

**Por Arturo
Massol Deyá**



Biorremediación: alternativa para una crisis ambiental

No es secreto que la realidad ambiental de Puerto Rico esté estrechamente asociada a su desarrollo económico durante las últimas décadas. Un crecimiento económico dependiente de la utilización masiva de recursos naturales, tanto renovables como no renovables, ha causado desbalances en la regeneración de materias primas, así como severos disturbios que atentan contra la estabilidad natural del ambiente. Esta realidad se refleja en una pobre calidad y disponibilidad del agua, suelos inertes y aires contaminados. De acuerdo al inventario anual de desperdicios tóxicos de la Agencia de Protección Ambiental, sobre 300 tipos de sustancias peligrosas son liberadas directa o indirectamente al suelo, aire, agua o inyectadas al subsuelo. Operaciones industriales, agrícolas, militares junto al desordenado crecimiento urbano son responsables principales de prácticas fundamentadas en el encubrimiento de desperdicios o en la dilución de los contaminantes. Hoy, decenas de lugares están severamente afectados en diversos lugares de la isla. Exposición a las sustancias que estos lugares contienen están asociados a efectos nocivos contra la salud, incluyendo cáncer y efectos adversos contra el sistema nervioso central.

Por ejemplo, varios de estos lugares están localizados en antiguos vertederos municipales o vertederos creados dentro de inmediaciones industriales donde por largos años de operación se lanzaron grandes cantidades de desperdicios tóxicos, incluyendo metales pesados como mercurio, compuestos organoclorinados y otros carcinógenos. Mientras por décadas era tecnológica y socialmente aceptable disponer de los desperdicios sólidos en los sumideros naturales de la zona, hoy conocemos que junto a las cerca de 100 pulgadas de lluvia anual, éstos fueron rutas directas para la continua entrada de contaminantes a los acuíferos. En otros casos, averías en los sistemas de distribución y almacenamiento de combustibles, o simplemente malas prácticas de operación resultaron en descargas de miles de galones de compuestos tóxicos y peligrosos que se desplazaron desde la superficie a cuerpos de agua subterráneas. Como resultado, múltiples pozos de extracción de agua localizados en las municipalidades de Vega Alta, Barceloneta, Hormigueros, Juana Díaz, San Juan y muchos otros han sido clausurados en los pasados años, contribuyendo esta situación a la crisis de abastos de agua potable que sufre actualmente nuestro país. Además, anualmente en Puerto Rico se registran cientos de derrames de contaminantes sobrepasando para sólo petróleo y sus derivados los 350 casos según informes de la Junta de Calidad Ambiental.

La realidad ambiental es clara. El espacio territorial, al igual que sus recursos, son de vital importancia para el mantenimiento de la integridad de nuestra isla. Los lugares afectados ameritan de acciones remediadoras que permitan la reutilización segura de estos valiosos recursos. Dentro de un contexto social, podríamos cuestionarnos si tendremos los medios económicos suficientes para invertir en la restauración de estos lugares especialmente cuando ya sufrimos de otras necesidades sociales como salud pública, educación, infraestructura y necesidades de mejorar la competitividad en el mercado mundial. A pesar de que en muchas ocasiones él o los responsables de la contaminación de un recurso natural suelen ser

identificados y de éstos en ocasiones estar «dispuestos» a pagar por los costos de limpieza y multas ambientales, sabemos también que estos gastos de la industria o el gobierno eventualmente son transferidos, de una forma u otra, a los consumidores, el pueblo. Como pueblo entonces, se necesitan desarrollar o adoptar tecnologías «costo-efectivas» que permitan responder y amortiguar eficientemente las crisis ambientales que estamos destinados a enfrentar como sociedad moderna, de forma tal, que como país se puede sobrevivir competitivamente en una economía que cada vez más depende del mercado mundial.



Una alternativa es la aplicación de estrategias de tratamiento convencional. En el caso de suelos, usualmente la excavación del área afectada es seguido de la disposición del material en vertederos especiales u otros lugares seguros (puede incluir el embarque a otro país) o la incineración del material extraído. Este tipo de solución es socialmente cuestionada, extremadamente destructiva y en ocasiones depende del transporte de grandes cantidades de material contaminado a través de zonas urbanas con el agravante en costo por la adquisición y transporte de material limpio para remplazarlo por el excavado. Por otro lado, acciones tradicionales de remediación de acuíferos incluyen la extracción del agua afectada seguido de algún tipo de tratamiento físico o químico. Este tipo de tratamiento consiste de extracción de los contaminantes mediante contracorrientes de aire o tratamiento con carbón activado, que en vez de destruir el contaminante, simplemente transfiere el compuesto de un medio a otro. También conocemos que muchos de estos contaminantes permanecen atrapados en diferentes zonas del acuífero por lo que se requeriría de la extracción y tratamiento de grandes volúmenes de agua por períodos de tiempo extendidos contribuyendo adversamente al costo capital final de la limpieza.

La remoción de contaminantes del ambiente también puede ocurrir mediado por procesos biológicos. El desarrollo de alternativas biológicas a problemas ambientales emerge del entendimiento actual de la capacidad de diversos grupos de microorganismos, que en escenarios naturales, participan directamente en la transformación de contaminantes a formas más simples y compatibles con el ambiente. Este proceso de restauración ambiental, donde el agente catalítico es de origen biológico, se conoce como biorremediación. La amplia distribución, tamaños diminutos, versatilidad y flexibilidad metabólica, la rápida velocidad de crecimiento y adaptabilidad a condiciones adversas de los microorganismos ha permitido que emerja la remediación biológica como una alternativa económica y segura. Debido a la naturaleza de su aplicabilidad, la selección de una estrategia de biorremediación apropiada dependerá del entendimiento de los conceptos fundamentales que gobiernan procesos biológicos en ecosistemas naturales o en sistemas artificiales. Además de la biorremediación representar una solución menos destructiva y más compatible con el ambiente que alternativas convencionales, ésta suele ser significativamente menos costosa. Por lo tanto, un mayor número de casos podrían ser atendidos especialmente cuando los costos actuales limitan la ejecución de acciones remediadoras.

Los esfuerzos tecnológicos para la remediación ambiental han existido ya por algún tiempo.

Actualmente, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos reconoce que la biorremediación es frecuentemente la mejor alternativa tecnológica. De hecho, biorremediación a gran escala fue uno de los procesos más importantes utilizados durante los trabajos de limpieza del masivo derrame de petróleo del Exxon Valdez ocurrido en Alaska para el 1989. El potencial que representa la biorremediación como alternativa a una realidad ambiental es evidente. No obstante, se requieren esfuerzos multisectoriales, de lo privado al gobierno y a la academia dirigidos a mejor entender la naturaleza de estos procesos y a describir mejor la biodiversidad de transformadores de contaminantes. Importar tecnologías sin previo conocimiento de las particularidades ambientales de Puerto Rico es dirigirnos al fracaso, no porque tecnológicamente sea inapropiado, sino por el pobre entendimiento del proceso mismo. Esta información permitirá mejorar diseños, mayor pronosticabilidad así como aumentar el reconocimiento para su implementación y adaptación a nuestra condición tropical.

En el Recinto Universitario de Mayagüez, con colaboradores en la UPR Río Piedras y Humacao, se desarrollan diversos esfuerzos de investigación de naturaleza interdisciplinaria para evaluar la viabilidad de la biorremediación en la detoxificación de diferentes recursos naturales. Algunos proyectos exitosamente completados y otros en desarrollo durante los pasados dos años incluyen: biorremediación de aguas subterráneas contaminadas con derivados de gasolina y otros hidrocarburos en biorreactores de lecho fluidizado; tratamiento de suelos contaminados con pentaclorofenol, compuesto utilizado para el tratamiento de maderas, mediante compostas; simulación del derrame de petróleo del Borris Berman y remediación biológica de las arenas contaminadas; biogeografía tropical de poblaciones degradadoras de tolueno; tratamiento anaerobio de los desperdicios de la industria atunera, del café y lixiviados del Vertedero Regional de Cabo Rojo; y tratamiento de suelos contaminados con PCB's con microorganismos genéticamente manipulados, entre otros.

En esta dirección, el Colegio Universitario de Humacao (CUH) será sede el próximo 6 y 7 de abril de un Taller/Seminario donde se discutirán aspectos tecnológicos, económicos y sociales de la biorremediación como alternativa para el manejo y solución de crisis ambientales en Puerto Rico. Esta actividad es coordinada por el doctor Francisco Fuentes del CUH en colaboración con el Centro de Ecología Microbiana de Michigan State University. Esta actividad consistirá de presentaciones por ingenieros, economistas, ecólogos microbianos y sociólogos sobre los varios aspectos de la biorremediación, visitas a áreas contaminadas y discusiones de alternativas prácticas de manejo. En fin, esperamos con esta actividad abonar a un clima de cambio social necesario para una transición tecnológica que permita catalizar la implementación y solución ambiental de recursos naturales contaminados. El objetivo, trascender de la denuncia a la propuesta que permita recuperar la integridad territorial de nuestra nación.

@ Para información adicional sobre el Taller/Seminario de Biorremediación Ambiental puede comunicarse con el Dr. Francisco Fuentes al 850-9388 (Departamento de Biología-CUH) o vía electrónica a a_massol@rumac.upr.clu.edu.

El autor es Catedrático Asociado del Departamento de Biología del Recinto Universitario de Mayagüez.