

# Actividad antibacteriana de extractos metanol:cloroformo de hongos fitopatógenos

## Antibacterial activity of methanol:chloroform extracts of phytopathogenic fungi

**María de la Soledad Lagunes-Castro**, Doctorado en Ciencias Biomédicas; Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México; **Aracely López-Monteon, Angel Ramos-Ligonio**, LADISER Inmunología y Biología Molecular, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Veracruzana, Orizaba, Veracruz, México y Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México; **Ángel Trigos**, Laboratorio de Alta Tecnología de Xalapa, Universidad Veracruzana. Calle Médicos 5, Unidad del Bosque, Xalapa 91010, Veracruz, México y Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz, México; **Alejandro Salinas, César Espinoza**, Laboratorio de Alta Tecnología de Xalapa, Universidad Veracruzana. Calle Médicos 5, Unidad del Bosque, Xalapa 91010, Veracruz, México. Correspondencia: [cespinoza@uv.mx](mailto:cespinoza@uv.mx)

**Recibido:** Junio 13, 2014

**Aceptado:** Diciembre 1, 2014

Lagunes Castro MS, López Monteon A, Ramos Ligonio A, Trigos A, Salinas A y Espinoza C. 2015. Actividad antibacteriana de extractos metanol:cloroformo de hongos fitopatógenos. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33: 87-94.

**Resumen.** Se evaluó la actividad antibacteriana de 15 extractos metanol:cloroformo de hongos fitopatógenos contra las cepas bacterianas *Staphylococcus aureus*  $\beta$ -hemolítico, *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus epidermis coagulasa* (+), *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. Dicha actividad se determinó por la técnica de difusión en disco, con una concentración de  $1.5 \times 10^8$  UFC/mL. Después de 24 h de incubación, los extractos de *Colletotrichum gloeosporioides* y *Colletotrichum musae* mostraron halos de inhibición específicos para *Escherichia coli* (70  $\mu$ g/mL;  $17.6 \pm 0.20$  y  $15.6 \pm 0.26$ , respectivamente,  $P < 0.0001$ ) y el extracto de *Idriella lunata* mostró inhibición sobre el crecimiento de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*  $\beta$ -hemolítico y *Pseudomonas aeruginosa*

**Abstract.** Antibacterial activity of methanol:chloroform extracts from fifteen phytopathogenic fungi strains was evaluated against bacterial strains of *Staphylococcus aureus*  $\beta$ -hemolytic, *Streptococcus pneumoniae*, *Staphylococcus epidermis coagulase* (+), *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*. The antibacterial activity was determined by the disk diffusion method, with  $1.5 \times 10^8$  CFU/mL of bacterial concentration. After 24 h of incubation, *Colletotrichum gloeosporioides* and *Colletotrichum musae* extracts showed specific inhibition halos for *Escherichia coli* (70  $\mu$ g/mL;  $17.6 \pm 0.20$  and  $15.6 \pm 0.26$  respectively,  $P < 0.0001$ ) and the extract of *Idriella lunata* showed inhibition on the growth of *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*  $\beta$ -hemolytic and *Pseudomonas aeruginosa* (70  $\mu$ g/mL;  $9.8 \pm 0.15$ ,  $9.2 \pm 0.15$  and  $10.2 \pm 0.20$  respectively,  $P < 0.0001$ ).

**Key words:** antimicrobials, extract phytopathogenic fungi.

(70 µg/mL;  $9.8 \pm 0.15$ ,  $9.2 \pm 0.15$  y  $10.2 \pm 0.20$  respectivamente,  $P < 0.0001$ ).

**Palabras clave:** Antimicrobianos, extractos de hongos fitopatógenos.

La capacidad de las bacterias para desarrollar resistencia antibacteriana, ha motivado la investigación de nuevos y más potentes antibióticos (Dax, 1997; Demain y Sánchez, 2009). Los metabolitos secundarios fúngicos son una fuente importante de compuestos bioactivos útiles en la agricultura y la medicina, ya que comprenden una amplia gama estructural (Nigam y Singh *et al.*, 2000). Entre los hongos, aquellos que viven en estrecha asociación con otros organismos, suelen ser los que producen metabolitos con mayor bioactividad, ya que los altos niveles de estrés ambiental y las interacciones intensas y frecuentes con otros organismos promueven mayor diversidad metabólica (Dreyfuss y Chapela, 1994). Ejemplo de ello, son los hongos fitopatógenos, causantes de enfermedades antes, durante, después de la cosecha y almacenamiento de los vegetales (García, 2004; Trigos *et al.*, 2008) los cuales constituyen el grupo de microorganismos más importante desde el punto de vista económico en cuanto a su frecuencia de aparición y daño que puedan causar en diferentes cultivos agrícolas (Agrios, 2005).

En México, es prácticamente nula la investigación relacionada con el potencial biomédico de los hongos fitopatógenos; por ello, investigaciones anteriores de nuestro grupo de trabajo han demostrado la capacidad de algunas especies de hongos fitopatógenos para inhibir el crecimiento de cepas bacterianas de interés médico y fitopatógenas (Trigos *et al.*, 2005 y 2006). De igual forma, Espinoza *et al.*, (2008) demostraron que compuestos y extractos crudos de *Idriella* sp. presentaron actividad antibacteriana en contra de bacterias fitopatógenas.

The ability of bacteria to develop antibacterial resistance has encouraged the research of new and more powerful antibiotics (Dax, 1997; Demain and Sánchez, 2009). The secondary fungal metabolites are an important source of bioactive compounds useful in agriculture and medicine, due to their large structural range (Nigam y Singh *et al.*, 2000). Among fungi, those that have a close relation with other organisms are usually the ones that produce metabolites with increased bioactivity, since the high levels of environmental stress and the intense and frequent interactions with other organisms benefit a larger metabolic diversity (Dreyfuss and Chapela, 1994). Examples include phytopathogenic fungi that cause disease before, during, and after the harvest and storage of vegetables (García, 2004; Trigos *et al.*, 2008), which constitute the group of the most important microorganisms from an economic point of view in regard to the frequency of their occurrence and damage that they may cause in different agricultural crops (Agrios, 2005).

In Mexico, research related to the biomedical potential of phytopathogenic fungi is virtually non-existent; therefore; previous research done by our work group has demonstrated the ability of certain phytopathogenic fungal species to inhibit the growth of bacterial and phytopathogenic strains of medical interest (Trigos *et al.*, 2005 and 2006). Likewise, Espinoza *et al.*, (2008) demonstrated that compounds and raw extracts of *Idriella* sp. presented antibacterial activity against phytopathogenic bacteria. It is worth mentioning that the *Gliocladium*, *Geotrichum* and *Rhizopus* genera, which are considered saprophytes and which were used in this study, are likewise associated as causal agents for the decay and death of the royal palm (Sepúlveda, 1998), the acid decay of lemon (Hernández-Montiel *et al.*, 20011) and postharvest decay of tomatoes (Zao *et al.*, 2008), respectively. Furthermore, the *Idriella*

Cabe mencionar que los géneros *Gliocadium*, *Geotrichum* y *Rhizopus* considerados como saprófitos y que fueron utilizados en este estudio, de igual forma están asociados como agentes causales del decaimiento y muerte de la palma real (Sepúlveda, 1998), pudrición ácida del limón (Hernández-Montiel *et al.*, 20011) y pudrición poscosecha del jitomate (Zao *et al.*, 2008) respectivamente. Adicionalmente, el género *Idriella* ha sido reportado como causante de la pudrición de raíz en cultivos de fresa siendo la especie *I. lunata* el agente causal de dicha enfermedad (Nelson y Stephen, 1956). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar la actividad antibacteriana de extractos metanol:cloroformo del cultivo de 15 hongos fitopatógenos en contra de cepas bacterianas de interés clínico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Hongos fitopatógenos.** Las cepas fúngicas utilizadas en este estudio (Cuadro 1) fueron obtenidas del cepario del Laboratorio de Alta Tecnología de Xalapa (LATEX) y provenían de diferentes cultivos de interés económico del estado de Veracruz, México. Su identificación ha sido soportada mediante claves taxonómicas (Romero-Cova, 1988; Mendoza-Zamora, 1996; Barnett y Hunter, 1998) y para el género *Colletotrichum* se realizaron pruebas de patogenicidad (Márquez-Fernández *et al.*, 2013). De igual forma, se utilizó una cepa de *I. lunata* ATCC 12574, ya que dicha especie mostró actividades antibacterianas según lo reportado por Espinoza *et al.*, (2008). La resiembra de cada uno de los hongos se realizó en cajas Petri con medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA, Difco), el periodo de incubación varió para cada especie y osciló entre los 7 y 12 días a  $25 \pm 2$  °C hasta que el micelio cubrió el 75 % de la superficie del medio de cultivo.

genus has been reported as the cause of root rot in strawberry plantations, *I. lunata* being the causal agent of the aforementioned disease (Nelson and Stephen, 1956). As a result, the objective of this work was to evaluate the antibacterial activity of methanol:chloroform extracts from a culture of 15 phytopathogenic fungi compared to bacterial strains of clinical interest.

## MATERIALS AND METHODS

**Phytopathogenic fungi.** The fungal strains used in this study (Table 1) were obtained from the culture collection of the Laboratory of High Technology in Xalapa (LATEX) and came from different cultures of economic interest in the state of Veracruz, Mexico. Their identification has been supported through taxonomic keys (Romero-Cova, 1988; Mendoza-Zamora, 1996; Barnett and Hunter, 1998) and for the *Colletotrichum* genus, pathogenicity assessments were done (Márquez-Fernández *et al.*, 2013). Likewise, a strain of *I. lunata* ATCC 12574 was used, due to the antibacterial activities reported in said species by Espinoza *et al.*, (2008). The cultivation of each one of the fungi was done in Petri dishes with potato dextrose agar (PDA, Difco), the incubation period varied for each species and oscillated between 7 and 12 days at  $25 \pm 2$  °C until the mycelium covered 75 % of the surface of the culture medium.

**Bacterial strains.** The bacterial strains used were: *Staphylococcus aureus*  $\beta$ -hemolytic (ATCC 25923), *Streptococcus pneumoniae* (ATCC 6303), *Staphylococcus epidermidis coagulase* (+) (ATCC 14990), *Escherichia coli* (ATCC 25922) and *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 17933) (American Type Culture Collection, 2010).

**Cuadro 1.** Cepas de hongos fitopatógenos.  
**Table 1.** Phytopathogenic Fungi strains.

Cepas fúngicas*	Sustrato	Origen geográfico
<i>Fusarium moniliforme</i>	Cítrico (naranja)	Martínez de la Torre, Veracruz
<i>Pythium</i> sp.	Ornamentales	Xalapa, Veracruz
<i>Phytophthora parasitica</i>	Piña	Tierra Blanca, Veracruz
<i>Colletotrichum musae</i>	Plátano	Álamo, Veracruz
<i>Colletotrichum gloeosporioides</i>	Pimiento morrón	Huatusco, Veracruz
<i>Fusarium solani</i>	Orquídea	Xalapa, Veracruz
<i>Geotrichum</i> sp.	Madera	Xalapa, Veracruz
<i>Moniliophthora roreri</i>	Cacao	Coatepec, Veracruz
<i>Alternaria citri</i>	Limón	Martínez de la Torre, Veracruz
<i>Ceratocystis adiposa</i>	Madera	Xalapa, Veracruz
<i>Fusarium oxysporum</i>	Café	Coatepec, Veracruz
<i>Sclerotium</i> sp.	Cebolla	Perote, Veracruz
<i>Rhizopus</i> sp.	Café	Coatepec, Veracruz
<i>Gliocadium</i> sp.	Agave	Poza Rica, Veracruz
<i>Idriella lunata</i> ATCC 12574	Raíz de Fresa	Santa Clara, California, USA

Las cepas fueron aisladas e identificadas morfológicamente por claves taxonómicas (Romero-Cova, 1988; Mendoza-Zamora, 1996; Barnett y Hunter, 1998) y por pruebas de patogenicidad para el género *Colletotrichum* (Márquez-Fernández *et al.*, 2013). / The strains were isolated and morphologically identified through taxonomic keys (Romero-Cova, 1988; Mendoza-Zamora, 1996; Barnett y Hunter, 1998) and through pathogenicity tests for the *Colletotrichum* genus (Márquez-Fernández *et al.*, 2013).

**Cepas bacterianas.** Las cepas bacterianas utilizadas fueron: *Staphylococcus aureus*  $\beta$ -hemolítico (ATCC 25923), *Streptococcus pneumoniae* (ATCC 6303), *Staphylococcus epidermidis coagulasa* (+) (ATCC 14990), *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 17933) (American Type Culture Collection, 2010).

**Cultivo fúngico y extracción.** Para el cultivo líquido de los hongos fitopatógenos, se tomaron círculos de 1 cm de diámetro de cada una de las cepas fúngicas de un cultivo de 7 días de incubación, y se transfirieron asépticamente a matraces Erlenmeyer de 250 mL con 50 mL de caldo de papa y dextrosa, donde se incubaron a  $25 \pm 2$  °C por 15 días manteniéndose en agitación constante a 150 rpm. Una vez concluido el periodo de incubación, se filtró al vacío la biomasa producida para cada cepa fúngica, posteriormente se deshidrató mediante liofilización

**Fungal culture and extraction.** For the liquid culture of the phytopathogenic fungi, circles of 1 cm in diameter were taken from each one of the fungal strains of a culture from 7 days of incubation, and were aseptically transferred to 250 mL Erlenmeyer flasks with 50 mL of potato broth with dextrose, where they incubated at  $25 \pm 2$  °C for 15 days shaking them continuously at 150 rpm. Once the incubation period was over, the biomass produced by each fungal strain was filtered by vacuum filtration. Subsequently, it was dehydrated through lyophilization and was extracted with a mixture of methanol:chloroform (1:1) during 3 days, the solvent excess was eliminated through distillation with reduced pressure (Trigos *et al.*, 2011).

**Antibacterial activity assessment of phytopathogenic fungi extracts against bacterial strains of clinical interest.** The antibacterial

y se extrajo con una mezcla metanol:cloroformo (1:1) durante 3 días, el exceso de disolvente se eliminó por destilación a presión reducida (Trigos *et al.*, 2011).

**Evaluación de actividad antibacteriana de extractos de hongos fitopatógenos en contra de cepas bacterianas de interés clínico.** La actividad antibacteriana se evaluó siguiendo el método de difusión en agar en disco de Kirby-Bauer (Koneman *et al.*, 2004). Los tratamientos se llevaron a cabo en cajas Petri con agar Luria-Bertani las cuales fueron inoculadas con cada una de las cepas bacterianas en estudio, con una suspensión celular cuya turbidez se igualó con la del tubo 0.5 de la escala de McFarland, equivalente a  $1.5 \times 10^8$  UFC/mL (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2007). Por otro lado, los extractos fúngicos secos, se disolvieron en dimetilsulfóxido (DMSO, Sigma Chemical Co.) a una concentración de 1 mg/mL, a partir de esta solución se realizaron diluciones seriadas para obtener las diferentes concentraciones de extracto que se utilizaron en el ensayo (20, 50 y 70  $\mu\text{g/mL}$ ). Posteriormente, sobre las cajas Petri se colocaron discos de papel filtro (6 mm de diámetro) impregnados con 20  $\mu\text{L}$  de cada uno de las diferentes concentraciones de los extractos de hongos fitopatógenos. Discos impregnados con DMSO sirvieron como control negativo y discos comerciales con 25  $\mu\text{g}$  de ampicilina como control positivo. Finalmente, las cajas Petri se incubaron a  $35 \pm 2$  °C durante 24 h. El diámetro de los halos de inhibición se midió en mm. Los tratamientos se realizaron con tres repeticiones para cada concentración del extracto de cada uno de los hongos fitopatógenos frente a cada una de las cepas bacterianas probadas.

**Análisis estadístico.** Los datos obtenidos se analizaron con una ANOVA de Dunnett, ( $P < 0.0001$ ) para detectar diferencias entre los halos de inhibi-

activity was evaluated following the agar on a Kirby-Bauer disk diffusion method (Koneman *et al.*, 2004). The treatments were done in Petri dishes with Luria-Bertani agar, these were inoculated with each of the bacterial strains under review, with a cellular suspension with a turbidity equal to that of the 0.5 tube on the McFarland scale, equal to  $1.5 \times 10^8$  UFC/mL (Clinical and Laboratory Standards Institute, 2007). Conversely, the dry fungal extracts were dissolved in dimethyl sulfoxide (DMSO, Sigma Chemical Co.) to a concentration of 1 mg/mL, and from this solution serialized dilutions were done in order to obtain the different extract concentrations that were used in the test (20, 50 and 70  $\mu\text{g/mL}$ ). Subsequently, filter discs (6 mm in diameter) were placed on top of the Petri dishes, each of them permeated with 20  $\mu\text{L}$  of each of the different extract concentrations of the phytopathogenic fungi. Permeated discs with DMSO served as a negative control and commercial discs with 25  $\mu\text{g}$  of ampicillin were used as a positive control. Finally, the Petri dishes were incubated at  $35 \pm 2$  °C during 24 h. The inhibition zone diameters were measured in mm. The treatments were done with three repetitions for each concentration of each of the phytopathogenic fungi against each one of the bacterial strains assessed.

**Statistical Analysis.** The data obtained was analyzed with an ANOVA Dunnett, ( $P < 0.0001$ ) in order to detect differences between the inhibition zone diameters obtained by the extracts compared to the negative control.

## RESULTS AND DISCUSSION

The statistical analysis of the obtained inhibition diameters showed that the *Colletotrichum musae* and *C. gloeosporioides* extracts had significant

ción obtenidos por los extractos en comparación al control negativo.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de los halos de inhibición obtenidos mostró que los extractos de *Colletotrichum musae* y *C. gloeosporioides* resultaron activos inhibiendo el crecimiento de *Escherichia coli* de manera significativa a las concentraciones de 20, 50 y 70 µg/mL (P<0.0001), en relación al control negativo. Por otro lado, también se registraron diferencias significativas en los halos de inhibición provocados por el extracto de *Idriella lunata* sobre el crecimiento de *Staphylococcus aureus* β-hemolítico, *E. coli* y *Pseudomonas aeruginosa* en concentraciones de 50 y 70 µg/mL (P<0.0001) en relación al control negativo utilizado (Cuadro 2). Los resultados obtenidos muestran que los extractos de *C. gloeosporioides* y *C. musae* son selectivos para *E. coli*, lo que podría ser útil en el tratamiento de aguas residuales domésticas utilizadas principalmente en la agricultura, especialmente en lugares donde este recurso hídrico escasea (Pedrero *et al.*, 2010). Adicionalmente, el extracto de

inhibición activity on the growth of *Escherichia coli* for the concentrations of 20, 50 and 70 µg/mL (P<0.0001), related to the negative control. Conversely, the significant differences in the inhibition diameters caused by the *Idriella lunata* extract on the growth of *Staphylococcus aureus* β-hemolytic, *E. coli* and *Pseudomonas aeruginosa* in concentrations of 50 and 70 µg/mL (P<0.0001) in relation to the negative control used (Table 2) were also registered. The results obtained show that the *C. gloeosporioides* and *C. musae* extracts are selective for *E. coli*. This could be useful in the treatment of domestic waste water primarily used in agriculture, especially in places where this resource is scarce (Pedrero *et al.*, 2010). Furthermore, the *Idriella lunata* extract showed activity against both Gram (-) and Gram (+) bacteria.

When working with raw extracts and not with a pure chemical compound, the active concentrations are encouraging as they manifest a highly effective activity, that is also similar to previous results that have demonstrated the antimicrobial activity of other species of phytopathogenic fungi such as *Menisporopsis theobromae* and *Idriella sp.*, against *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *Erwinia carotovora*, *E. carotovora* pv. *atroseptica* and

**Cuadro 2.** Diámetros de halos de inhibición bacteriana a partir de extractos fúngicos.

**Table 2.** Bacterial inhibition zone diameters taken from fungal extracts.

Cepa bacteriana	Ampicilina 25 µg/mL	Halo de inhibición (mm) <sup>1</sup>								
		<i>C. gloeosporioides</i> (µg)			<i>C. musae</i> (µg/mL)			<i>I. lunata</i> (µg/mL)		
		20	50	70	20	50	70	20	50	70
<i>S. aureus</i>	18.6±0.2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8.0±0.2***	9.2±0.2***
<i>S. pneumoniae</i>	19.4±0.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>S. epidermis</i>	18.8±0.2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
<i>E. coli</i>	18.0±0.1	12.2±0.2***	14.6±0.4***	17.6±0.2***	11.6±0.2***	14.4±0.3***	15.6±0.3***	NA	8.2±0.1***	9.8±0.2***
<i>P. aeruginosa</i>	17.8±0.2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	8.8±0.3***	10.2±0.2***

<sup>1</sup>Promedio de tres repeticiones ± el error estándar de la media (ESM). \*\*\* indican diferencias estadísticas significativas con respecto al control negativo (Dunnnett, p<0.0001). NA. No activo / <sup>1</sup>Average of three repetitions ± the standard error of the measurement (SEM). \*\*\* indicate significant statistical differences regarding the negative control (Dunnnett, p<0.0001). NA. Non-active.

*Idriella lunata* mostró actividad contra bacterias tanto Gram (-) como Gram (+).

Al tratarse de extractos crudos y no de un compuesto químico puro, las concentraciones activas son alentadoras ya que demuestran una actividad altamente efectiva, que además son similares a resultados anteriores que han demostrado la actividad antimicrobiana de otras especies de hongos fitopatógenos como *Menisporopsis theobromae* e *Idriella* sp, en contra de *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *Erwinia carotovora*, *E. carotovora* pv. *atroseptica* y *Agrobacterium tumefaciens* (Trigos *et al.*, 2005). Adicionalmente, *Curvularia lunata*, *Phytophthora drechsleri*, *Phytophthora capsici*, *Gliocladium* spp, *Neocosmospora vasinfecta* resultaron activas contra bacterias como *E. coli* y *P. aeruginosa* (Trigos *et al.*, 2006). De igual forma, Espinoza *et al.* (2008), demostraron que el 5-hidroximetil-2-furaldehído y el 1-n-Butil-β-D-fructopiránosido obtenidos del cultivo de *Idriella* sp mostraron actividades antibacterianas en contra de bacterias fitopatógenas *Xanthomonas axonopodis*, *Pectobacterium carotovorum*, *P. chrysanthemi* y *Erwinia amylovora* con una Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) de 0.625 mg/mL.

## CONCLUSIONES

Si bien los hongos fitopatógenos siguen siendo la causa de la disminución parcial y total del rendimiento de los cultivos y como consecuencia elevadas pérdidas económicas; los resultados obtenidos colocan a las cepas de *Colletotrichum musae*, *C. gloeosporioides* e *Idriella lunata*, por su actividad antibacteriana, como fuentes potenciales de compuestos bioactivos contra cepas bacterianas de interés médico causantes de infecciones comunes en nuestro país. Por lo anterior, este trabajo abre la posibilidad de continuar explorando el aprovecha-

*Agrobacterium tumefaciens* (Trigos *et al.*, 2005). Additionally, *Curvularia lunata*, *Phytophthora drechsleri*, *Phytophthora capsici*, *Gliocladium* spp, *Neocosmospora vasinfecta* resulted active against bacteria such as *E. coli* and *P. aeruginosa* (Trigos *et al.*, 2006). Similarly, Espinoza *et al.* (2008), demonstrated that the 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde and 1-n-Butyl- β-D-fructopyranoside obtained from the *Idriella* sp culture showed antibacterial activities against the phytopathogenic bacteria *Xanthomonas axonopodis*, *Pectobacterium carotovorum*, *P. chrysanthemi* and *Erwinia amylovora* with a Minimum Inhibitory Concentration (MIC) of 0.625 mg/mL.

## CONCLUSIONS

Even though phytopathogenic fungi remain as the main cause of the partial or total yield decrease of crops and thus represent high financial losses, the results obtained place the *Colletotrichum musae*, *C. gloeosporioides* and *Idriella lunata* strains, for their antibacterial activity, as potential sources of bioactive compounds against bacterial strains of medical interest that represent the cause of common infections in our country. As a result, this work presents the possibility of continued research on the utilization of phytopathogenic fungi for medical applications, previous chemical, pharmacological, toxicological and clinical studies.

### Acknowledgements

This work was funded by the FOMIX CONACYT Veracruz State Government (VER-2009-C03-128039) project, and the SEP-CONACYT basic-2012 (181820) project. María de la Soledad Lagunes-Castro, thanks CONACyT for the doctoral fellowship (249756).

~~~~~ Finaliza la versión en Inglés ~~~~~

miento de los hongos fitopatógenos en aplicaciones médicas, previos estudios químicos, farmacológicos, toxicológicos y clínicos.

#### Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el proyecto FOMIX CONACYT Gobierno del Estado de Veracruz (VER-2009-C03-128039), y el proyecto SEP-CONACYT básica-2012 (181820). María de la Soledad Lagunes-Castro agradece al CONACyT la beca de doctorado (249756).

#### LITERATURA CITADA

- Agrios GN. 2005. Plant Pathology. Fifth Edition. Academic Press. New York, USA. 922p.
- ATCC. American Type Culture Collection. 2010. Cells and microorganisms, bacterial products. <http://www.atcc.org/Products/Cells%20and%20Microorganisms/Bacteria.aspx> (consulta, marzo 2014).
- Barnett HL y Hunter BB. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. American Phytopathological Society Press. St. Paul, Minnesota. USA. 218p
- Dax SL. 1997. Antibacterial Chemotherapeutic Agents. First edition. Blackie Academic & Professional, Londres, UK. 396p.
- Demain AL y Sánchez S. 2009. Microbial drug discovery: 80 years of progress. The Journal of Antibiotics 62: 5-16.
- Dreyfuss MM y Chapela IH. 1994. Potential of fungi in the discovery of novel, low molecular weight pharmaceuticals. Pp: 49-80 Gullo, VP. (eds.). In The Discovery of Natural Products with Therapeutic Potential. Butterworth-Heinemann, Boston, USA. 461p.
- Espinoza C, Viniestra-González G, Loera O, Heredia G y Trigos Á. 2008. Antimicrobial activity against plant pathogens by crude extracts and compounds from *Idriella* sp. Revista Mexicana de Micología 26: 9-15.
- García CV. 2004. Introducción a la microbiología. Segunda Edición. Editorial UNED, San José, Costa Rica. 256p.
- Hernández-Montiel LG, Holguín-Peña J, López-Aburto MG y Troyo-Diéguez E. 2011. Control poscosecha de *Geotrichum citri-aurantii* en limón mexicano (*Citrus aurantifolia* [christm.] swingle) mediante levaduras marinas y epífitas. Universidad y Ciencia 27(2):191-198.
- Koneman EW, Allen SD, Janda WM, Schreckenber PC y Winn WC. 2004. Diagnóstico microbiológico. Sexta edición. Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires, Argentina. 1696p.
- Márquez-Fernández O, Cano M, Salinas A, Guzmán-López O, Espinoza C y Trigos A. 2013. Composición química de glomérulos producidos por *Colletotrichum gloeosporioides*. Revista Mexicana de Micología 38:1-7.
- Mendoza-Zamora C. 1996. Enfermedades fungosas de hortalizas. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 85 p.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. 2007. Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing; Seventeenth Informational Supplement. CLSI document M100-S17. Clinical and Laboratory Standards Institute, Wayne, Pennsylvania, USA. 177p.
- Nelson PE y With S. 1956. An undescribed fungus causing a root rot of strawberry. Mycology 48: 548-551.
- Nigam P y Singh D. 2000. Metabolic pathways: production secondary metabolites-fungi. Pp: 1319-1328 In: Encyclopedia of Food Microbiology (Robinson RK, Batt CA, Patel PD. eds.). Academic Press, London, UK. 2372p.
- Pedrero F, Kalavrouziotis I, Alarcón JJ, Koukoulakis P y Asano T. 2010. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture - Review of some practices in Spain and Greece. Agriculture Water Management 97(9):1233-1241.
- Romero-Cova, S. 1988. Hongos fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo, México. 347p.
- Sepúlveda-Chavera GF. 1998. *Gliocladium vermoeseni* (Biouge) Thom.: Agente causal del decaimiento y muerte de la Palma real (*Chrysalidocarpus lutescens* L.) en América. IDESIA 15: 59-63.
- Trigos Á, Mendoza G, Luna M, Heredia G y Arias RM. 2005. Evaluación antibacteriana de hongos microscópicos del suelo y restos vegetales. Revista Mexicana de Micología 20:89-92.
- Trigos Á, Castellanos O, Salinas A, Espinoza C y Yáñez MJ. 2006. Antibiotic activity of several phytopathogenic fungi. Micología Aplicada Internacional 18(1):3-6.
- Trigos Á, Ramírez K y Salinas A. 2008. Presencia de hongos fitopatógenos en frutas u hortalizas y su relación en la seguridad alimentaria. Revista Mexicana de Micología 28:125-129.
- Trigos Á, Mendoza G, Espinoza C, Salinas A, Fernández JJ y Norte M. 2011. The role of macrosporin in necrotic spots. Phytochemistry Letters 4:122-125.
- Zhao Y, Tu K, Shao X, Jing W y Sua Z. 2008. Effects of the yeast *Pichia guilliermondii* against *Rhizopus nigricans* on tomato fruit. Postharvest Biology and Technology 49:113-120.