

## RESUMEN EXPOSICIÓN

### BACTERIAS FILAMENTOSAS DEL SUELO, POTENCIALES APLICACIONES

Son muchas las funciones ecosistémicas que las bacterias filamentosas tienen en el suelo. Producir geosmina, por ejemplo, es una de ellas. Este compuesto volátil, que le confiere un olor característico a la tierra húmeda, es producido por microorganismos, principalmente bacterias del género *Streptomyces*. Geosmina es una palabra griega que significa “aroma de la tierra” y su olor ha servido como indicador de actividad biológica en el suelo

En general, allí cohabita un sinnúmero de microorganismos. Los hongos, las bacterias, las algas y los protozoos, mediante las interacciones entre ellos o por sus relaciones con otros organismos como plantas y animales, participan en el establecimiento de los diferentes equilibrios biológicos que se encuentran en los diversos suelos y que condicionan directamente el funcionamiento de todo ecosistema.

Entre estos grupos microbianos se encuentran las actinobacterias, una clase de bacterias antes conocidas como actinomicetos, porque algunas de ellas fueron consideradas hongos, debido a su morfología, crecimiento y reproducción celular. Las actinobacterias representan un 13% de la biomasa bacteriana encontrada en suelos húmedos y hasta el 64% de la encontrada en suelos áridos. Además, forman parte de esta clase géneros como *Actinomyces*, *Arthrobacter*, *Corynebacterium*, *Micrococcus*, *Micromonospora*, *Mycobacterium*, *Nocardia*, *Propionibacterium* y *Streptomyces*.

El género *Streptomyces* corresponde a las llamadas bacterias filamentosas del suelo; estas, al igual que las demás actinobacterias, son Gram positivas; requieren altas concentraciones de oxígeno y tienen una ventaja competitiva sobre otros microorganismos en los ecosistemas terrestres, dado que su crecimiento en filamentos y su reproducción por esporas les permiten resistir condiciones ambientales severas. Vale la pena resaltar que las más de 500 especies de este género pocas veces requieren factores de crecimiento en los medios en que se cultivan y que se han reportado aislados que pueden utilizar más de 50 compuestos como fuente de carbono.

Ahora bien, las bacterias de este género crecen formando estructuras similares a las hifas ramificadas de los mohos y se reproducen por extensión de filamentos aéreos que, a su vez, dan origen a cadenas de esporas. De hecho, su ciclo de vida en medios sólidos es complejo y consiste de varias etapas. Inicialmente, una célula viable o espora germina formando, sobre la superficie y dentro del sustrato o agar, un micelio vegetativo que crece con rapidez y agota los nutrientes fácilmente asimilables. Luego, el crecimiento de este micelio disminuye e inicia un proceso de muerte celular programada. En esta etapa, aquellos segmentos aún viables forman un segundo micelio a partir del primero que se extiende en el aire. Este micelio está constituido por filamentos cubiertos por compuestos hidrofóbicos que ellos sintetizan. Este recubrimiento le confiere a las esporas, formadas en el extremo aéreo, resistencia a la desecación.

La formación del micelio aéreo es una etapa de especial interés para la industria, pues en ella *Streptomyces* sintetiza y libera una gran cantidad de enzimas que le permiten degradar los nutrientes complejos como polisacáridos y proteínas presentes en el sustrato y en el micelio primario. Además, en esta fase las bacterias producen compuestos con actividad antimicrobiana. *Streptomyces* es el género bacteriano que produce la mayor cantidad de

antibióticos naturales. El 75% de los antibióticos de uso clínico y producidos comercialmente se obtienen por fermentaciones con *Streptomyces*; natamicina, tetraciclina, oxitetraciclina, estreptomicina, ácido clavulánico, nistatina, anfotericina B, cloranfenicol, neomicina, cefalosporinas, avermectina.

Estos metabolitos condicionan las relaciones que establecen estas bacterias con su entorno. Por ejemplo, las enzimas hidrolíticas aceleran el proceso de degradación de compuestos complejos como celulosa, lignina, hemicelulosa, quitina, pectina y proteínas, cuyos productos pueden ser asimilados por otros organismos. En cambio, otras relaciones están condicionadas por muchos metabolitos secundarios, como los antibióticos, que son aprovechados por otras especies para protegerse y promover su propio crecimiento.

Entre los organismos que interactúan con *Streptomyces*, los hongos son de especial interés. A pesar de que muchas bacterias filamentosas producen antifúngicos y enzimas que degradan la pared celular de estos organismos, se han descrito casos en los que *Streptomyces* promueve el crecimiento de algunos asociados con las raíces de los árboles. Específicamente, se demostró que algunas cepas de *Streptomyces* producen auxofurano, un compuesto que promueve el crecimiento de setas como *Amanita muscaria*; formadoras de ectomicorizas.

Asimismo, las plantas también se relacionan con este género de bacterias. Desde un punto de vista perjudicial para las plantas, *Streptomyces* tiene la habilidad de colonizar suelos cerca a las raíces, por lo que algunas patógenas pueden infectar las plantas a través de ellas. Por ejemplo, *S. scabies* reduce en gran medida la complejidad del sistema radicular del tomate y atrofia su crecimiento; esta y otras especies pueden, además, causar lesiones en tubérculos y raíces como las ocasionadas por la roña de la papa.

No obstante, *Streptomyces* también puede beneficiar a las plantas. Estas bacterias fertilizan los suelos mineralizando la materia orgánica y de esta manera promueven el crecimiento vegetal. Además, se conocen muchas especies de bacterias filamentosas endófitas que pueden vivir por mucho tiempo en la planta sin causar síntomas de enfermedad y que pueden promover el crecimiento vegetal produciendo hormonas como las auxinas y compuestos antifúngicos y antibacterianos. Se ha demostrado en algunas leguminosas como la arveja (*Pisum sativum*) que *S. lydicus* favorecen la formación de nódulos en raíces asociados con *Rhizobium* spp., lo que incrementa la absorción de nutrientes y la asimilación de minerales como el hierro y el molibdeno.

Se ha evidenciado que las bacterias filamentosas también se relacionan con invertebrados. Se han reportado relaciones simbióticas de *Streptomyces* spp. con esponjas y caracoles marinos en las cuales las bacterias ofrecen al animal protección contra enfermedades. Además se ha encontrado que las avispas depredadoras hembra del género *Philanthus*, almacenan grandes cantidades de *Streptomyces* en las glándulas de sus antenas y que las transfieren a sus larvas en sus nidos subterráneos como medio de protección contra otros microorganismos del suelo. Cabe mencionar que hormigas, escarabajos y otros artrópodos han permitido el establecimiento de colonias de bacterias filamentosas en sus intestinos, lo que sugiere que estas juegan un papel en la degradación de celulosa, lignina y quitina.

En la Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia se han realizado investigaciones en las que se explora la capacidad biosintética de *Streptomyces*.

Muchas de las enzimas que producen estas bacterias se usan en las industrias de alimentos, detergentes, textiles, entre otras, y, aunque predominan los estudios con otro tipo de

microorganismos, se ha demostrado la producción por fermentaciones sumergidas o en estado sólido, de amilasas con *S. clavifer* y *S. griseoflavus*, celulasas con *S. noboritoensis* y *S. viridobrunneus*, xilanasas con *S. cyaneus*, lipasas con *S. rimosus* y *S. clavuligerus*, pectinasas con *S. lydicus* y *S. griseorubens*, ligninasas con *S. psammoticus* y *S. lavendulae*, etc.

En el grupo de investigación Biociencias, se han evidenciado diferentes actividades hidrolíticas para 44 aislados nativos consistentes con *Streptomyces*. De estos aislados, 43 presentaron actividad amilolítica, 40 mostraron producción de proteasas, 26 mostraron producir lipasas y 43 demostraron actividad celulolítica.

Otro de los proyectos de este grupo se enfoca en la síntesis de compuestos antimicrobianos. Se ha verificado la actividad antibacteriana de por lo menos 30 aislados consistentes con el género *Streptomyces*. Estos mostraron antagonismo contra bacterias resistentes y no resistentes a antibióticos. Los aislamientos que presentaron mayor actividad, se cultivaron sobre sustratos sólidos y a partir de estos cultivos se obtuvieron extractos con una alta concentración de compuestos bioactivos. En este proyecto también se comprobó la inhibición de hongos de interés clínico y agrícola por medio de estos aislados nativos.

Los aislados nativos se obtuvieron de suelos con características diferentes. La mayor actividad y mayor recuperación de bacterias filamentosas en los trabajos realizados por el grupo Biociencias, se logró a partir de suelos secos casi áridos, con una menor recuperación en suelos no afectados por actividades antropogénicas y en rizósfera de diferentes cultivos. Seguramente, las condiciones adversas en suelos no fértiles evitaron el desarrollo de muchas poblaciones microbianas y permitieron que grupos como los actinomicetos, por sus características reproductivas y de crecimiento, predominaran en estos suelos.

Así las cosas, los beneficios que reciben los humanos directamente de *Streptomyces* son obvios. No obstante, no se puede olvidar que este género de bacterias es vital para mantener la diversidad de interacciones entre bacterias filamentosas y otros organismos del suelo, plantas, materia orgánica, humedad, entre otras, que ayudan a moldear diferentes ecosistemas terrestres, fundamento de bosques, cultivos y jardines.

## **Bibliografía**

Battistuzzi, F. U., & Hedges, S. B. (2009). A major clade of prokaryotes with ancient adaptations to life on land. *Molecular Biology and Evolution*, 26(2), 335–343.

Ceylan, O., Okmen, G., & Ugur, A. (2008). Isolation of soil *Streptomyces* as source antibiotics active against antibiotic-resistant bacteria. *EurAsian Journal of BioSciences*, 2, 73–82.

Madigan, M. T., Martinko, J. M., & Parker, J. (2003). *Brock - Biología de los microorganismos* (10th ed.). Madrid: Pearson Prentice Hall.

- Manteca, A., & Sanchez, J. (2009). *Streptomyces* development in colonies and soils. *Applied and Environmental Microbiology*, 75(9), 2920–2924.
- Rahman, M. A., Islam, M. Z., & Islam, M. A. U. (2011). Antibacterial activities of actinomycete isolates collected from soils of Rajshahi, Bangladesh. *Biotechnology Research International*, 2011, 1–6.
- Seipke, R. F., Kaltenpoth, M., & Hutchings, M. I. (2012). *Streptomyces* as symbionts: An emerging and widespread theme? *FEMS Microbiology Reviews*, 36(4), 862–876.
- Yagüe, P., López-García, M. T., Rioseras, B., Sánchez, J., & Manteca, A. (2013). Pre-sporulation stages of *Streptomyces* differentiation: state-of-the-art and future perspectives. *FEMS Microbiology Letters*, 342(2), 79–88.