

# Del bosque al laboratorio tras el cromo que transportan las aguas residuales de las curtiembres

Con tres especies de hongos y un cuidadoso proceso de exploración, un equipo del Grupo de Investigación de Biotecnología Ambiental e Industrial de la Universidad Javeriana, al que pertenece Aura Marina Pedroza, logra significativos resultados.

Por Marisol Cano Busquets

Vive a sus anchas en los bosques. Le encanta degradar la madera de los árboles. Es bello. Al crecer forma anillos concéntricos de variadísimos colores dando origen a una especie de abanico, con lo que se hace aún más llamativo. Es el *Trametes versicolor*, un hongo de aproximadamente diez centímetros de altura que, si se tiene bien desarrollada la capacidad de observación, es posible encontrar en muchos bosques de Colombia.

Como al *Trametes versicolor*, al *Pleurotus ostreatus*, la rica orellana de dulce sabor y suave olor fúngico que cada día se consigue con mayor frecuencia en los mercados del país, también le gusta comer troncos. Y también vive a sus anchas en los bosques. Los acolchados que producen las coníferas en parques como el de la represa del Neusa, se convierten en uno de sus hábitats favoritos.

El tríolo completa una cepa del *Phanerochaete chrysosporium* donada, para hacer parte de la historia que aquí comienza, por la doctora Refugio Rodríguez Vázquez, directora del Laboratorio de Compuestos Xenobióticos del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional de México, como parte de un convenio internacional de cooperación con la Universidad Javeriana.

Estos tres degradadores de madera tienen otros gustos. Les complace transformar contaminantes asociados a plaguicidas,

hidrocarburos, explosivos y colorantes. Lo hacen por la similitud estructural que tienen ciertos contaminantes con los anillos aromáticos que hacen parte de la madera. Ellos asumen que se trata de algo parecido a lo que normalmente usan para crecer y empiezan a hacer cambios en los contaminantes hasta llegar a degradarlos completamente. Algunos de estos compuestos además tienen color. Algo que parece gustarle a los hongos, pues al ponerse en contacto con ellos son capaces de actuar hasta lograr, en el caso de las aguas residuales, el color propio del agua potable.

No comen metales, sin embargo, sus paredes se prestan para capturarlos por la capacidad que tienen de actuar como una cinta pegante. Los hongos que crecen sobre la madera forman unas estructuras que parecen finas motas de algodón, llamadas micelio. La gran ventaja es que a él pueden adherirse los metales pesados, convirtiéndose esta en una novedosa estrategia en el tratamiento de aguas residuales.

El trío de hongos tiene otra cualidad: son buenos con los investigadores al dejarse cultivar en los laboratorios en condiciones controladas.

## Los hongos cambian de hábitat

Al llegar de su doctorado en Ciencias con énfasis en Biotecnología desarrollado en México, la bacterióloga colombiana Aura Marina Pedroza Rodríguez, se planteó continuar sus investigaciones en esta línea, en la que ya tenía antecedentes con su trabajo de

tesis doctoral, pero esta vez haciendo énfasis en la experimentación con hongos para la remoción de metales. Un problema de amplio calado como la del efecto que tiene el cromo utilizado en los procesos de curtiembres sobre el agua, se convirtió en el centro de sus preguntas y sus preocupaciones.

En el proceso de curtido de pieles, explica la investigadora, hay una etapa crítica cuando se utilizan las sales de cromo con las que se logra dar resistencia al cuero para evitar que se rasgue y prepararlo así para las fases posteriores de tratamiento. El cromo se une al cuero y lo que hacen los curtidores es lavar una y otra vez las pieles para ir paulatinamente eliminando el exceso del metal. Es en este momento cuando el cromo va a las aguas residuales y puede generar problemas ambientales y de salud para los humanos y los animales si no se establecen mecanismos y planes para removerlo.

El estudio inicia cultivando los tres hongos bajo condiciones controladas y sin ponerlos en contacto con el metal. Como dice Pedroza, “los teníamos consentidos”. El trío no sabe a lo que tendrá que exponerse después: las pruebas de tolerancia. Ya en el laboratorio, los investigadores empiezan a poner los hongos en contacto con las sales de cromo, y monitorean las reacciones que se dan de acuerdo con la cantidad de metal al que son expuestos. Poco a poco se incrementa la concentración para hacerlos más resistentes.

Gracias a estos ensayos fue posible convertir cepas normales en cepas hipertolerantes.



FOTOGRAFÍAS DE ALEJANDRO RODRÍGUEZ, CORTESÍA DE LOS INVESTIGADORES. Los hongos en su hábitat.



Arriba, muestras de la transformación que sufre en las aguas residuales con la intervención de los hongos. Abajo, biorreactor utilizado en el proceso. FOTOGRAFÍAS DE GUILLERMO SANTOS.

## ■ LOS HONGOS UTILIZADOS EMPLEAN LOS COLORANTES Y ABSORBEN METALES PARA CUMPLIR FUNCIONES MUY BENÉFICAS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

Luego de dos meses de experimentación, encontraron, por ejemplo, que el *Phanerochaete chrysosporium* resistía concentraciones muy altas de cromo, lo que resultaba muy satisfactorio ya que el agua de las curtiembres suele tenerlas.

Una vez los hongos se han adaptado a estar en relación con las sales de cromo, los investigadores proceden a introducirlos en las aguas residuales provenientes de empresas de curtiembres de la zona de Villapinzón en Cundinamarca, que apoyaron esta fase del estudio. Un paso previo fue caracterizar detalladamente el agua residual que venía de allí, de tal manera que fuera posible establecer qué tan alta era su contaminación y poder así comparar, con los datos experimentales, si efectivamente los hongos removían el metal. Fue entonces cuando los investigadores supieron cuál era el reto que enfrentaban en materia de limpieza de aguas residuales.

Entre tanto, una gran producción de hongos altamente tolerantes al cromo está lista en el laboratorio para someterse a las nuevas pruebas. Es el momento de ponerlos en contacto con el agua residual dentro de tanques llamados biorreactores, muy parecidos a los empleados para almacenar el agua potable de las casas. “Con el fin de que los hongos puedan estar en contacto

permanente con el metal, se utilizan compresores para inyectar aire y se van monitoreando las transformaciones que sufre el agua con el paso del tiempo”, explica Pedroza. De esta manera, se logra remover metales, color, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) hasta alcanzar los límites de vertimiento que se ajustan a lo establecido por la legislación nacional.

En palabras sencillas, después de someterse a la acción de los hongos, el agua residual pasa de verde oscura, casi negra, a verde clara; de gran concentración de cromo a baja concentración de cromo y de alta presencia de demanda biológica de oxígeno y de demanda química de oxígeno a presencia adecuada. Todos los parámetros cumpliendo la norma. Dos resultados significativos de esta investigación son, primero, producir una cepa hipertolerante al cromo, no reportada antes en la literatura científica, que logra aguantar 85 mil partes por millón de cromo y, segundo, remover el cromo de las aguas residuales; en materia de color dejar el agua apta para vertimiento en el alcantarillado y con una DBO<sub>5</sub> y una DQO adecuados a lo establecido por la norma.

Lo que sucede posteriormente con el cromo removido que queda adherido a la biomasa de los hongos es fuente de otras

líneas de investigación para quienes trabajan en nuestro país con metales pesados, dado que éstos no se evaporan ni se diluyen. “Yo puedo retirarlo del agua y el agua queda menos contaminada, pero ¿ahora qué hago con el subproducto que sale del tratamiento?”, es una pregunta que ya se ha hecho Pedroza. El reto, entonces, no es solo para quienes trabajan en Microbiología. Una alternativa, explorada por este grupo, es ir disminuyendo poco a poco la concentración de cromo, aplicando tratamientos como el compostaje hasta dejar el metal lo suficientemente diluido para que pueda ser incorporado a los suelos.

### Transferencia de tecnología al alcance

Los resultados obtenidos por el Grupo de Investigación de Biotecnología Ambiental e Industrial de la Universidad Javeriana son significativos no solamente para la ciencia colombiana, sino por el potencial de aplicación en el sector industrial de las curtiembres, aportando alternativas económicas para la remoción de metales pesados y los procesos de biodecoloración. Gracias a ellos y a partir del establecimiento de procesos de transferencia tecnológica, se contribuye a que las empresas implementen programas de producción más limpia, sean amigables con el medio ambiente y logren los permisos requeridos en materia de vertimientos de aguas residuales.

Conectar la investigación científica con la realidad del sector productivo nacional es una tarea en la que viene trabajando la Universidad Javeriana a través de su Oficina de Innovación y Desarrollo. De ahí que investigadores como Aura Marina Pedroza trabajen hoy no solo en sus laboratorios, sino con empresarios del sector de las curtiembres. Así, los proyectos de investigación se convierten también en proyectos sociales de alto impacto. □

#### PARA LEER MÁS

- 1. Gómez-Betel, S., et al. (2008). “Evaluación de *Phanerochaete chrysosporium*, *Trametes versicolor*, *Pleurotus ostreatus* y *Aspergillus niger* como alternativa para el tratamiento de aguas residuales del curtido de pieles”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 24(3): 93-106. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=37011662001>. Recuperado en 21/02/2011.
- 2. Morales-Fonseca, A. et al. (2010). “Desarrollo de un bioadsorbente laminar con *Phanerochaete chrysosporium* hipertolerante al cadmio, al níquel y al plomo para el tratamiento de aguas”. *Revista Iberoamericana de Micología*, 27(3). Disponible en: <http://www.revibercommicol.com/2010-27/111118.pdf>. Recuperado en 21/02/2011.
- 3. Pontificia Universidad Javeriana y Secretaría Distrital de Ambiente Distrital. (2010). Rueda de negocios para el aprovechamiento, valorización y disposición de residuos [Video]. Disponible en: <http://www.youtube.com/watch?v=C7wRfSU9Ng>. Recuperado en 21/02/2011.