



# FUNCIÓN Y POTENCIAL BIOTECNOLÓGICO DE LOS VOC'S FÚNGICOS

Thania Soledad Gonzalez Montfort<sup>1</sup>, Rocío Pérez y Terrón<sup>2</sup>, Soley Berenice Nava Galicia<sup>1</sup>, Martha Dolores Bibbins Martínez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>CIBA - Instituto Politécnico Nacional

<sup>2</sup>Escuela de Biología, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla  
solemmont@hotmail.com, rocperez33@hotmail.com, s  
oleilng@yahoo.com.mx, mbibbins@ipn.mx\*

## RESUMEN

En la naturaleza, las interacciones intra- e inter-específicas de los organismos o microorganismos están relacionadas con la producción de sustancias señal que permiten la comunicación entre ellos. Dentro de las comunidades de microorganismos que conforman la rizósfera, la forma de comunicación es a través de la producción de metabolitos secundarios solubles, o volátiles. Estos metabolitos intervienen en la formación de comunidades complejas, asociaciones simbióticas, competencia y/o defensa. Dentro de este tipo de metabolitos se encuentran los Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC's), que juegan un papel importante en la producción de olores y sabores característicos. Los VOC's también funcionan como indicadores indirectos de contaminación de productos agrícolas o alimenticios, y actualmente se utilizan como agentes de biocontrol durante la "Micofumigación". Este proceso permite la inhibición del crecimiento y desarrollo de otros hongos y microorganismos patógenos.

Palabras claves: VOC'S, metabolitos secundarios, micofumigación.

## ABSTRACT

In nature, intra- and inter-specific interactions are related to the production of signal substances that allow communication between organisms or microorganisms. Within the rhizosphere, the communication between microbial communities is related to the production of soluble or volatile secondary metabolites. These metabolites are involved in the formation of complex communities, symbiotic associations, competition or defense. Within this type of metabolites, the Volatile Organic Compounds (VOC's) play an important role in the production of certain odors and flavors. The VOC's also serve as indirect indicators of contamination of agricultural products and foodstuffs, and they are currently used as biocontrol agents in a process called "Mycofumigation". Such process allows the inhibition of growth and development of fungi and other pathogens.

Key words: VOC`S, secondary metabolites, mycofumigation.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la rizósfera existe una constante comunicación intra- e inter-específica entre las poblaciones de microorganismos (colonias bacterianas y fúngicas) que la componen, así como con las plantas. Estas relaciones son mediadas por moléculas señalizadoras, las cuales pueden dar como resultado la formación de comunidades microbianas complejas o multi-especies, interacciones antagónicas, simbióticas o competitivas. En el pasado se le dio gran importancia al estudio del papel de los metabolitos secundarios solubles con la finalidad de determinar su función dentro de los nichos ecológicos. En un ecosistema terrestre, los hongos juegan un papel muy importante como simbioses, descomponedores o patógenos. La comunicación inter-específica tiene un papel muy importante en la relación estrecha con bacterias, animales y plantas. En este contexto, los compuestos orgánicos volátiles (VOC's) confieren a los microorganismos una vía de comunicación con otras especies que se encuentran dentro y fuera de la rizósfera (Bennet, et. al, 2012; Hung, et. al, 2015).

Muchas especies de hongos son conocidas por su capacidad para emitir bajas concentraciones de sustancias gaseosas, en especial aquellas que generan olores desagradables. lo cual ha llevado al estudio y análisis de los VOC's de hongos (Strobel, et. al, 2001) (Figura 1).

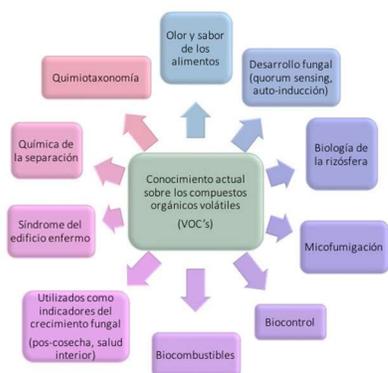


Figura 1. Estudio y usos actuales de los VOC's producidos por hongos  
Fuente: Morath, et. al, 2012

Los VOC's son productos químicos que tiene como base una cadena larga de carbonos (C<sub>20</sub>), presentan bajo peso molecular (~300 g/mol), se evaporan con facilidad a temperatura ambiente, poseen baja solubilidad en agua y, son altamente difusibles en el aire y el suelo.

Dentro de los VOC's fúngicos podemos encontrar predominantemente alcoholes, cetonas, terpenos, aldehídos, alquenos, ácidos, ésteres y bencenoides (Witzany, 2012; Kumar et. al, 2014; Schmidt et. al, 2015). Numerosos factores influyen en la emisión de los VOC's, incluyendo la especie que los produce, el sustrato, la temperatura, la luz, la asociación con otros microorganismos, el clima y los tipos de ecosistemas. El perfil de cada VOC es específico de la especie que lo produce; es decir, es una forma de poder distinguir diferentes hongos que pertenecen a diversos grupos (patogénicos, ectomicorrícicos y saprófitos). De esta forma, los VOC's se utilizan como biomarcadores de una especie en específico y de la etapa de crecimiento del hongo. Por ello, para la obtención de VOC's puros en condiciones de cultivo, es de suma importancia la fuente de carbono, el tiempo de incubación, el pH, la disponibilidad de oxígeno y la temperatura (Lemfack, et. al, 2014).

Estos compuestos son producto del metabolismo primario y secundario del hongo. Durante el metabolismo primario, el organismo descompone los alimentos del medio para obtener los nutrientes necesarios para el mantenimiento de las estructuras y procesos celulares, al tiempo que generan VOC's como subproductos durante el proceso. En cambio, la producción de VOC'S durante el metabolismo secundario es impulsada por la competencia de los recursos en un ambiente pobre de nutrientes (Santo-Pietro, 2006).

Los metabolitos secundarios solubles determinan la distribución y las interacciones inter-específicas dentro de ciertos nichos ecológicos. Los VOC's producidos por hongos y otros microorganismos determinan la formación y regulación de las asociaciones patogénicas o no patogénicas, además de estar involucrados en el reconocimiento de los hospederos, su defensa y competencia. Se ha visto que VOC's producidos por *Cladosporium cladosporioides* potencian y promueven el crecimiento de ciertas plantas. Además, los VOC's fúngicos tienen la capacidad de inducir resistencia sistémica en las plantas, afectar la morfología de la raíz, promover la acumulación de fuentes de reserva en hojas, y en algunos casos, inhibir la germinación (Hung, et. al, 2015) (Figura 2).

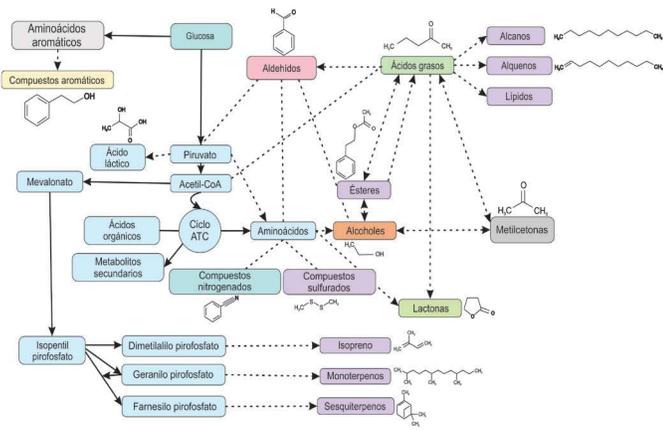


Figura 2: Principales vías metabólicas para la biosíntesis de compuestos orgánicos volátiles microbianos (mVOC's).  
Nota: adaptado de Schmidt, et. al, 2015

## 2. USO BIOTECNOLOÓGICO DE LOS VOC'S FÚNGICOS

La percepción de olores debido a la producción de ciertos VOC's es una forma de saber que existe crecimiento de un hongo. Muchos de estos VOC's contribuyen al olor y sabor deseable de ciertos quesos, embutidos y bebidas. Esto ha conllevado al uso de VOC's como indicadores de control de calidad para ciertos alimentos fermentados. Un ejemplo es el 6-pentil- $\alpha$ -pirona producido por *Trichoderma*, que produce un olor a coco. Estas características permiten utilizar los olores emitidos por algunos VOC's como indicadores indirectos y no invasivos de contaminación en productos alimenticios, así como en productos agrícolas almacenados para el consumo humano y de ganado.

Dentro de los primeros VOC's fúngicos identificados está el 1-octen-3-ol, también llamado octenol. Se ha visto que la producción de este compuesto está bajo control metabólico y depende de la concentración y el estado de desarrollo del hongo. Este compuesto en bajas concentraciones puede favorecer el proceso de conidiación; sin embargo, tiene un efecto antagónico cuando está presente en altas concentraciones (Bennett et. al, 2012).

## 3. EFECTO DE LOS VOC'S SOBRE LOS HONGOS Y OTROS ORGANISMOS

Los VOC's fúngicos poseen potencial para ser utilizados como agentes de biocontrol, debido a que muestran efectos antagónicos hacia hongos, bacterias, insectos y nematodos. Actualmente, uno de los objetivos principales en el estudio de los VOC's es su uso en la microfumigación es decir, el uso de los VOC's para inhibir el crecimiento y desarrollo de otros organismos patógenos. Esta estrategia permite el control de las enfermedades que afectan a las plantas, tanto en campo como después de la cosecha (Deshmukh, et. al ,2016). Los hongos endófitos son aquellos que viven dentro

de los tejidos de las plantas sin causar daño aparente y son la principal fuente de eliminación de patógenos bacterianos y fúngicos. Este proceso maximiza las posibilidades de supervivencia del hongo patógeno y la colonización una vez que ha germinado (Bennett et. al, 2012; Hung, et. al, 2012).

Uno de los hongos más utilizados para el biocontrol de otros hongos y microorganismos es *Muscodora albus*, que fue aislado del árbol de la canela. Este hongo tiene la capacidad de producir compuestos con actividad antimicrobiana. Cuando *M. albus* crece en condiciones de cultivo puro produce VOC's capaces de matar a un amplio espectro de microorganismos patógenos. Este hongo fue la primera especie donde se describió la microfumigación como un proceso de control biológico (Strobel, et. al, 2001; Alpha, et. al, 2015).

Los hongos basidiomicetos *Oxyporus latemarginatus* y *Pleurotus ostreatus* tienen un efecto negativo en el crecimiento micelial de diferentes hongos (Schmidt, et. al, 2015). Otro uso que se le ha dado a los VOC's es el control de plagas de insectos y nematodos, debido a que al funcionar como semioquímicos, atraen o repelen insectos, además de que ayudan a la segregación de feromonas para estimular o inhibir la ovoposición (Davis, et. al, 2013). Un ejemplo es el hongo *Beauveria bassiana*, usado como agente biocontrol de plagas de insectos por ser entomopatógeno y capaz de producir un biocida eficaz contra los mosquitos (Hung, et al., 2015) (Tabla 1).

Tabla 1. VOC's más comunes producidos por hongos

Compuesto	Estructura	Especie que la produce	Función/olor
Trimetilamina	<chem>CN(C)C</chem>	<i>Geotrichum candidum</i>	Auto-inhibición
1-octen-3-ol/ octenol	<chem>CCCCC(O)C=C</chem>	Mayoría de los hongos	*Producción, inhibición o inducción de la esporulación *Atrayente o repelente de insectos *Olor característico de los hongos
6-pentil- $\alpha$ -pirona	<chem>CCCCC1=CC=CC=C1</chem>	<i>Trichoderma viride</i>	*Fitotoxicidad durante la formación de plántulas *Supresión de plagas durante la germinación *Antibiótico *Olor a coco
3-Metil-acetato	<chem>CC(C)OC(=O)C</chem>	<i>Muscodora albus</i>	*Inhibición completa de: Pythium ultimum Rhizoctonia solan Tapesia yellundae Xylaria sp. *Olor a plátano
Geosmina	<chem>C1CCC2(C)CC(O)CC2C1</chem>	<i>Botrytis cinerea</i> <i>Penicillium expansum</i>	*Detección de microbios en <i>Drosophila</i> *Olor a tierra mojada

Nota: Modificado de Hung, et. al, 2015 y Morath, et. al, 2012

Estos mecanismos abren una nueva posibilidad para el control de enfermedades en productos agrícolas y alimenticios mediante microfumigación y biofumigación, que no requieren de contacto físico con los productos a tratar (Sharma, et. al, 2014).

#### 4. CONCLUSIONES

La comunicación dentro de la rizosfera, entre las comunidades microbianas y fúngicas, es mediado por moléculas señalizadoras.

Los VOC's actualmente son una herramienta biotecnológica muy importante que permite entender las interacciones que se establecen de forma intra- e inter-específica dentro de diferentes nichos.

Los VOC's forman parte de un sistema adaptativo que ha permitido a los microorganismos la comunicación en diferentes ambientes, así como señales de desarrollo, reproducción, repulsión o atracción de otros organismos.

El uso de VOC's como herramientas de biocontrol permite la disminución del uso de agentes químicos y de antibióticos, que a largo plazo resultan dañinos para el ambiente y la salud humana.



#### 5. REFERENCIAS

Alpha, C.J., Campos, M., Jacobs-Wagner, C., Strobel, S.A. 2015. Mycofumigation by the volatile organic compound producing fungus *Muscodora albus* induces bacterial cell death through DNA damage. *Appl. Environ. Microbiol.* (81):1147-1156.

Bennett, J.W., Hung R., Lee S., Padhi S. 2012.

Fungal and Bacterial Volatile Organic Compounds: An Overview and Their Role as Ecological Signaling Agents. *Fungal Associations*, 2nd Edition, The Mycota IX, Springer-Verlag Berlín, pp. 374-393.

Deshmukh S. K., Misra J. K., Tewari J. P., Tamas P. 2016. *Fungi: Applications and Management Strategies*, CRC Press, Chapter 7, pp. 134-151.

Hock B. 2012. *The Mycota, Fungal Associations IX*, 2nd Edition, Springer-Verlag Berlín, pp 377-390.

Hung R., Lee S., Bennett J. W. 2015 Fungal volatile organic compounds and their role in ecosystems, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* (99):3395-3405.

Kumar V. G., Mach R.L., Sreenivasaprasad S. 2014. *Fungal Biomolecules: Sources, Applications and Recent Developments*, Chapter 7, pp 87-99.

Morath S. U., Hung R., Bennett J. W. 2012. Fungal volatile organic compounds: A review with emphasis on their biotechnological potential, *Fungal Biology Reviews* (26): 73-83.

Lemfack M. C., Nickel J., Dunkei M., Preissner R., and Piechulla B. 2014. mVOC: a database of microbial volátiles, *Nuclei Acids Research* (42):744-748.

Santo-Pietro K.A. 2006. Microbial Volatile Organic Compounds (mVOC's) [online], Available from <https://www.emlab.com/s/sampling/env-report-04-2006.html>, fecha de revisión: [Fecha de revisión 2 de Abril de 2016].

Schmidt R., Cordovez V., de Boer W., Raaijmakers J., and Garbeva P. 2015. Mini Review Volatile affairs in microbial interactions, *The ISME Journal* (9):2329-2335.

Sharma N. 2014. *Biological Controls for Preventing Food Deterioration: Strategies for Pre- and Postharvest Management*, John Wiley & Sons. pp 464

Strobel, G.A., Dirkse, E., Sears, J., Markworth, C. 2001. Volatile antimicrobials from *Muscodora albus* a novel endophytic fungus. *Microbiology* (147):2943-2950

Witzany G. 2012. *Biocommunication of Fungi*, Springer pp. 322-326