

Uso de microorganismos benéficos para la conservación del suelo de áreas naturales protegidas

Raúl Antonio García-Martínez¹, Leonardo Zavala-Moreno¹, Emilia Flores-Leal, Alejandra González-Rodríguez¹, César Díaz-Pérez¹, Juan Carlos Ramírez-Granados¹, Blanca Estela Gómez-Luna¹

¹Universidad de Guanajuato, Campus Celaya-Salvatierra, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Ingeniería en Biotecnología

Resumen

Se les llama Áreas Naturales Protegidas (ANP) donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados. En este trabajo se busca aprovechar los recursos biotecnológicos de las ANP con rizobacterias para conservación del área y producción vegetal nativa o alimenticia. El uso de las rizobacterias en plantas de importancia agronómica ha resultado en una alternativa importante a los sistemas de producción con un consumo alto de fertilizantes al reducir la contaminación de suelo y agua, sin embargo, trabajos en plantas de importancia forestal o para recuperación y conservación de ANP son muy escasos. En este trabajo se revisó sobre el uso de microorganismos benéficos como las rizobacterias con capacidad para promoción de crecimiento vegetal. Las rizobacterias y otros microorganismos como los hongos formadores de micorrizas pueden ser una herramienta biotecnológica propia del suelo para proyectos de recuperación de sitios con daño por actividades antropocéntricas.

Palabras clave: Causas de degradación y pérdida de suelo; Recuperación de suelo.

Suelo como un ecosistema

El término suelo se refiere al material exterior, poco compacto, de la superficie terrestre, un estrato característico diferente del lecho rocoso subyacente. Es la región en la que se sustenta la vida vegetal y de la cual las plantas obtienen soporte mecánico y muchos de los nutrientes. Químicamente el suelo contiene una gran cantidad de sustancias orgánicas que no se encuentran en los estratos más profundos. El suelo como medio ambiente es único en diferentes aspectos: contiene gran variedad de bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios; es uno de los sitios más dinámicos en interacciones biológicas en la naturaleza, en el cual se realizan la mayor parte de las reacciones bioquímicas involucradas en la descomposición de materia orgánica, la intemperización de las rocas y la nutrición vegetal (Alexander, 1980).

El suelo, como principal soporte y siendo la capa más externa de la corteza terrestre que se encuentra en constante cambio por las interacciones en sus propiedades físicas (tabla 1) por los factores bióticos y abióticos (Cárdenas, 2020).

Tabla 1. Propiedades afectadas por factores.

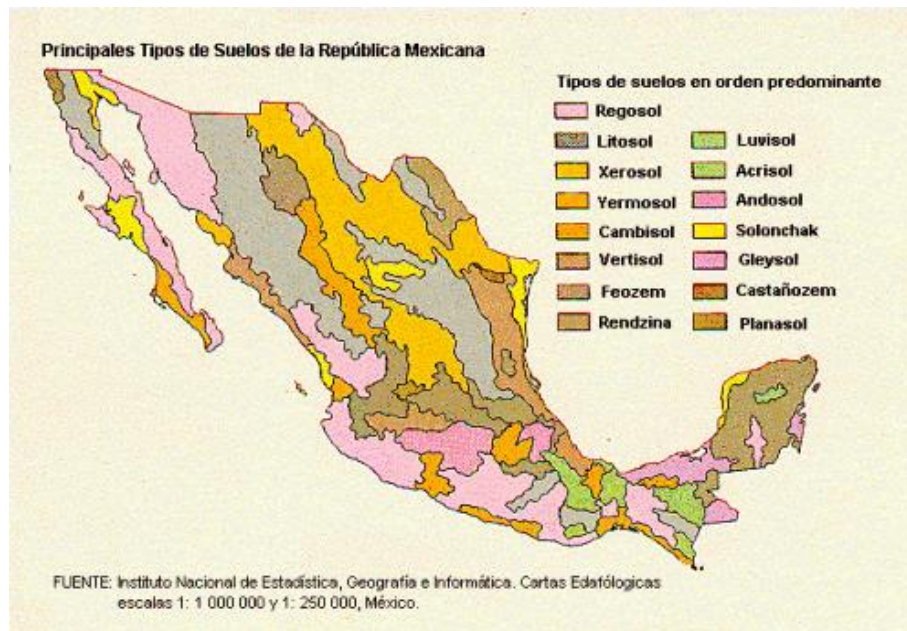
PROPIEDAD	EFEECTO BIÓTICO	EFEECTO ABIÓTICO
COLOR	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de materia orgánica (M.O.) 	<ul style="list-style-type: none"> Temperatura Grado de humedad Aireación
TEXTURA	<ul style="list-style-type: none"> Movimiento de M.O. a través del suelo y/o sobre él. 	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de minerales Humedad
DENSIDAD	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de materia en descomposición. 	<ul style="list-style-type: none"> Aireación Humedad Temperatura
ESTRUCTURA	<ul style="list-style-type: none"> Interacción M.O. con minerales 	<ul style="list-style-type: none"> Humedad Aireación
CONSISTENCIA	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de desechos de M.O. y microorganismos 	<ul style="list-style-type: none"> Humedad

Estas interacciones afectan de manera constante a la formación de un tipo en específico de suelo, dando así las características únicas de cada ecosistema (Figura 1) por ejemplo en suelos que son considerados nuevos por el grado de desgaste de la roca madre. Dando así las condiciones específicas para la proliferación de una comunidad en específico (Porta, 2014).

El suelo es un elemento crucial ambiental, ya que forma parte de la vida ecosistémica de los organismos sin importar su tamaño. Importante para la sustentabilidad de la sociedad; los alimentos que comemos a diario el agua que usamos en nuestra vida cotidiana, entre otras actividades fundamentales, forman parte de suelo. Está formado por una fusión amplia de diversas sustancias (minerales y orgánicas, entre otras), es un gran reservorio de agua y regulador de los efectos climáticos donde habitan distintos organismos.

Dichos habitantes forman la abundante biomasa del suelo algunos que van de escala macro a micro, como: Animales, insectos, nematodos, hongos, protozoos, levaduras, bacterias y virus, Entre otras formas de vida (Porta, 2014).

Figura 1.- Distribución de suelos en México.



Amenazas y pérdida de suelo en Áreas naturales protegidas

Los cambios en el uso de suelo y la cubierta vegetal, derivados de la expansión y extensión de actividades antrópicas, generan impactos negativos en la biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos, y contribuyen significativamente en los procesos de cambio climático a nivel regional (Sahagún & Reyes, 2018).

Los problemas ambientales debidos a las amenazas del suelo no son nuevos en la historia del mundo, el cambio de uso de la tierra es una forma importante de presión global (Zebisch et al., 2004), sin embargo, en la actualidad, debido al constante y excesivo cambio de uso y cobertura de la tierra este proceso se ha convertido en una gran amenaza como resultado de la destrucción de la vegetación natural y la fragmentación o aislamiento de áreas naturales (Verburg et al., 2006).

A nivel mundial, las estrategias más efectivas para mitigar y prevenir los efectos derivados de amenazas por cambio en el uso de suelo, se fundamentan en el establecimiento de Áreas Naturales Protegidas (ANP) (Figueroa & Sánchez, 2008; Ochoa et al., 2009).

En México, las ANP constituyen uno de los instrumentos de política pública ambiental mejor definidos y con mayor certeza jurídica (CONANP, 2015). Las ANP son representativas de los distintos ecosistemas presentes en el país

y cubren aproximadamente 12 % de la superficie del territorio nacional (Figuroa & Sánchez, 2008). Sin embargo, la simple delimitación de las ANP a menudo no es suficiente para garantizar la preservación del ecosistema (Bates & Rudel, 2000), los procesos de modificación por expansión agrícola, la pérdida de hábitat, así como la sobreexplotación y el comercio ilegal de recursos naturales a menudo continúan independientemente de los límites establecidos (CONANP, 2013).

La deforestación y la fragmentación forestal son los procesos de cambio de uso de la tierra más importantes en el país. Estos procesos son una amenaza importante para la biodiversidad altamente valorada del país (Sánchez et al., 2008).

Por ejemplo, en la última década, la Sierra Madre Occidental ha perdido más de 36 000 ha de bosques y selvas (Sahagún et al., 2011), lo cual ha propiciado un incremento en la fragmentación de las áreas con cobertura naturales y ha favorecido la conectividad de las áreas transformadas por actividades antrópicas.

La deforestación se define como el cambio permanente de una cubierta dominada por árboles hacia una carente de ellos (Rosete et al., 2014). Entre sus principales consecuencias están la pérdida de la biodiversidad y de los servicios ambientales que prestan los bosques y selvas: forman y retienen los suelos (evitando la erosión), favorecen la infiltración del agua al subsuelo, purifican el agua y el aire, y son reservorio de una gran biodiversidad. Además, los bosques y selvas son fuente de bienes de consumo tales como la madera, alimentos y otros “productos forestales no maderables” (Armenteras & Rodríguez 2014).

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la deforestación mundial se mantuvo en niveles altos en las últimas décadas, sobre todo para convertir los bosques a tierras agrícolas (FAO, 2010).

A nivel nacional la deforestación se ha caracterizado por la disparidad en las estimaciones que diferentes fuentes arrojan sobre este problema; tan sólo en los últimos veinte años se han generado cifras que van desde las 155 mil hasta 776 mil hectáreas al año. Las estimaciones oficiales más recientes abarcan el periodo 2005-2010, y estima una cifra de 155 mil hectáreas por año (SEMARNAT, 2014).

Por su parte, la fragmentación forestal es el proceso que involucra la eliminación natural o por actividad humana de una parte de la vegetación original de una zona, pueden quedar pequeños manchones relativamente intactos inmersos en una matriz degradada o con usos del suelo distintos a los de la cubierta original (García, 2011).

De acuerdo con la Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V, en 2011 destacaban por su grado de fragmentación los bosques templados (53.7% de su superficie remanente fragmentada, 17.3 millones de hectáreas), las selvas subhúmedas (39.6%, 8.9 millones), las selvas húmedas (32.2%, 2.9 millones) y los matorrales xerófilos (22.1%, 11.1 millones). En el caso de los bosques mesófilos de montaña, 63% de su superficie remanente (alrededor de 1.6 millones de ha) se repartía en fragmentos menores a 80 kilómetros cuadrados (INEGI, 2011).

Las proyecciones a futuro en cuanto a las ANP no son optimistas, se prevén que las cifras se mantengan en constante aumento, lo que involucra un completo riesgo de la integridad ecosistémica y la conectividad de áreas de distribución para distintas especies.

Debido a esta situación surge la enorme necesidad de profundizar en el área de estudio, con la necesidad de implementar nuevas estrategias que ayuden a disminuir los cambios de suelos nacionales brindando alternativas realistas y ejecutables que contribuyan a la conservación de las áreas naturales protegidas.

Microorganismos benéficos en la conservación y recuperación de suelo de Áreas Naturales Protegidas

En la búsqueda de alternativas más amigables con el ambiente y con la salud humana, se ha utilizado la aplicación de biofertilizantes para suplir o complementar el uso de fertilizantes minerales. Un producto conocido como biofertilizante está constituido por uno o varios microorganismos o productos de estos microorganismos, los cuales, de una forma u otra, proveen o mejoran la disponibilidad de nutrientes cuando se aplican a la producción vegetal. Una característica muy buena de los biofertilizantes que los microorganismos o sus derivados que lo componen, se encuentran de manera natural en el suelo, especialmente en aquellos con buen contenido de materia orgánica y nutrientes (Grageda et al., 2012; Martínez et al., 2013). Lo que se busca con los biofertilizantes es utilizar lo que ya está en el suelo de manera natural y desde hace millones de años, buscar a los mejores microorganismos y aplicarlos al suelo para ayudar en la producción vegetal. Las asociaciones de varios grupos microbianos con las plantas han mostrado que al unirse ambos obtienen beneficios, favoreciendo el establecimiento y extensión de las plantas en el suelo.

Trabajos de investigación y monitoreo de uso de microorganismos benéficos especialmente como las rizobacterias para plantas de importancia forestal o para recuperación y conservación del suelo de ANP es mucho menor. En algunos de estos trabajos encontraron que se han utilizado los beneficios de las rizobacterias para reforestación de zonas de desierto (Barreto et al., 2007). En otro trabajo se aislaron cepas de la rizósfera de *Anacardium excelsum* que es una especie arbórea nativa de bosques secos del Centro y Suramérica. Se ha considerado la cantidad y diversidad de rizobacterias promotoras de crecimiento como un marcador biológico de la salud y calidad del suelo comparando un forestal y un suelo agrícola tomando en cuenta las propiedades fisicoquímicas de cada suelo.

En el estado de Guanajuato, los trabajos que se han realizado con aislado rizobacterias de suelo son de varias ANP y de huertos de guayabas. Los aislados de rizobacterias se caracterizaron y se generó una colección con bacterias, la mayoría del género *Bacillus spp.* Para comprobar su capacidad de rizobacterias promotoras de crecimiento se probaron con plantas de importancia para las ANP como Huizache (*Acacia farnesiana*) que es vegetación de la región y de importancia económica y etnobotánica; además, se han probado con plantas de importancia alimenticia guayaba (*Psidium guajava*), lenteja (*Lens culinaris*), pepino (*Cucumis sativus*), rábano (*Raphanus sativus*); en ornamentales como cempasúchil (*Tagetes erecta*) y girasol (*Helianthus annuus*). En todos los casos se han presentado efectos benéficos desde la germinación de las semillas y en su desarrollo. Adicional las rizobacterias aisladas de las ANP, también presentaron capacidades de protección y sanidad vegetal al producir compuestos que reducen o detienen el

crecimiento de hongos fitopatógenos, esto es tienen potencial de control biológico, en la tabla 1 y la figura 3 se indican los beneficios en germinación de semillas (Gómez-Luna et al., 2012; Gómez-Luna et al., 2018; Gómez-Luna et al., 2020).

Referencias

- Alexander, M. (1980). Introducción a la microbiología del suelo. México. pp 11.
- Armenteras, D., & Rodríguez, N. (2014). Dinámicas y causas de deforestación en bosques de Latino América: una revisión desde 1990. *Colombia forestal*, 17(2), 233-246.
- Barreto, D., N. Valero, A. Muñoz, & A. Peralta. (2007). Efecto de microorganismos rizosféricos sobre germinación y crecimiento temprano *Anacardium excelsum*. *Zonas Áridas* 11: 240-250.
- Bates, D., & Rudel, T. K. (2000). The political ecology of conserving tropical rain forests: A cross-national analysis. *Society & Natural Resources*, 13.
- Cardenas I.,(2020), PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS DEL SUELO, [Diapositivas], disponible en <https://ri.utn.edu.mx/bitstream/handle/123456789/48/PROPIEDADES%20FISICAS,%20QUIMICAS%20Y%20BIOLOGICAS%20DEL%20SUELO.pdf.pdf?sequence=1> [consultado el 17 de julio de 2021]
- CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2013). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Programa de Adaptación al Cambio Climático Región Central de la Sierra Madre Oriental. México, D.F: CONANP, GIZ. 108 Pp.
- CONANP, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (2015). Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. [En línea]. Disponible en: <http://www.conanp.gob.mx> . Fecha de consulta: 16 de julio de 2021.
- FAO (2010). *Global Forest Resources Assessment 2010*.
- Figueroa, F., & Sánchez-Cordero, V. (2008). Effectiveness of natural protected areas to prevent land use and land cover change in Mexico. *Biodiversity and Conservation*. 17(13): 3223-3240.
- García, D. (2011). Efectos biológicos de la fragmentación de hábitats: nuevas aproximaciones para resolver un viejo problema. *Ecosistemas*, 20(2-3).
- Gómez-Luna, B.E., & Hernández-Morales, A. (2012). Aislamiento de bacterias promotoras del crecimiento de la rizósfera de plantas de guayaba (*Psidium guajava*). *Raximhai*. 8(3): 97-102.
- Gómez-Luna, B.E., Ramírez, G.J.C., Díaz, P.C., & Veloz, G.R.A. (2018). Caracterización metabólica de cepas promotoras de crecimiento de plantas y pruebas de germinación con lenteja (*Lens culinaris*). *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*. 4(12):10-14.
- Gómez-Luna, B.E., Veloz, G. R. A., Gaca, T. J. R., Mejía, T.L., & Morales, V. A. T. (2020). Efecto de la aplicación de rizobacterias en el desarrollo de huizache (*Acacia farnesiana*). 11: 517-524.
- Grageda-Cabrera, O. A., Diáz-Franco, A., Peña-Cabriales, J. J., & Vera-Nuñez, A. (2012). Impacto de los biofertilizantes en la agricultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 3(6): 1261-1274.
- INEGI (2011). Dirección General de Geografía. Uso de suelo y vegetación escala 1:25 0000, serie V (Continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- Martínez-Romero, E., López-Guerrero, M.G., Ormeño-Orrillo, E., & Morales, A.C. (2013). Manual teórico-práctico, Los Biofertilizantes y su uso en la Agricultura. SAGARPA-COFUPRO-UNAM. 15-22.
- Ochoa-Ochoa, L., Urbina-Cardona, J. N, Vázquez, L. B., Flores-Villela, G., & Bezaury-Creel, J. (2009). The effects of governmental protected areas and social initiatives for land protection on the conservation of Mexican amphibians. *PLoS ONE*. 4(9):e6878.
- Porta J., Lopez-Acevedo M., & Poch R., (2014), EDAFOLOGIA: uso y protección de suelos, 3ra edición, ISBN:9788484766612

- Rosete-Vergés, F. A., Pérez-Damián, J. L., Villalobos-Delgado, M., Navarro-Salas, E. N., Salinas-Chávez, E., & Remond-Noa, R. (2014). El avance de la deforestación en México 1976-2007. *Madera y bosques*, 20(1), 21-35.
- Sahagún-Sánchez, F. J., Reyes, H., Flores, J. L., & Chapa, L. (2011). Modelización de escenarios de cambio potencial en la vegetación y el uso de suelo en la Sierra Madre Oriental de San Luis Potosí, México. *Journal of Latin American Geography*, 10(2): 65-86.
- Sahagún-Sánchez, F. J., & Reyes-Hernández, H. (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *Ciencia UAT*, 12(2), 6-21.
- Sánchez-Colón, S., A. Flores Martínez, I. A. Cruz-Leyva & A. Velázquez. (2008). Estado y transformación de los ecosistemas terrestres por causas humanas. En: Conabio. *Capital Natural de México, Volumen II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- SEMARNAT (2014). Informe, Ecosistemas terrestres, El medio ambiente en México 2013-2014.
- Verburg, P. H., Overmars, K. P., Huigen, M. G., de Groot, W. T., & Veldkamp, A. (2006). Analysis of the effects of land use change on protected areas in the Philippines. *Applied Geography*, 26(2), 153-173.
- Zebisch, M., Wechsung, F. & Kenneweg, H. (2004). Landscape response functions for biodiversity—assessing the impact of land-use changes at the county level. *Landscape Urban Plan.* 67, 157-172.