

## DEGRADACIÓN DE FUNGICIDAS AZÓLICOS POR UNA COMUNIDAD MICROBIANA INMOVILIZADA EN ROCA VOLCÁNICA (TEZONTLE)

Nadia Cruz Vivar<sup>1</sup>, Raúl Martínez Reyna, Oswaldo Ramos Monroy, Nora Ruiz Ordaz <sup>2</sup> Juvencio Galíndez Mayer<sup>2</sup>, Cleotilde Juárez Ramírez<sup>3</sup>, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, (Departamento de Ingeniería Bioquímica) Ciudad de México,CP 11340, [cleotildejr@prodigy.net.mx](mailto:cleotildejr@prodigy.net.mx)  
(1 Becario BEIFI; 2 Becario COFAA, EDI, SNI; 3 becario COFAA, SNI)  
*Palabras clave: fungicidas azólicos, tebuconazol, difenoconazol, biodegradación.*

**Introducción.** Los fungicidas azólicos son ampliamente usados en la agricultura para el combate de plagas, como biocidas en varios productos: madera, pinturas y concreto, como agentes antifúngicos en humanos, en productos farmacéuticos para uso veterinario y en algunos casos, también son prescritos en terapia contra el cáncer (1,2). Debido a su amplio uso se han detectado en plantas de tratamiento, como contaminantes en cuerpos de agua (3,4), alterando los sistemas acuáticos y en algunos casos modificando el sistema endocrino de organismos acuáticos. Por este motivo, se proponen diseños de procesos que permitan su eliminación del ambiente. El objetivo del presente trabajo es evaluar la degradación de los fungicidas tebuconazol y difenoconazol por una comunidad microbiana inmovilizada en fragmentos de roca volcánica (tezontle).

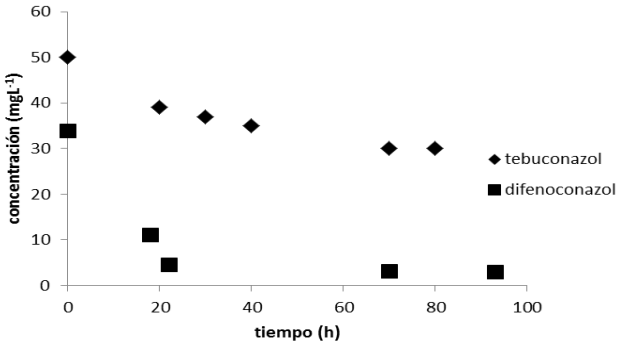
**Metodología.** La evaluación de la degradación se hizo en cultivo por lote a nivel de matraz (500 mL) con una comunidad microbiana, previamente aislada de suelos agrícolas. Se utilizó como soporte el tezontle previamente saturado con los fungicidas. La presentación empleada de los fungicidas, fueron mezclas comerciales; *Folicur* y *Score*, que tienen el 25% w/w del tebuconazol y difenoconazol respectivamente. Los cultivos por lote se iniciaron con 100 mL medio mínimo mineral, 50 mg L<sup>-1</sup> de cada fungicida como fuente de carbono, nitrógeno y energía. Los matraces se inocularon con 12 g de soporte colonizado y se incubaron a temperatura ambiente con agitación continua (60 rpm); se tomaron muestras periódicamente para determinar la concentración residual de los fungicidas espectrofotométricamente y por HPLC. Se realizaron cinco lotes repetidos. Las bacterias que integran la comunidad microbiana se identificaron por técnicas de biología molecular amplificando el gen 16S rDNA, se utilizaron los iniciadores universales Fd1 y R6.

**Resultados** La comunidad microbiana aislada del suelo agrícola de Tetelco, Estado de México, está integrada por seis bacterias cultivables reportadas en la Tabla 1. Todas las bacterias que integran la comunidad, han sido capaces de degradar otros plaguicidas como lindano, aldrín, endosulfán, paratión, malatión, clorpirifós, dimetoato etc.; sin embargo, no se han reportado como degradadoras de difenoconazol o tebuconazol (5).

**Tabla 1.** Bacterias que integran la comunidad microbiana

| Clave | Microorganismo                | Similitud (%) | No. Acceso |
|-------|-------------------------------|---------------|------------|
| BAC1  | <i>Pseudomonas aeruginosa</i> | 99            | KF113578.1 |
| BAC2  | <i>Pseudomonas</i> sp.        | 98            | AF326383.1 |
| BAC3  | <i>Kocuria</i> sp. 13-3-7     | 99            | KM886142.1 |
| BAC4  | <i>Kocuria</i> sp.            | 98            | JX077104.1 |
| BAC5  | <i>Sphingobium</i> sp.        | 98            | KX507119.1 |
| BAC6  | <i>Kocuria rhizophila</i>     | 99            | KT387335.1 |

Esta comunidad microbiana fue capaz de degradar en cultivo por lote con células inmovilizadas los dos fungicidas como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Concentración de lo fungicidas en función del tiempo de los cultivos por lote.

Como puede observarse la comunidad microbiana degradó preferentemente el difenoconazol a pesar de tener una estructura más compleja y mayor peso molecular (PM 406.26 gmo<sup>-1</sup>), esto puede ser debido a que carece de un carbono cuaternario, el cual es difícil de hidrolizar, y lo presenta el tebuconazol (PM 307.82gmo<sup>-1</sup>) dentro de su estructura. Adicionalmente, es posible que los coadyuvantes presentes en la mezcla comercial *Score* sirvan como cosustrato para la degradación del difenoconazol, obteniéndose mayor eficiencia y velocidad volumétrica de remoción con este fungicida (Tabla 2).

**Tabla2.** Eficiencias y velocidades volumétricas de remoción

| Fungicida     | Eficiencia de remoción (%) | Velocidad volumétrica de remoción Rv (mgL <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) |
|---------------|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Difenoconazol | 90                         | 0.44                                                                      |
| Tebuconazol   | 40                         | 0.28                                                                      |

**Conclusiones.** La comunidad microbiana aislada e integrada por seis bacterias cultivables fue capaz de degradar los dos plaguicidas azólicos, obteniéndose mayores eficiencias y velocidades volumétricas de remoción con el fungicida difenoconazol.

**Agradecimientos.** A la Secretaría de Investigación y Posgrado del IPN por el financiamiento para la realización de la presente investigación.

**Bibliografía.**

- KahleM., *et al.* (2008). Environ. Sci. Technol.42:7193-7200
- Rodríguez T., *et al.* (2018). Sci. Total. Environ. 615:942-954
- Moschet C., *et al* (2014). Environ Sci. Technol.48:5423-5432
- Bollmann E.U., *et al.* (2014). Water Res. 60:64-74
- Wang X., *et al.* (2018). Int. Biodeterior. Biodegr.127:185-191