

Composición química y actividad antimicrobiana de los aceites esenciales de hojas de *Bursera graveolens* y *Taxodium mucronatum* de Chiapas, México

Chemical composition and antimicrobial activity of *Bursera graveolens* and *Taxodium mucronatum* essential oils from Chiapas, México

MARÍA CELINA LUJÁN-HIDALGO¹, FEDERICO ANTONIO GUTIÉRREZ-MICELI¹, LUCÍA MARÍA CRISTINA VENTURA-CANSECO¹, LUC DENDOOVEN², MARÍA REMEDIOS MENDOZA-LÓPEZ³, SAMUEL CRUZ-SÁNCHEZ³, OSCAR GARCÍA-BARRADAS³, MIGUEL ABUD-ARCHILA^{1*}

¹Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Carr. Panamericana km. 1080, CP 29050, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México.

²Laboratorio de Ecología de Suelos, Department of Biotechnology and Bioengineering, Cinvestav, Av. Instituto Politécnico Nacional 2508, C.P. 07360 México D.F., México.

³Universidad Veracruzana. Unidad de Servicios de Apoyo en Resolución Analítica, Av. Dr. Luis Castelazo Ayala s/n, Industrial-Animas, 91190 Xalapa, Veracruz, México.

*miaba69@hotmail.com

RESUMEN

En este trabajo se estudiaron la composición química y la actividad antimicrobiana del aceite esencial de hojas de *Bursera graveolens* y de *Taxodium mucronatum*. El aceite esencial fue obtenido por destilación por arrastre de vapor de la parte aérea y fue posteriormente analizado por cromatografía de gases acoplado a un espectrómetro de masas. Los principales constituyentes del aceite esencial de *Bursera graveolens* fueron limoneno (42,90%), β -ocimeno (17,39%), β -elemeno (11,82%), mentofuran (6,79%); y α -pineno (31,0%), sabineno (13,16%), tujopseno (8,11%), 4-terpineol (7,66%), γ -terpineno (6,91%) y β -mirceno (6,57%) para *Taxodium mucronatum*. Ambos aceites esenciales tuvieron efecto antimicrobiano sobre bacterias Gram positivas y levaduras, pero no sobre bacterias Gram negativas. En general, el aceite esencial de *B. graveolens* fue más efectivo sobre los microorganismos evaluados que el de *T. mucronatum*. La CMI y CMF para levaduras fueron inferiores que la CMI para las bacterias en el caso de ambos aceites esenciales.

PALABRAS CLAVE: Concentración mínima inhibitoria, concentración mínima bactericida, terpenos, propiedades físicas.

ABSTRACT

The chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from *Bursera graveolens* and *Taxodium mucronatum* leaves were studied. The essential oils were obtained by water steam distillation and were later analyzed by GC-MS. The major constituent of the oils were limonene (42.90%), β -ocimene (17.39%), β -elemene (11.82%), menthofuran (6.79%) for *Bursera graveolens*; and α -pinene (31.0%), sabinene (13.16%), thujopsene (8.11%), 4-terpineol (7.66%), γ -terpinene (6.91%) and β -myrcene (6.57%) for *Taxodium mucronatum*. Both essential oils showed antimicrobial activity against Gram positives bacteria but not on Gram negatives bacteria. Essential oil of *B. graveolens* was highest antimicrobial activity than *T. mucronatum* essential oil. Both essential oils show minimal inhibitory concentrations lowest for yeast than for bacteria.

KEYWORDS: Minimal inhibitory concentration, minimal bactericide concentration, terpenes, physical properties.

INTRODUCCIÓN

El estado de Chiapas, México, debido a su localización geográfica, tiene una gran diversidad de plantas, las cuales se han utilizado en la medicina tradicional desde

tiempos prehispánicos (Stepp 2000). La Secretaría de Hacienda del Estado (1997) registró, en la población Zoque de Chiapas México, 65 problemas sanitarios, de

los cuales las enfermedades gastrointestinales fueron las más frecuentemente encontradas, probablemente debido a las condiciones en que ellos viven (condiciones insalubres y desnutrición). Las afectaciones respiratorias, cardíacas, dermatitis y diversas infecciones también fueron encontradas. Para tratar estas enfermedades, la herbolaria es una alternativa comúnmente utilizada por la población Zoque. *Bursera graveolens* y *Taxodium mucronatum* son dos de las principales especies vegetales utilizadas en forma de infusión. La infusión de hojas de *Bursera graveolens* ha sido utilizada para tratar problemas respiratorios, para lo cual la infusión de hojas es administrada en forma de té. La infusión de hojas de *Taxodium mucronatum* se ha empleado para tratar problemas de la piel e infecciones renales. En este caso, la infusión es utilizada para lavar el área afectada, mientras que para los problemas renales, ésta es utilizada como agua del día. Estos reportes hacen suponer que en las hojas de éstas especies existen compuestos con actividad antimicrobiana siendo los aceites esenciales presentes de mayor importancia. Diversos autores han reportado sobre la actividad antimicrobiana y antifúngica de los aceites esenciales (Burt 2004, Shunying *et al.* 2005, Al-Burtamani *et al.* 2005, Viljoen *et al.* 2005). Sin embargo, *Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch. (Burseraceae) y *Taxodium mucronatum* Ten. (Taxodiaceae) son dos plantas aromáticas de las cuales se desconoce la composición química del aceite esencial y sus propiedades antimicrobianas.

El objetivo del presente trabajo fue analizar la composición química del aceite esencial de *Bursera graveolens* y *Taxodium mucronatum* por cromatografía de gases y espectrometría de masas, así como evaluar la actividad antimicrobiana del aceite esencial contra *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Citrobacter freundii*, *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis*.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL ESTUDIADO

Las hojas de *Bursera graveolens* y *Taxodium mucronatum* se cosecharon en los meses de mayo a junio de 2008 en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Ejemplares de estas especies fueron depositados en el herbario Eizi Matuda de la Escuela de Biología, de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH) con los números EM 8100 y EM 8101.

CROMATOGRAFÍA DE GASES-ESPECTROMETRÍA DE MASAS

Los aceites esenciales de *Bursera graveolens* y *Taxodium mucronatum* fueron obtenidos por destilación de las hojas con arrastre de vapor y posteriormente analizados por cromatografía de gases acoplada a espectrometría

de masas utilizando un CG Hewlett-Packard GCD PLUS G1800B provisto de una columna HP-5 (5%-phenyl)-methylpolysiloxane (60 m, 0,25 mm d.i., 0,25 μ m). Las temperaturas del inyector y detector fueron de 250°C y 280°C respectivamente, y helio fue utilizado como gas acarreador con un flujo de 1,0 mL/min. La temperatura inicial de la columna fue de 70°C (3 min), e incrementada por 20°C/min hasta alcanzar 100°C, temperatura que fue mantenida durante 10 min. Posteriormente, la temperatura fue aumentada hasta 150°C con incrementos de 5°C/min y mantenida durante 10 min. Finalmente, la temperatura final (280°C) fue alcanzada mediante incrementos de 5°C/min y mantenida durante 5 min. Los componentes fueron identificados sobre la base de sus índices tiempo de retención y mediante sus espectros de masas (70eV) comparados con la biblioteca HP CHEMSTATION-NIST MS, Versión A.00.00 (1995). Los aceites esenciales fueron caracterizados además en términos de su densidad (g/cm³); rotación óptica [α]_D²⁸, índice de refracción (n_d^{28}) y punto de ebullición (°C) según las normas del AOAC 920.212, 920.142, 921.08, 920.157 (AOAC 1990).

ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA

La actividad antimicrobiana de los aceites esenciales fue evaluada sobre *Staphylococcus aureus* ENCB-16883, *Bacillus subtilis* NRRL-B-941, *Escherichia coli* IHO-1879, *Citrobacter freundii*, *Saccharomyces cerevisiae* NRRL-Y-2034 y *Candida utilis* NRRL-Y-660, las cuales fueron obtenidas de la colección del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Para las bacterias Gram negativas *Escherichia coli* IHQ-1879, *Citrobacter freundii*, y las bacterias Gram positivas *Bacillus subtilis* NRRL-B-941 y *Staphylococcus aureus* ENCB-16883 se evaluaron diferentes concentraciones de aceite esencial. Con la ayuda de un vortex modelo M16715 (Barnstead International), se homogeneizaron diferentes volúmenes de aceite esencial puro con agar Müeller-Hinton (para bacterias) y agar Dextrosa Sabouraud (para levaduras) hasta obtener diferentes concentraciones (de 1,71 mg/ml a 11,99 mg/ml del aceite esencial de *T. mucronatum* y de 3,31 mg/ml a 11,59 mg/ml del aceite esencial de *B. graveolens*). Posteriormente, estos medios se vaciaron en cajas Petri, se dejaron solidificar y se inocularon con 1 mL de una suspensión bacteriana (aprox. 10⁶ UFC/ml). Las cajas fueron incubadas a 35° C durante 24 horas para bacterias y 48 horas para levaduras. La inhibición fue determinada mediante el conteo en placa de las unidades formadoras de colonias por mililitro. Todos los experimentos se realizaron por triplicado.

La Concentración Mínima Bactericida (CMB) y la Concentración Mínima Fungicida (CMF) se consideraron como la menor concentración de aceite esencial que no mostró crecimiento en las cajas. La Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) es definida como la menor concentración

de aceite esencial que muestre un crecimiento microbiano no mayor al 20% y ésta se calculó mediante una regla de tres relacionando la CMB y el 80% de inhibición requerida para la CMI (Carson & Riley 1995).

RESULTADOS

Ambos aceites esenciales tuvieron un aroma suave y sabor picante, presentando una coloración amarilla intensa para *Taxodium mucronatum* a amarilla clara para *Bursera graveolens*. El rendimiento de extracción fue de 0,12% p/p (b.h.) para *T. mucronatum* y de 0,10% p/p (b.h.) para *B. graveolens*. Las propiedades físicas del aceite de *T. mucronatum* fueron $[\alpha]_D^{28}$: +93,51; ρ^{28} : 0,8568 g/mL; n_D^{28} : 1,4700 y punto de ebullición: 170-180°C; mientras que las propiedades para *B. graveolens* fueron $[\alpha]_D^{28}$: +9,53; ρ^{28} : 0,8281 g/ml; n_D^{28} : 1,4790 y punto de ebullición de 130-140°C. Los principales constituyentes de los aceites esenciales de *Bursera graveolens* y *Taxodium mucronatum* se muestran en las tablas I y II, respectivamente. Los principales compuestos identificados fueron limoneno (42,9%), β -ocimeno (17,39%), β -elemeno (11,82%) y mentofurano (6,79%) para *Bursera graveolens* (Tabla I); y α -pineno (31%), sabineno (13,16%), tujopseno (8,11%), 4-terpineol (7,66%), γ -terpineno (6,91%) y β -mirceno (6,57%) para *Taxodium mucronatum* (Tabla II). Ambos aceites esenciales presentaron porcentajes elevados de monoterpenos y sesquiterpenos. El aceite esencial de *B. graveolens* contiene 65,75% de monoterpenos, 13,43% de sesquiterpenos y 10,04% de otros compuestos. El aceite esencial de *T. mucronatum* contiene 72,21% de monoterpenos, 10,70% de sesquiterpenos y 16,80% de otros compuestos. Los resultados de la actividad antimicrobiana (Tabla III) muestran que el aceite esencial de *T. mucronatum* y *B. graveolens* no mostraron efecto antimicrobiano sobre las bacterias Gram (-) *E. coli* y *Citrobacter freundii*. Por otra parte, *S. aureus* solamente mostró inhibición en presencia del aceite esencial de *B. graveolens* con una CMB con 7,45 mg/ml y *Bacillus subtilis* fue la bacteria más susceptible a los aceites esenciales de *B. graveolens* y *T. mucronatum* inhibiéndose a una concentración de 7,29 mg/ml y 9,59 mg/ml respectivamente. En cuanto a las levaduras, la misma Tabla III muestra que éstas presentaron mayor porcentaje de inhibición que las bacterias. Sin embargo, *S. cerevisiae* mostró una mayor resistencia que *C. utilis* al presentar concentraciones mínimas inhibitorias y bactericidas más elevadas, esto en el caso del aceite esencial de *B. graveolens*. Bautista Gómez (2007) obtuvo resultados similares con el aceite esencial de pimienta al encontrar que las concentraciones mínimas inhibitorias para *Candida utilis* y *Saccharomyces cerevisiae* fueron de 0,59 y 0,69 mg/ml, respectivamente.

DISCUSIÓN

Provan *et al.* (1987) encontraron que el aceite esencial de *Boswellia neglecta*, una Burseraceae, es rica en α -pineno, α -tujeno, p-cimeno y limoneno, de los cuales, el limoneno y α -pineno son constituyentes de *Bursera graveolens*. En cuanto al *T. mucronatum*, se ha reportado la presencia de α -pineno, β -pineno, Δ -3 careno, sabineno, limoneno y terpinoleno, y pequeñas cantidades de sesquiterpenos como el longifoleno, cariofileno y delta-cadineno en la resina del árbol (Sternberg 2004), mismos que fueron encontrados en el aceite esencial de las hojas de *Taxodium mucronatum*. Para el caso de las bacterias Gram negativas como *E. coli* y *Citrobacter freundii*, estudios realizados han mostrado que pocos son los aceites esenciales que tienen efecto inhibitorio sobre el crecimiento de dichas bacterias. Juliani *et al.* (2002) indicaron que el aceite esencial de *Lantana xenica* Mold. no había presentado efecto inhibitorio sobre *E. coli*. Así mismo, Pepeljnjak *et al.* (2005) encontraron que el aceite esencial de juniper berry (*Juniperus communis* L.) no mostró actividad inhibitoria en *Citrobacter freundii* y *E. coli*, caso contrario para las bacterias Gram positivas *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus*, las cuales tuvieron zonas de inhibición bastante significativas. Ellos atribuyen esta actividad a la presencia de algunos terpenos como α -pineno, sabineno, mirceno y limoneno, los que resultaron ser los componentes mayoritarios de dicho aceite esencial; composición muy similar a la del aceite de *T. mucronatum*, el cual presenta en su composición a α -pineno (31,0%), β -mirceno (6,57%), (+)-2-careno (4,67%), D-limoneno (3,34%), β -pineno (3,03%).

Por el contrario, Miladinovic & Miladinovic (2000) demostraron que el aceite esencial de *Salvia officinalis* L. tuvo un efecto antimicrobiano sobre *E. coli*. Esta actividad la atribuyen a la presencia de α -tujona y canfor presentes en el aceite de salvia. Sin embargo, en nuestro caso, estos constituyentes están presentes en los aceites de *T. mucronatum* y *B. graveolens* en cantidades pequeñas (0,1%), por lo que la actividad antimicrobiana no puede ser atribuida sólo a la presencia de la tujona y canfor. Por otro lado, Hili *et al.* (1997) atribuyeron la actividad antimicrobiana de varios aceites esenciales sobre *E. coli* a la presencia de monoterpenos tales como eugenol, linalool, p-cinemo y α -pineno, siendo este último el único presente en ambos aceites (*T. mucronatum* =31,0% y *B. graveolens* =0,52%).

Otros estudios han mostrado que las bacterias Gram positivas son más susceptibles a los efectos de los constituyentes de los aceites esenciales. Cobos *et al.* (2001) reportaron que el aceite esencial de *Baccharis notoserghila* Griseb., el cual contiene α -pineno, limoneno y cariofileno como constituyentes principales, mostró actividad antimicrobiana contra bacterias Gram positivas.

Estos constituyentes están presentes en ambos aceites esenciales: α -pineno = 31,0%, limoneno = 3,34% y cariofileno = 0,68% para *T. mucronatum* y limoneno = 42,90% y α -pineno = 0,52% para *B. graveolens*. Otros constituyentes como β -pineno y β -mirreno, reportados como antimicrobianos (Martins *et al.* 2001) son también constituyentes del aceite esencial de *T. mucronatum* y *B. graveolens*.

Se ha publicado que ciertas variedades de *Saccharomyces cerevisiae* presentan resistencia a diferentes tipos de compuestos con actividad antifúngica debido a genes que le confieren mecanismos de resistencia (Wendler *et al.* 1997). Posiblemente debido a estas diferencias *S. cerevisiae* presentó una resistencia mayor que *C. utilis*. Conner & Beuchat (1984) han sugerido que los aceites esenciales de las especias pueden inhibir sistemas enzimáticos en las levaduras, incluidos los que intervienen en la producción y síntesis de componentes estructurales. Además de interferir en la función de las proteínas asociadas a la membrana celular (Suppakul *et al.* 2003).

Trombetta *et al.* (2005) describen que la actividad antimicrobiana de los compuestos terpénicos es el resultado de su difusión a través de la membrana citoplasmática, alterando la permeabilidad y fluidez de la misma, además altera el transporte de iones. Se sabe que compuestos hidrocarbonados como el limoneno pueden producir la expansión y cambios en la fluidez sobre la membrana, además de la disrupción de las interacciones lípido-proteína afectando el intercambio de iones (Sikkema 1994). Prashar *et al.* (2003) evaluaron la actividad antimicrobiana del aceite esencial de Palmarosa (*Cymbopogon martini* (Roxb.) J.F.Watson) sobre *S. cerevisiae* encontrando que a bajas concentraciones del aceite esencial (0,1%) se inhibió completamente el crecimiento de la levadura, los efectos que causó el aceite esencial fueron la pérdida de iones potasio de las células de la levadura, algunas pérdidas de iones magnesio y provocó cambios en la composición de la membrana celular como ácidos grasos más saturados y menos insaturados. Ellos atribuyen esta actividad al componente mayoritario del aceite que fue el geraniol.

Muchos de los terpenos más activos reportados, como lo es eugenol, timol, carvacrol, son de naturaleza fenólica (Davidson 1993). En consecuencia parece razonable que sus modos de acción podrían estar relacionados a estos u otros compuestos fenólicos. Estos estudios concuerdan con nuestros resultados ya que los componentes de los aceites esenciales de *T. mucronatum* y *B. graveolens*, además de ser

compuestos que pertenecen al grupo de los terpenos, como son los monoterpenos y sesquiterpenos, también contienen terpenos que son de naturaleza fenólica (α -pineno (31,0%), 4-metileno-1-(1-metiletil)-bibliclo (3.1.0)-hexano (13,16%), tujopseno (8,11%), 4-metil-1-(1-metiletil)-3-ciclohexen-1-ol (7,66%), 1-metil-4-(1-metiletil)-1,4-ciclohexadieno (6,91%), β -mirreno (6,57%), (+)-2-careno (4,67%), D-limoneno (3,34%), β -pineno (3,03%), 1-metil-4-(1-metiletilideno)-ciclohexano (2,93%) para *T. mucronatum* y D-limoneno (42,90%), 3-careno (17,39%), 1-etil-1-metil-2,4-bis(1-metiletil)-ciclohexano (11,82%), 4,5,6,7-tetrahidro-3,6-dimetilbenzofurano (6,79%) para *B. graveolens*) y a la suma de efectos antimicrobianos de los componentes en menor cantidad.

En el aceite esencial de *T. mucronatum* se encuentra presente en trazas el eugenol y el componente mayoritario del aceite esencial de *B. graveolens* es el D-limoneno, estos compuestos de origen fenólico pueden contribuir junto con los demás componentes a que los aceites esenciales mostraran actividad inhibitoria sobre los microorganismos estudiados. Hirasa & Takemasa (2002) demostraron que diluciones de hasta 2000 pueden inhibir el crecimiento microbiano. Estas diluciones de eugenol equivalen a concentraciones de 0,05%, las cuales pueden estar presentes en el aceite de *T. mucronatum*. Sin embargo, el aceite de *B. graveolens* contiene aproximadamente 42,90% del compuesto D-limoneno, lo cual puede explicar su mayor efectividad contra los microorganismos estudiados comparado con el aceite esencial de *T. mucronatum*.

En general, el primer sitio de acción tóxica de los terpenos es la membrana citoplasmática, pero sobre el mecanismo de acción no existen muchas investigaciones. Estudios utilizando liposomas de *E. coli* muestran que el efecto de los terpenos en la estructura y propiedades funcionales de las membranas biológicas esta directamente relacionado al acumulamiento en éstos en las membranas, independientemente de la estructura de las moléculas (Sikkema *et al.* 1995).

Los terpenos intervienen en la síntesis de poliaminas, que son moléculas básicas requeridas para el crecimiento de todos los microorganismos. Lo que hacen es causar un decrecimiento de la actividad de la enzima ornitina descarboxilasa (ODC), esencial para la síntesis de poliaminas; al inhibirse la ODC se reduce la cantidad de poliaminas y decrece la proliferación celular (Gárriz *et al.* 2003).

TABLA I. Composición del aceite esencial de *Bursera graveolens*.

TABLE I. Essential oil composition of *Bursera graveolens*.

COMPUESTOS	T.R. (min)	(%)
α -pineno	10,32	0,52
Sabineno	11,66	0,47
β -pineno	11,93	1,09
β -mirceno	12,13	1,59
β -felandreno	12,97	0,28
Limoneno	14,29	42,90
β -ocimeno	15,42	17,39
(+)-2-careno	17,37	*
No identificado**	17,57	0,72
No identificado**	17,70	0,27
No identificado**	18,14	0,17
No identificado**	18,94	*
No identificado**	19,19	*
No identificado**	19,50	0,44
No identificado**	19,72	0,66
Canfor	20,20	0,11
Mentona	20,57	0,58
Mentofuran	21,17	6,79
No identificado**	21,61	*
Criptona	21,97	*
No identificado**	22,38	0,11
No identificado**	22,70	1,48
No identificado**	22,83	*
Pulegona	24,19	0,90
Carvona	24,29	0,17
Piperitone	24,69	0,22
No identificado**	25,30	0,72
No identificado**	29,86	*
Copaeno	30,35	0,85
No identificado**	30,71	1,01
β -elemeno	31,33	11,82
No identificado**	31,75	*
α -gurjuneno	32,35	0,11
No identificado**	32,96	*
γ -selineno	36,22	0,29
Germacreno D	36,67	0,27
No identificado**	36,78	*
β -selineno	37,02	0,55
α -selineno	37,51	0,98
α -farneseno	37,57	*
No identificado**	37,64	0,12
β -bisaboleno	37,82	0,20
(+)- δ -cadineno	38,72	0,65
No identificado**	40,18	0,20
Cariofileno oxido	42,40	0,20
No identificado**	42,52	0,15
No identificado**	43,71	0,33
No identificado**	44,25	1,91
No identificado**	44,32	0,47
No identificado**	44,43	0,42
α -bisabolol	45,07	0,29
No identificado**	45,79	*
No identificado**	46,54	1,07
TOTAL		99,47%

* Trazas < 0,1

** ChemStation NIST Library (74,828 spectra)

TABLA II. Composición del aceite esencial de *Taxodium mucronatum*.

TABLE II. Essential oil composition of *Taxodium mucronatum*.

COMPUESTOS	T.R. (min)	(%)
No identificado**	10,08	0,15
α -pineno	10,90	31,0
7,7-dimethyl-2-methylene-Bicyclo[2,2,1]heptane	11,09	0,20
Canfeno	11,18	1,14
Sabineno	12,07	13,16
β -pineno	12,26	3,03
β -mirceno	12,47	6,57
α -fellandreno	13,13	0,53
3-Careno	13,40	*
(+)-2-Careno	13,80	4,67
p-cimeno	14,05	0,76
Limoneno	14,42	3,34
β -fellandreno	14,49	1,01
γ -Terpineno	15,98	6,91
Terpinoleno	17,47	2,93
1,3,8-p-Mentatrieno	18,48	*
No identificado**	18,65	*
Tujona	18,74	*
1-metil-4-(1-metiletil)-trans-2-Ciclohexen-1-ol (Ment-2-ol, para)	18,98	0,29
1-metil-4-(1-metiletil)-cis-2-Ciclohexen-1-ol	19,80	0,17
Camfor	20,18	*
4-Terpineol	21,87	7,66
Linalil propanoato	22,19	0,68
Bornil acetato	26,01	2,12
Isobornil acetato	26,09	0,16
No identificado**	28,20	*
Eugenol	28,90	*
Elemeno	31,02	*
α -Cedreno	32,57	0,24
β -Cariofileno	32,93	0,68
Tujopseno	34,06	8,11
α -cariofileno	35,03	0,10
β -himachaleno	37,76	0,71
(+)-cupareno	37,97	0,59
Caryophyllene oxide	41,60	0,69
2,3,4,4a,5,6,7,8-octahidro-1,1,4a,7-tetrametil-, cis-1H-Benzociclohepten-7-ol,	42,39	1,38
Cedrol	42,49	0,69
α -bisabolol	44,95	0,19
isopropil miristato	48,78	*
TOTAL		99,86%

* Trazas < 0,1

** NIST MS ChemStation Library (74,828 spectra)

TABLA III. Concentración mínima inhibitoria (CMI), Concentración mínima bactericida (CMB) y Concentración mínima fungicida (CMF) de los aceites esenciales de *B. graveolens* y *T. mucronatum*.

TABLE III. Minimal inhibitory concentration (MIC), Minimal bactericide concentration (MBC) and Minimal fungicide concentration (MFC) of essential oils from *B. graveolens* and *T. mucronatum*.

MICROORGANISMO	ACEITE ESENCIAL DE <i>B. graveolens</i>		ACEITE ESENCIAL DE <i>T. mucronatum</i>	
	CMI (mg/mL)	CMB o CMF (mg/mL)	CMI (mg/mL)	CMB o CMF (mg/mL)
<i>E. coli</i>	NI	NI	NI	NI
<i>C. freundii</i>	NI	NI	NI	NI
<i>S. aureus</i>	5,95	7,45	NI	NI
<i>B. subtilis</i>	7,29	9,11	9,59	11,99
<i>S. cerevisiae</i>	3,98	4,97	3,83	4,79
<i>C. utilis</i>	1,33	1,66	7,53	9,42

NI, No presentó actividad antimicrobiana / No antimicrobial activity.

CONCLUSIONES

Los aceites esenciales de hojas de *Bursera graveolens* y *Taxodium mucronatum* mostraron actividad antimicrobiana contra bacterias Gram positivas y levaduras, pero no sobre bacterias Gram negativas. Estas propiedades antimicrobianas son probablemente atribuidas a la suma de los efectos antimicrobianos de todos los componentes identificados presentes en los aceites esenciales de *Taxodium mucronatum* y *Bursera graveolens*. Sin embargo, dicha actividad podría atribuirse en parte a la presencia del fenol de compuestos fenólicos en el aceite esencial de *T. mucronatum*, que se ha reportado con fuerte actividad antimicrobiana sobre diversos microorganismos. La presencia de limoneno en el aceite esencial de *B. graveolens* es consistente con los usos tradicionales de esta planta para tratar enfermedades respiratorias. El uso tradicional de hojas de *T. mucronatum* para tratar infecciones de la piel como dermatitis y enfermedades renales podría explicarse por la presencia principalmente del α -pineno y sabineno.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y al Fondo Mixto CONACyT-Gobierno del Estado de Chiapas por el financiamiento del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

AL-BURTAMANI, S.K.S., M.O. FATOPE, R.G. MARWAH, A.K. ONIFADE & S.H. AL-SAIDI. 2005. Chemical composition, antibacterial and antifungal activities of the essential oil of *Haplophyllum tuberculatum* from Oman. Journal of

Ethnopharmacology 96: 107-112.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th Ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C. 1298 pp.

BAUTISTA GÓMEZ, J. 2007. Actividad antimicrobiana del aceite esencial de la hoja del árbol masculino de Pimienta (*Pimienta dioica*). Tesis Profesional, Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. 87 pp.

BURT, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. International Journal of Food Microbiology 94, 223-253.

CARSON, C.F. & T.V. RILEY. 1995. Antimicrobial activity of the major components of the essential oil of *Melaleuca alternifolia*. Journal of Bacteriology 78, 264-269.

COBOS, M.I., J.L. RODRÍGUEZ, M.M. OLIVA, M. DEMO, S.M. FAILLACI & J.A. ZIGADLO. 2001. Composition and Antimicrobial Activity of the essential oil of *Baccharis notoserigila*. Planta Medica 67: 84-86.

CONNER, D.E., & BEUCHAT L.R. 1984. Sensitivity of heat-atressed yeast to esencial oils of plants. Applied Environmental Microbiology 47: 229-233.

DAVIDSON, P.M. 1993. Parabens and phenolic compounds. In: P.M. Davidson & A.L. Branen, Antimicrobial in Food, 2nd ed., Marcel Dekker, Inc., New York, 263-306.

GÁRRIZ, A., M.C. DALMASSO, M. MARINA, E. J. RIVAS, O.A. RUÍZ & F.L. PIECKENSTAIN. 2003. Polyamine metabolism during the germination of *Sclerotinia sclerotiorum* ascospores and its relation with host infection. New Phytologist 161: 847-854.

HILL, P., C.S. EVANS & R.G. VENESS 1997. Antimicrobial action of essential oils: the effect of dimethylsulphoxide on the activity of cinnamon oil. The Society for Applied Bacteriology 24: 269-275.

HIRASA, K. & M. TAKEMASA. 2002. Ciencia y tecnología de las especias. 1st Edition. España. Acribia. 250 pp.

JULIANI, H.R., F. BIURRUN, A.R. KOROCH, M.M. OLIVA, M.S. DEMO, V.S. TRIPPI & J.A. ZYGADLO. 2002. Chemical Constituents and Antimicrobial Activity of the Essential Oil of *Lantana*

- xenica* Mold. *Planta Medica* 68: 756-762.
- MARTINS, A.P., L. SALGUEIRO, M.J. GONÇALVES, A. PROENÇA DA CUNHA, R. VILA, S. CAÑIGUERAL, V. MAZZONI, F. TOMI & J. CASANOVA. 2001. Essential oil composition and Antimicrobial Activity of three *Zingiberaceae* from S. Tomé e Príncipe. *Planta Medica* 67: 580-584.
- MILADINOVIC, C. & L.J. MILADINOVIC. 2000. Antimicrobial activity of essential oil of Sage from Serbia. *Physics Chemistry and Technology* 2: 97-100.
- PEPELJNJK, S., I. KOSALEC, Z. KALODERA & N. BLAZEVIC. 2005. Antimicrobial activity of juniper berry essential oil (*Juniperus communis* L., Cupressaceae). *Acta Pharmaceutica* 55: 417-422.
- PRASHAR, A., P. HILI, R.G. VENESS & C.S. EVANS. 2003. Antimicrobial action of palmarosa oil (*Cymbopogon martinii*) on *Saccharomyces cerevisiae*. *Phytochemistry* 63: 569-575.
- PROVAN, G.J., A.I. GRAY & P.G. WATERMAN. 1987. Monoterpene-rich resins from some Kenyan Burseraceae. *Flavour and Fragrance Journal* 2: 115-118.
- SECRETARÍA DE HACIENDA DEL ESTADO. 1997. Los municipios de Chiapas en cifras 1996. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México, 277 pp.
- SHUNYING, Z., Y. YANG, Y. HUAI DONG, Y. YUE & Z. GUOLIN. 2005. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Chrysanthemum indicum*. *Journal of Ethnopharmacology* 96: 151-158.
- SIKKEMA, J., J.A.M. DE BONT & B. POOLMAN. 1994. Interactions of Cyclic Hydrocarbons with Biological Membranes. *Journal of Biological Chemistry* 269(11): 8022-8028.
- SIKKEMA, J., J.A.M. DE BONT & B. POOLMAN. 1995. Mechanisms of membrane toxicity of hydrocarbons. *Microbiological Reviews* 59(2): 201-222.
- STEPP, J.R. 2000. Mountain Ethnobiology and Development in Highland Chiapas. *Mountain Research and Development* 20: 218-219.
- STERNBERG, G. 2004. *Native Trees for North American Landscapes*, Timber Press, Inc. 476 pp.
- SUPPAKUL, P., J. MILTZ, K. SONNEVELD & S. BIGGER. 2003. Antimicrobial properties of Basil and its possible application in food packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(11): 3197-3207.
- TROMBETTA, D., F. CASTELLI, M. GRAZIA, V. VENUTI, M. CRISTANI, C. DANIELE, A. SAJA, G. MAZZANTI & G. BISIGNANO. 2005. Mechanism of antibacterial action of three monoterpenes. *Antimicrobial Agents Chemotherapy* 49(6): 2474-2478.
- VILJOEN, A.M., S. SUBRAMONEY, S.F. VAN-VUUREN, K.H.C. BASER & B. DEMIRCI. 2005. The composition, geographical variation and antimicrobial activity of *Lippia javanica* (Verbenaceae) leaf essential oils. *Journal of Ethnopharmacology* 96: 271-277.
- WENDLER, F., B. HERLMUY, K. PRUTEJ, H. JUNGWIRTH, G. ZISSER, K. KUCHLER & G. HÖGENAUER. 1997. Diazaborine Resistance in the Yeast *Saccharomyces cerevisiae* Reveals a Link between YAP1 and the Pleiotropic Drug Resistance Genes PDR1 and PDR3. *The Journal of Biological Chemistry* 272: 27091-27098.

Recibido: 17.10.10
Aceptado: 29.11.10