

Bacterias benéficas del suelo para proteger y recuperar áreas naturales protegidas

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 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 aislaron rizobacterias con capacidad para promoción de crecimiento vegetal. Las rizobacterias aisladas mejoran el porcentaje de germinación de semilla de varios tipos de plantas de importancia forestal, alimenticia y ornamental. Los resultados indican el potencial biotecnológico de las cepas aisladas de suelo de un entorno natural poco perturbado para mejorar la protección y producción vegetal.

Palabras clave: *Microorganismos benéficos, Rizobacterias, Producción vegetal.*

Introducción

Los suelos en áreas naturales protegidas del mundo están bajo diversos grados de degradación debido a factores antropogénicos que causan alteraciones significativas en el suelo, afectando sus propiedades físico-químicas y la comunidad de microorganismos que lo habitan. Algunos de estos son la deforestación por la conversión de tierras de uso agrícolas o pecuario (cambio de uso de suelo), expansión de las ciudades, entre otros, un fuerte efecto a largo plazo generando la degradación del suelo. En consecuencia, la productividad vegetal del área natural disminuye si la calidad del suelo se deteriora. Al implementar prác-

Abstract

They are called Protected Natural Areas (ANP) where the original environments have not been significantly altered. This work seeks to take advantage of the biotechnological resources that ANP with rhizobacteria for conservation of the area and native plant or food production. The use of rhizobacteria in plants of agronomic importance has resulted in an important alternative to production systems with a high consumption of fertilizers by reducing soil and water pollution, however, works in plants of forest importance or for recovery and conservation of ANP they are very scarce. In this work, rhizobacteria with the capacity to promote plant growth were isolated. Isolated rhizobacteria improve the percentage of seed germination of various types of plants of forest, food and ornamental importance. The results obtained indicate the biotechnological potential of the strains isolated from soil from a little disturbed natural environment to improve plant protection and production.

Keywords: *Beneficial microorganisms, Rhizobacteria, Plant production.*

ticas forestales sustentables se debe estar seguro de que tendrán un efecto positivo en la productividad y salud del ecosistema.

Como parte de los componentes bióticos del suelo, los microorganismos benéficos tienen diversas funciones importantes que influyen en la calidad y salud del suelo y del ecosistema. Dentro de los grupos de microorganismos benéficos están hongos, algas y bacterias con diversas funciones como: degradación de materia orgánica, formación del suelo, formación de humus, reciclado y disponibilidad de nutrientes, determinan la fertilidad del suelo, forman asociación

simbiótica con las plantas, ayudan a la planta a mejorar absorción de agua, forman una defensa contra fitopatógenos, ayudan a la planta en mejor tasa fotosintética, etc., (Morocho y Leiva, 2019). Por las múltiples actividades de los microorganismos benéficos en el ecosistema del suelo se han generado formulaciones de microorganismos eficientes, que consisten en productos líquidos que contienen diversas especies de microorganismos que pueden coexistir como comunidades microbianas e incluso pueden complementarse (Morocho y Leiva, 2019). Con el uso de microorganismos benéficos como las rizobacterias se busca potenciar la salud y calidad del suelo y en consecuencia del ecosistema completo en las áreas naturales protegidas apoyando la conservación y/o recuperación del suelo y la vegetación.

Desarrollo

Bacterias promotoras de crecimiento vegetal

Las bacterias que proveen beneficios a las plantas son de dos tipos principalmente: las que forman una relación simbiótica, lo cual involucra la formación de estructuras especializadas o nódulos en las raíces de las plantas hospederas y las que son de vida libre en el suelo. Estas bacterias o rizobacterias promotoras del crecimiento de plantas habitan en la raíz de las plantas y suelo adherido a ésta, este espacio es conocido como rizósfera. En la rizósfera se producen una variedad de ácidos orgánicos que pueden ser metabolizados por las rizobacterias. Las rizobacterias a su vez proporcionan nutrientes del suelo a la planta, estableciendo una asociación de beneficio mutuo.

Conceptualmente, las rizobacterias pueden impactar en el crecimiento y desarrollo de las plantas por uno o dos de los diferentes mecanismos: indirecto o directo. En el mecanismo directo se producen compuestos que favorecen el desarrollo de las plantas, mediante procesos como: fijación de N_2 , producción de fitohormonas, solubilización de fosfatos, síntesis de enzimas como la ACC desaminasa que reduce los niveles de etileno en la raíz como señal de estrés. En el mecanismo indirecto, la producción de compuestos como sideróforos y antibióticos, compuestos con actividad de control biológico, activación de la respuesta sistémica inducida y producción de enzimas líticas, son reacciones y compuestos que inactivan a un microorganismo fitopatógeno o dañino que podrían limitar o detener el desarrollo de las plantas. Los compuestos generados por los diversos mecanismos, tienen efectos en el desarrollo y crecimiento de las plantas como es: mejora en germinación, mayor desarrollo de la raíz, tallos, hojas, sincronización en la floración y en la producción de frutos. Algunos compuestos actúan en la defensa contra organismos fitopatógenos por activación de la respuesta sistémica adquirida e inducida (Esquivel et al., 2013; Gouda et al., 2018; Harish et al., 2019). Los mecanismos de protección y efectos benéficos de las rizobacterias en las plantas se ilustran en la Figura 1. Estos beneficios en conjunto ayudan a mantener la salud y calidad de la vegetación y suelo en la producción agrícola sostenible, pero también, pueden ser efectivos en la conservación del suelo de áreas naturales protegidas.

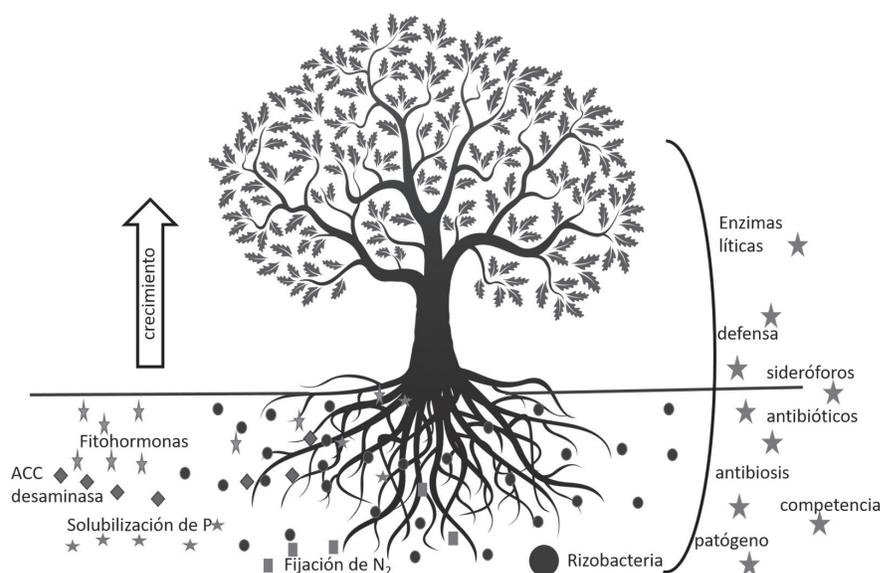


Figura 1. Mecanismos de los efectos benéficos de las rizobacterias en las plantas.

Fuente: Traducido y adaptado de Harish et al., 2019.

Áreas Naturales Protegidas

En México existen diversos tipos de áreas naturales protegidas (ANP): federales, estatales, municipales, comunitarias, ejidales y privadas. Todas tienen la característica común de ser espacios físicos naturales en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por actividades antropogénicas (impacto humano sobre el medio ambiente), o que requieren ser preservadas y restauradas, por su estructura y función para la recarga del acuífero y la preservación de la biodiversidad. Además, las ANP son espacios naturales estratégicos para la conservación de la biodiversidad que garantizan, de alguna manera la vida, al generar servicios ambientales como: la capacidad que tiene la naturaleza de purificar el aire y el agua, regular el clima y en algunos casos producción de alimentos para el consumo humano. Además, se desarrollan plantas con propiedades medicinales que son utilizadas por las comunidades, son el hábitat para cientos de especies de animales, plantas, hongos e insectos, mitigan el cambio climático por captura de CO₂ y proporcionan un sin número de beneficios (paisajísticos y culturales) y bienestar para las poblaciones locales y globales. Las ANP están reguladas por La Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente con regímenes de protección, conservación, restauración y desarrollo. Dentro de las ANP se debe vigilar el aprovechamiento de los recursos preservando el ecosistema. El Estado de Guanajuato reconoce un inventario de 32 zonas, entre ANP y zonas de restauración (INANPEG, 2020).

La mayor parte de las ANP mexicanas se han visto como zonas de usos múltiples, en las cuales la magnitud y la forma en que se desarrollan las actividades económicas son limitadas por los mismos recursos naturales, sin embargo, no se hace del todo sostenible con una visión a largo plazo y desde una perspectiva de conservación. Antes de que la mayor parte de las ANP fueran declaradas como tales, en ellas ya existían grupos humanos habitando y utilizando legalmente sus recursos. De acuerdo con el análisis de la información censal del INEGI, en el territorio de las cerca de 900 ANP que cuentan con algún decreto federal, estatal, del Distrito Federal o municipal vigente, así como en las áreas destinadas voluntariamente a la conservación certificadas por la Federación. (IEE, 2004). El estado de Guanajuato cuenta con 23 ANP que se pueden apreciar en la Figura 2.

Discusión de resultados

Aplicaciones de bacterias promotoras de crecimiento en ANP

Es bien conocido que existe un continuo deterioro en la calidad ambiental en todo el planeta debido a actividades humanas sobre las áreas naturales, principalmente deforestación, quema de residuos con liberación desmedida de contaminantes, tales como metales pesados, extracción de suelo forestal (tierra para macetas), cambio en el uso de suelo para producción agrícola con exceso de agroquímicos y pesticidas y zonas de pastoreo y producción de animales. Algunas de las estrategias emergentes para la



Figura 2. A) Mapa del estado de Guanajuato con las 23 ANP y B) Panorámica de una ANP con vegetación, Secretaría del Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial del Estado de Guanajuato.

conservación de las ANP son: el uso de tecnologías que usan las plantas como extractoras, mitigadoras y estabilizadoras de los contaminantes (fitorremediación) o que estabilizan y recuperan la productividad del suelo (reforestación) en conjunto con las rizobacterias y otros microorganismos benéficos como los hongos formadores de micorrizas.

Algunas plantas no pueden establecerse en estos sistemas degradados, y aun en el caso en que lo hagan, generalmente se ven afectadas por las condiciones ambientales adversas, tales como la excesiva concentración de los contaminantes, el pH extremo (alto o bajo), la escasez de nutrientes, la pobre estructura del suelo y una comunidad microbiana severamente afectada o incluso eliminada; como una forma de ayudar en su establecimiento se ha propuesto su inoculación con rizobacterias benéficas y con hongos micorrízicos arbusculares. Estos microorganismos se encuentran actualmente bajo experimentación en programas de revegetación, reforestación de suelos erosionados, tratamiento biológico de aguas residuales, fitorremediación, fitoestabilización y restauración de ecosistemas (De-Basch, 2013).

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 y agroquímicos, con el fin de alcanzar una agricultura sostenible (Orona y Leos, 2020), sin embargo, 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* especie arbórea nativa de bosques secos del Centro y Suramérica y se consideraron a las rizobacterias como un marcador biológico de la salud y calidad del suelo (Flores-Núñez, et al., 2018).

En el estado de Guanajuato, los trabajos que se han realizado con aislados de 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 e importancia alimenticia como: Huizache (*Acacia farneciana*), guayaba (*Psidium guajava*), lenteja (*Lens culinaris*), pepino (*Cucumis sativus*), rábano (*Raphanus sativus*), 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. También presentaron capacidades de protección 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).

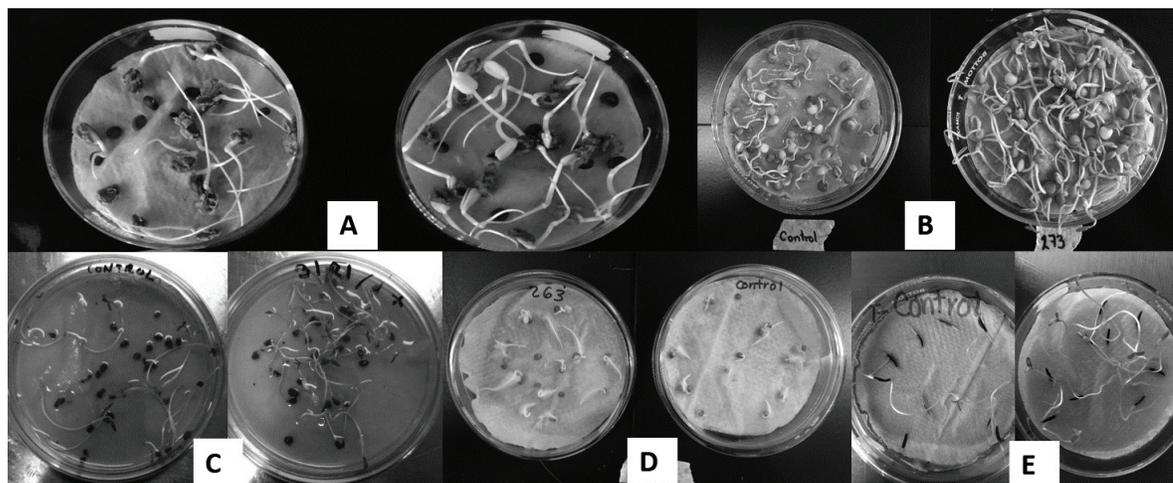


Figura 3. Comparación en germinación control cámara húmeda semillas sin tratar con bacterias y cámara húmeda con semillas tratadas con bacteria, A) Huisache, B) Lenteja, C) Guayaba, D) Rábano y E) Cempasúchil. Fuente: Gómez-Luna et al., 2012, 2018, 2020.

Tabla 1. Mejora en el porcentaje de germinación de plantas de importancia ambiental, agrícola y ornamental.

Planta	% sin rizobacteria	% con rizobacteria
Huizache	70	100
Guayaba	47	100
Pepino	80	100
Rábano	86	100
Lenteja	64	92
Cempasúchil	60	90

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Los suelos de los ecosistemas de las ANP tienen gran diversidad de microorganismos benéficos, con la capacidad de ser utilizados para conservar y recuperar las ANP, áreas naturales en general y agroecosistemas que presentan degradación. También pueden aplicarse en sistemas de producción vegetal para mejorar la producción de plantas de importancia alimenticia, agronómica, forestal, ornamental e incluso en peligro de extinción. El uso de las rizobacterias en la mejora de producción vegetal es una estrategia biotecnológica amigable con el ambiente, que de manera natural ya se ha dado desde hace millones de años y se mantiene, toca aprender de las asociaciones benéficas de los organismos y hacer uso de este conocimiento en recuperación de ecosistemas y producción de alimentos.

Bibliografía

- Barreto, D., Valero, N., Muñoz, A., Peralta, A. (2007). Efecto de microorganismos rizosféricos sobre germinación y crecimiento temprano *Anacardium excelsum*. *Zonas Áridas*. 11(1): 240-250.
- De-Basch, L. E., Hernandez, J.P., Basch, Y. (2013). Rizósfera, Biodiversidad y Agricultura Sustentable. Asociación Argentina de Microbiología. Argentina.
- Esquivel Cote, R., Gavilanes Ruiz, M., Cruz Ortega, R., Huante P. (2013). Importancia Agrobiotecnológica de la enzima ACC desaminasa en Rizobacterias, una revisión. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 36(3): 251-258.
- Gómez-Luna, B.E., Hernández-Morales, A., Herrera Méndez, C. H., Arroyo Figueroa, G., Vargas Rodríguez, L. Olalde Portugal, V. (2012). Aislamiento de bacterias promotoras del crecimiento de la rizósfera de plantas de guayaba (*Psidium guajava*). *Ra Ximhai*. 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.

Gouda, S., Kerry, R. G., Das, G., Paramithiotis, Shin, H.S., Patra, J. (2018). Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. *Microbiological Research*. 206: 131-140.

Harish, S., Parthasarathy, S., Durgadevi, D., Anandhi, K, Ragu-chander, T. (2019). Plant growth promoting rhizobacteria: Harnessing Its Potential for Sustainable Plant Disease Management. In: Kumar A., Meena V. (eds) *Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Agricultural Sustainability*. Springer, Singapore. 151-187.

Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE) (2004). Programa de Manejo del Área Natural Protegida "Cerros el Culiacán y la Gavia". 1-17.

Inventario de áreas naturales protegidas del estado de Guanajuato (INANPEG) (2020). Secretaria de medioambiente y ordenamiento territorial del estado de Guanajuato. <https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/areas-naturales-protegidas>.

Orona Castillo, I. y Leos Rodríguez, J.A. (2020). *Estudios sobre el manejo orgánico del suelo en el norte de México*. Reporte de investigación. Universidad Autónoma de Chapingo. 13-33.

Morocho, M. T. y Leiva Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro agrícola*. 46(2): 93-103.

Autores:

Blanca Estela Gómez Luna*

Laura Mejía Teniente

Graciela Ma. de la Luz Ruiz Aguilar

Departamento de Ingeniería Agroindustrial
Universidad de Guanajuato
Campus Celaya-Salvatierra

Correspondencia:
*be.gomez@ugto.mx

Recibido: 26-02-2021 Aceptado:24-08-2021
(Artículo Arbitrado)



Universidades Estatales de Oaxaca

**10 Universidades
y 18 Campus**

**Universidad Tecnológica
de la Mixteca
(UTM)**
Huajuapán

**Universidad del Mar
(UMAR)**
Campus Puerto Escondido,
Puerto Ángel, Huatulco
y Oaxaca

**Universidad del Istmo
(UNISTMO)**
Campus Tehuantepec,
Ixtepec y Juchitán

**Universidad del Papaloapan
(UNPA)**
Campus Loma Bonita
y Tuxtpec

**Universidad de la Sierra Sur
(UNSI)**
Miahuatlán

**Universidad de la Sierra Juárez
(UNSIJ)**
Ixtlán de Juárez

**Universidad de la Cañada
(UNCA)**
Teotitlán de Flores Magón

**NovaUniversitas
(NU)**
Campus Ocotlán,
San Jacinto y Juxtlahuaca

**Universidad de la Costa
(UNCOS)**
Pinotepa Nacional

**Universidad de Chalcatongo
(UNICHA)**
Chalcatongo de Hidalgo

**627 edificios
500 Ha**

**30 Institutos
de
Investigación**



**183 Laboratorios
29 Talleres**

Universidades ecológicas:
Los campus universitarios
son bosques con
la flora y fauna endémicas

**88 carreras,
de las cuales la mayoría
son ingenierías**

**41 posgrados:
10 Doctorados
y 31 Maestrías**



**Más de
11,000 alumnos
Alrededor de
1,200 profesores
de tiempo completo**