, P. in Schreier, P.; Winterhalter, P. eds. «*Progress in Flavour Precursor Studies*». Allured Publishing Co., Carol Stream, **1993**. pp. 279 - 281.
7. Humpf, H.U.; Schreier, P. *J. Agric. Food Chem.* **1991**, 39, 1830.
8. Günata, Y.Z.; Bayonove, C.L.; Baumes, R.L.; Cordonnier, R.E. *J. Chromatogr.* **1985**, 331, 83.
9. Herderich, C.; Neubert, C.; Winterhalter, P.; Schreier, P.; Skouroumounis, G. *Flavour Fragr. J.* **1992**, 7, 179.
10. Jennings, W.; Shibamoto, T. «*Qualitative Analysis of Flavor and Fragrance Volatiles by Glass Capillary Gas Chromatography*». Academic Press, New York, 1980.
11. Winterhalter, P.; Schreier, P. *Flavour Fragr. J.* **1994**, 9, 281.
12. Winterhalter, P.; Schreier, P. *J. Agric. Food Chem.* **1988**, 36, 1251.
13. Herderich, M.; Winterhalter, P. *J. Agric. Food Chem.* **1991**, 39, 1270.

14. Versini, G.; Rapp, A.; Dalla Serra, A. in Schreier, P.; Winterhalter, P. eds. «*Progress in Flavour Precursor Studies*». Allured Publishing Co., Carol Stream, **1993**. pp. 243-246.
15. Osorio, C. «*Determinación de Volátiles Libres en Hojas de Lulo (Solanum vestissimum D.)*». Tesis de Grado de Químico. Universidad Nacional de Colombia, **1993**.