

FITORREMIACIÓN DE SUELOS EN NUEVO LEÓN ¿SERÁ POSIBLE?

J. L. Hernández Piñero* y R. Foroughbakhch P.*

La contaminación de los suelos se debe generalmente a aquellas actividades antropogénicas relacionadas con la explotación minera, las emisiones industriales, la disposición de desechos industriales, el uso del lodo de aguas residuales en suelos agrícolas, así como la aplicación de abono, fertilizantes y pesticidas sobre cultivos agronómicos. La concentración excesiva en el suelo de los compuestos derivados de estas actividades representa un peligro significativo a la salud de los humanos, plantas y animales al alcanzar concentraciones nocivas a la salud. Para atenuar estos efectos adversos se debe aumentar la tasa de degradación de los contaminantes a compuestos inocuos más estables, o inactivarlos aun cuando permanezcan en el sitio, o bien removerlos del sitio para su recuperación o disposición adecuada.

Para la remoción o estabilización de compuestos tóxicos contaminantes de vastas áreas de suelo existen algunas tecnologías de remediación que hacen uso de diversas técnicas de ingeniería. Sin embargo hoy día muchos suelos continúan contaminados debido a que los costos económicos de la aplicación de estas tecnologías son bastante elevados y en muchos casos con ciertas consecuencias negativas sobre el estado en que quedan las áreas de terreno al finalizar el procedimiento.

Ante la alta demanda de tecnologías eficientes a bajos costos de aplicación, el uso de la vegetación terrestre para restaurar suelos contaminados ha llamado la atención de una gama de investigadores en las últimas dos décadas debido a que esta tecnología presenta una cantidad de ventajas sobre otras tecnologías de la ingeniería moderna: el proceso es pasivo y la energía la obtiene "gratis" del Sol, se aplica in situ, tiene menor costo total que las tradicionales técnicas ex situ de ingeniería, el seguimiento del sistema es relativamente simple y con pocos ensayos, la tasa de remediación es mayor que la de la atenuación natural, menor liberación de aire y agua, el suelo permanece en el lugar y además se puede usar de nuevo al finalizar el tratamiento. Por otro lado, el uso de plantas le da un valor visualmente estético y placentero al lugar tratado y tiene buena aceptación tanto para el público en general, como para los organismos gubernamentales reguladores. Sin embargo, existen también ciertas implicaciones que hay que tomar en cuenta, como son el hecho de que se requieren largos períodos de tiempo para la descontaminación total, la profundidad de tratamiento estaría limitada por la extensión de la rizosfera y la dificultad de implementar técnicas agronómicas de cultivo en algunos sitios. Además, ocurre la presencia de residuos fitotóxicos a concentraciones demasiado altas, así como problemas de bio-disponibilidad, lixiviación, heterogeneidad y complejidad del perfil de contaminantes en el sitio.

Las plantas que se utilizan no solo deben ser tolerantes al compuesto tóxico que se quiera remediar, sino que además debe tolerar las condiciones ambientales imperantes en el sitio. A este respecto, existen especies que habitan naturalmente en diversas áreas del estado de Nuevo León que bien pudieran ser utilizadas en estrategias de depuración de contaminantes en el suelo, tanto de compuestos orgánicos como de materiales inorgánicos, como los metales pesados. De este modo las plantas nativas se convierten en los candidatos óptimos si consideramos que ellas están evolutivamente adaptadas a las condiciones ambientales imperantes en estas zonas y a las características del suelo donde se desarrollan. El próximo paso sería determinar el nivel de tolerancia de estas plantas nativas a los contaminantes involucrados y su tasa de depuración.

Un problema muy importante presente en muchas áreas cultivables del estado de Nuevo León es el alto contenido de salinidad de sus suelos. Generalmente la tasa de evaporación excede a la tasa de precipitación pluvial a lo largo del año y el riego de plantaciones se realiza con aguas subterráneas salinas, las cuales, al evaporarse dejan precipitados de sales que se acumulan en el terreno en ciclos repetidos que conllevan a una hipersalinidad del suelo. Para solventar este problema se han realizado plantaciones de plantas gramíneas como *Lolium perenne* (rye grass), *Sorghum sudanense* (Sudan grass) y *Cynodon dactylon* (Bermuda grass) con las que se han obtenido importantes reducciones en el contenido salino en los suelos de modo experimental. Estas especies incorporan las sales en sus tejidos en tal concentración que hasta pueden formar exudados de las mismas en sus hojas sin mayores efectos nocivos en su fisiología. De este modo, debido a las condiciones climáticas imperantes en el Noreste de México y el alto contenido salino en regiones cultivables, las especies botánicas candidatas para su utilización en tecnologías de fitorremediación de suelos deben reunir ciertas características necesarias para su implementación en estos sistemas, principalmente el que estas plantas deben ser tolerantes al estrés hídrico y al estrés salino.

La fitoestabilización de suelos en zonas áridas y semiáridas debe tomar en consideración el uso de plantas tolerantes a la salinidad y a aquellos compuestos nocivos que contenga, de tal forma que puedan ser extraídos del sustrato, o al menos, que sean retenidos para que no migren ni sean dispersados a lugares donde puedan ofrecer algún riesgo de toxicidad a humanos, plantas y animales. Un caso especial es el de aquellos lugares donde se depositan residuos de la actividad minera de la zona, los cuales si no son estabilizados sufren la erosión del viento y de la precipitación en forma severa. Al estabilizar estos jales mineros se previene la dispersión y alta toxicidad de los metales pesados contenidos en ellos ya que la planta facilita la forma-

*Departamento de Botánica, Fac. de Ciencias Biológicas, UANL
johernan59@gmail.com, rahim.f@gmail.com

ción de agregados metálicos menos solubles y los retiene entre las raíces en formas metálicas precipitadas de carbonato y sulfato o son absorbidas y acumuladas en el tejido radicular. A su vez, la presencia de plantas en sitios altamente contaminados mejora el crecimiento de la comunidad de microorganismos presentes, los cuales estimulan el proceso de fitoestabilización y aceleran el proceso de sucesión ecológica hasta recuperarse completamente la funcionalidad del ecosistema de forma auto-sustentable.

El caso de los metales pesados es especial debido a su alto potencial de toxicidad y persistencia en suelos contaminados, por lo cual, se hace necesario la toma de acciones que ofrezcan soluciones a este problema ambiental de forma eficaz y de manera que sea económicamente viable. Algunas especies adaptadas al clima de Nuevo León presentan tolerancia a ambientes con alto contenido de contaminantes metálicos que sugieren un alto potencial para ser utilizadas en proyectos de fitorremediación que busquen la remoción de estos compuestos nocivos del suelo hasta que el mismo contenga cantidades inferiores a su nivel tóxico. Entre las especies cultivables en el Estado tenemos el caso del sorgo (*Sorghum vulgare*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), los cuales acumulan Ni y otros metales. Una planta que es considerada una maleza en Nuevo León y el resto de México, *Ricinus communis*, tiene una alta capacidad de acumular metales pesados en sus tejidos interiores. Otra especie importante que se puede utilizar en suelos salinos debido a la constante desecación de aguas salinas subterráneas recicladas sobre la superficie es *Atriplex canescens*.

Schinus molle se utiliza en proyectos de restauración ecológica y en reforestación. En sitios contaminados con metales permite la estabilización en el suelo de Cu, Cd, Mn, Pb y Zn. La absorción de cantidades considerables de Cobre ha sido demostrada en *Larrea tridentata* al punto que se le considera hiperacumuladora del metal. También es capaz de acumular Plomo, Níquel y Cadmio en menor grado. Las especies arbustivas y herbáceas *Haplopappus venetus*, *Viguiera linearis*, *Chenopodium graveolens*, *Dalea bicolor* y *Polygonum aviculare* se han encontrado en forma silvestre sobre la superficie de montones de suelo producto de actividades mineras extensivas y que contienen elevadas concentraciones de diversos metales pesados dispersos en la matriz, lo cual las hace candidatas fitorremediadoras potenciales de estos elementos en Nuevo León.

El lugar que se quiere fitoestabilizar puede ser también poblado por plantaciones de gramíneas que proporcionan una cubierta temporal contra la erosión por escurrimientos o por los vientos

mientras crece la población de arbustos y árboles. Las especies gramíneas que mejor funcionan en los suelos de Nuevo León para estos fines son las especies *Lolium perenne* (rye grass), *Sorghum sudanense* (Sudan grass) y *Cynodon dactylon* (Bermuda grass), las cuales, como se mencionó anteriormente, poseen tolerancia moderada a la alta salinidad, sequía y compuestos que son tóxicos a otras plantas.

La diversificación de especies cultivadas en el sitio donde se esté aplicando algún proyecto de fitorremediación ayuda a la presencia de ambientes variados que a su vez mantiene la diversidad funcional del hábitat.

Es bien conocido que los arbustos y árboles proveen nutrientes a las especies herbáceas aledañas, proyectan una cubierta vegetal protectora de la alta irradiación solar, mejora las características físicas del suelo y refuerza la retención de humedad en zonas con clima semiárido. La especie arbustiva *Larrea tridentata* es un buen ejemplo de planta halófila que puede ser utilizada en suelos áridos y semiáridos para su estabilización ya que es altamente competitiva y adaptada a estos ambientes. Como apoyo a estas especies estabilizadoras del suelo se pueden introducir otras especies que sirvan de suministro de nitrógeno, tales como *Acacia* spp. y *Prosopis* spp.), aportando mejores condiciones que promuevan la colonización de suelos alterados.

El uso de las tecnologías existentes para la restauración de suelos deteriorados es aprovechado por diversas empresas que ofrecen servicios de saneamiento. Sin embargo, casi la totalidad de estas empresas registradas ante la SEMARNAT ofrece servicios que recurren al empleo de vegetación en tecnologías únicamente para degradar compuestos orgánicos, siendo muy escasas aquellas dedicadas a la remoción de meta-

les pesados. Aun cuando desafortunadamente en el Estado de Nuevo León no conocemos ejemplos exitosos de la aplicación de técnicas de fitorremediación de un modo extensivo sobre vastas áreas, su aplicabilidad representa un área de oportunidad de servicio que bien podrían aprovechar las nuevas generaciones de profesionistas o empresas dedicados al cuidado del ambiente. Asimismo, debido a las características ambientales propias de las zonas áridas y semiáridas no todas las especies que han tenido comprobada capacidad fitorremediadora en otras regiones diferentes se pueden emplear en este Estado. Por lo tanto, hay de nuevo una gran área de oportunidad para la investigación y el desarrollo de proyectos viables de fitorremediación de suelos en áreas industriales propias de la región que son necesarias de atender por el bien de la comunidad que habita en nuestras ciudades.

