

Biorremediación: una alternativa natural contra la contaminación

María Fernanda Gómez Méndez, Delia Narváez Barragán,
Instituto de Biotecnología, UNAM
Omar Pantoja Ayala
Instituto de Biotecnología, UNAM
Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

En los últimos años la contaminación ambiental ha aumentado drásticamente, causada por las actividades humanas, como por ejemplo, el uso indiscriminado de insecticidas, la emisión de gases tóxicos a la atmósfera, el vertido de desechos tóxicos en los suelos y aguas, así como el inadecuado tratamiento de aguas residuales y la incorrecta separación e incineración de los residuos. La contaminación ambiental es un tema de interés en el ámbito ecológico y en particular, del ser humano, debido a que provoca el deterioro del ambiente y diferentes tipos de enfermedades y afecciones en éste, por lo que existe la necesidad de buscar herramientas y tecnologías que permitan restablecer a su estado natural aquellas zonas que han sido contaminadas por las acciones del hombre. Esta necesidad ha dado lugar al desarrollo de una rama de la biotecnología conocida como *biorremediación*. La biorremediación es una estrategia útil para la descontaminación de suelos, agua y aire, la cuál se basa en el uso de organismos como bacterias, hongos y plantas, capaces de asimilar, transformar o degradar los contaminantes en productos menos tóxicos o inocuos, con la finalidad de regenerar áreas afectadas (ver figura 1). Esta estrategia resulta muy atractiva y exitosa debido a que, a diferencia de las técnicas actuales de descontaminación, no es costosa, es sencilla y no tiene efectos negativos en el ecosistema, además de que es segura para las personas.

Actualmente, las bacterias son los organismos más empleados en la biorremediación. Las bacterias usan los contaminantes como nutrientes o fuentes de energía, por lo que son capaces de extraerlos del ambiente, y por lo tanto, logran la descontaminación del lugar afectado. En esta técnica, se estimula el crecimiento de bacterias específicas (dependiendo del tipo de contaminante) en los ambientes contaminados, mediante el control de las condiciones de humedad y temperatura presentes. Entre las bacterias que son utilizadas en la biorremediación, se encuentran las de los géneros *Pseudomonas* y *Rhodococcus* que se han reportado como altamente eficientes en la degradación de plaguicidas presentes en suelos; en el caso de la contaminación por hidrocar-

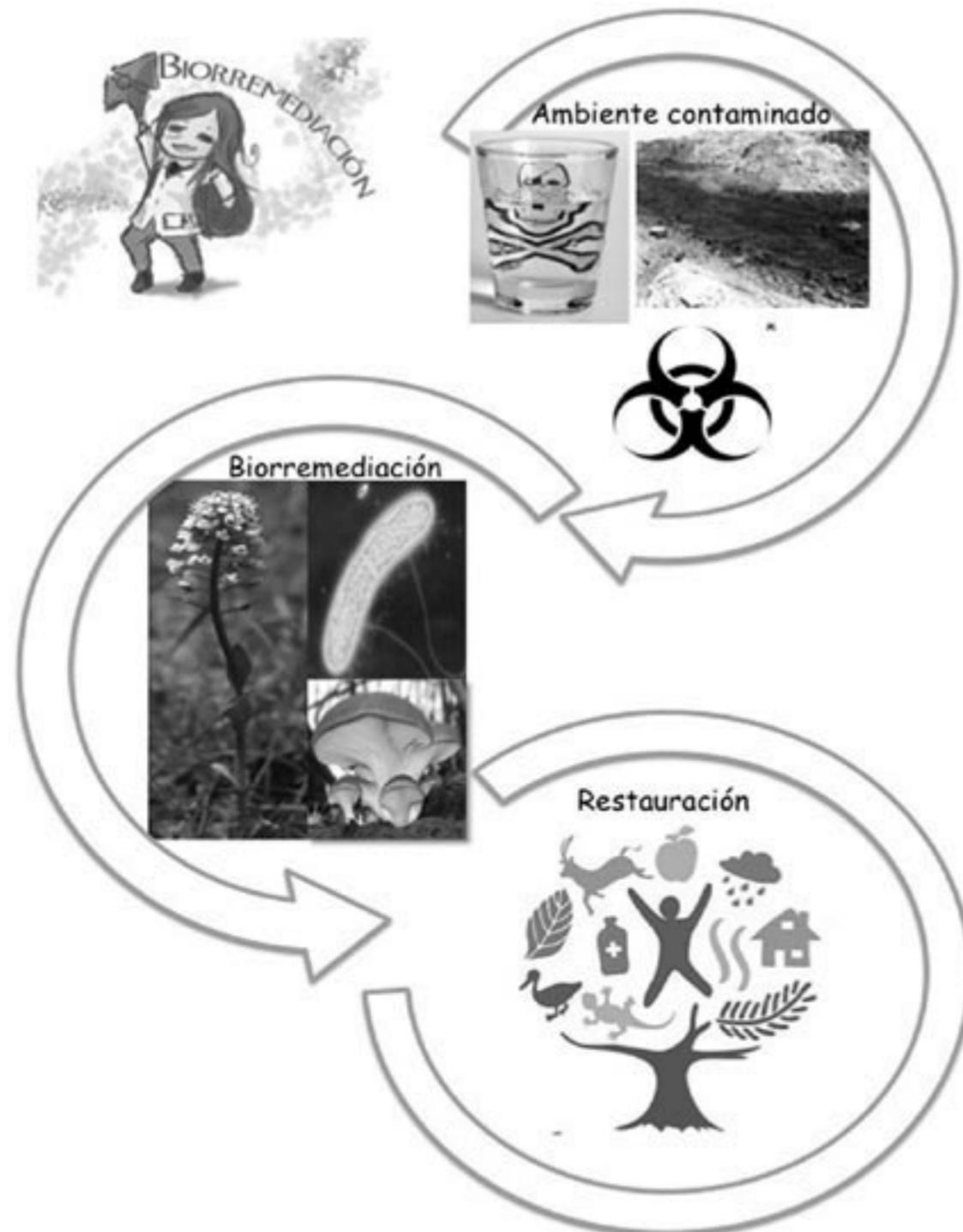


Figura 1. La biorremediación es una estrategia útil para la descontaminación de suelos, agua y aire. Es una estrategia atractiva y exitosa ya que no es costosa, es sencilla y no tiene efectos negativos ni en el ecosistema ni en las personas.

buos se utilizan bacterias de los géneros *Pseudomonas*, *Sphingomonas*, *Phormidium* y *Oscillatoria*; en el caso de la contaminación por metales pesados, la bacteria *Geobacter sulfurreducens* puede precipitar un gran número de metales, entre ellos algunos elementos radioactivos, como el Uranio, el Tecnecio y el Cromo, lo cuál es útil para la descontaminación de aguas contaminadas con radioactividad.

Al igual que las bacterias, los hongos son ampliamente usados en la biorremediación, pero más específicamente en la recuperación de hábitats terrestres. Una ventaja que estos organismos presentan sobre las bacterias es que pueden penetrar el suelo contaminado por medio de estructuras vegetativas llamadas hifas, las cuales tienen la capacidad de producir enzimas extra-

celulares que pueden degradar o transformar los contaminantes. Una especie de hongo muy utilizada en la biorremediación es *Pleurotus ostreatus* que puede degradar insecticidas e hidrocarburos poliaromáticos, los cuales son compuestos químicos altamente nocivos para un gran número de organismos. Otras especies de hongos utilizadas son *Phanerochaete chrysosporium*, utilizado en la degradación de compuestos organoclorados, sustancias altamente tóxicas derivadas de algunos insecticidas (como el DDT), y la especie *Phanerochaete chrysosporium* utilizado en la degradación de TNT (o dinamita). Cuando en el proceso de biorremediación se emplean plantas, se le conoce como *fitorremediación* (del griego «*phyton*» = planta y del latín «*remedium*» = restablecer el equilibrio, remediar),

la cual se basa en el uso de las propiedades de algunas plantas para absorber, acumular y/o degradar contaminantes orgánicos o inorgánicos, lo cuál la convierte en una tecnología alternativa y sustentable para la restauración de suelos contaminados. Una de las mayores ventajas encontradas en la fitorremediación es la característica que presentan ciertas plantas de acumular en exceso (hiperacumular) metales pesados en sus tejidos. Los metales pesados son altamente tóxicos para los organismos, y en el ser humano pueden causar graves problemas en la salud, como intoxicaciones crónicas y carcinogénesis, por lo cual el incremento actual en la contaminación de suelos por metales pesados representa una problemática seria.

Las especies vegetales *Thlaspi*

caerulescens y *Arabidopsis halleri* tienen la capacidad de hiperacumular zinc y cadmio, sin embargo, estas plantas presentan una desventaja, su tamaño (biomasa), el cual es pequeño (menor a 100 g), lo que limita su empleo en la fitorremediación, ya que su capacidad de almacenamiento de metales pesados es reducido y para lograr esto, sería necesario emplear un gran número de plantas lo que resultaría en un proceso más laborioso y costoso. Debido a estas limitaciones, es necesario identificar otras especies vegetales que además de poseer la capacidad de acumular dichos metales, posean una biomasa importante que permita llevar a cabo la remoción más eficiente de los contaminantes del suelo. Entre las características que estas plantas deben poseer están el ser de un gran tamaño, tener raíces extensas, tallos gruesos y hojas grandes, lo que les permitiría acumular una mayor cantidad de metales pesados en estos tejidos, conduciendo así a una descontaminación más rápida y eficaz. Además de estas características, las plantas que se deseen emplear en fitorremediación deben poseer los mecanismos necesarios para la remoción de los metales pesados del suelo, ya sea mediante su acumulación en las raíces o en las partes aéreas (como son las hojas de la planta). Una de las plantas que posee las características necesarias para su utilización en la fitorremediación es el tabaco (cuyo nombre científico es *Nicotiana tabacum*), pues diversos reportes indican que esta planta acumula de manera significativa en sus hojas los metales pesados zinc y cadmio. Dadas estas características, actualmente se investiga al tabaco como una excelente candidata para ser utilizada no solo en la descontaminación de suelos, sino también para el estudio de los mecanismos moleculares que esta planta utiliza para tolerar en sus tejidos altos niveles de zinc y cadmio. La investigación se basa en el estudio de las proteínas transportadoras de metales pesados, que son las encargadas de absorber, distribuir y almacenar los metales que son tomados del suelo por las raíces y transportados hacia las hojas de la planta donde son acumulados. Aun y cuando se ha avanzado en el área de la fitorremediación, es importante identificar otras especies de plantas que sean capaces de crecer y desarrollarse en ambientes contaminados, y que mediante los estudios que se realizan en la actualidad, se pueda ampliar la disponibilidad de mecanismos naturales, para lograr la recuperación de las áreas afectadas por diferentes contaminantes y disminuir así los efectos nocivos al ambiente y al ser humano.