

## Efectos de los aceites esenciales amazónicos de *Citrus limon* y *Cymbopogon citratus* sobre el crecimiento de hongos fitopatógenos

Laura Scalvenzi<sup>1</sup>, Bélgica Dolores Yaguache-Camacho<sup>1</sup>, Alessandra Guerrini<sup>2</sup>, Matteo Radice<sup>1</sup>,  
Matteo Chiurato<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Estatal Amazónica, Dpto. Ciencias de la Tierra, Via Napo km 2 ½ paso lateral,  
Puyo, Ecuador

<sup>2</sup>Universidad de Ferrara, Dpto. Ciencias de la Vida y Biotecnologías, Via Luigi Borsari, 46 -  
44121 Ferrara (Italia)  
lscalvenzi@uea.edu.ec

---

### Resumen

Se evaluó el efecto de los aceites esenciales de *Citrus limon* y *Cymbopogon citratus*, procedentes de la Amazonía ecuatoriana, sobre el crecimiento in vitro de los hongos fitopatógenos *Rhizopus stolonifer* (ATCC 6227), *Aspergillus oryzae* (ATCC 10124), *Cladosporium cladosporioides* (ATCC 16022), *Fusarium solani* (ATCC 36031), *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* sp. Para comprobar la actividad antifúngica de dichos aceites se utilizó el método de la difusión en agar, con cinco diferentes concentraciones de aceite esencial (10, 50, 100, 200, 500  $\mu\text{L}/\text{mL}$ ). El aceite de *C. citratus* mostró una significativa actividad antifúngica ( $p < 0.05$ ), dependiente de la dosis. Los hongos *A. oryzae*, *C. cladosporioides*, *F. solani*, *M. roreri* y *R. stolonifer* registraron una inhibición del crecimiento del 95%, a la concentración máxima (500  $\mu\text{L}/\text{mL}$ ), mostrando un comportamiento similar al patrón (*Thymus vulgaris*). *C. cladosporioides* mostró una sensibilidad especial ya que registró una inhibición creciente (de 60% a 95%), respectivamente desde la concentración mínima hasta la máxima (10-500  $\mu\text{L}/\text{mL}$ ). El aceite esencial de *C. limon* no mostró una significativa actividad antifúngica, aunque logró inhibir en un 70% el hongo *C. cladosporioides* y en un 72% *F. solani*, ambos a la concentración de 500  $\mu\text{L}/\text{mL}$ . De acuerdo a los resultados obtenidos, el aceite esencial de *C. citratus* resultó ser promisorio para el control in vitro de hongos fitopatógenos, mientras el aceite de *C. limon* mostró datos interesantes solo para dos de las especies investigadas.

**Palabras claves:** aceites esenciales, control biológico, fitopatógenos, actividad antifúngica

## Abstract

The effect of Amazonian essential oils extracted from *Citrus limon* and *Cymbopogon citratus* was evaluated in vitro on the following phytopatogen fungi: *Rhizopus stolonifer* (ATCC 6227), *Aspergillus oryzae* (ATCC 10124), *Cladosporium cladosporioides* (ATCC 16022), *Fusarium solani* (ATCC 36031), *Monilophthora roreri* and *Phytophthora* sp. The antifungal activity of essential oils was determined by agar diffusion method, on five different concentrations (10, 50, 100, 200, 500  $\mu\text{L}/\text{mL}$ ). *C. citratus* essential oil showed a significant antifungal activity ( $p < 0.05$ ), dependent on the dose. *A. oryzae*, *C. cladosporioides*, *F. solani*, *M. roreri* and *R. stolonifer* achieved a growth inhibition of 95%, at the maximum essential oil concentration (500  $\mu\text{L}/\text{mL}$ ), showing behaviour similar to the control (*Thymus vulgaris*). *C. cladosporioides* revealed a special sensibility toward *C. citratus* essential oil. Actually, it showed an increasing inhibition (60% to 95%), from minimum to maximum concentration respectively (10-500  $\mu\text{L}/\text{mL}$ ). *C. limon* essential oil did not exhibit a significant antifungal activity, even if *C. cladosporioides* growth was inhibited at 70% and *F. solani* growth at 72%, both at the maximum concentration (500  $\mu\text{L}/\text{mL}$ ). According to the obtained data, *C. citratus* essential oil is considered as promissory for *in vitro* biological control of phytopatogen fungi, while *C. limon* essential oil showed interesting results only for two of the studied species.

**Key words:** essential oils, biological control, phytopatogens, antifungal activity

## Introducción

Los aceites esenciales son mezclas de varios metabolitos secundarios obtenidos mediante varias técnicas (destilación, hidrodestilación, extracción con  $\text{CO}_2$  supercrítica) a partir de plantas de diferentes familias botánicas. Estas mezclas son extensamente conocidas e investigadas por sus propiedades antimicrobianas, antioxidantes y citotóxicas

(Scalvenzi *et al.*, 2016; Viuda-Martos *et al.*, 2008). La actividad antimicrobiana se debe especialmente a los terpenoides oxigenados, aunque también algunos terpenoides hidrocarbonados se caracterizan por tener efecto antimicrobiano; adicionalmente estudios previos han demostrado que existe actividad antagonista o sinérgica debido a la interacción entre esos tipos de compuestos (Bassolé y Juliani, 2012).

Debido a estas propiedades biológicas, el uso de los aceites esenciales abarca varios sectores de interés humano como la cosmética, la alimentación y la agricultura. Esta última representa un promisorio sector de aplicación de los aceites esenciales ya que su uso se presta para el control de insectos, bacterias y hongos fitopatógenos. En los últimos años, los investigadores han puesto particular atención al estudio de fungicidas alternativos a los de síntesis, debido a que se ha comprobado que los residuos de fungicidas en los alimentos provocan un mayor riesgo de carcinogénesis, comparados con los insecticidas y herbicidas. Además, los fenómenos de resistencia por parte de los fitopatógenos llevan a la necesidad, cada vez más urgente, de buscar compuestos con actividad antifúngica que se puedan usar como alternativa a los productos de síntesis (Wilson *et al.*, 1997).

En línea con esta visión, el objetivo de la presente investigación ha sido evaluar el efecto de los aceites esenciales de *Citrus limon* (L.) Osbeck y *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, procedentes de la Amazonía ecuatoriana, sobre el crecimiento *in vitro* de hongos fitopatógenos, que causan fuertes pérdidas en la producción agrícola, tanto en la fase de cosecha como de post-cosecha.

## Materiales y métodos

### Plantas estudiadas

Las plantas objeto de estudio fueron *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, conocida en Ecuador con el nombre común de hierba Luisa y *Citrus limon* (L.) Osbeck, conocido como limonero.

Las plantas fueron recolectadas en la Unidad Educativa “Antonio Cabri” en el Cantón Santa Clara, de la provincia de Pastaza (Ecuador). Especímenes identificados de las dos especies fueron depositados en el herbario ECUAMZ de la Universidad Estatal Amazónica (Puyo, Ecuador).

### Extracción de aceites esenciales

Los aceites esenciales fueron extraídos de las hojas frescas de las dos especies vegetales, utilizando un destilador tipo Clevenger, mediante el método del arrastre con vapor.

El rendimiento en aceite esencial se determinó sobre base fresca y fue el resultado de tres destilaciones separadas. Después de extraído el aceite esencial, este se mezcló con sulfato de sodio anhidro y se conservó en refrigeración a 4°C, en contenedores de color ámbar.

## Caracterización química por GC y GC-MS

Ambos tipos de aceites esenciales fueron analizados mediante un cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS), con el fin de determinar sus composiciones químicas. El instrumento utilizado fue el ThermoQuest equipado además con detector FID y columna Varian Factor Four VF-5 ms poli-5%fenil-95% dimetilsiloxano (espesor 0,15  $\mu\text{m}$ , diámetro interno 0,25 mm y longitud 30 m). Las condiciones de análisis fueron: temperatura inyector 300°C, temperatura FID 300°C, velocidad de flujo del gas portador (helio) 1 mL por minuto, con proporción de 1:50. Cada aceite esencial fue inyectado (1  $\mu\text{L}$ ) previa dilución de 1  $\mu\text{L}$  de aceite en 1 mL de cloruro de metileno; el análisis se realizó a una temperatura inicial de 55°C que luego llegó a los 100°C a la velocidad de 1°C $\times$ min<sup>-1</sup>, y de 100°C a 250°C a la velocidad de 5°C $\times$ min<sup>-1</sup>. La temperatura máxima fue mantenida durante 15 minutos. El gascromatógrafo utilizado fue el Varian GC-3800 acoplado con un espectrómetro de masa Varian MS-4000, asociado a la librería NIST. Las condiciones fueron las mismas descritas para el análisis GC-FID y la columna también fue la misma. Las

condiciones de la espectrometría de masa fueron las siguientes: voltaje de ionización, 70 eV; emisión de corriente 10  $\mu\text{Amp}$ ; rango de masa, 29-400 Da; temperatura del detector 150°C. El análisis duró un tiempo de 90 minutos.

## Hongos fitopatógenos

La actividad antifúngica se determinó sobre los siguientes hongos patógenos vegetales: *Aspergillus oryzae* (ATCC 10124), *Cladosporium cladosporioides* (ATCC 16022), *Fusarium solani* (ATCC 36031), *Rhizopus stolonifer* (ATCC 6227), *Moniliophthora roreri* y *Phytophthora* sp. (los dos últimos se aislaron de mazorcas de cacao con síntomas de enfermedad). Los aislados se caracterizaron taxonómicamente mediante observación directa (Barnett y Hunter, 1998). Previo a su uso los hongos ATCC fueron activados según la metodología sugerida, mientras los aislados de *M. roreri* y *Phytophthora* sp. se dejaron crecer en agar papa-dextrosa (PDA) durante 7 días, a 27°C.

## Determinación de la actividad antifúngica

La determinación del efecto antifúngico in vitro se realizó mediante el método de la difusión en

agar, evaluando diferentes concentraciones de aceite esencial: 10, 50, 100, 200 y 500  $\mu\text{L}/\text{mL}$  (Scalvenzi *et al.*, 2016). Anteriormente al ensayo, se preparó el medio de cultivo PDA adicionado el aceite esencial a la correspondiente concentración, previamente solubilizado con dimetilsulfóxido (DMSO). Después de solidificado el medio, se dispuso en el centro un disco de agar colonizado por el micelio del hongo a estudiar. El control positivo fue el aceite esencial de *Thymus vulgaris*, conocido por sus propiedades antimicrobianas muy elevadas (Rota *et al.*, 2008); como control negativo se consideró al medio PDA sin aceite esencial. Por cada tratamiento se consideraron tres

repeticiones. Los hongos fueron incubados durante 10 días a 27°C. Pasado el periodo de incubación, se midió el diámetro de las colonias, a fin de determinar el porcentaje de inhibición de crecimiento, calculado posteriormente aplicando la siguiente fórmula:  $I(\%) = [1 - (\text{Tratado}/\text{Control})] \times 100$ .

### Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó sobre el porcentaje de inhibición del crecimiento del micelio. Los datos obtenidos se sometieron al análisis de la varianza y prueba de medias de Tukey, mediante el uso del software Statistix 8.0.

**Tabla 1** - Composición química del aceite esencial de *Citrus limón*

No.	Nombre del pico	TR (min)	Área %
1	$\alpha$ -pineno	8,296	0,63
2	Sabineno	10,438	13,97
3	$\beta$ -pineno	10,711	1,14
4	Mirceno	11,471	1,37
5	$\alpha$ -terpineno	13,331	0,20
6	<i>p</i> -cimeno	13,923	0,15
7	Limoneno	14,316	28,14
8	1,8-cineol	14,488	0,18
9	Cis-Z-ocimeno	14,884	0,44
10	Trans-E-ocimeno	15,719	3,06
11	$\gamma$ -terpineno	16,622	0,52
12	Trans-sabineno hidrato	17,670	0,39
13	Terpinoleno	18,984	0,20
14	Linalol	20,637	15,95

15	Citronellal	26,028	20,27
16	4-terpineol	28,622	0,66
17	$\alpha$ -terpineol	30,366	0,61
18	n-decanal	32,013	0,15
19	Cis-sabineno hidrato acetato	33,955	0,22
20	Citronellol	34,487	1,58
21	Neral	35,527	2,28
22	Geranial	39,151	2,75
23	Timol	42,190	0,21
24	Citronellil acetato	48,070	0,38
25	Neril acetato	48,663	0,38
26	Linalil isobutirato	49,904	0,16
27	Trans-E-metil cinamato	49,990	0,15
28	Isocariofileno	51,487	0,44
29	$\beta$ -cariofileno	51,507	0,49
30	Trans- $\alpha$ -bergamoteno	52,328	0,16
31	Germacreno D	54,175	0,15
32	Biciclogermacreno	54,730	0,30
33	Trans-metil iso Eugenol	54,981	0,61
34	Cis- $\alpha$ -bisaboleno	55,270	0,27
35	Germacreno B	56,842	0,17
36	Cariofileno oxide	57,577	0,29
<b>TOTAL</b>			<b>99,02</b>

**Tabla 2** - Composición química del aceite esencial de *Cymbopogon citratus*

No.	Nombre del pico	TR (min)	Área %
1	6-metil-5-hepten-2-one	11,164	0,83
2	Cis-Z-ocimeno	14,784	0,21
3	Trans-E-ocimeno	15,609	0,13
4	Linalol	20,427	0,49
5	2,2-dimetil-3,4-octadienal	20,715	0,17
6	Citronelal	25,783	4,35
7	trans-verbenol	26,803	1,05
8	n-decanal	31,841	0,36
9	Nerol	33,823	0,31
10	Citronelol	34,422	6,73
11	Neral	35,514	21,09
12	Geraniol	37,311	32,23

13	Geranial	39,196	21,02
14	Citronelil acetato	47,964	0,37
15	Linalil isobutirato	49,812	2,21
16	$\beta$ -cariofileno	51,414	2,99
17	$\alpha$ -cariofileno	53,048	0,42
18	Germacreno D	54,106	0,26
19	$\alpha$ -muuroleno	54,844	0,12
20	Germacreno A	55,073	0,12
21	$\gamma$ -cadineno	55,319	0,21
22	$\alpha$ -cadineno	55,526	0,59
23	Oxido de cariofileno	57,508	0,55
24	Tau-cadinol	59,239	0,11
25	$\alpha$ -muurolol	59,291	0,19
26	$\alpha$ -cadinol	59,593	0,34
<b>TOTAL</b>			<b>97,45</b>

**Tabla 3** - Efecto inhibitorio (expresado en %) de los aceites esenciales de *Citrus limon*, *Cymbopogon citratus* y *Thymus vulgaris* (patrón) frente al conjunto de hongos fitopatógenos estudiados.

Tratamientos ( $\mu$ L/mL)	<i>C. limon</i>		<i>C. citratus</i>		<i>T. vulgaris</i> (patrón)	
	10	13,61	a	13,00	c	17,83
50	14,17	a	18,50	c	48,06	b
100	16,72	a	27,61	c	94,11	a
200	18,22	a	51,11	b	91,72	a
500	33,17	a	83,06	a	98,61	a

Valores medios con letra diferente son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ )

## Resultados y discusión

El aceite esencial de *Citrus limon* tuvo un rendimiento de extracción de 0,44%, superior al 0,31% obtenido por Calle (2010) y al 0,29% obtenido por Campelo (2013).

El aceite esencial se ha caracterizado en un 99,02% y su composición química se observa en la Tabla 1. Se han identificado 36 diferentes compuestos químicos y los más abundantes han sido los monoterpenos: limoneno (28,14%),

citronellal (20,27%), linalol (15,95%) y sabineno (13,97%). Así mismo la identificación cualitativa y cuantitativa del aceite esencial de *Cymbopogon citratus* alcanzó el 97,45% (Tabla 2). Los componentes químicos encontrados fueron 26, de los cuales geraniol, neral y geranial tuvieron una mayor área relativa concentración, respectivamente de 32,23%, 21,09% y 21,02%. El rendimiento de extracción fue del 0,58%, menor del obtenido por Sonker et al. (2014) (0,95%) y similar al rendimiento obtenido por Kasali et al. (2001) correspondiente a 0,68%. El análisis estadístico de los porcentajes de inhibición de crecimiento de los hongos indicó que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que se refiere al aceite esencial de *C. limon*, mientras que se registraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos referentes al aceite de *C. citratus* y del patrón *T. vulgaris* (Tabla 3).

En efecto, el aceite esencial de *C. limon* no ha registrado una significativa capacidad de reducir el crecimiento del micelio, para ninguno de los hongos fitopatógenos estudiados; la única excepción fue representada por *C. cladosporioides* que ya a partir de la concentración de 10  $\mu\text{L}/\text{mL}$ , mostró una inhibición en

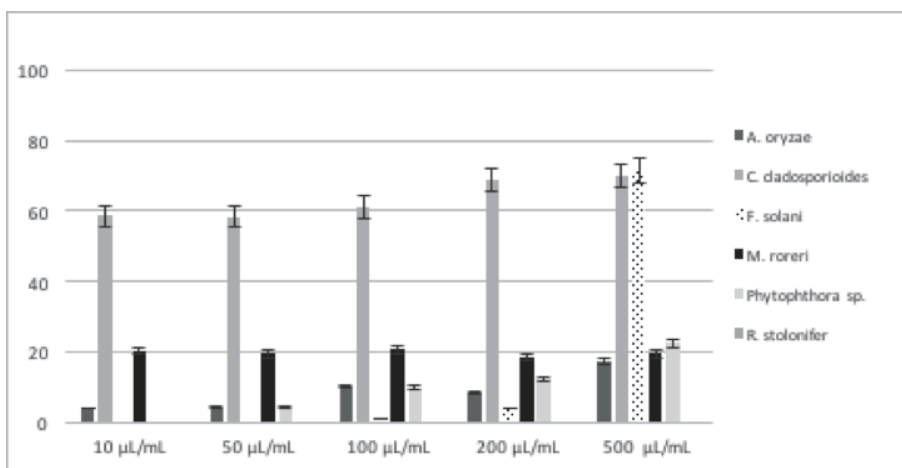
el crecimiento del 59%, hasta alcanzar el 70% a la concentración máxima de 500  $\mu\text{L}/\text{mL}$  (Figura 1). Un dato relevante fue representado por la inhibición del 72% de *F. solani*, a la concentración máxima de aceite esencial. Los resultados obtenidos evidenciaron una escasa actividad antifúngica del aceite esencial de *C. limon*, lo cual pudo ser debido al contenido en neral (2,28%) y geranial (2,75%) (mezcla conocida como citral), menor del 50% (Tabla 1). Otros estudios han mostrado que los aceites esenciales caracterizados por un contenido en citral, mayor al 50%, son los más activos en cuanto a la acción antifúngica (Messgo-Moumene et al., 2015).

El aceite esencial de *C. citratus* mostró actividad antifúngica dosis-dependiente. De acuerdo al análisis de la varianza, los tratamientos con diferencias significativas fueron aquellos de 200 y 500  $\mu\text{L}/\text{mL}$ , mientras los de 10, 50 y 100  $\mu\text{L}/\text{mL}$  presentaron resultados estadísticamente no diferentes (Tabla 3). La mayoría de hongos estudiados mostraron sensibilidad frente al aceite esencial de *C. citratus* a la concentración de 500  $\mu\text{L}/\text{mL}$ , registrando un porcentaje de inhibición del 95% (Figura 2), lo cual mostró un comportamiento similar al aceite esencial de *Thymus vulgaris*,

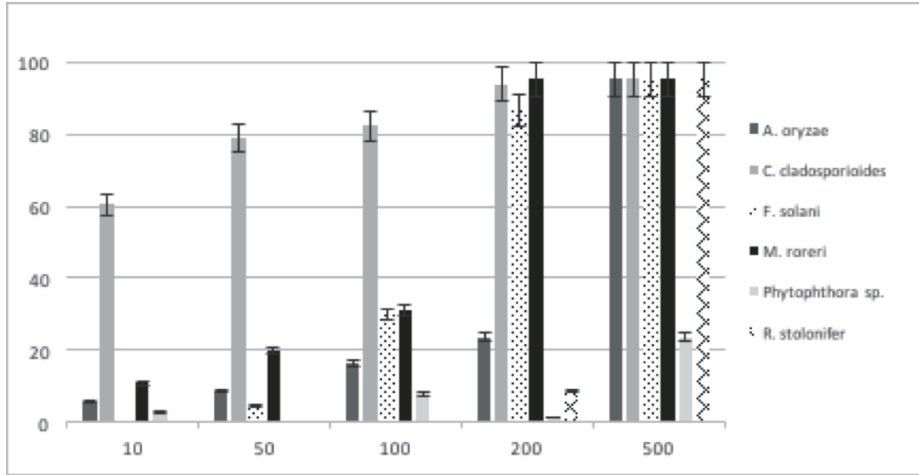


considerado como patrón (Figura 3). *C. cladosporioides* mostró una sensibilidad especial ya que registró una inhibición creciente desde 60% a 95%, partiendo respectivamente de la concentración mínima de 10  $\mu\text{L}/\text{mL}$  hasta la máxima de 500  $\mu\text{L}/\text{mL}$ . En otras investigaciones, sobre las mismas especies o géneros, se comprobó que el aceite esencial de *C. citratus* logró inhibir por completo el crecimiento de *Cladosporium herbarum* y *Rhizopus stolonifer* a la concentración de 500  $\mu\text{L}/\text{mL}$  (Tzortzakis y Economakis, 2007) y de *Aspergillus oryzae* a la concentración de 2  $\mu\text{L}/\text{mL}$  (Helal et al., 2006). Además, otros autores determinaron que también extractos hidroalcohólicos de hojas de *C. citratus* inhibieron de manera significativa el crecimiento micelial de *F. solani* (Satya et al., 2005).

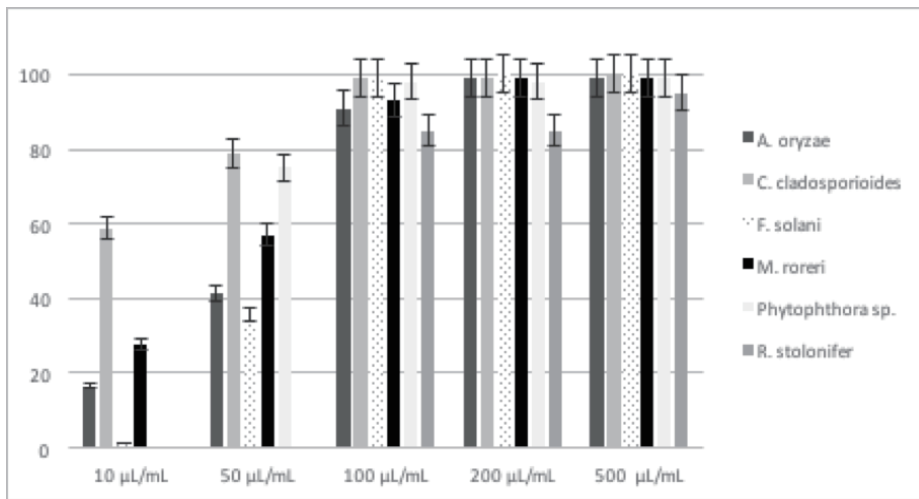
En la presente investigación, el hongo *Phytophthora* sp. registró la inhibición más baja (24%), a la concentración más alta de aceite de *C. citratus*. Dicho resultado fue diferente de aquel obtenido por Amini et al. (2016), según el cual tres diferentes especies de *Phytophthora* (*P. capsici*, *P. melonis*, *P. drechsleri*) fueron inhibidas en su crecimiento micelial respectivamente del 60,5%, 55,3% y 47,4%. Esa diferencia de comportamiento pudo ser debida a la diferente composición química de los aceites esenciales de los dos estudios. De hecho según Amini et al. (2016) los compuestos mayoritarios fueron  $\beta$ -geranial (39,16%), z-citral (30,95%) y cariofileno (3,44%), mientras en el presente estudio se registraron geraniol (32,23%), neral (21,09%) y geranial (21,02%).



**Figura 1** - Inhibición (%) del crecimiento de hongos fitopatógenos causada por el aceite esencial de *Citrus limon* a las concentraciones de: 10, 50, 100, 200, 500  $\mu\text{L}/\text{mL}$



**Figura 2** - Inhibición (%) del crecimiento de hongos fitopatógenos causada por el aceite esencial de *Cymbopogon citratus* a las concentraciones de: 10, 50, 100, 200, 500 µL/mL



**Figura 3** - Inhibición (%) del crecimiento de hongos fitopatógenos causada por el aceite esencial de *T. vulgaris* (patrón) a las concentraciones de: 10, 50, 100, 200, 500 µL/mL

## Conclusiones

El aceite esencial de *Citrus limon* no mostró una significativa actividad antifúngica *in vitro*, por el

contrario, el aceite de *Cymbopogon citratus* la manifestó de manera dependiente de la dosis. Los porcentajes más elevados de inhibición del crecimiento micelial se

registraron para los hongos fitopatógenos *A. oryzae*, *C. cladosporioides*, *F. solani*, *M. roleri* y *R. stolonifer*, con una inhibición del 95% a la concentración máxima (500  $\mu\text{L}/\text{mL}$ ). Considerado los resultados obtenidos, el aceite esencial de *C. citratus* resulta ser promisorio para el control de hongos fitopatógenos, aunque serán necesarios estudios *in vivo* para confirmar su potencial uso como productos fitoquímicos.

### Literatura citada

- Amini, J., Farhang, V., Javadi, T. y Nazemi, J. 2016. Antifungal effect of plant essential oils in controlling *Phytophthora* species. *Plant Pathology Journal* 32(1): 16-24.
- Barnett, H.L. y B.B. Hunter, B.B. 1998. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. 4th Edition. APS Press. St. Paul. Minnesota, USA.
- Bassolé, I.H.N. y Juliani, H.R. 2012. Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules* 17: 3989-4006.
- Calle, M. 2010. Control de la germinación *in vitro* de *Araujia sericifera* con aceites esenciales de *Laurus nobilis*, *Myrtus communis*, *Citrus sinensis* y *Citrus limon*. Tesis de máster en producción vegetal y ecosistemas agroforestales. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Campelo, L., Feitosa, C., Sougsa, G. y Freitas, R. 2013. Constituintes químicos e estudos toxicológicos do óleo essencial extraído das folhas de *Citrus limon* Burn (Rutaceae). *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 15 (1): 708-716.
- Helal, G.A., Sarhan, M.M., Abu Shahla, A.N.K. y Abou El-Khair, E.K. 2006. Antimicrobial activity of some essential oils against microorganisms deteriorating fruit juices. *Mycobiology*, 34 (4): 219-229.
- Messgo-Moumene, S., Li, Y., Bachir, K., Houmani, Z., Bouznad, Z. y Chemat, F. 2015. Antifungal power of citrus essential oils against potato late blight causative agent. *Journal of essential oil research*, 27 (2): 169-176.
- Kasali, A.A., Oyedeji, A.O. y Ashilokun, A.O. 2001. Volatile leaf oil constituents of *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. *Flavour and Fragrance Journal*, 16 (5): 377-378
- Rota, M.C., Herrera, A., Martínez, R.M., Sotomayor, J.A., Jordán, M.J. 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. *Food Control* 19 (7): 681-687.
- Satya, V.K., Radhajeyalakshmi, R., Kavitha, K., Paranidharan, V., Bhaskaran, R. y Velazhahan, R. 2005. *In vitro* antimicrobial activity of zimmu (*Allium sativum* L. ‘

*Allium cepa* L.) leaf extract. Archives of Phytopathology and Plant Protection 38 (3): 185-192.

Scalvenzi, L., Yaguache-Camacho, B., Cabrera-Martínez, P. y Guerrini, A. 2016. Actividad antifúngica in vitro de aceites esenciales de *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. y *Piper aduncum* L. BIAGRO 28 (1): 39-46.

Sonker, N., Pandey, A. K., Singh P. y Tripathi N.N. 2014. Assessment of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf essential oil as herbal preservatives based on antifungal, antiaflatoxin, and antiochratoxin activities and *in vivo* efficacy during storage. Journal of Food Science 79 (4): M628-M634.

Tzortzakis, N.G. y Economakis, C.D. 2007. Antifungal activity of lemongrass

(*Cymbopogon citratus* L.) essential oil against key postharvest pathogens. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 8: 253-258.

Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J. y Pérez-Alvarez, J. 2008. Antifungal activity of lemon (*Citrus lemon* L.), mandarin (*Citrus reticulata* L.), grapefruit (*Citrus paradisi* L.) and orange (*Citrus sinensis* L.) essential oils. Food Control 19: 1130-1138.

Wilson, C.L., Solar, J.M., El Ghaouth, A. y Wisniewski, M.E. 1997. Rapid evaluation of plant extract and essentials oils for antifungal activity against *Botrytis cinerea*. Plant Disease 81: 204-210.