

ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA *IN VITRO* DE ACEITES ESENCIALES DE *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. Y *Piper aduncum* L.

Laura Scalvenzi¹, Bélgica Yaguache-Camacho², Paola Cabrera- Martínez²
y Alessandra Guerrini³

RESUMEN

Los hongos fitopatógenos ocasionan relevantes pérdidas de los cultivos agrícolas, tanto en fase de campo como en poscosecha. Se evaluó el uso de aceites esenciales extraídos de plantas amazónicas, en diferentes concentraciones, para el control *in vitro* de estos hongos. Los aceites esenciales se obtuvieron por destilación en arrastre de vapor a partir de dos especies vegetales (*Ocotea quixos* y *Piper aduncum*) colectadas en la provincia amazónica de Pastaza, Ecuador. La actividad antifúngica se evaluó mediante el método de la difusión en agar sobre los hongos fitopatógenos *Aspergillus oryzae*, *Cladosporium cladosporioides*, *Fusarium solani*, *Rhizopus stolonifer*, *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* sp. El aceite esencial de *O. quixos* usado en su máxima concentración ($500 \mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$) inhibió el crecimiento de todas las cepas alcanzando 94 % de inhibición promedio y registrando un comportamiento similar al aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*), el cual fue utilizado como patrón de comparación. El aceite esencial de *P. aduncum*, también en su máxima concentración mostró los mayores porcentajes de inhibición frente a *F. solani* (94 %) y *Phytophthora* sp. (91 %). Los resultados sugieren el empleo de estos aceites esenciales como agentes de control biológico de hongos fitopatógenos.

Palabras clave adicionales: Actividad biológica, patógenos vegetales, plantas amazónicas

ABSTRACT

In vitro antifungal activity of essential oils of *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. and *Piper aduncum* L.

The phytopathogenic fungi cause relevant crop losses, both under field and post-harvest conditions. The use of essential oils extracted from Amazonian plants, at different concentrations, was investigated, in order to evaluate *in vitro* properties against those fungi. Essential oils were obtained by steam distillation, from two plant species (*Ocotea quixos* and *Piper aduncum*) collected in the Amazonian province of Pastaza, Ecuador. The antifungal activity was evaluated through the agar diffusion method against the *Aspergillus oryzae*, *Cladosporium cladosporioides*, *Fusarium solani*, *Rhizopus stolonifer*, *Moniliophthora roreri* and *Phytophthora* sp. The *O. quixos* essential oil, in its maximum concentration ($500 \mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$), inhibited the growth of all strains, reaching an average of 94 % inhibition rate, similar to the essential oil of thyme (*Thymus vulgaris*), which was used as standard. The *P. aduncum* essential oil, also in the maximum concentration, showed the best inhibition percentage against *F. solani* (94 %) and *Phytophthora* sp. (91 %). These results suggest the use of both essential oils as agents of biological control of phytopathogenic fungi.

Additional key words: Amazonian plants, biological activity, phytopathogens

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola mundial se ve afectada por la proliferación de diferentes fitopatógenos, entre los cuales los hongos representan una extensa parte. El control de los agentes patógenos

se hace cada vez más difícil debido especialmente al desarrollo de resistencia hacia los principios activos utilizados (Lucas et al., 2015). Frente a dicha situación, la investigación científica está orientada a la búsqueda de compuestos activos más efectivos contra los patógenos y a la vez más

Recibido: Julio 10, 2015

Aceptado: Enero 11, 2016

¹ Dpto. de Ciencias de la Tierra, Universidad Estatal Amazónica. Puyo. Ecuador. e-mail: lscalvenzi@uea.edu.ec

² Centro de Postgrados, Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE. Sangolquí. Ecuador.
e-mail: y_belgi@yahoo.com ; pcabreraregion3@gmail.com

³ Dpto. de Ciencias de la Vida y Biotecnología, Universidad de Ferrara. Ferrara. Italia.
e-mail: alessandra.guerrini@unife.it

amigables con el medio ambiente, el ser humano y la entomofauna útil. Los aceites esenciales son considerados una alternativa prometedora para controlar el efecto de los agentes patógenos, incluyendo a los hongos (Başer y Buchbauer, 2010a; Sánchez, 2015). Dichas sustancias son compuestos volátiles de origen vegetal y la mayoría de ellos tienen propiedades antimicrobianas (Başer y Buchbauer, 2010b). Por esta razón son utilizados en el ámbito agrícola como materia prima para la fabricación de agroquímicos (Başer y Buchbauer, 2010a), con la ventaja de tener una mayor biodegradabilidad comparado con los productos de síntesis (Cheng et al., 2009).

Dentro de los aceites esenciales existe una amplia diversidad de rendimiento y composición química. Los factores que mayormente influyen en la composición y concentración de los constituyentes son (i) las condiciones climáticas como la duración del día, la irradiación solar, la temperatura y el abastecimiento de agua, (ii) el lugar de crecimiento de la planta y la época de cosecha, así como (iii) los factores intrínsecos a la planta como la edad y el estado de desarrollo. La composición del aceite esencial también varía de acuerdo al órgano o parte de la planta del cual se extraiga (Başer y Buchbauer, 2010c).

La presente investigación se ha centrado en el estudio de derivados de plantas amazónicas. La cuenca del Amazonas se caracteriza por una elevada diversidad dentro y entre especies, las cuales han co-evolucionado con los factores bióticos y abióticos del entorno, diversificando sus perfiles metabólicos y por ende los metabolitos secundarios. Dicha condición amplía las posibilidades de estudios fitoquímicos (Wang y Qin, 2007). *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. y *Piper aduncum* L. son especies amazónicas cuyos aceites esenciales han mostrado interesantes actividades antifúngicas (Bruni et al., 2004; Guerrini et al., 2009).

O. quixos (Lauraceae) es un árbol nativo de la Amazonía Ecuatoriana, denominado vulgarmente canela y/o ishpingo, y es conocido por sus propiedades aromáticas desde la época de los Incas (Kricher, 1997). La especia obtenida de los cálices es ampliamente utilizada por los nativos como saborizante de alimentos y, recientemente, su empleo se ha extendido gracias a su aroma similar al de la canela (Bruni et al., 2004). *P.*

aduncum (Piperaceae) es un árbol que alcanza los 5 m de alto, nativo del Caribe, ampliamente empleado como antimicrobiano, insecticida y molusquicida (Guerrini et al., 2009).

El objetivo de la presente investigación fue estudiar la composición química y la propiedad antifúngica *in vitro* de los aceites esenciales de *O. quixos* y *P. aduncum*. El ensayo de bioactividad fue realizado frente a seis hongos fitopatógenos, agentes causales de enfermedades muy difundidas en los cultivos agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Especies vegetales. Plantas de *O. quixos* y *P. aduncum* fueron recolectadas en los predios de la Universidad Estatal Amazónica (UEA) en Puyo, provincia de Pastaza, Ecuador. Los especímenes fueron identificados por el Dr. David Neill y depositados en el Herbario ECUAMZ de la UEA en Ecuador.

Hongos fitopatógenos. Las cepas de hongos utilizadas para evaluar la actividad biológica fueron *Aspergillus oryzae* (ATCC 10124), *Cladosporium cladosporioides* (ATCC 16022), *Fusarium solani* (ATCC 36031), *Rhizopus stolonifer* (ATCC 6227), *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* sp. Las dos últimas fueron aisladas en los laboratorios de la UEA a partir de mazorcas de cacao enfermas, procedentes de cultivos de la provincia de Pastaza, de acuerdo al protocolo de Ochoa et al. (2007). La identificación se realizó mediante la observación al microscopio de las estructuras morfológicas de los hongos y con la ayuda de la clave dicotómica de APS Press (Barnett y Hunter, 1998).

Extracción de aceites esenciales. Los aceites esenciales se obtuvieron, a partir de hojas frescas, mediante destilación por arrastre de vapor, durante dos horas, utilizando un aparato Clevenger. El rendimiento en aceite esencial se calculó en base fresca y se obtuvo promediando los valores de tres diferentes destilaciones. El aceite esencial obtenido fue deshidratado con sulfato de sodio anhidro y conservado a 4 °C en contenedores oscuros sellados.

Análisis GC y GC/MS. Los aceites esenciales fueron caracterizados químicamente por cromatografía de gases acoplada a la masa (GC-MS). Para el análisis se utilizó un gascromatógrafo ThermoQuest equipado con

detector FID y columna Varian FactorFour VF-5ms poli-5 % fenil-95 % dimetilsiloxano (diámetro interno 0,25 mm; largo 30 m y espesor 0,15 μm). El análisis GC/MS se realizó a las siguientes condiciones de operación: temperatura inyector 300 °C, temperatura FID 300 °C, velocidad de flujo del *carrier* (helio) 1 mL por minuto y la proporción de 1:50. Después de haber introducido 1 μL de una solución previamente preparada disolviendo 1 μL de aceite en 1 mL de cloruro de metileno en el inyector del gascromatógrafo, el análisis fue realizado llevando la temperatura desde los 55°C iniciales a los 100 °C a una velocidad de 1 °C por minuto, y de 100 °C a 250 °C a una velocidad de 5 °C por minuto, manteniendo luego dicha temperatura durante 15 minutos. La duración total del análisis fue de 90 minutos.

La composición de los aceites esenciales en porcentaje se elaboró a través del método de la normalización de las áreas de los picos GC, sin utilizar factores de corrección. La caracterización química de los compuestos de los aceites fue realizada por comparación computarizada de los espectros de masa de cada compuesto con la base de datos del National Institute of Standards and Technology (NIST).

Actividad antifúngica. Las cepas puras del *American Type Culture Collection* (ATCC) (*A. oryzae*, *C. cladosporioides*, *F. solani* y *R. stolonifer*) fueron activadas de acuerdo al protocolo establecido por la misma ATCC. Posteriormente, a la fase de activación, se procedió a la conservación de los hongos, en 1 mL de solución de glicerol al 50 %, en ultracongelador a -86 °C. La actividad antifúngica *in vitro* se realizó por el método de la difusión en agar. Se evaluaron cinco diferentes concentraciones de cada aceite esencial, previamente solubilizado en DMSO (dimetil-sulfóxido): 10, 50, 100, 200 y 500 $\mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$ (Sacchetti et al., 2005). El inóculo, constituido por una porción cilíndrica de medio papa-dextrosa-agar (PDA) con micelio, después de solidificado, fue colocado en el centro del agar. Como control positivo se utilizó el aceite esencial de *Thymus vulgaris*, seleccionado por su comprobada efectividad antifúngica (de Lira et al., 2012), y como control negativo el medio de cultivo PDA. Los hongos se incubaron a 27 °C por diez días. La actividad antifúngica se midió en términos de

inhibición del crecimiento de las colonias, de acuerdo a la fórmula:

$$\text{Inhibición (\%)} = \left[1 - \left(\frac{\text{Tratado}}{\text{Control}} \right) \right] 100$$

Análisis estadístico. Cada tratamiento fue realizado por triplicado. El efecto de las diferentes concentraciones de cada extracto sobre el diámetro de la colonia y la inhibición del crecimiento de cada cepa de hongo fueron estudiados mediante análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey utilizando el programa Statistix 8.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Composición química de los aceites esenciales.

La composición química de los aceites esenciales está detallada en la Cuadro 1. La extracción del aceite esencial de *O. quixos* produjo un rendimiento de 0,16 %, lo cual coincidió con el obtenido por Sacchetti et al. (2006), aunque resultó inferior al valor registrado (0,3 %) por Noriega y Dacarro (2008); ambas investigaciones se realizaron con hojas procedentes de Macas, provincia amazónica ecuatoriana con similares características edafoclimáticas a las de Puyo, Ecuador. El aceite esencial fue caracterizado en un 97,38 % y se determinaron 50 diferentes compuestos químicos. Entre los componentes más abundantes se registraron el *trans*-cinamaldehído (16,62 %), el *trans*-metiliso Eugenol (11,94 %), el β -cariofileno (10,59 %) y el α -pineno (9,39 %).

La predominancia de *trans*-cinamaldehído confirió al aceite esencial el típico aroma a canela, a diferencia del de Sacchetti et al. (2006), en el cual la abundancia de β -cariofileno (15,1 %) y sabineno (7,6 %) dieron un aroma acre a madera. Los estudios de Sacchetti et al. (2006) y de Noriega y Dacarro (2008) mostraron que el β -cariofileno fue uno de los componentes comunes a los aceites destilados; las concentraciones evidenciadas fueron respectivamente de 15,1 % y 19 %. Debido a su aroma similar al de canela, el aceite esencial de hojas de *O. quixos* tiene propiedades promisorias para la industria alimenticia de las esencias.

El aceite esencial de *P. aduncum* alcanzó un rendimiento del 0,12 %, lo cual resultó inferior al valor de 0,8 % obtenido por Guerrini et al. (2009) con muestras recolectadas en la comunidad

Achuar de Wasakentsa (Ecuador). Así mismo, el rendimiento se evidenció inferior al reportado por Ciccio y Balletero (1997), con material procedente de Costa Rica (0,4 %). Dicho aceite esencial se ha caracterizado en un 95,66 % y se han identificado 45 diferentes compuestos químicos. Los más abundantes fueron dilapiol (45,92 %), *trans*-E-ocimeno (10,39 %) y piperitone (8,47 %). La especie *P. aduncum* es conocida por contar con diferentes grados de

polimorfismo químico, reconociéndose un perfil de Bolivia rico en 1,8-cineol (40 %), uno de Panamá con elevada concentración en sesquiterpenos como el β -cariofileno y otro perfil característico de las Américas, del Sur-Oeste de Asia y de Oceanía rico en dilapiol (30-90%) (Guerrini et al., 2009). El aceite esencial de la presente investigación es abundante en dilapiol, confirmando su correspondencia con el perfil de América.

Cuadro 1. Composición química de los aceites esenciales de *Ocotea quixos* y *Piper aduncum*

No.	Compuesto	<i>O. quixos</i> <i>P. aduncum</i>		RT*	No.	Compuesto	<i>O. quixos</i> <i>P. aduncum</i>		RT
		(%)					(%)		
1	α -thujene	0,30	0,35	7,945	40	β -Elemene		0,45	44,161
2	α -pinene	9,39	1,35	8,296	41	α -Gurjunene		0,13	45,463
3	Camphene	0,51	0,05	9,155	42	β -caryophyllene	10,59	2,57	51,507
4	Benzaldehyde	1,05		9,933	43	β -Copaene		0,09	47,582
5	Sabinene	2,10		10,438	44	Aromadendrene		0,05	48,396
6	β -pinene	6,06	1,27	10,711	45	α -caryophyllene	1,76		53,048
7	Myrcene	0,36	0,73	11,471	46	<i>trans</i> -cinnamyl acetate	1,69		53,017
8	α -Phellandrene		1,06	8,295	47	<i>trans</i> - β -farnesene	0,26		53,295
9	3-Carene		0,07	8,578	48	α -Humulene		0,65	50,021
10	α -terpinene	0,33	0,82	13,331	49	cis-cadina-1(6),4-diene	0,32		53,880
11	<i>p</i> -cymene	0,22	0,73	13,923	50	γ -muurolene	0,17	1,01	54,010
12	Limonene	1,40	1,6	14,316	51	germacrene D	0,36		54,175
13	1,8-cineole	0,44	1,3	14,488	52	<i>trans</i> -muurola-4(14),5-diene	0,27		54,579
14	<i>cis</i> -Z-ocimene		2,23	14,884	53	Bicyclogermacrene	2,14	1,45	54,730
15	<i>trans</i> -E-ocimene		10,39	15,719	54	α -muurolene		0,07	54,844
16	γ -terpinene	0,53	2,42	16,622	55	<i>trans</i> -methyl isoeugenol	11,94		54,981
17	sabinene hydrate <i>trans</i>		0,24	17,670	56	cis- α -bisabolene	0,22		55,270
18	Sabinene hydrate <i>cis</i>		0,42	12,011	57	γ -cadinene	0,17		55,319
19	Terpinolene	0,16	0,82	18,984	58	δ -Amorphene		0,14	56,554
20	Isoterpinolene		0,12	13,449	59	δ -cadinene	1,59		55,526
21	<i>p</i> -Cymenene		0,69	13,997	60	Cubebol		0,84	56,975
22	Linalool	0,40	1,82	20,637	61	Myristicin		0,89	57,834
23	2,2-dimethyl-3,4-octadienal			20,715	62	<i>trans</i> -calamenene	0,43		55,719
24	<i>allo</i> -Ocimene		0,36	17,222	63	<i>trans</i> - γ -bisabolene	0,57		55,892
25	Camphor		0,05	17,478	64	<i>trans</i> -cadina-1(2)-4-diene	0,24		56,049
26	Benzenepropanal	0,28		26,826	65	α -calacorene	0,56		56,342
27	4-terpineol	0,70	3,14	28,622	66	(-)-Spathulenol	0,49		57,449
28	α -terpineol	0,32	0,06	30,366	67	caryophyllene oxide	8,07		57,577
29	<i>cis</i> -Piperitol		0,05	22,744	68	Guaiol	1,33		58,049
30	<i>trans</i> -Piperitol		0,13	24,169	69	Humulene epoxyde II		0,18	61,638
31	<i>cis</i> -cinnamaldehyde	0,18		33,057	70	humulene 1,2-epoxide	0,54		58,400
32	Piperitone		8,47	28,632	71	1-epi-cubenol	0,63		58,902
33	<i>trans</i> -cinnamaldehyde	16,62		39,509	72	caryophylla-4(14),8(15)-dien-5- α -ol	1,84		59,171
34	δ -Elemene		0,08	38,118	73	α -muurolol	0,16		59,291
35	δ -cubebene	0,44		47,242	74	Cubenol	0,34		59,304
36	α -Ylangene		0,08	40,549	75	Valerianol	1,03		59,667
37	α -copaene	3,22	0,27	49,163	76	Dillapiol		45,92	62,985
38	methyl cinnamate	3,18		49,979	77	α -bisabolol	0,23		60,465
39	β -Cubebene		0,05	43,816	78	benzyl benzoate	1,25		62,405
Subtotal		48,19	41,22		Subtotal	49,19	54,44		
					Total	97,38	95,66		

*RT = Tiempo de Retención: tiempo característico que necesita cada compuesto de la mezcla química para pasar a través del sistema, bajo las condiciones establecidas

Actividad antifúngica. El análisis estadístico del crecimiento radial de las colonias fúngicas y del

porcentaje de inhibición mostró que existieron diferencias significativas entre los tratamientos

Scalvenzi et al. Actividad antifúngica de aceites esenciales de *O. quixos* y *P. aduncum*

(Cuadros 2 y 3). En las comparaciones realizadas se observa que los aceites esenciales de *O. quixos* y *P. aduncum* tienen un efecto inhibitorio que depende de la dosis empleada.

Cuadro 2. Diámetros de crecimiento (mm) del conjunto de las colonias fúngicas bajo diferentes concentraciones de aceites esenciales

Tratamientos ($\mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$)	<i>O. quixos</i>	<i>P. aduncum</i>	<i>T. vulgaris</i> (patrón)
10	74,28 a	81,78 a	70,11 a
50	73,39 a	67,06 ab	43,83 b
100	68,89 a	56,83 bc	5,61 c
200	37,22 b	41,83 c	8,44 c
500	5,94 c	22,06 d	2,06 c

Valores medios con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ($P\leq 0,05$)

Las concentraciones de 200 y 500 $\mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$ representaron el grupo mayormente efectivo en el control *in vitro* del crecimiento fúngico para ambos aceites, y el conjunto de hongos fitopatógenos mostraron un crecimiento parecido entre sí a 10 y 50 $\mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$. La concentración de 100 $\mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$ de los aceites esenciales de *O. quixos*

y *P. aduncum* evidenció valores intermedios entre las demás concentraciones, pero no en el caso del patrón el cual, a esta concentración, mantuvo muy alta su efectividad.

Cuadro 3. Inhibición del crecimiento (%) del conjunto de las colonias fúngicas bajo diferentes concentraciones de aceites esenciales

Tratamientos ($\mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$)	<i>O. quixos</i>	<i>P. aduncum</i>	<i>T. vulgaris</i> (patrón)
10	8,00 c	3,67 d	17,91 c
50	13,50 c	21,00 cd	48,06 b
100	18,83 c	33,17 bc	94,17 a
200	56,17 b	50,67 b	91,72 a
500	93,83 a	74,00 a	98,67 a

Valores medios con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ($P\leq 0,05$)

Como se observa en la Figura 1, el aceite esencial de *O. quixos*, a la concentración de 500 $\mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$, inhibió el crecimiento de todas las cepas fitopatógenas, alcanzando porcentajes del 89 % (*C. cladosporioides*), del 94 % (*M. roreri*) y del 95 % (*A. oryzae*, *F. solani*, *Phytophthora* sp., *R. stolonifer*).

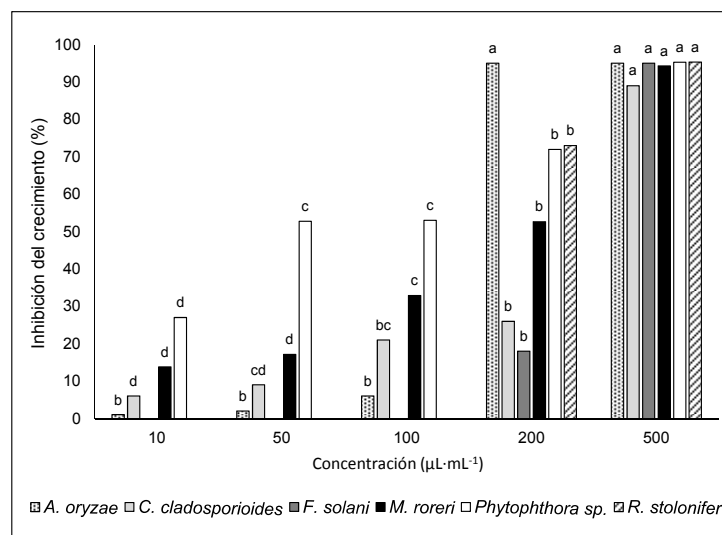


Figura 1. Actividad antifúngica del aceite esencial de *O. quixos* a concentraciones de 10, 50, 100, 200 y 500 $\mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$, expresada en porcentaje de inhibición del crecimiento de los hongos. Prueba de medias entre las diferentes concentraciones ($P\leq 0,05$)

Resultados relevantes también se obtuvieron a la concentración 200 $\mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$, frente a *A. oryzae* (95 %), *R. stolonifer* (73 %) y *Phytophthora* sp. (72 %); las demás concentraciones mostraron efectos inhibitorios menores. Investigaciones previas

(Bruni et al., 2004) confirmaron la propiedad antifúngica de *O. quixos* contra hongos dermatofitos y fitopatógenos como *T. mentagrophytes* y *P. ultimum*, respectivamente, resultados que son imputables a la especificidad del *trans-*

cinamaldehído hacia los hongos. En la presente investigación ha sido comprobado su efecto inhibitorio frente a diferentes hongos fitopatógenos como *A. oryzae*, *C. cladosporioides*, *F. solani*, *M. roreri*, *Phytophthora* sp. y *R. stolonifer* cuando se utiliza a concentración de $500 \mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$.

El aceite esencial de *P. aduncum* a la concentración de $500 \mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$ mostró los mejores porcentajes de inhibición frente a *F. solani* (94 %), seguido por *Phytophthora* sp. (91 %), *R. stolonifer* (82%) y *C. cladosporioides* (74 %) (Figura 2). El menor efecto fue registrado por *A. oryzae* (39 %).

Estudios realizados sobre muestras procedentes de Ecuador y Brasil han mostrado una notable actividad antifúngica, respectivamente contra *Magnaporthe grisea* (Guerrini et al., 2009) y *C. cladosporioides* (Debonsi et al., 2006) avalando dicha propiedad también contra otras especies de hongos. Se destaca que los aceites de *O. quixos* y *P. aduncum*, especialmente el primero de ellos, mostraron un comportamiento muy similar al aceite esencial del patrón (*Thymus vulgaris*) (Figura 3) cuando fueron usados en sus máximas concentraciones.

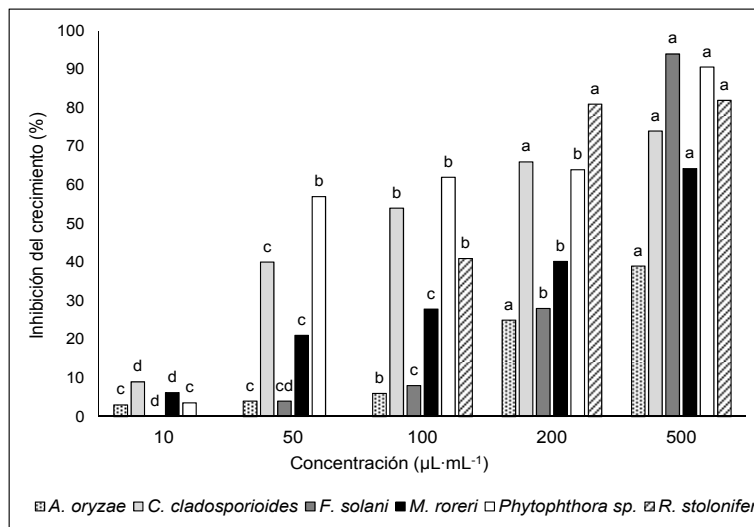


Figura 2. Actividad antifúngica del aceite esencial de *P. aduncum* a concentraciones de 10, 50, 100, 200 y $500 \mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$, expresada en porcentaje de inhibición del crecimiento de los hongos. Prueba de medias entre las diferentes concentraciones ($P \leq 0,05$)

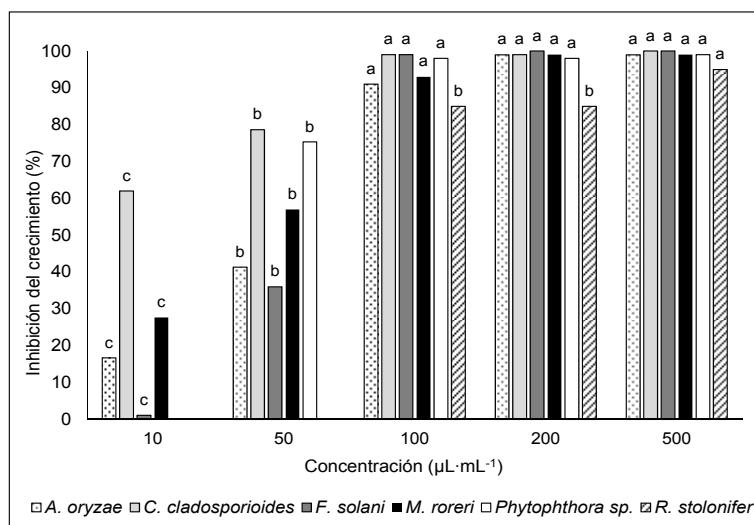


Figura 3. Actividad antifúngica del aceite esencial de *T. vulgaris* (patrón) a concentraciones de 10, 50, 100, 200 y $500 \mu\text{L}\cdot\text{mL}^{-1}$, expresada en porcentaje de inhibición del crecimiento de los hongos. Prueba de medias entre las diferentes concentraciones ($P \leq 0,05$)

CONCLUSIONES

El GC-MS permitió caracterizar químicamente a los aceites esenciales de hojas de *O. quixos* y *P. aduncum* procedentes de la Amazonía ecuatoriana y evaluar su efecto antifúngico *in vitro*, contra hongos fitopatógenos. Los resultados evidenciaron excelente propiedad antifúngica del aceite de *O. quixos* frente a *A. oryzae*, *C. cladosporioides*, *F. solani*, *M. roreri*, *Phytophthora* sp. y *R. stolonifer*.

El aceite esencial de *P. aduncum* mostró una interesante actividad inhibitoria especialmente frente a *F. solani* y *Phytophthora* sp. Estos resultados evidencian a las dos especies, *O. quixos* y *P. aduncum*, como plantas promisorias para el control biológico de hongos fitopatógenos. La presente investigación sienta las bases para posteriores estudios de actividad antifúngica *in vivo*.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal Amazónica (Ecuador) y la Universidad de Ferrara (Italia).

LITERATURA CITADA

- Barnett, H.L. y B.B. Hunter, B.B. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. APS Press. St. Paul. MN.
- Başer, K. y G. Buchbauer. 2010a. Handbook of Essential Oils: Science, Technology and Applications. CRC Press. Boca Raton, FL. 118 p.
- Başer, K.H.C. y G. Buchbauer. 2010b. Handbook of Essential Oils: Science, Technology and Applications. CRC Press. Boca Raton. FL. 89 p.
- Başer, K.H.C. y G. Buchbauer. 2010c. Handbook of Essential Oils: Science, Technology and Applications. CRC Press. Boca Raton. FL. 41 p.
- Bruni, R., A. Medici, E. Andreotti, C. Fantin, M.V. Muzzoli, M. Dehesa, C. Romagnoli y G. Sacchetti. 2004. Chemical composition and biological activity of Ishpingo essential oil, a traditional Ecuadorian spice from *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. (Lauraceae) flower calices. Food Chemistry 85: 415-421.
- Ciccio, J. y C. Ballestero. 1997. Constituyentes volátiles de las hojas y espigas de *Piper aduncum* (Piperaceae) de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 45(2): 783-790.
- Cheng, S.S., J.Y. Liu, C.G. Huang, Y.R. Hsui, W.J. Chen y S.T. Chang. 2009. Insecticidal activities of leaf essential oils from *Cinnamomum osmophloeum* against three mosquito species. Bioresource Technology 100: 457-464.
- Deboni Navickiene, H.M., A.A. Morandim, A.C. Alécio, L.O. Regasini, D.C.B. Bergamo, M. Telascra, A.J. Cavalheiro, M.N. Lopes, V. Bolzani, M. Furlan, M.O.M. Marques, M.C.M. Young y M.J. Kato. 2006. Composition and antifungal activity of essential oils from *Piper aduncum*, *Piper arboreum* and *Piper tuberculatum*. Quimica Nova 29(3) May/June.
- De Lira-Mota, K., F. de Oliveira-Pereira, W. de Oliveira, I. Lima y E. de Oliveira-Lima E. 2012. Antifungal activity of *Thymus vulgaris* L. essential oil and its constituent phytochemicals against *Rhizopus oryzae*: Interaction with ergosterol. Molecules 17(12): 14418-14433.
- Guerrini, A., G. Sacchetti, D. Rossi, G. Paganetto, M. Muzzoli, E. Andreotti, M. Tognolini, M. Maldonado y B. Bruni. 2009. Bioactivities of *Piper aduncum* L. and *Piper obliquum* Ruiz & Pavon (Piperaceae) essential oils from Eastern Ecuador. Environmental Toxicology and Pharmacology 27: 39-49.
- Kricher, J. 1997. A Neotropical Companion: An Introduction to the Animals, Plants, and Ecosystems of the New World Tropics. Princeton University Press. Princeton, N.J.
- Lucas, J.A., N.J. Hawkins y B.A. Fraaije. 2015. The evolution of fungicide resistance. Advances in Applied Microbiology 90: 29-92.
- Noriega, P. y C. Dacarro. 2008. Aceite foliar de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm.: actividad antimicrobiana y antifúngica. La Granja 7(1): 3-8.
- Ochoa, J.L., L.G. Hernández-Montiel, H. Latisnere-Barragán, J.L. León de La Luz y C.P. Larralde-Corona. 2007. Aislamiento e identificación de hongos patógenos de naranja

- Citrus sinensis* L. Osbeck cultivada en Baja California Sur, México. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* 5: 352-359.
15. Sacchetti, G., S. Maietti, M. Muzzoli, M. Scaglianti, S. Manfredini, M. Radice y R. Bruni. 2005. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants antiradicals and antimicrobials in foods. *Food Chemistry* 9(1): 621-632.
16. Sacchetti, G., A. Guerrini, P. Noriega, A. Bianchi y R. Bruni. 2006. Essential oil of wild *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. (Lauraceae) leaves from Amazonian Ecuador. *Flavour and Fragrance Journal* 21(1): 674-676.
17. Sánchez-León, G., A. Vargas-Rincón y P. Jiménez. 2015. Evaluación de la actividad antifúngica de extractos etanólicos de dos morfotipos de *Raphanus raphanistrum* L. sobre tres hongos fitopatógenos. *Bioagro* 27(1): 3-10.
18. Wang, C. Y J. Qin. 2007. Insect-plant co-evolution: Multitrophic interactions concerning *Helicoverpa* species. *Kunchong Zhishi* 44(3): 311-319.