

Composición química del aceite esencial de las hojas de *Cymbopogon nardus* y *Cymbopogon citratus*

Rodríguez-Pérez Wilson.¹⁺, Castro-Avila. Ledys M.², Sánchez-Chacon. Yoicemid²,
 Gómez-Mesa Julio E.³ & Correa-Munera Marco A.⁴

¹Facultad de Ciencias Básicas, Universidad de la Amazonía, Florencia, Caquetá.

²Facultad de Ingeniería, Universidad de la Amazonía, Florencia, Caquetá

³Centro de investigaciones Nataima, Ibagué, Tolima.

⁴Coordinador Herbario HUAZ. Grupo de Investigación en Botánica Universidad de la Amazonia

Recibido, 26 de Octubre de 2005; aceptado 15 de Marzo de 2006

Resumen

El aceite esencial de hojas de *Cymbopogon nardus* y *Cymbopogon citratus* fue obtenido por destilación por arrastre con vapor de agua y analizado por cromatografía de gases de alta resolución (CGAR) y cromatografía de gases de alta resolución acoplado a espectrometría de masas (CGAR-EM) la composición química del aceite esencial de las partes aéreas de *Citronela* (*Cymbopogon nardus*) y Limoncillo (*Cymbopogon citratus*) cultivados en Caquetá. En el aceite esencial de *C. nardus* predominó citronelal (26%), geraniol (14%), elemol (9.9%), germacreno D-4-ol (6.5), citronelol (6.1%) y acetato de geraniol (5.6%), mientras que en el de *C. citratus* predominó geraniol (49.7%), neral (30.5%) y -mirceno (12.2%). El aceite esencial de *C. citratus* es menos denso y más ácido que el de *C. nardus*, en tanto que ambos aceites son dextro-rotatorios. De otro lado, se registran los espectros IR y UV de ambos aceites esenciales.

Palabras clave: Aceite esencial, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon citratus*, arrastre con vapor, Poaceae

Abstract

The essential oils from leaves of *Cymbopogon nardus* and *Cymbopogon citratus* were obtained by hydrodistillation and analyzed by GC and GC/MS. Major compounds of the oil of *C. nardus* were citronellal (26%), geraniol (14%), elemol (9.9%), germacrene-D-4-ol (6.5%), citronellol (6.1%) and geranyl acetate (5.6%); while the most important constituents in the essential oil in *C. citratus* were geraniol (49.7%), neral (30.5%) and -mircene (12.2%). The essential oil of *C. citratus* is less thick and more acid than *C. nardus*, but both were dextrorotatory. Additionally, The IR and UV spectra of these essential oils were registered.

Keywords: Essential oil, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon citratus*, hydrodistillation, Terpenes

Introducción

El Limoncillo (*Cymbopogon citratus*) es una planta perenne, alta, de hojas angostas y largas; inflorescencia formada por racimos en pares. La planta fresca proporciona entre el 0.5-0.7% de aceite esencial, líquido amarillo transparente, de olor cítrico, formado por los compuestos siguientes: geraniol y neral, (compuestos mayoritarios), geraniol, neral, furfural, citronelal, metilheptenona y -mirceno. El aceite esencial de *Cymbopogon Citratus* tiene actividad microbiana sobre la *E coli*, *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus*, esta actividad se debe al geraniol y al neral (Correa & Bernal 1993, Torres & Ragadio 1996) (http://www.plantasmedicinales.org/farmacognosia/sept2002_aceites_esenciales.htm (16 Abr 07)).

La Citronela (*Cymbopogon nardus*) es una especie herbácea, vivaz, rizomatosa, perteneciente a la

⁺Autor para correspondencia: email: wisonrod@hotmail.com

familia botánica de las gramíneas, con numerosos macollos. Las hojas son largas, anchas y lisas. De las hojas se obtiene aceite esencial, líquido amarillo o amarillo parduzco que en contacto con el aire toma una coloración verdosa, Los principales componentes son el citronelal y el geraniol, limoneno, canfeno, dipenteno, citronelol, borneol, nerol y metileugenol (Correa & Bernal 1993).

Dentro de los estudios realizados sobre estas plantas, se encuentra el proyecto titulado "Obtención de aceites esenciales dentro del aprovechamiento promisorio de algunos productos forestales no maderables" realizado por el Centro de Investigaciones Macagual, en el cual se registran características del aceite esencial de Limoncillo (*C. Citratus*) como: color amarillo, olor dulce-fuerte, densidad relativa (27/30 °C) 0.88 y pH 3.72 (Arias & Hernández 2004).

De otro lado, se registró el estudio químico de los

aceites esenciales de las especies *C. citratus* y *C. nardus* del Departamento de Santander (Nororiente Colombiano), en donde los resultados indicaron que en limoncillo predomina geranial (31.0%), -mirceno (38.1%), neral (25.7 %) y -elemeno (2.1%) y correspondientes al 87.76 % de la mezcla total, mientras que en citronella predomina citronelal (54.2 %), limoneno (6.5 %), -bourboneno (5.6 %) y -cubebeno (4.5 %) correspondientes al 70.8% del total (Mora 2001).

En el caso de *C. Citratus*, del Perú, únicamente se registraron las siguientes características físicas del aceite esencial: Gravedad específica (15°C): 0.911; rotación óptica (20 °C): +1 e índice de refracción (20 °C): 1.4825 (Bautista 2000). Un estudio de la región venezolana que involucró a tres variedades de la especie *C. citratus* Stapf. mostró predominio de geranial (40.9-43.2%) seguido de neral (32.8-34.3), -mirceno (12.6-14.8 %) y geraniol (4.7-5.4) (Linares et al 2005). otro estudio realizado en Brasil con dos variedades de *C. citratus* Stapf evidenció predominio de -mirceno (16.0-36.7) (Correa & Bernal 1993).

En el continente africano se han reportado estudios de *C. citratus* con predominio de geranial (43.1%) y neral (31.4 %), *C. nardus* con geraniol (23.9%), citronelal (30.5 %) y elemol (12.0 %) como compuestos mayoritarios y *C. schoenanthus* con piperitona (68.0 %) y 2-careno (16.5 %) (Koba et al. 2004). Un estudio de *C. afronardus* Stapf (Baer et al 2005) de Uganda mostró presencia de -mirceno (3.3 %) e intermedeol (16.9 %). En Etiopía se ha reportado presencia -mirceno (10.4 %) y geraniol (2.4 %) en *C. citratus* Stapf (ALNAP 2001). Finalmente en Manipur (India), se ha registrado *C. citratus* Stapf (ALNAP 2001) eugenol metílico (19.5 %), elemicina (25.3 %), andisoelemicina (11.0 %) e isoeugenol metílico (4.2 %).

Evans (1989) informa que especies del género *Cymbopogon* de la India contienen geraniol del orden del 85-90%, en tanto que otra especie de este mismo género contiene principalmente citral y citronelal en el intervalo de 75-85%, en este último caso no se precisa la ubicación geográfica.

En los registros a nivel de Sur América, dentro de los componentes del aceite esencial de *C. citratus* predominan: geranial, neral y -mirceno, similar a lo que se registra en Togo. Caso contrario, es el continente africano donde impera la piperitona (68%), citral (geranial + neral) (47.7%) y elemicina (25.3%). Por último en el sureste asiático, su constituyente mayoritario es el citral con un 69.4% de la mezcla. Como puede verse

para *C. citratus*, independientemente de la región de estudio, hay predominio de Citral (geranial + neral) y -mirceno que corresponden entre el 60-84% de la mezcla total indicando prevalencia de aldehídos monoterpénicos.

Es de recordar, que el contenido de citral en un aceite esencial es un elemento a tener en cuenta para su comercialización (INFORM 1999).

Así, en el presente trabajo se realizó la caracterización física y química del aceite esencial de *Cymbopogon nardus* y *Cymbopogon citratus* cultivados en el Centro de Investigaciones Macagual-Vía a Morelia (Caquetá) con el fin de comparar los datos obtenidos con los reportados de aceite esencial de plantas similares cultivadas en otras latitudes.

Metodología

Colección y tratamiento preliminar del material vegetal

La materia prima se recolectó en las instalaciones del centro de Investigaciones Macagual (C.I.M) ubicada en la vía Florencia-Morelia, el material vegetal fue colectado bajo la supervisión de Julio Enrique Gómez Mesa (Medico veterinario y zootecnista del centro de investigaciones Macagual (C.I.M) posteriormente se seleccionaron las hojas verdes, seguido de una limpieza o remoción manual de partículas extrañas, y secado por 24 horas a temperatura ambiente.

Las hojas fueron cortadas en trozos de 5 x 5 cm aproximadamente, y sometidas a destilación por arrastre con vapor de agua con una densidad de carga de 3 kg, 44.7 Psia de presión, por 1 hora de extracción (Arias & Hernández 2004). Los aceites esenciales obtenidos fueron secados con sulfato de sodio anhidro (Na₂SO₄) previamente secado a 105 °C durante una hora.

Descripción del extractor

El equipo de destilación por arrastre indirecto que se encontraba instalado y operando en el (CIM); esta construido en material de acero inoxidable con tubería de conducción de vapor en aluminio. Este es un equipo que puede trabajar en un proceso semicontinuo, intermitente; con manejo de presión; temperatura, carga y tiempo (Arias & Hernández 2004).

Parámetros Físicos

Densidad relativa (Picnometría (20 °C)), Índice de refracción (Refractómetro *Atago 1T*, con termómetro digital), Desviación óptica (Polarímetro Polarimeter PolyScience, model SR-6 con un rayo de longitud de onda de 589 nm, línea de sodio), Punto de ebullición (Termometría) y pH (tiras indicadoras MERCK). Propiedades sensoriales: Olor (Percepción sensorial) y Color (Percepción sensorial) (Burfield 2002, Anzaldúa 1994).

Parámetros Químicos

Índice de acidez (Volumetría, *Oficial methods of analysis of the A.O.A.C 9.40.28./1998*). Cromatografía de gases de alta resolución acoplada a espectrometría de masas. El aceite esencial de Limoncillo se analizó en un cromatógrafo de gases HP 5890A – Serie II (Hewlett – Packard) equipado con Detector de Ionización en llama (FID). Se utilizó una columna capilar de sílice fundida con fase estacionaria de polidimetilsiloxano (mediana polaridad), DB-5, de 60 m x 0.25 mm x 0.25 μ m. La temperatura del horno se programó desde 45 °C (2 min) hasta 250 °C (35 min), con una velocidad de calentamiento de 8 °C/min y las del puerto de inyección y detector, se mantuvieron a 250 °C. Los espectros de masas (EM) de los componentes del aceite de limoncillo se obtuvieron en un cromatógrafo de gases HP 5890A – II (GC) acoplado a un detector selectivo de masas HP 5972 (MSD), con barrido (scanning) automático en el rango de m/z 40-350. La energía de los electrones ionizantes fue de 70 eV. Para el cromatógrafo del equipo GC/MSD se utilizó una columna DB-5, de 60 m x 0.25 mm x 0.25 μ m y Helio como gas de arrastre a una velocidad de 1 mL/min. La temperatura del horno se programó desde 45 °C (2 min) hasta 250 °C (35 min), con una velocidad de calentamiento de 8 °C/min. La temperatura del inyector y detector se mantuvo a 250 °C.

El aceite esencial de Citronella se analizó en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 6890 plus equipado con Detector de Ionización en llama (FID). Se utilizó una columna capilar de sílice fundida con fase estacionaria de polidimetilsiloxano (mediana polaridad), DB-5, de 60 m x 0.25 mm x 0.25 μ m. La temperatura del horno se programó desde 50 °C (5 min) hasta 250 °C (30 min), con una velocidad de calentamiento

de 5 °C/min y las del puerto de inyección y detector, se mantuvieron a 250 °C.

Los espectros de masas (EM) de los componentes del aceite esencial de Citronella se obtuvieron en un cromatógrafo de gases Agilent Technologies 6890 plus (GC) acoplado a un detector selectivo de masas 5973 Agilent Technologies (MSD), con barrido (scanning) automático en el rango de m/z 30-350. La energía de los electrones ionizantes fue de 69.9 eV. Para el cromatógrafo del equipo GC/MSD se utilizó una columna DB-5, de 60 m x 0.25 mm x 0.25 μ m y Helio como gas de arrastre a una velocidad de 1 mL/min. La temperatura del horno se programó desde 50 °C (5 min) hasta 250 °C (30 min), con una velocidad de calentamiento de 5 °C/min. La temperatura del inyector y detector se mantuvo a 250 °C, respectivamente.

Los índices de retención de Kovats (IK), se determinaron usando una mezcla patrón de parafinas (C_{10} a C_{25}) en los análisis CGAR y usando una fase estacionaria medianamente polar (DB-5) y sus valores se compararon con los reportados en la literatura. Los espectros de masa fueron analizados y comparados con los reportados en la literatura.

Espectroscopia Infrarroja. Equipo infrarrojo con transformada de Fourier, Nicolet Avatar 360 FT-IR, con sistema de datos EZ OMNIC ESP 5.1. celda de yoduro de cesio (CsI), de 0.5 mm de espesor.

Espectroscopia ultravioleta: Espectrofotómetro Spectronic Genesys 5, rango 270-400 nm

Resultados y Discusión

Características Organolépticas

Los aceites esenciales presentaron olor característico al del limón con diferencias relacionadas a su intensidad y durabilidad, siendo más perceptible al olfato el aceite esencial de citronela; caso contrario a lo observado en el color, el cual fue más fuerte en el aceite esencial de limoncillo (Tabla 1). Estas características sensoriales son similares a las registradas en los aceites esenciales de otras plantas pertenecientes a *C. citratus* y *C. Nardus* (Lewinsohn *et al* 1998)

Características físicas y químicas

Para realizar la medición del punto de ebullición, se comprobó que el termómetro

estuviera calibrado, empleando sustancias patrón. Como se ve en la Tabla 2, la densidad relativa de limoncillo es menor que la de citronela y a su vez es un valor menor al registrado para aceites esenciales (0.860-0.890).

Tabla 1. Caracterización organoléptica del aceite esencial de Citronela y limoncillo

Parámetro	Citronela	Limoncillo
Olor	Dulce fuerte, semejante al limón	Intenso, semejante al limón
Color	Líquido ligeramente amarillo, transparente	Líquido amarillo, transparente

En cuanto a los valores de índice de refracción, de los aceites evaluados, se consideran comunes a los registros previos (1.482-1.489). Respecto a la desviación óptica se observa predominio de compuestos dextrorrotatorios en ambos aceites. De otro lado, por el índice de acidez, se ve que el aceite de limoncillo es más ácido que el de citronella, como lo muestran sus valores de pH, situación similar a *C. citratus* de la región caqueteña (Arias & Hernández 2004).

Tabla 2. Parámetros físico-químicos medidos en los aceites esenciales de citronela y limoncillo

Parámetro	Citronela	Limoncillo
Rendimiento (%) ^a	0.50	0.43
Densidad relativa (20/20)	0.891	0.857
Índice de refracción (20 °C)	1.478	1.495
Rotación específica [α] _D ^{26°C}	+43.1 ±0.1	+2.8 ±0.1
Punto de ebullición (°C)	163	160
pH	5.0	3.0
Índice de acidez (mg de KOH/g de aceite fresco)	1.597	3.987

Espectro infrarrojo aceite esencial de citronela

En el espectro infrarrojo del aceite esencial de Citronela (Figura 1) puede observarse que sobresalen las bandas en 524 cm⁻¹, 1453 cm⁻¹, 2924.89 cm⁻¹ y 3427 cm⁻¹ que caracterizan grupos hidroxilo; en 831 cm⁻¹, 1672 cm⁻¹ indicando enlace doble; en 1020 cm⁻¹ y 1235 cm⁻¹ caracterizando anillos aromáticos, y en 1725.65 cm⁻¹ y 2850.00 cm⁻¹ correspondientes a grupo formilo (Lambert *et al* 1998, Skoog & West 2000, Silverstein *et al.* 1991, Morrison & Boyd 1986).

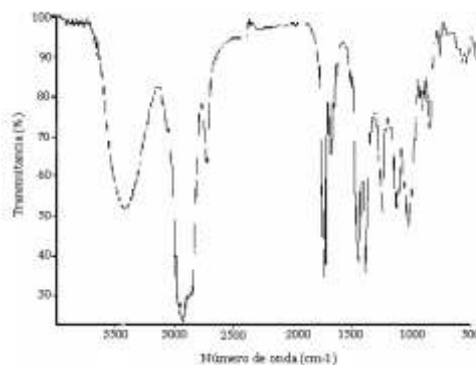


Figura 1 Espectro infrarrojo del aceite esencial de Citronela

Espectro infrarrojo aceite esencial de limoncillo

En el espectro infrarrojo del aceite esencial de limoncillo (Figura 2) puede observarse que sobresalen las bandas en 988.44 cm⁻¹, 1121.52 cm⁻¹, 3488 y 1443 cm⁻¹ que caracterizan la función alcohol; en 843 cm⁻¹, 3250 cm⁻¹ y 1633 cm⁻¹ indicando enlace doble; en 1020 cm⁻¹ y 1235 cm⁻¹ caracterizando anillos aromáticos, y en 1725 cm⁻¹ y 2762.09 cm⁻¹ correspondientes a grupo formilo.

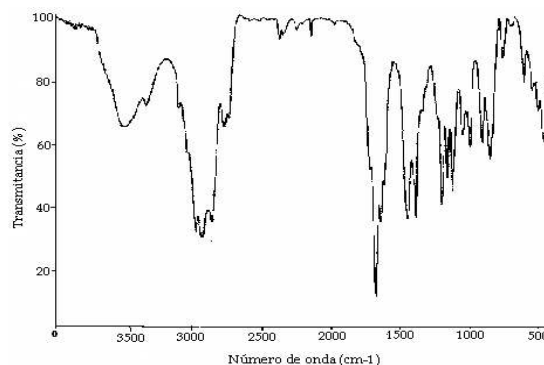


Figura 2 Espectro infrarrojo del aceite esencial de Limoncillo

Como se puede observar en las figuras 1 y 2 de los espectros infrarrojo, las bandas predominantes para el aceite esencial de citronela indican presencia de funciones químicas tales como aldehído, alcohol, olefina, ester carboxílico y compuestos aromáticos. En tanto que para el aceite de limoncillo predominan las bandas que caracterizan grupos tales como: aldehídos, alcoholes y olefinas.

Así, los aceites esenciales evaluados tienen grupos funcionales comunes a los registrados en la literatura (Pérez de paz *et al.* 1996, Pedro *et al.* 2001, Kobaisy *et al.* 2002).

Espectro Ultravioleta del aceite esencial de citronela

Como se observa en la Figura 3, el espectro UV del aceite de citronela muestra un máximo de absorción a $\lambda = 290$ nm con una menor absorción a $\lambda = 305$ nm. Considerando la información dada por el espectro IR de este aceite, esta absorción se puede racionalizar en términos de presencia de grupos formilo en los componentes de la mezcla, dado que estos absorben en esta región del espectro UV, y que los demás grupos funcionales hidroxilo, olefina, núcleo aromático sencillo absorben entre 200-260 nm (Lambert *et al* 1998, Silverstein *et al.* 1991)

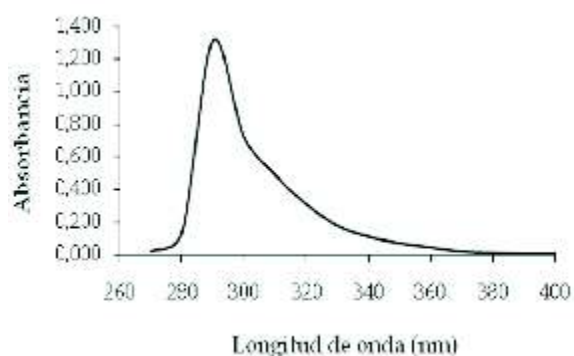


Figura 3. Espectro UV de aceite esencial de citronela. Solvente: etanol 95%. Concentración: 1.0% v/v. Celda de 1.0 cm

Espectro Ultravioleta del aceite esencial de limoncillo

Como se observa en la Figura 4, el espectro UV del aceite de limoncillo es muy similar al de citronela ($\lambda_{max} = 290$ nm y $\lambda_{sec} = 320$ nm). El razonamiento dado para el espectro UV de citronela también se puede aplicar aquí.

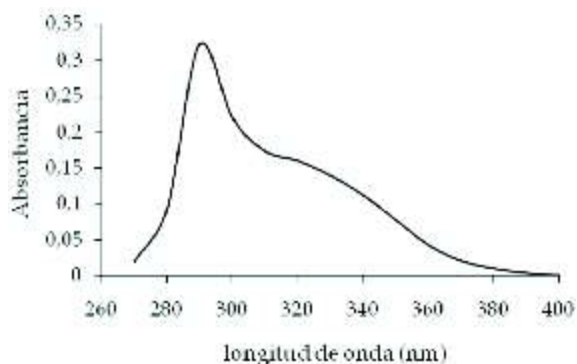


Figura 4 Espectro UV de aceite esencial de Limoncillo. Solvente: etanol 95%. Concentración: 0.04 % v/v. Celda de 1.0 cm

Cromatografía de gases de alta resolución acoplado a espectrometría de masas (CGAR-EM)

La tabla 3 muestra los constituyentes del aceite esencial de Citronela y limoncillo, además se presentan los valores respectivos de, índice de Kovats experimental y la abundancia relativa. La identificación se apoyó en el análisis cuidadoso de los espectros de masa y su comparación con la literatura (Adams 2001, Jennings & Shibamoto 1980, Lambert *et al.* 1998, Silverstein *et al.* 1991, Zuluaga *et al.* 2000, Pavia *et al* 1979, Mcclafferty 1969)

Tabla 3. Constituyentes del aceite esencial de hojas de Citronela (*C. nardus*) y limoncillo (*C. citratus*)

No	Compuesto	IK exp ^a	Abund. Rel. (%) ^b	
			Citronela	Limoncillo
1	-Mirceño	980	0.1	12.2
2	Limoneno	1035	4.1	
3	Linalool	1102	0.8	0.8
4	Citronelal	1162	26.0	
5	Citronelol	1232	6.1	0.4
6	Neral	1244	1.2	30.5
7	Geraniol	1260	14.0	3.1
8	Geranial	1273	1.7	49.7
9	Acetato de citronelilo	1353	3.5	
10	Eugenol	1361	1.9	
11	Acetato de geranilo	1382	5.6	
12	-Burbuneno	1401	3.3	
13	Germacreno D	1497	3.3	
14	-Amorfeno	1531	2.5	
15	Elemol	1564	9.9	
16	Germacreno D-4-ol	1594	6.5	
17	Dihidrofamesal	1620	1.4	
18	-Cadinol	1660	1.4	
19	-Muurolol	1673	3.0	

(a) IK exp: Índice de Kovats experimental determinado en columna DB-5 usando una serie homóloga de n-hidrocarburo.
(b) Abund. Rel. (%): Área relativa (área de pico relativa al área total)

En el aceite esencial de citronela la composición química se distribuye así: 65% son monoterpenos (60.8 % monoterpenos oxigenados) y 31.3% son sesquiterpenos (22.2 % sesquiterpenos oxigenados) y 1.9 % derivados de fenilpropanoides, Para el aceite esencial de limoncillo el 99.7% de la mezcla corresponde a monoterpenos (84.5 % monoterpenos oxigenados) (Tabla 3, Figura 5) evidenciando que la biogénesis de los compuestos de estos aceites es gobernada por la vía del mevalonato (Torssell 1997, Lock 1988), como sucede en general en las composiciones de los aceites esenciales de plantas

cultivadas en el departamento de Santander y otros países.

También se observa, de la Tabla 3 predominio en Citronela de: citronelal, geraniol, elemol y germacreno D-4-ol, que componen el 56.4% de la mezcla total y cuya naturaleza química es básicamente monoterpénica y sesquiterpénica monohidroxilada. En cuanto a Limoncillo predominan: geranial, neral y -mirceno, correspondientes al 92.4% del total y cuyas estructuras son de tipo monoterpénica con función aldehído y olefina.

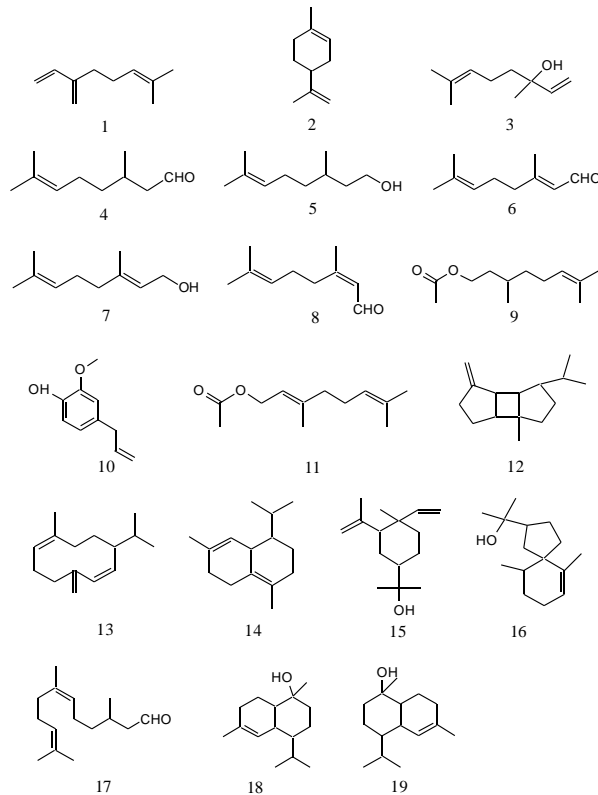


Figura 5. Estructuras de los compuestos presentes en los aceites esenciales de limoncillo y Citronela. La numeración corresponde a la indicada en la primera columna de la tabla 3.

De otro lado, se observó que el contenido de citral (geranial + neral) en Limoncillo (*C. citratus*) fué del 80.2%, muy superior al reportado para aceites esenciales similares de otros países, en los cuales no supera el 77.5% y de Santander (nororiente colombiano) el cual llega apenas a un 57.55%. Esto sin lugar a dudas, proporciona un valor agregado al cultivo de limoncillo en la región caquetense.

En cuanto al contenido de citronelal, en la Citronela (*C. nardus*) aquí evaluada se obtuvo un valor de 26%, inferior a lo reportado en otros

países (30.5%) y Santander (54.2%). En general, la composición de aceite esencial de citronela y limoncillo de los departamentos de Santander y Caquetá, es similar en cuanto a presencia de compuestos mayoritarios.

En conclusión, el aceite esencial de limoncillo es menos denso que el de citronela, ambos son dextrorrotatorios y el aceite de limoncillo es más ácido que el de citronela. De otro lado, los componentes mayoritarios del aceite esencial de limoncillo son: geranial, neral beta-mirceno y geraniol, mientras que en el aceite esencial de citronela son: citronelal, geraniol, elemol, germacreno D-4-ol, citronelol, acetato de geranilo y limoneno. El aceite esencial de limoncillo sobresale por su alto contenido de citral.

Agradecimientos

Vicerrectoría de Investigaciones-UNIAMAZONIA por la Financiación y C. I. Macagual (CORPOICA) por la consecución del material vegetal y uso del equipo extractor de aceites.

Literatura citada

- Adams, R. 2001. Identification of essential oils components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy, Allured Pub, Corp. Carol Stream. 2001.
- ALNAP (African Laboratory for Natural Products). 2001
- Anzaldúa, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Acriba. Zaragoza España:
- A.O.A.C. 1998. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington: D.C.
- Arias, B. & Hernández, Y. 2004. Evaluación de la eficiencia de un prototipo de extractor de aceites esenciales por arrastre con vapor de agua, del centro de Investigación Macagual. Trabajo de grado. Universidad de la Amazonía, Facultad de Ingeniería, Programa Ingeniería de Alimentos. Florencia Caquetá:
- Ba er, K.H.C., Özek, T. ve B. Demirci, 2005. Composition of the essential oil of *Cymbopogon afronardus* Stapf from Uganda. Journal of Essential Oil Research 16: 139-140
- Bautista, M. 2000. Proyecto de factibilidad de una planta de aceite esencial de Hierba luisa *Cymbopogon Nardus o Lemon grassy Citral*. 5-6 p.
- Burfield, T. 2002.. Arte ciencia y las ventajas de perfilar el olor. Universidad de marcha. Regent Londres
- Correa, J. & Bernal, H. 1993. Especies vegetales promisorias de los países del Convenio Andrés Bello. Tomo 9, Secretaria ejecutiva Andrés Bello. Santafé de Bogotá.
- Evans, W. 1989. Trease and evans pharmacognosy. WB Saunders company Ltd, fourteenth edition. London.
- INFORM. 1999. Essential Oils. 10: 298-304.
- Koba K., Sanda K., Raynaud C., Nenonene Y. A., Millet J., Chaumont J.P. 2004 Activités antimicrobiennes d'huiles essentielles de trois *Cymbopogon* sp. africains vis-à-vis de

- germes pathogènes d'animaux de compagnie. Ann. Méd. Vét., 148: 202-206
- Kobaisy, M., Tellez, M. R., Dayan, F. E., Duke, S. O. 2002. Phytotoxicity and volatile constituents from leaves of *Callicarpa japonica* Thunb. *Phytochemistry* 61: 37-40
- Jennings, W. & T. Shibamoto. 1980. *Qualitative analysis of flavor and fragrance volátiles by capillary gas chromatography*. New York.
- Lambert, J., Shurvell, H. F., Lightner, D. A. & Cooks, R. G. 1998. *Organic structural spectroscopy*. Prentice Hall. New Jersey.
- Lewinsohn, E., Dudai, N., Tadmor, Y., Katzir, I., Ravid, U., Putievsky, E., Joel, D.M. 1998 Histochemical localization of citral accumulation in lemongrass leaves (*Cymbopogon citratus* (DC) Stapf., Poaceae). *Annals of Botany*, 81: 35-39.
- Linares, S. 2005. Efecto de la fertilización, densidad de siembra y tiempo de corte sobre el rendimiento y calidad del aceite esencial extraído de *Cymbopogon citratus* stapf. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 22: 250-263
- Lock, O. 1988 *Investigación Fitoquímica. Métodos en el estudio de productos naturales*. Pontificia Universidad Católica del Perú: Fondo editorial. Quito.
- McLafferty, F. W. 1969. *Interpretación de los espectros de masas*. Editorial Reverté. Barcelona.
- Mora, M., 2001. *Estudio cromatográfico de los aceites esenciales de las especies Cymbogon citratus y Cimbopogon nardus*. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga-Santander:
- Morrison, R. & Boyd, R. 1986. *Química Orgánica*. Addison Wesley Interamericana. México D. F
- Pavia, D. L., Lampman, G. M & kriz, G. S. 1979. *Introduction to spectroscopy: a guide for students of organic chemistry*. W. B. Sanders Company. Philadelphia.
- Pedro, L. G., Santos, P. A. G., Da Silva, J. A., Figueiredo, A. C., Barroso, J. G., Deans, S. G., Looman, A. & Scheffer J. J. C. 2001. Essential oils of Azorean *Laurus azoica* *Phytochemistry* 57: 247-250
- Pérez de paz, P. L., Pérez-A, M. J., Velasco-N, A., Gil-P, M., García-V, C. & Esteban, J. L. 1996. Variación morfológica y aceites esenciales de *Cedronella canariensis* (L.) Webb & Berthel. (Labiatae). *Anales del Jardin Botanico de Madrid* 54: 303-307.
- http://www.plantasmedicinales.org/farmacognosia/sept2002/aceites_esenciales.htm
- Silverstein, R. M., Bassler, G. C., & Morrill, T. C. 1991. *Identification of organic compounds*. John Wiley & Sons Inc. Fifth edition. New York.
- SKoog and West. *Principios de análisis instrumental*. Mc Graw-Hill. Quinta edición. 2000. 152 p.
- Torres, R. y Ragadio, A. 1996. Chemical composition of three Essential Oil of Phillippine *Cymbopogon Citratus* (DC) Stapf.. *Annals of Botany*. 125. 45-53.
- Torsell, K. 1997. *Natural product chemistry, "a mechanistic, biosynthetic and ecological approach"*. Apotekarsocieteten. Swedish pharmaceutical society. Stockholm.
- Zuluaga-C, F., Insuasty-O, B. & Yates, B. 2000. *Análisis orgánico clásico y espectral*. Facultad de Ciencias. Universidad del Valle. Cali.