

Degradación de pesticidas por Actinomicetos

Degradation of pesticides for Actinomyces

SORIANO-BERNILLA, Bertha S.¹; SORIANO-BERNILLA, Eduardo²

No fueron encontrados conflictos de interés en este artículo.

RESUMEN

El propósito de esta revisión es brindar reportes científicos necesarios para explicar los resultados encontrados durante la ejecución del trabajo de investigación sobre el efecto de la temperatura sobre la degradación del herbicida ácido 2,4-diclorofenoxiacético por un consorcio de actinomicetales de suelos agrícolas de noche. Si bien es cierto los actinomicetos tienen importancia en las ciencias de la salud tanto humana como animal, se ha podido demostrar que algunos actinomicetos tienen un considerable potencial en la degradación de pesticidas y se reporta que en muchos casos, ocurre sólo una degradación parcial de los plaguicidas por actinomicetos. La biodegradación es la reducción de compuestos químicos complejos catalizada biológicamente y se basa en el crecimiento y el cometabolismo. En investigaciones demuestran que la mayoría de los plaguicidas sirven como fuente de fósforo, carbono, y/o de nitrógeno, a través de la transformación parcial. El cometabolismo puede ser un importante mecanismo de biodegradación microbiana o biotransformaciones de los plaguicidas en la rizósfera de las plantas. Actualmente nada se conoce sobre los mecanismos que emplean los actinomicetos para asimilar los plaguicidas. La presencia de citocromo P450s con una amplia especificidad de sustrato en actinomicetos sugieren que estas bacterias tienen un gran potencial metabólico de biorremediación de productos agroquímicos aún todavía inexplorado.

Palabras clave: Biodegradación, actinomicetos, pesticidas

ABSTRACT

The purpose of this review is to provide scientific reports needed to explain the results found during the execution of the investigation effect of temperature on degradation of the herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid by actinomyces. If it is certain well the actinomyces have importance in sciences of as much human health as animal, it has been possible to demonstrate that some actinomyces have a considerable potential in the degradation of pesticides and it is reported that in many cases, occurs only partial degradation of pesticides by actinomyces. Others authors showed that most pesticides served as phosphorus, carbon, and / or nitrogen source, via partial transformation reactions. Cometabolism can be an important mechanism of microbial biodegradation or biotransformations of pesticides in the rhizosphere of plants. Nothing is currently known about the mechanisms actinomyces employ for uptake of pesticides. The presence of cytochrome P450s with a broad substrate specificity in actinomyces suggest that these bacteria have an as yet largely unexplored metabolic potential for bioremediation of agrochemicals.

Key words: Biodegradation, actinomyces, pesticides

¹ MsC. Microbiología. Docente Dpto. de Microbiología y Parasitología, Facultad de Ciencias Biológicas - UNT. berso_l@yahoo.com

² Bigo. Docente, Facultad de Ciencias Médicas - UCV. Trujillo. edusb_61@yahoo.com

INTRODUCCIÓN

Para identificar ciertos individuos específicos de los actinomicetos es suficiente con el reconocimiento de sus propiedades características. Estas características están basadas en su morfología, tanto macro como microscópica en su metabolismo y en su genética. La gran mayoría de las descripciones de las especies individuales estuvo basada en características morfológicas muy superficiales, usualmente el crecimiento en medios extremadamente complejos en su composición. La producción de pigmentos en el micelio y la excreción del mismo al medio de cultivo era considerada otra característica fundamental para la identificación. La presencia o ausencia de crecimiento en ciertos medios de cultivo, la licuefacción de gelatina, la digestión de proteínas de la leche, y la producción de olores, son características que les permitieron avanzar un poco más a nivel bioquímico en la identificación y que aún hoy en día son utilizadas para identificación preliminar de estos microorganismos. Actualmente se encuentran clasificados como bacterias. Se han utilizado muchos sistemas de clasificación para este grupo de microorganismos. Estas se basaban en sus actividades en el medio ambiente encontrado, fueran o no patógenos, en sus características morfológicas a nivel macro y microscópico, y en el comportamiento bioquímico; pero en la actualidad gracias a las herramientas de la Biología Molecular, es mucho más fácil realizar una identificación confirmativa y no preliminar como se hacía anteriormente¹.

Distribución e influencia ambiental

Los actinomicetos son abundantes y cosmopolitas en el ambiente: lagos, ríos, suelo y estiércol de animales y aves; son aerobios en el suelo se ubican en la superficie, aunque también viven en los horizontes inferiores, al igual que géneros comunes de bacterias verdaderas *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Agrobacterium*, en especial en suelo alcalino, la mayoría de los actinomicetos son saprobios, mineralizan materia orgánica vegetal, animal, existen ciertos géneros fitopatógenos: *Streptomyces scabies* al igual aquellos que causan enfermedades en humanos: *Nocardia*, y animales como *Actinomyces*^{2,3}.

Los actinomicetos son considerados microorganismos de crecimiento lento que requieren de una o dos semanas de incubación para permitir la diferenciación de sus colonias, que difieren de las bacterianas pues una colonia típica de estos microorganismos no constituye la acumulación de muchas células sino una masa de filamentos ramificados que se origina de una espora o de un fragmento de micelio. Todos los actinomicetos son Gram positivos, aunque ciertas

formas termófilas pueden ser Gram negativos a temperaturas superiores de 50°C. La mayoría de los actinomicetos son ácido alcohol no resistentes. Sin embargo, algunas especies de *Nocardia*, especialmente las formas patógenas son resistentes. Diferentes investigadores han considerado importante clasificar a los actinomicetos basándose en sus hábitats naturales, es por eso que se encuentra en diferentes revisiones bibliográficas, que las formas anaeróbicas están descritas bajo el género *Actinomyces* y son patógenos potenciales de animales así como algunas de las especies de *Nocardia*, mientras la mayoría de especies de *Streptomyces* son características del suelo y las del género *Micromonospora* se concentran en el compost, pues resisten altas temperaturas⁴.

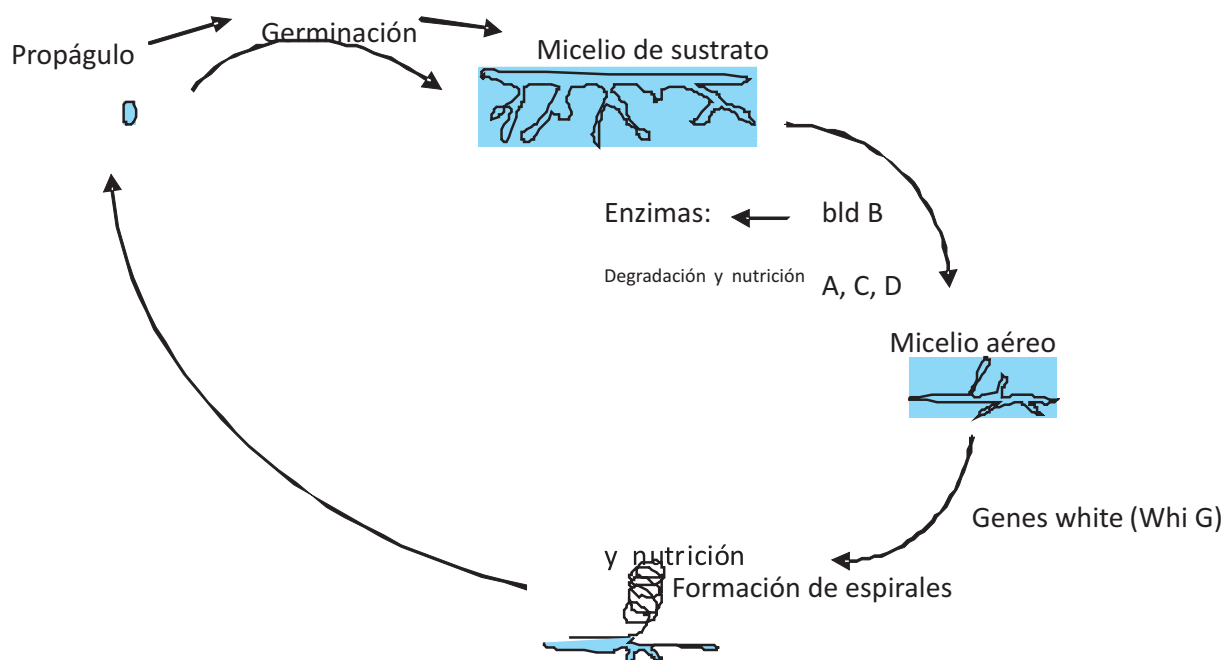
El análisis de la densidad de las hifas de actinomicetos en portaobjetos de vidrio enterrado en el suelo indica que un alto porcentaje son mesófilos, crecen poco a 5°C y nada a 39°C, al aumentar la temperatura de 5 a 27°C se favorece su crecimiento, el intervalo adecuado para su multiplicación está entre 28 a 37°C^{5,6,7}.

Crecimiento y potencial metabólico

El crecimiento y reacciones de los actinomicetos en los diferentes medios de cultivo, han sido utilizados para caracterizar las diferentes especies individuales. Al considerar este aspecto como un criterio de clasificación se evalúan la forma y estructura de la colonia, el crecimiento vegetativo, la apariencia del micelio aéreo, el metabolismo oxidativo o fermentativo, las enzimas proteolíticas que pueden producir, el crecimiento a diferentes temperaturas, producción de pigmentos, entre muchos otros factores fisiológicos y metabólicos.

El ciclo de vida de un actinomiceto se divide en dos fases de crecimiento (similar a los hongos) manteniendo la misma tendencia de una bacteria: Trofofase, donde realiza una adaptación metabólica y la síntesis de compuestos esenciales para su crecimiento, es decir los metabolitos primarios, e Idiofase, donde comienzan la síntesis de los metabolitos secundarios y finaliza su crecimiento. El crecimiento de un actinomicete en un medio sólido o líquido se observa como una masa de crecimiento usualmente denominada colonia. Es una masa de filamentos ramificados los cuales originan unas células denominadas esporas o conidias a partir del micelio vegetativo. Son colonias compactas, secas y con crecimiento dentro del medio. En medio líquido las colonias forman pellets, que en algunas ocasiones se adhieren a la superficie del recipiente.

Figura 1. Ciclo de vida de un actinomicete (*streptomyces* spp)



El ciclo de vida de un streptomicete presenta tres aspectos para la caracterización microscópica:

- Micelio vegetativo.
- Micelio aéreo, incluyendo las cadenas de esporas (artrosporas o conidiosporas).
- Las artrosporas.

Fuente: BALOWS, A., TRÜPER, H., HARDER, W., DWORKIN, M. & SHELEIFER, K. 1992. The family Streptomycetaceae. En *The Prokaryotes, a Handbook on habitats isolation and identification of bacteria*. Springer-Verlag, Berlin. P. 921-995

Este grupo bacteriano es muy importante para diversas líneas de investigación debido al amplio potencial metabólico que poseen proporcionando una diversidad de productos que pueden ser utilizados en Medicina, Farmacia, Microbiología Industrial, Biotecnología, Microbiología Agrícola, Microbiología Veterinaria, Agronomía, Fitopatología, entre muchas otras áreas. Estos productos pueden ser obtenidos por variaciones en el ciclo de vida y en diferentes etapas del mismo; en su gran mayoría son metabolitos secundarios. La gran mayoría de estos metabolitos son producidos durante la idiofase del microorganismo. La evidencia que los metabolitos secundarios presentan un papel sofisticado en la supervivencia de los microorganismos es una tesis ampliamente expuesta por diversos autores⁸.

Los actinomicetes están caracterizados por la producción de una variada forma de pigmentos en medios orgánicos y sintéticos. La producción de pigmentos es una característica que ha sido utilizada para describir morfológicamente algunos géneros como por ejemplo los pigmentos cafés o negros solubles en agua en medios orgánicos es una característica de ciertos actinomicetes pertenecientes al género *Streptomyces*⁹. Se han encontrado unos 7 grupos de herbicidas aislados de *Streptomyces*, estos incluyen herbimicinas,

toyocamicina, anisomicina, oxetina, y herbicidas. Estos productos han sido aislados de *S. hygroscopicus* y otras especies de actinomicetes inhibiendo el crecimiento de plantas mono y dicotiledóneas, especialmente *Cyperus microirid*, plantas de arroz, tomate y otras leguminosas. Los actinomicetes son capaces de producir una variada forma de compuestos que son esenciales para el crecimiento de organismos que viven en asociación con ellos. Los actinomicetes comprometen un amplio número de microorganismos, los cuales tienen la capacidad de inhibir el crecimiento, destruir otros microorganismos como otras bacterias, hongos y otros actinomicetes. Se ha estudiado sobre este fenómeno permitiendo el control de diversas enfermedades^{9,10}.

Importancia en la biodegradación de pesticidas

En la naturaleza los microorganismos existen en consorcio y raramente como cultivos puros. Es común que la tendencia de los cultivos mixtos sea exhibir una degradación más rápida que los cultivos puros. Los actinomicetes han sido considerados potencialmente para la biotransformación y biodegradación de pesticidas. Miembros de este grupo de bacterias han sido encontrados para degradar pesticidas con estructuras químicas ampliamente diferentes incluyendo

organoclorados, s-triazinas, triazinonas, carbamatos, organofosfatos, acetanilidas y sulfonilúreas. Un número limitado de estos pesticidas puede ser mineralizado por bacterias aisladas pero frecuentemente un consorcio es requerido para completar la degradación^{11,12}. Existen revisiones bibliográficas sobre actinomycetes degradadores de pesticidas que pertenecen al género del suborden Micrococccineae (*Arthrobacter*, *Brevibacterium*, *Clavibacter*), *Corynebacterineae* (*Corynebacterium*, *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Rhodococcus*), *Micromonosporineae* (*Micromonospora*), *Propionibacterineae* (*Nocardioideis*), y *Streptomycineae* (*Streptomyces*). Asimismo se ha reportado que una cepa de *Arthrobacter* que degrada el herbicida ácido 2,4-Diclorofenoxiacético también puede usar los herbicidas ácido 4-clorofenoxiacético (4-CPA) y ácido 2 metil 4-clorofenoxiacético (MCPA) como única fuente de carbono. La degradación del 4-CPA y MCPA por

una cepa de *Arthrobacter* ocurre en cierto modo similar al 2,4-D e involucra las mismas enzimas. *Nocardioideis simplex* mineraliza 2,4-D y 2,4,5-T, la descomposición inicial de 2,4,5-T rinde 2,4,5-triclorofenoles¹¹. Muchas de las especies, ahora clasificados como *Rhodococcus* spp. fueron originalmente descritos como *Nocardia* spp, *Mycobacterium* spp y *Corynebacterium* spp. *Rhodococcus* son actinomycetos aeróbicos que muestran una considerable diversidad morfológica. Un determinado grupo de estas bacterias posee ácidos micólicos en la superficie exterior de la célula. Estos compuestos son grandes cadenas de alcoholes y ácidos grasos esterificados al peptidoglicano de la pared celular. Estas estructuras lipofílicas de la célula probablemente son importantes para la afinidad de *Rhodococcus* a contaminantes lipofílicos. En general, *Rhodococcus* tienen diversas actividades metabólicas y pueden sintetizar biosurfactantes¹³.

CONCLUSIONES

- Los actinomycetos tienen un gran potencial metabólico de biorremediación de productos agroquímicos empleados y los aún todavía por explorar en nuestra región norteña.
- Estas bacterias pueden ser consideradas como un recurso de nuevos genes para la construcción de plantas resistentes a pesticidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pereira C. Poblaciones de actinomycetos como componentes de comunidades bacteriana nos solos 1999; <http://www.cnpab.embrapa.br/actino.html>
2. Bergey's Manual of determinative bacteriology. JG. Holt, NR. Krieg, PHA. Sneath y JT. Stanley (ed). Zippincott Williams & Wilkings, USA. 2000
3. Gutiérrez-Lugo, MT, B. Lotina-Hennsen, A. Farrés, S. Sánchez y R. Mata. Phytotoxic and photosynthetic activities of maduramicin and maduramicin methyl ester 1999; *Z. Naturforsch.* 54: 325-332.
4. Hartel S, Fuhrman J, Suberer D. Principles and applications of soil microbiology 1998; E. Prentice Hall. USA. Chapter 19th.
5. Bentley R. Microbial secondary metabolites play important roles in medicine; prospects for discovery of new drugs. *Perspectives in Biology and medicine* 1997; 40: 364-394.
6. Hernández E, Castillo GA, Sánchez-Yáñez TJ, La microflora del pino (*Abies vejari* L) en la Carolina de la Sierra de la Marta 2006; Coahuila, México. <http://www.monografias.com>
7. Lange, L., J. Breinholt, E.W Ramussen, y R. Y. Nielsen. Microbial fungicides. The natural choice. *Pest. Sci.* 1993; 39: 155-160.
8. Williams D, Maplestone R. Why are secondary metabolites biosynthesized? Sophistication in the inhibition of cell wall biosynthesis by vancomycin group antibiotics 1990; P. 45-59.
9. Goodfellow M. Suprageneric classification of the actinomycetes. En ; S.T. Williams, Sarpe, M. and Holt G. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* 1989; Vol. 4. Williams and Wilkins, Baltimore. P.2333-2339.
10. Lechevalier H, Lechevalier MP. Introduction to the order Actinomycetales. En: Starr, M.; H. Stolp; H. Truper; A. Balows and Schlegel, H. *The Prokaryotes, a Handbook on habitats, Isolation and identification of Bacteria*, Springer-Verlag, Berlín. 1981; P. 1915-1922.
11. Schrijver A, René De Mot. Degradation of Pesticides by Actinomycetes Laboratory of Genetics, K. U. Leuven, Kardinal Mercierlan 92, B-3001 Heverlee, Belgium *Critical Reviews in Microbiology* 1999; 25(2):85-119.
12. Fagarty A, Tuovinen O. Microbiological degradation of pesticides in yard waste composting. *Microbiology Reviews* 1991; 55: 225-233.
13. Jördening HJ, Winter J. *Environmental Biotechnology. Concepts and Applications.* WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim; 2005