



# *Bacillus cereus* una rizobacteria promotora del crecimiento vegetal en el maíz

Sandra Pérez Álvarez<sup>1\*</sup>  
Erick Humberto Ochoa Chaparro<sup>2</sup>  
Eduardo Fidel Héctor Ardisana<sup>3</sup>  
Esteban Sánchez Chávez<sup>2</sup>  
Jesús Alicia Chávez Medina<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Chihuahua, Km 2.5, carretera Delicias-Rosales, CD. Delicias, Chihuahua, México, CP: 33000.

<sup>2</sup> Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Unidad Delicias, Av. Cuarta Sur 3828, Delicias, Chihuahua, México, CP: 33089.

<sup>3</sup> Facultad de Posgrado, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

<sup>4</sup> Instituto Politécnico Nacional-CIIDIR Unidad Sinaloa, México, Juan de Dios Bátiz Paredes No. 250, Guasave, Sinaloa, México, C.P: 81101.


\*Autor para correspondencia: spalvarez@uach.mx

Entre los cultivos de importancia en México, y en particular en el Estado de Chihuahua, se encuentra el maíz, que ocupa aproximadamente el 30% del área cultivada en el estado. Como en otras especies agrícolas, en el maíz se aplican cantidades excesivas de fertilizantes químicos y de plaguicidas que elevan los costos de producción, así como la contaminación ambiental. Una alternativa amigable con el ambiente es el uso de rizobacterias promotoras de crecimiento vegetal (RPCV) que incrementan los rendimientos, siendo un ejemplo las especies del género *Bacillus*. En este artículo se abordan las posibilidades de empleo en la agricultura de esta especie.

## Introducción

El maíz (*Zea mays* L.) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial debido a su valor alimenticio, su uso en la industria y su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones climáticas. Sin embargo, este cultivo demanda una gran cantidad de nutrientes del suelo para su óptimo desarrollo. Esta alta exigencia nutricional genera múltiples retos en la producción agrícola, ya que una deficiencia de algún

El maíz (*Zea mays*  
L.) es uno de los  
cultivos más  
importantes a nivel  
mundial





nutriente clave como el nitrógeno, el fósforo y el potasio puede afectar significativamente el rendimiento, la calidad del grano, y la rentabilidad de la cosecha.

Para lograr altos rendimientos, los fertilizantes químicos nitrogenados se emplean ampliamente en los sistemas de producción intensiva de maíz, debido a la alta demanda de nitrógeno del cultivo. Los biofertilizantes, en cambio, son una alternativa amigable con el medio ambiente, que promueven una agricultura sostenible; entre ellos se encuentran las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (RPCV).

Un biofertilizante se define como un producto de origen biológico que mejora la fertilidad del suelo y el desarrollo de las plantas mediante la interacción con microorganismos benéficos, promoviendo el equilibrio ecológico en los agroecosistemas, disminuyendo la dependencia de agroquímicos, favoreciendo una producción sostenible y regenerativa.

Las RPCV son bacterias que viven en la rizósfera (zona activa del suelo que rodea las raíces de las plantas) de numerosas especies vegetales, proporcionando beneficios como la promoción del crecimiento y el desarrollo, así como protección contra patógenos del suelo como bacterias, hongos y nematodos. Ejemplos de géneros que incluyen especies consideradas RPCV son *Agrobacterium*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Burkholderia*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, entre otros.

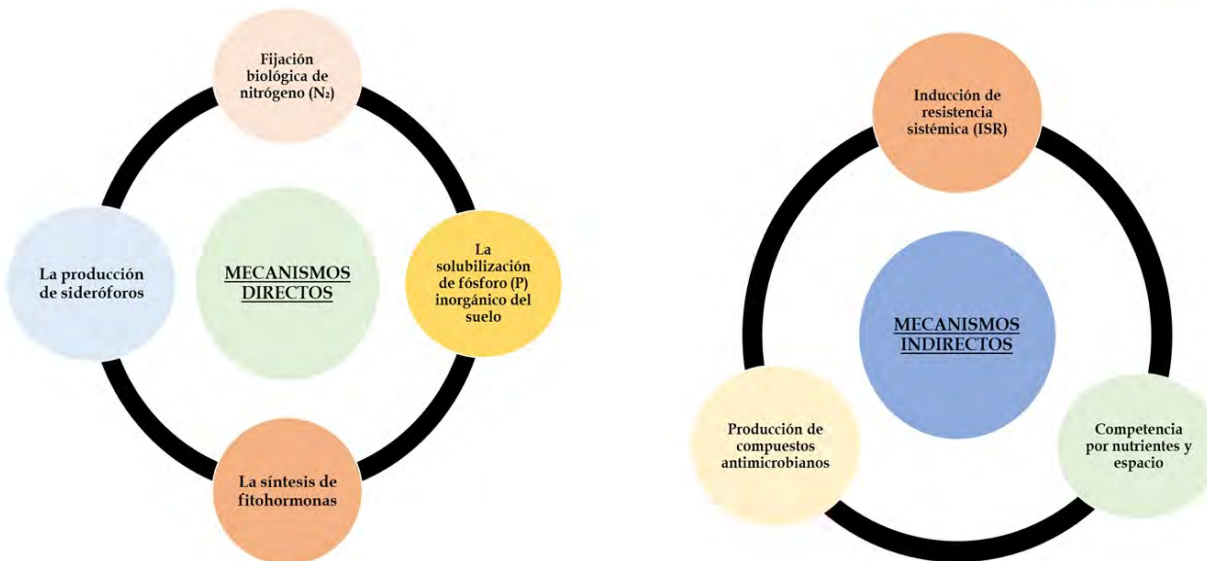
### Desarrollo

La estimulación del crecimiento vegetal que inducen las RPCV se debe a la producción de fitohormonas (auxinas, citoquininas, giberelinas), la quelación del

**Los biofertilizantes son una alternativa amigable con el medio ambiente, lo que promueve además una agricultura sostenible**

hierro (Fe) por los sideróforos (para hacer asimilable el Fe para las plantas), el incremento en la absorción de nutrientes como nitrógeno, fósforo, y su participación en la fijación biológica del nitrógeno, y en reacciones de defensa para el control de patógenos que viven en el suelo. Todo esto se produce a través de diferentes mecanismos (Figura 1).

**Para lograr altos rendimientos, los fertilizantes químicos nitrogenados se utilizan ampliamente en los sistemas de producción intensiva de maíz**



**Figura 1.** Mecanismos de acción de las RPCV sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Los mecanismos directos influyen en el crecimiento de las plantas de manera inmediata al mejorar la disponibilidad y asimilación de nutrientes esenciales, por las siguientes vías:

- a) La fijación biológica de nitrógeno (N<sub>2</sub>) que realizan algunas RPCV, como *Rhizobium spp.*, *Azospirillum spp.*, y *Bacillus spp.*, capturando el nitrógeno atmosférico y transformándolo en formas asimilables por las plantas, lo que reduce la necesidad de fertilizantes químicos. Este elemento es fundamental en la fisiología de los cultivos (es un macroelemento) y aunque en la atmósfera existe cerca de un 80%, está en forma no asimilable;
- b) La solubilización de fósforo (P) inorgánico del suelo y otros minerales que realizan bacterias como *Pseudomonas spp.* y *Bacillus spp.* aumentando su disponibilidad para las plantas. El P es otro macroelemento, considerándose el segundo nutriente que limita la fisiología de los cultivos;
- c) La síntesis de fitohormonas como auxinas, giberelinas y citoquininas, que regulan el crecimiento radicular, la floración y el desarrollo de frutos;





**Bacillus es uno de los  
géneros de bacterias  
que más se destacan  
como rizobacterias  
promotoras de  
crecimiento vegetal**

d) La producción de sideróforos, moléculas de bajo peso molecular que se unen al  $Fe^{3+}$  del medio ambiente reduciéndolo a  $Fe^{2+}$  y liberándolo dentro de las células vegetales, con lo que hacen accesible el Fe del suelo y mejoran la nutrición del cultivo.

En cuanto a los mecanismos indirectos, estos se relacionan con la defensa de los cultivos contra enfermedades y estrés ambiental, e involucran:

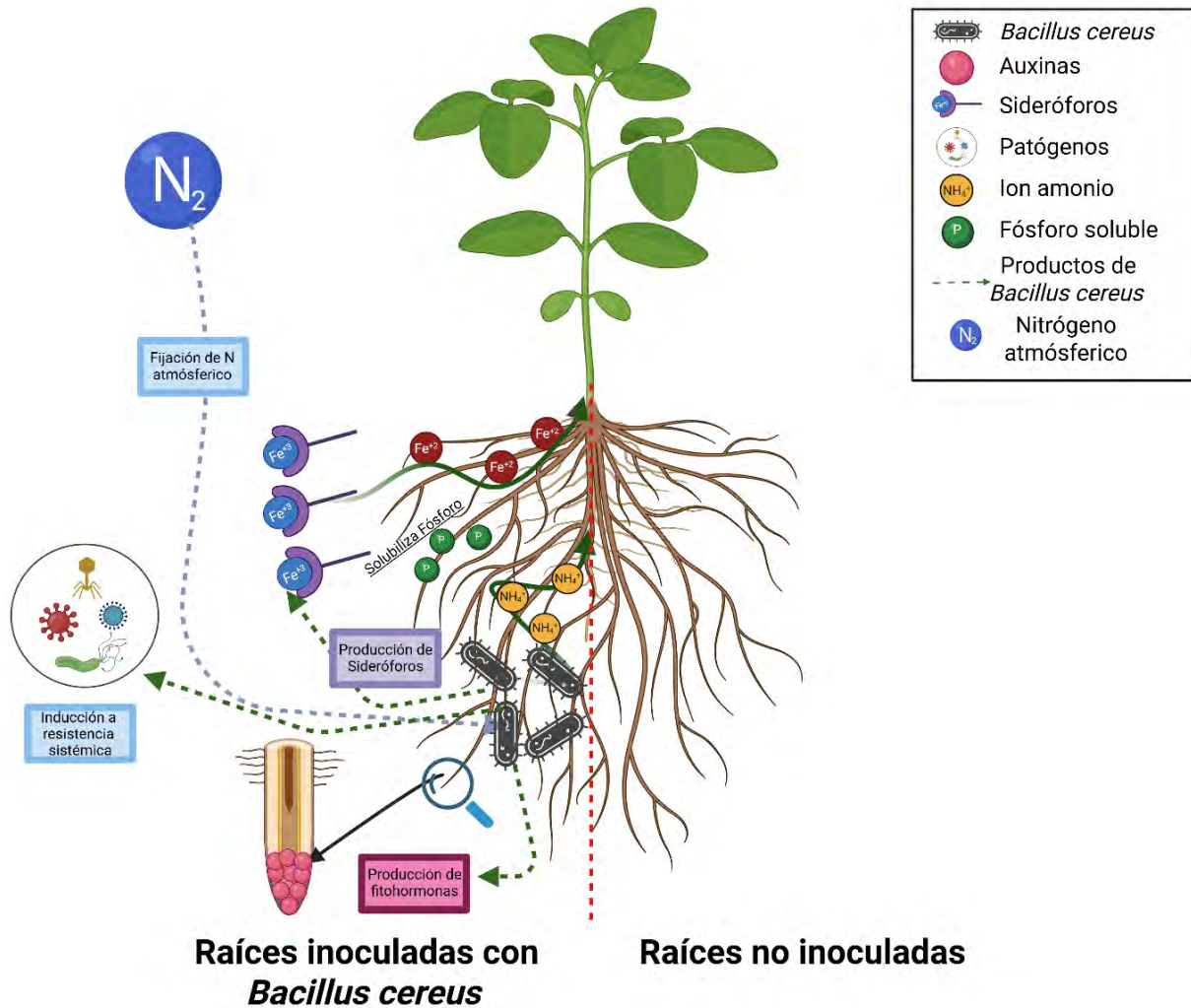
- a) La inducción de resistencia sistémica (ISR), que estimula los mecanismos de defensa naturales de la planta contra patógenos, mediante la activación de moléculas señalizadoras como el ácido jasmónico y el etileno;
- b) La competencia por nutrientes y espacio que provoca la inhibición del crecimiento de microorganismos fitopatógenos al ocupar su nicho ecológico;
- c) La producción de compuestos antimicrobianos como antibióticos y enzimas líticas, que elimina patógenos del suelo.

Estos mecanismos hacen de los RPCV una herramienta fundamental en la agricultura sostenible, reduciendo así la dependencia de agroquímicos y fomentando la producción de cultivos más sanos y productivos.

### ***Bacillus cereus* COMO RIZOBACTERIA PROMOTORA DEL CRECIMIENTO VEGETAL (RPCV)**

*Bacillus spp.* es uno de los géneros de bacterias que más se destaca como RPCV, ya que tiene una participación relevante como regulador del crecimiento vegetal, demostrada en varias especies, entre las que se encuentra *B. cereus*. Esta bacteria desempeña funciones clave en la generación de compuestos con efecto antagonista contra patógenos, la producción de fitohormonas que regulan el crecimiento de las plantas, la solubilización de fosfatos, y la fijación biológica del nitrógeno, lo que contribuye a la mejora de la calidad de cultivos como el maíz (*Zea mays* L.), el trigo (*Triticum spp.*), la soya (*Glycine max* (L.) Merr., 1917), el arroz (*Oryza sativa* L.), y en general a la producción sostenible (Figura 2).

**Algunas cepas de  
*Bacillus cereus* han  
demostrado su  
capacidad para  
favorecer el desarrollo  
de las plantas incluso  
en ambientes adversos**

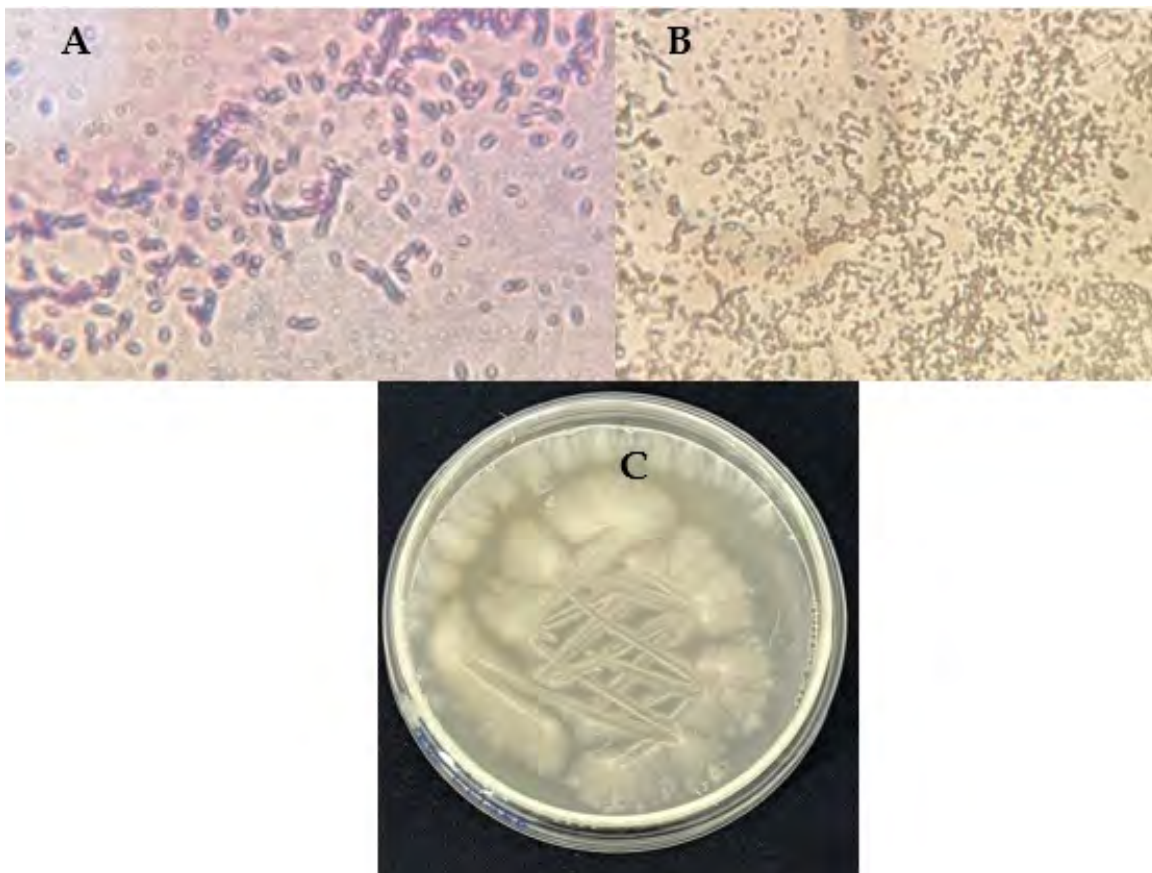


**Figura 2.** Mecanismos de *Bacillus* spp. como RPCV (Fuente: Autores).

*Bacillus cereus* es una bacteria grampositiva (Figura 3a); esto significa que tiene una pared celular gruesa hecha principalmente de peptidoglucano (polímero), lo cual le permite retener un color violeta cuando se realiza la tinción de Gram, un procedimiento de laboratorio usado para clasificar las bacterias. Otras características morfológicas incluyen que son móviles (con flagelos), aerobias, anaerobias-facultativas, forman esporas y en experimentos realizados en la Universidad Autónoma de Chihuahua se demostró que las condiciones para su desarrollo son un rango de temperatura de 15 a 48° C, pH de 6-9 y salinidad de 4 a 6% de cloruro de sodio (NaCl). Al microscopio se observan como bastones alargados, rectos o ligeramente curvados con extremos cuadrados (Figura 3b).



Las colonias de *B. cereus* en medio sólido con glucosa como fuente de carbono (sin manitol) son grandes, extendidas, con bordes irregulares u ondulados (esto permite diferenciarlas de otras especies del género *Bacillus*), con una superficie rugosa con apariencia de vidrio esmerilado, color blanco a crema, aunque pueden presentarse variaciones según el medio de cultivo y la cepa específica (Figura 3c).



**Figura 3.** Morfología de *B. cereus* donde: A) *Bacillus cereus* grampositiva (x40); B) Estructura microscópica a los 6 días en medio Levadura-Agar-Glucosa (x40); C) Colonia en medio Levadura-Agar-Glucosa (Fuente: Autores).

Algunas cepas de *B. cereus* han demostrado su capacidad para favorecer el desarrollo de las plantas incluso en ambientes adversos, como suelos con alta salinidad, escasez de agua o contaminación por metales pesados. Además, esta bacteria puede estimular el crecimiento vegetal de manera indirecta mediante la producción de enzimas extracelulares y compuestos antimicrobianos, así como activando los mecanismos de defensa natural de las plantas a través de la resistencia sistémica inducida.



### *Bacillus cereus* COMO RPCV EN EL MAÍZ

En maíz (*Z. mays*) la aplicación de *B. cereus* en diferentes etapas fenológicas mejoró parámetros fisiológicos como el contenido de pigmentos fotosintéticos, la biomasa y el rendimiento. La actividad de la enzima nitrato reductasa (NR) determinada “*in vivo*” en plantas tratadas con *B. cereus* se reduce, y esta reducción sugiere que la bacteria está fijando eficientemente el N<sub>2</sub> atmosférico. La función principal de la NR es reducir el NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (molécula orgánica asimilable por las plantas), por lo que una alta tasa de fotosíntesis promueve la actividad de esta enzima.

**“En cultivos como el maíz (*Z. mays*) la aplicación de *B. cereus* en varias etapas fenológicas mejoró parámetros fisiológicos”**

La fijación eficiente de N<sub>2</sub> por *B. cereus* también se ha observado en cultivos como el trigo (*Triticum* spp.), el banano (*Musa* AAA) y el pepino (*Cucumis sativus* L.).

La utilización de *B. cereus* como biofertilizante en el cultivo del maíz ha dado como resultado también un aumento en la biomasa (demostrado en la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua), longitud de raíces y tallos (demostrado en el Colegio de Ciencias y Agricultura en Punjab, India), altura de

la planta y rendimiento (demostrado en CIIDIR unidad Sinaloa). Así mismo, la bacteria ha demostrado ser una herramienta útil en este cultivo bajo diversas condiciones de estrés propiciando:

- Resistencia a la salinidad;
- Aumento en la germinación de las semillas y el crecimiento de la planta bajo condiciones de sequía y,
- Mejora en la absorción de nutrientes en suelos contaminados con metales pesados.

Estos resultados indican que *B. cereus* es una herramienta valiosa para mejorar el crecimiento y la salud del cultivo del maíz, especialmente en condiciones de estrés ambiental o para disminuir la aplicación de fertilizantes químicos, sobre todo los nitrogenados.



*Bacillus cereus* se destaca como una rizobacteria promotora del crecimiento vegetal en maíz, debido a su capacidad para mejorar la disponibilidad de nutrientes, sintetizar fitohormonas y fortalecer la resistencia de las plantas ante factores de estrés biótico y abiótico. A través de mecanismos como la solubilización de fosfatos, la producción de sideróforos, fitohormonas y la inducción de resistencia sistémica, esta bacteria contribuye al desarrollo saludable de los cultivos y a una agricultura más sostenible. Su uso como biofertilizante y agente de biocontrol representa una alternativa ecológica para reducir la dependencia de agroquímicos, proteger el ambiente y elevar la rentabilidad del cultivo.

### Literatura recomendada

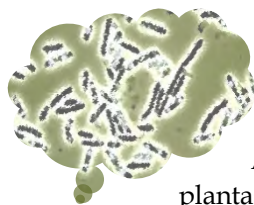
Dodd, I. C., Zinovkina, N. Y., Safronova, V. I., & Belimov, A. A. (2010). Rhizobacterial mediation of plant hormone status. *Annals of Applied Biology* 157, 361–379. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2010.00439.x>

Marrollo, R. (2016). Microbiology of *Bacillus cereus*. In. *The Diverse Faces of Bacillus cereus*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801474-5.00001-3>

Nosheen, S., Ajmal, I., & Song, Y. (2021). Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability* 13, 1868. <https://doi.org/10.3390/su13041868>

### Semblanzas de autores

**Dra. Sandra Pérez Álvarez.** Profesora titular C de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la UACH. Miembro del SNII nivel I, miembro del **Cuerpo Académico** UACH-CA-174 “Manejo sustentable de sistemas agrícolas y forestales” trabajando la LGAC manejo de los recursos naturales para la mejora integral de sistemas agrícolas y forestales con las líneas de investigación biofertilization, cultivo *in vitro* y Fisiología vegetal.



**M. A. Erick Humberto Ochoa Chaparro.** Maestro en Agronegocios y Estudiante de doctorado en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), miembro del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación en las cuales trabaja son: Nanotecnología aplicada a la agricultura, Agricultura de precisión, Nutrición de cultivos hortícolas y Fisiología del estrés en plantas.

**Dr. Eduardo Fidel Héctor Ardisana.** Profesor Titular de la Universidad Técnica de Manabí. Es coordinador académico de la Maestría en Biotecnología, mención Biotecnología Vegetal, con sede en la Escuela de Posgrado y la Facultad de Ingeniería Agronómica de dicha universidad. Ha dirigido más de 15 tesis de maestría y doctorado, y tiene más de 100 artículos científicos, libros y capítulos de libros, más de la mitad de ellos en el área de biotecnología vegetal.

| Voces del Suelo, Agricultura y Medioambiente |  
Revista de Divulgación de la

**SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A.C.**

**Dr. Esteban Sánchez Chávez.** Investigador Titular del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Miembro del SNII Nivel III, líder del Grupo de Investigación en Fisiología y Nutrición Vegetal. Las líneas de investigación que cultiva son: Biofortificación con micronutrientes, Nanotecnología aplicada a la agricultura, Nutrición de cultivos hortofrutícolas y Fisiología del estrés en plantas.

**Dra. Jesús Alicia Chávez Medina.** Profesor Investigador Titular C del CIIDIR-Unidad Sinaloa del Departamento de Biotecnología Agrícola. Miembro del SNII nivel I, Investigador Honorífico del Sistema Sinaloenses de Investigadores. Coordinadora del nodo CIIDIR de la Red de Medio Ambiente (REMA-IPN). Las líneas de investigación que cultiva son: Estudio de la biodiversidad y conservación de especies de interés cultural, económico, medicinal y en riesgo o peligro de extinción.



---

Envía tus contribuciones científicas a la revista **Terra Latinoamericana**, órgano de difusión de la SOCIEDAD MEXICANA DE LA CIENCIA DEL SUELO, A. C.

**TERRA**  
Latinoamericana



ISSN Electrónico 2395 - 8030