



## Pequeños aliados del jipi: avances en el uso de microorganismos benéficos en su propagación




### Ciencia al Instante

El jipi es una planta de importancia para el sureste de México por su valor cultural, social y económico, pero su crecimiento lento representa un desafío. Los hongos micorrízicos arbusculares y las bacterias promotoras de crecimiento vegetal establecen relaciones simbióticas con las plantas que mejoran la absorción de agua y nutrientes, optimizan la fotosíntesis y aumentan la tolerancia al estrés ambiental. Ellos forman redes subterráneas que actúan como extensiones del sistema radicular, permitiendo que las plantas accedan a recursos que de otro modo serían inaccesibles. Esta estrategia no solo favorece el desarrollo sostenible del jipi, sino que fortalece la salud del suelo y contribuye a mantener los equilibrios ecológicos.




Artículo

## Pequeños aliados del jipi: avances en el uso de microorganismos benéficos en su propagación



**Cómo citar este artículo:** Rodríguez-Ávila NL, Verdel-Aranda K, Alcocer-Espinosa JM, Escalante-Tec RA, Martín-Canché BR. 2026. Pequeños aliados del jipi: avances en el uso de microorganismos benéficos en su propagación. Revista Ciencia y Naturaleza (1211).





## *Fertilización natural, una acción efectiva de los microorganismos*

El jipi (*Carludovica palmata*) es una planta de gran importancia para el sureste de México por su valor cultural, social y económico (Figura 1). Sus fibras se utilizan tradicionalmente en la elaboración de artesanías y productos textiles, actividades que forman parte de la identidad y el sustento de muchas comunidades rurales. Además, el jipi es una especie nativa de crecimiento lento, estrechamente ligada a los ecosistemas tropicales de la región, por lo que su aprovechamiento responsable y su conservación son fundamentales para mantener tanto la biodiversidad como los saberes tradicionales asociados a su uso (1).



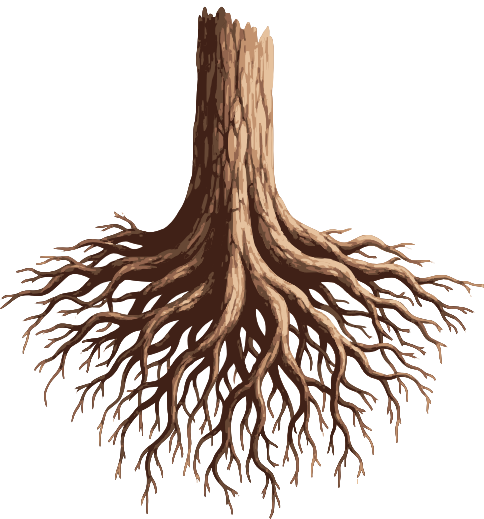
Figura 1. El jipi (*Carludovica palmata*)

Debido a la importancia del jipi para el sureste de México y a las dificultades asociadas con su crecimiento lento y propagación, surge la necesidad de explorar nuevas estrategias que favorezcan su desarrollo sin comprometer el equilibrio natural de los ecosistemas. En este contexto, los microorganismos del suelo cobran especial relevancia, ya que establecen relaciones estrechas con las plantas y pueden influir directamente en su nutrición, crecimiento y adaptación al ambiente.

*¿Sabías que las plantas pueden “llamar por auxilio” a los microorganismos cuando atraviesan situaciones de estrés?*



El mecanismo de defensa directa inducida es una estrategia natural que las plantas activan cuando enfrentan situaciones difíciles, como sequías, exceso de sal o ataques de microorganismos que pueden enfermarlas. En estos casos, las plantas producen sustancias relacionadas con hormonas vegetales que funcionan como señales de alerta, activando genes encargados de fortalecer sus defensas y ayudándolas a resistir mejor el estrés ambiental.



De este modo, las raíces de las plantas liberan señales químicas que atraen a bacterias y hongos benéficos. Estos pequeños aliados ayudan a la planta a absorber mejor los nutrientes, fortalecer sus defensas y sobrevivir frente a las dificultades del entorno. En ese sentido, los hongos micorrízicos arbusculares y las bacterias promotoras de crecimiento vegetal, al colonizar las raíces establecen una relación simbiótica que mejora la absorción de agua y nutrientes, optimiza la fotosíntesis y aumenta la tolerancia de las plantas al estrés ambiental.

### *Microbios que trabajan para las plantas: rizobacterias y hongos benéficos*

Cuando pensamos en el suelo, solemos imaginar arena, piedras y un poco de materia orgánica. Sin embargo, bajo nuestros pies existe una comunidad inmensa de seres diminutos que sostienen la vida vegetal. Entre ellos destacan dos grupos que hoy se estudian con gran interés: las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal y los hongos micorrízicos arbusculares.





Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal viven en la rizosfera, esa delgada capa de suelo que rodea las raíces. Allí encuentran alimento y protección, y a cambio ayudan a la planta de diferentes maneras. Algunas actúan de forma directa, produciendo hormonas que estimulan el crecimiento de las raíces o facilitando la disponibilidad de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. Otras lo hacen de manera indirecta, frenando el desarrollo de microorganismos que podrían causar enfermedades; al competir por espacio, produciendo compuestos antimicrobianos o activando las defensas naturales de la planta.

Por su parte, en esta asociación micorrízica, los hongos crean relaciones muy especiales con las raíces y la **rizósfera** (ver cuadro de conceptos), formando una red subterránea que actúa como filamentos microscópicos del sistema de raíces de la planta, permitiéndole explorar mejor el suelo y obtener más agua y nutrientes.



Estos hongos desarrollan estructuras muy finas que penetran la corteza de la raíz sin dañarlas y desde ahí exploran el suelo hasta sitios a los que la planta sola no podría alcanzar (Figura 2). Ese contacto permite un intercambio eficiente, la planta aporta azúcares y el hongo entregan agua y nutrientes minerales. Entre sus mecanismos directos destaca la mejora en la absorción de fósforo y micronutrientes esenciales para la planta. De forma indirecta, contribuyen a mejorar la estructura del suelo y la retención de humedad, asimismo en proteger a la planta frente a patógenos del suelo al utilizar espacios disponibles y fortalecer sus mecanismos naturales de defensa.

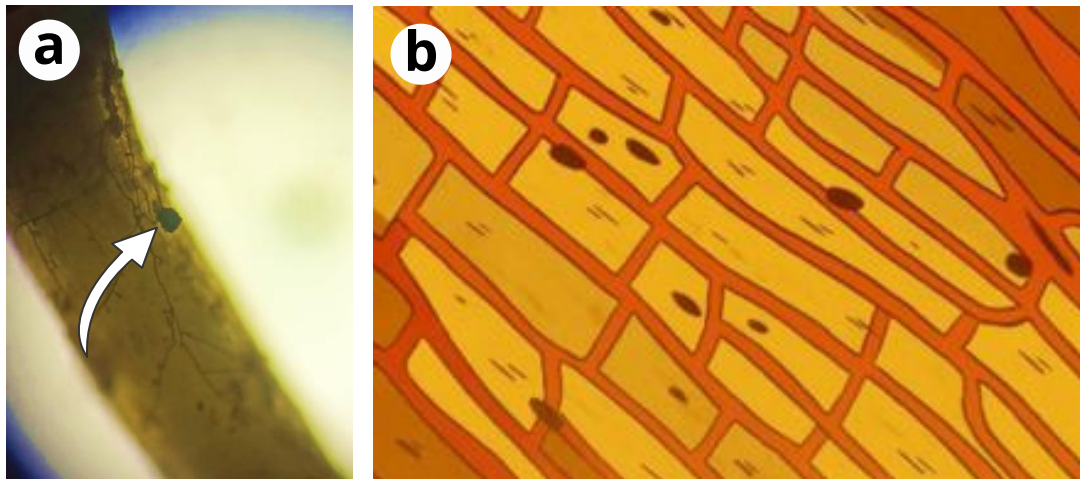


Figura 2. a) Raíz colonizada por hifas de HMA. Se aprecian múltiples apresorios externos y la presencia de un esporangio (flecha blanca) b) Representación de la asociación establecida entre los hongos micorrízicos arbusculares y una raíz, evidenciando la integración física y funcional entre el simbiote fúngico y los tejidos de la planta hospedera.

### *Los hongos y las bacterias trabajando junto a la naturaleza*

En los agroecosistemas, los microorganismos del suelo como los hongos micorrízicos y las bacterias, influyen directamente en la estructura, fertilidad y estabilidad del suelo. Estos socios invisibles forman parte de un sistema ecológico complejo que permite a los cultivos establecerse, crecer y enfrentar mejor el estrés ambiental. Además de beneficiar a las plantas, su actividad fortalece la salud del suelo y contribuye a la sostenibilidad de los cultivos. Desde una perspectiva ecosistémica, los suelos agrícolas funcionan como sistemas dinámicos donde interactúan de manera constante factores bióticos y abióticos, como el agua, el aire, el suelo, la luz y la disponibilidad de nutrientes, lo que determina el equilibrio y la biodiversidad del ecosistema (2). A lo largo del tiempo, bacterias y hongos del suelo se han integrado con otros microorganismos, como los Actinomicetos (*Streptomyces*) y los Protistas (*Oomicetos*), formando consorcios microbianos que sostienen la salud del suelo.



En conjunto, estos organismos regulan las comunidades microbianas, producen compuestos antibióticos, mejoran la textura del suelo al influir en el pH, humedad. Además, participan en la liberación de nutrientes esenciales como, nitrógeno, fósforo, mediante procesos de descomposición y **simbiosis radicular** (Figura 3). Estas interacciones fortalecen la resiliencia de los ecosistemas y ayudan a las plantas a tolerar distintos tipos de estrés, incluidos los asociados al cambio climático y a la actividad humana (3).

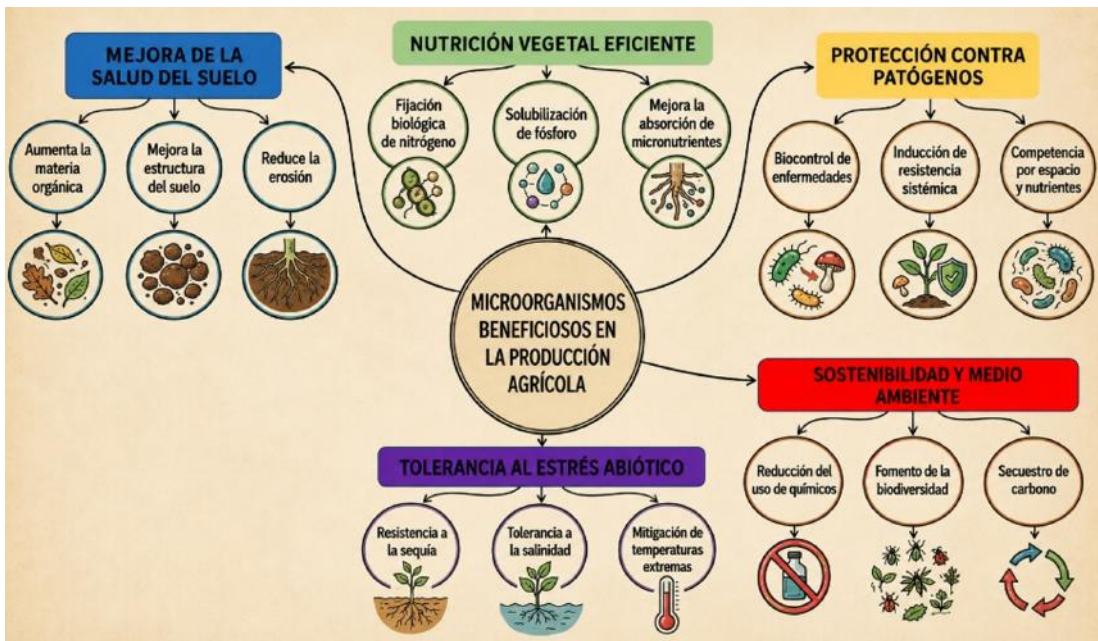


Figura 3. Microorganismos benéficos presentes en un ecosistema vivo.

### *¿Cómo trabajan en el suelo estos pequeños obreros?*

Como ya se mencionó, la interacción entre los microorganismos del suelo, como la asociación *Rhizobium*-**micorrizas** arbusculares constituye una estrategia clave para optimizar la productividad agrícola y el desarrollo de cultivos. Principalmente al facilitarse una transferencia



bidireccional de recursos donde la planta suministra carbohidratos a cambio de una mayor eficiencia en la adquisición de fósforo, nitrógeno y minerales, además de una optimizada **homeostasis hídrica**. Sin embargo, no todos los hongos micorrízicos trabajan igual. Algunos colonizan rápidamente las raíces, mientras que otros tardan más tiempo porque desarrollan grandes redes subterráneas para explorar el suelo. Gracias a estas estrategias, las plantas pueden acceder a más agua y nutrientes, aumentando su capacidad para resistir condiciones adversas (3).

### *Aliados invisibles del jipi: microbios que aceleran su crecimiento*

A pesar de la importancia del jipi para el sureste de México, aún existen pocos estudios científicos enfocados en su propagación y manejo. Si bien se han desarrollado protocolos para producir plantas de jipi a gran escala mediante cultivo *in vitro*, el proceso sigue siendo lento, y el tiempo requerido para obtener plantas listas para producción continúa siendo un desafío.



Con el objetivo de optimizar las metodologías de producción, en el Laboratorio de Biotecnología Vegetal del Instituto Tecnológico de Chiná (IT Chiná), del Tecnológico Nacional de México, en Campeche, se están evaluando microorganismos promotores del crecimiento vegetal, integrados al cultivo *in vitro*. El principal reto de este enfoque es lograr que la planta quede inoculada con el microorganismo benéfico, ya sea un hongo micorrízico arbuscular o una bacteria promotora del crecimiento vegetal, sin que este crezca de manera descontrolada y termine afectando el desarrollo de las **vitroplantas**. Este sistema, conocido como



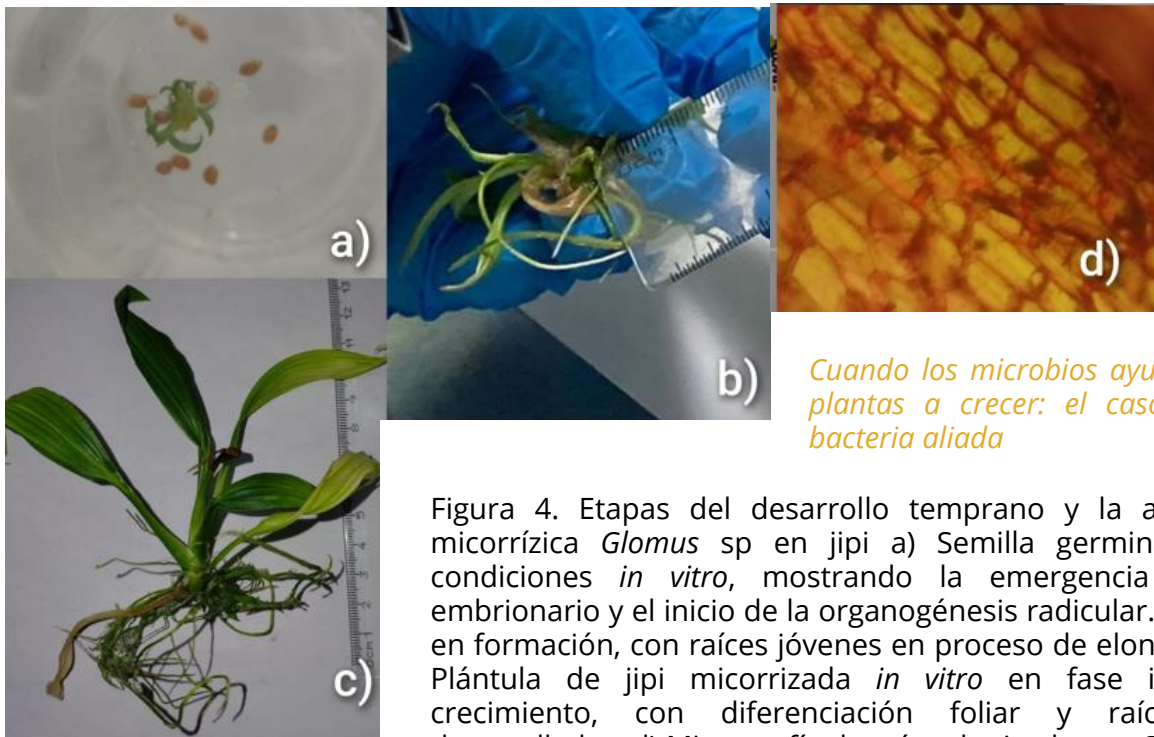
co-cultivo planta-microorganismo, ha demostrado ser eficiente en algunas especies vegetales y representa una estrategia prometedora para mejorar el crecimiento temprano de plantas de lento desarrollo, como el jipi. En este contexto, se evaluaron hongos micorrízicos arbusculares del género *Glomus*, microorganismos del suelo que establecen asociaciones benéficas con las raíces de las plantas. Las cepas utilizadas habían sido previamente caracterizadas (4). Para analizar su efecto, se estudió la germinación *in vitro* de semillas de jipi, utilizando esporas del HMA *Glomus* sp. como bioinoculante.

Una investigación realizada recientemente (6) mostró que la respuesta de las semillas dependió directamente de la dosis aplicada. A los 28 días, la dilución 1:20 (medio de cultivo con esporas/agua estéril) permitió alcanzar hasta un 50 % de germinación, además de estimular el desarrollo temprano de las raíces, una etapa clave para el establecimiento exitoso de la planta (Figura 4).

En contraste, el tratamiento sin hongo y las concentraciones más altas de medio de cultivo con esporas aplicadas no mostraron el mismo efecto positivo. Estas diferencias confirman que pequeñas dosis de *Glomus* sp. pueden actuar como un estímulo natural para la germinación y el crecimiento inicial del jipi.



Estos hallazgos refuerzan la idea de que ciertos microorganismos del suelo, cuando se emplean en la dosis adecuada, pueden convertirse en aliados estratégicos para la propagación vegetal y el desarrollo de prácticas más sostenibles (4).



Cuando los microbios ayudan a las plantas a crecer: el caso de una bacteria aliada

Figura 4. Etapas del desarrollo temprano y la asociación micorrízica *Glomus* sp en jipi a) Semilla germinada bajo condiciones *in vitro*, mostrando la emergencia del eje embrionario y el inicio de la organogénesis radicular. b) Raíces en formación, con raíces jóvenes en proceso de elongación. c) Plántula de jipi micorrizada *in vitro* en fase inicial de crecimiento, con diferenciación foliar y raíces bien desarrolladas. d) Micrografía de raíz colonizada por *Glomus* sp. (40×), donde se observan estructuras micorrízicas características asociadas al tejido radical, evidenciando la simbiosis hongo-planta.

Diversos estudios coinciden en que el uso de **bioformulaciones microbianas** basadas en bacterias benéficas, tiene un impacto positivo y visible en el desarrollo de los cultivos, ya que el **vigor vegetal**, se entiende como la capacidad de una planta para germinar, crecer y establecerse de forma rápida y saludable, lo cual refleja su desempeño fisiológico y desarrollo, permitiendo valorar su potencial de adaptación y productividad. En especies como chile y lechuga, la aplicación de bacterias como *Achromobacter xylosoxidans* (C56), *Arthobacter pokkalii* (JLB4) y *Bacillus pumilus* (AV5), tanto de manera individual como en consorcio, favoreció un mayor crecimiento de las plantas, reflejado en un aumento de su altura, del contenido de clorofila y del peso fresco, indicadores claros de un mejor vigor vegetal (Figura 5).

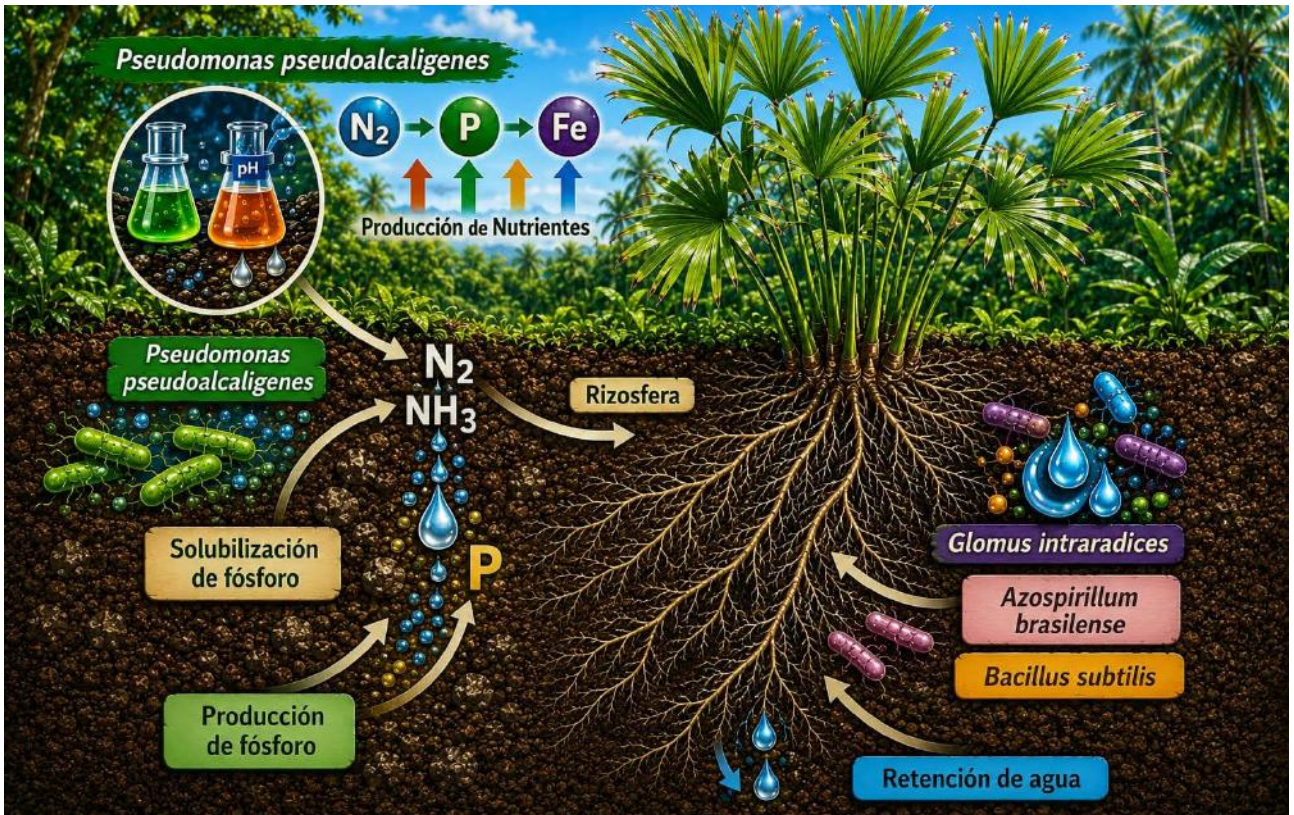


Figura 5. Efecto en los cultivos de los microorganismos frecuentemente encontrados en bioformulaciones comerciales.

Para entender si algunas bacterias previamente caracterizadas en otros cultivos, pueden ayudar al crecimiento de las plantas de jipi, en nuestro grupo de trabajo se evaluó el efecto de una bacteria conocida como *Achromobacter xylosoxidans*, conocida por sus efectos benéficos en plantas que fueron cultivadas *in vitro*. En el día cero, es decir, antes de que las plantas entraran en contacto con la bacteria, todas las vitroplantas mostraban un crecimiento muy similar. No se detectaron diferencias importantes en el número de hojas, la longitud de las hojas, ni el número de raíces. Esto fue clave, porque indicó que todas las plantas partían de condiciones comparables.



Solo se detectó una ligera diferencia en la longitud de las raíces de algunas plantas, dato que se tomó en cuenta para el análisis posterior. ¿Qué cambió después de 20 días con la bacteria? Tras 20 días de convivencia entre las plantas y la bacteria, los resultados fueron claros. Las plantas tratadas con *A. xylosoxidans* no mostraron cambios importantes en el tamaño ni en el número de hojas. Sin embargo, donde sí se notó un efecto positivo fue en las raíces: Las plantas tratadas con  $1 \times 10^6$  y  $5 \times 10^6$  bacterias desarrollaron raíces más largas y en mayor número que las plantas sin bacteria (testigo). Este crecimiento radicular sugiere que la bacteria estimula de manera temprana el desarrollo de las raíces, una parte fundamental para la absorción de agua y nutrientes.

### *Un primer indicio prometedor*

Estos estudios preliminares indican que *Achromobacter xylosoxidans* puede actuar como un aliado invisible para las plantas, promoviendo especialmente el crecimiento de sus raíces durante las primeras etapas de desarrollo. Aunque no se observaron cambios en las hojas, el fortalecimiento del sistema de anclaje de las plantas es una señal positiva, ya que unas raíces más desarrolladas pueden traducirse en plantas más sanas y resistentes a largo plazo.



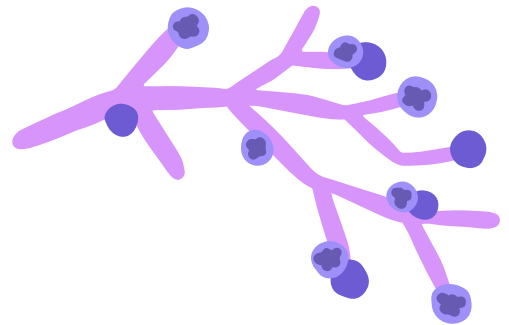
### *Nuevas aplicaciones, un horizonte de posibilidades*

Estos resultados abren la puerta a futuras investigaciones para comprender mejor cómo estas bacterias pueden aprovecharse en la agricultura sostenible y en la producción vegetal con menor uso de fertilizantes químicos. Los resultados obtenidos con bacterias



promotoras del crecimiento vegetal y con hongos micorrízicos arbusculares muestran que el desarrollo de las plantas no depende únicamente de la semilla o del medio de cultivo, sino también de las relaciones que establecen con los microorganismos que las rodean. En el caso del jipi, una planta de gran valor ecológico y cultural para el sureste de México, estas asociaciones microscópicas pueden marcar una diferencia importante en las primeras etapas de su crecimiento.

Tanto las bacterias PGPR como los hongos del género *Glomus* demostraron que, cuando se aplican en dosis adecuadas, pueden estimular el desarrollo de la raíz sin afectar negativamente a la planta. Esto es especialmente relevante en especies de crecimiento lento, donde reducir el tiempo de establecimiento puede tener un impacto directo en su producción y conservación.



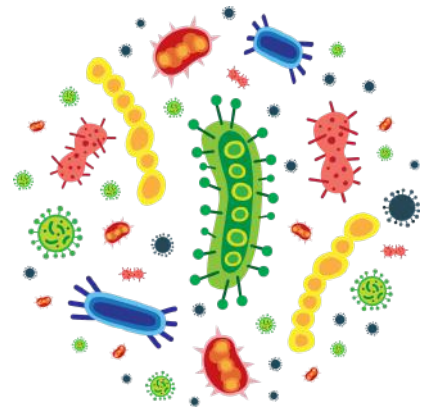
*Los bioinoculantes son una alternativa biotecnológica para impulsar la productividad de los agroecosistemas.*

Estos estudios preliminares refuerzan una idea clave: los microorganismos del suelo no son simples acompañantes, sino verdaderos socios de las plantas. Integrarlos de manera controlada en sistemas de cultivo *in vitro* abre nuevas posibilidades para desarrollar estrategias más eficientes, sostenibles y respetuosas con el ambiente, en las que la biotecnología y la naturaleza trabajan de la mano.

En este contexto, las bioformulaciones microbianas basadas en consorcios que incluyen bacterias benéficas y HMA se consolidan como una herramienta clave para fortalecer la productividad agrícola y la fertilidad del suelo.



No obstante, el uso de estas tecnologías enfrenta retos importantes, como su dependencia de las condiciones locales del suelo y el clima, la variabilidad de microorganismo nativos, así como los costos iniciales para su elaboración, evaluación y producción, además de la necesidad de capacitación técnica.



### *Guardianes de los cultivos antes y ahora*

La investigación científica respalda que el aprovechamiento de los microorganismos mediante bioinoculantes permitirá reducir de manera significativa la dependencia de fertilizantes químicos y otros insumos de origen antropogénico, al tiempo que impulsa una productividad agrícola más sostenible. Esta estrategia permitirá transitar hacia modelos agronómicos más equilibrados con el ambiente, donde la vida microscópica del suelo se reconozca como una aliada estratégica para fortalecer la salud del suelo, garantizar la productividad de los cultivos y contribuir a los retos actuales de la sostenibilidad y la seguridad alimentaria global. 🍀

### *Agradecimientos*

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Chiná. Al TecNM por el financiamiento otorgado para la realización de este proyecto "Uso de microorganismos benéficos en la propagación *ex situ* de *Carludovica palmata* como estrategia para la transición agroecológica en la Península de Yucatán" 23312.25-P.



## Conceptos

**Bioformulaciones microbianas:** desarrollo de material que contiene cepas microbianas vivas mediante materiales portadores adecuados para su uso productivo en la agricultura, la industria, la biorremediación, entre otros.

**Micorriza:** Relaciones simbióticas mutualistas entre planta-hongo, debido a su capacidad de transportar los nutrientes disponibles del suelo a través de las raíces de plantas vasculares, además como protección ante patógenos, favoreciendo a la conservación de los ecosistemas por su capacidad de sobrevivencia y su coexistencia.

**Rizósfera:** Zona del suelo sometida a la influencia directa de las raíces vegetales; el rizoplaneo corresponde a la superficie radicular e incluye las partículas de suelo firmemente adheridas a ella.

**Simbiosis radicular:** es la asociación íntima y mutuamente beneficiosa entre las raíces de las plantas y ciertos microorganismos del suelo (hongos o bacterias).

**Homeostasis hídrica:** Es la capacidad de las plantas para mantener un equilibrio entre el agua que absorben por las raíces y la que pierden por transpiración, lo que resulta esencial para su crecimiento, nutrición y fotosíntesis.

**Vigor vegetal:** Capacidad y rapidez con la que una semilla o planta logra germinar, crecer y establecerse exitosamente, expresando un desarrollo saludable tanto en las primeras etapas como durante el crecimiento vegetativo del cultivo.

**Vitroplantas:** son plantas cultivadas en un laboratorio dentro de un recipiente de vidrio o plástico bajo condiciones artificiales, estériles y controladas.



## Para Consulta



- (1) Smith SE, Read DJ. 2010. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press.
- (2) Pontes-Pedrajas A, Sánchez-Cañete FJ. 2010. La comprensión de conceptos de ecología y sus implicaciones para la educación ambiental. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 7.
- (3) Medina-García LR. 2022. Los hongos micorrízicos arbusculares y su rol en los agroecosistemas. Cultivos Tropicales 43(1): e14-e14.
- (4) Martín-Canché B del R, Rodríguez-Ávila NL, Verdel-Aranda K, *et al.* 2025. Richness of arbuscular mycorrhizal fungi associated with forest species in the southeast of the state of Campeche, Mexico. Revista Terra Latinoamericana 43. [\[Link\]](#)
- (5) Bugueño-Guerrero FI, Catalán-Barrera O, Carballo-Sánchez MP, *et al.* 2024. Efecto de un consorcio de rizobacterias para promover el crecimiento vegetal en lechuga (*Lactuca sativa* L.) y chile (*Capsicum annuum* L.). Mexican Journal of Biotechnology 9(2): 19-33.
- (6) Martín-Canché B del R, Escalante Tec RA, Alcocer Espinosa JM, *et al.* En preparación. Germinación *in vitro* de semillas de la palma de jipi (*Carludovica palmata* Ruiz & Pav), en respuesta a la aplicación de hongos micorrízicos arbusculares (*Glomus* sp).

Crédito de imágenes en orden de aparición: Valerii Honcharuk, Getty Images (GI), Sunriserain, The Creative Idea, Pexels (Pex), TrueCreatives, Getty Images Signature (GIS), Arbi Wiratama, amethyststudio, jf PSD, PixaHub, PurMoon, Anpan, Vasmila. Portada: <https://commons.wikimedia.org/>, [powo.science.kew.org](https://powo.science.kew.org). Crédito de figuras: Las figuras fueron proporcionadas por los autores. Figuras 2b, 3 y 5 fueron generadas mediante inteligencia artificial (ChatGPT, OpenAI). Los autores confirmaron que ningún párrafo del manuscrito ha sido generado completamente o con más del 50% de sus palabras con alguna herramienta de IA.



## Eduardo Leyua

Editor Asociado Revista CyN

*Diseño de publicación: Sofia Paz*



### Norma Laura Rodríguez Ávila

Responsable del Laboratorio de Biotecnología Vegetal. Ha trabajado en el aislamiento y caracterización de productos naturales para el control de plagas y enfermedades en los agroecosistemas así como en la micropropagación de plantas de importancia agrícola o ecológica. Miembro del SNII Nivel I.

contacto: [norma.ra@china.tecnm.mx](mailto:norma.ra@china.tecnm.mx)



### Karina Verdel Aranda

Doctora en Biotecnología de Plantas y docente investigadora del Tecnológico Nacional de México Campus Chiná. Su trabajo aborda biotecnología microbiana, metagenómica y minería genómica aplicada al sector agroalimentario. Es integrante del SNII Nivel I y promueve la participación de mujeres en STEM mediante mentoría, divulgación científica y colaboración académica.

contacto: [karina.va@china.tecnm.mx](mailto:karina.va@china.tecnm.mx)



### José Manuel Alcocer Espinosa

Ingeniero Agrónomo y maestro en ciencias en formación, especializado en agroecosistemas sostenibles y conservación biocultural. Integra la gestión agronómica, etnobotánica y acuicultura de conservación con dinámicas socioculturales locales. Su disciplina como atleta de alto rendimiento fortalece su liderazgo metodológico y resiliencia en investigación científica regional.

contacto: [M24830113@china.tecnm.mx](mailto:M24830113@china.tecnm.mx)



### Ricardo Aarón Escalante Tec

Su trabajo se enfoca en biotecnología vegetal y microbiología aplicada, mediante cultivo *in vitro* y estudio de HMA en dunas costeras y suelos agrícolas. Además, desarrolla actividades apícolas y participa en iniciativas de desarrollo comunitario sostenible.

contacto: [M24830120@china.tecnm.mx](mailto:M24830120@china.tecnm.mx)



### Blanca del Rosario Martín Canché

Bióloga, maestra en Gestión y Administración de Proyectos. Su trabajo aborda el estudio de microorganismos aplicado al sector agroalimentario y estrategias y la evaluación y generación de energías renovables. Es miembro de la red de Probióticos Vegetales.

contacto: [D24830260@china.tecnm.mx](mailto:D24830260@china.tecnm.mx)