

Aislamiento de microorganismos endófitos en maíces blancos nativos de la Huasteca Hidalguense

Isolation of microbial endophytes from native white maize races in Hidalgo's Huasteca

Leila Abril Obregón-Lezama^a, Edgar Iván Roldán-Cruz^b, Víctor Manuel González-Mendoza^{b}*

Abstract:

Maize, like other plants, employs several mechanisms to grow, reproduce, and defend itself, among which its symbiotic relationships with endophytic microorganisms stand out as an adaptation strategy. These interactions play a key role in adapting to constantly changing environmental conditions, which require specific responses and appropriate acclimation to mitigate harmful effects. In this study, we quantify cultivable endophytic microorganisms isolated from native white maize and different localities in Hidalgo's Huasteca, and compare them with those of a commercial hybrid line. Endophyte isolation was carried out using three microbial release strategies: sterile water, PBS solution, and LB medium, followed by isolation, purification, and morphological characterization. The results showed that the isolation medium, origin, and producer influenced the isolates. Some native white maize races yielded more microbial isolates than hybrid lines, suggesting an association with the crop's regional adaptation, microclimatic conditions, and traditional agricultural practices. These works highlight the role of native maize and milpa systems as reservoirs of fast- and slow-growing microorganisms with biotechnological potential to strengthen sustainable agriculture.

Keywords:

Endophytic microorganisms, native white maize races, Hidalgo's Huasteca, biotechnology

Resumen:

Al igual que otras plantas, el maíz emplea diversos mecanismos para crecer, reproducirse y defenderse, entre los que destacan las relaciones simbióticas con microorganismos endófitos como estrategia de adaptación. Estas interacciones resultan especialmente relevantes porque las plantas se enfrentan de manera constante a condiciones ambientales cambiantes, lo que requiere respuestas oportunas y una adecuada aclimatación para mitigar los efectos perjudiciales. En este estudio se estimó el número de microorganismos endófitos cultivables presentes en semillas de maíces blancos nativos procedentes de distintas localidades de la Huasteca hidalguense. Y se empleó una línea híbrida comercial como control. El aislamiento de microorganismos endófitos se realizó mediante tres estrategias de liberación microbiana, utilizando como medios de escrutinio agua estéril, solución de PBS y medio LB. Para realizar posteriormente su limpieza y su caracterización morfológica. Los resultados mostraron que algunos microorganismos cultivables se ven influenciados por el medio de aislamiento, el sitio de procedencia o el tipo de productor. Las razas de maíces nativos presentaron más aislados microbianos que el maíz híbrido. Lo que sugiere un efecto asociado a la adaptación local del cultivo, al microclima o a las prácticas agrícolas tradicionales. Estos hallazgos resaltan el papel de los maíces nativos y de los sistemas tipo milpa como reservorios de microorganismos de rápido y lento crecimiento, con potencial biotecnológico para el fortalecimiento de un campo agrícola sustentable.

Palabras Clave:

Microorganismos endófitos, maíces blancos nativos, Huasteca hidalguense, biotecnología

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias | Santiago Tulantepec de Lugo-Guerrero, Hidalgo | México, Leila Abril Obregón-Lezama, <https://orcid.org/0009-0003-1994-9806>, Email: ob440979@uaeh.edu.mx

^b Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Subsede Hidalgo | Distrito de Educación, Salud, Ciencia, Tecnología e Innovación. Boulevard Santa Catarina, San Agustín Tlaxiaca, Hidalgo | México, Edgar Iván Roldán-Cruz, <https://orcid.org/0000-0001-6811-7967>, Email: rcruze@gmail.com

* Autor de Correspondencia: Víctor Manuel González-Mendoza, <https://orcid.org/0000-0003-0082-9954>, Email: victor.gonzalez@ciad.mx

Fecha de recepción: 09/02/2026, Fecha de aceptación: 27/05/2026, Fecha de publicación: 05/09/2026



1. Introducción

En México, el maíz es el cultivo más importante y primordial para la dieta y la cultura nacionales. Y representa el de mayor valor económico y se cultiva en todo el país. Sin embargo, el sector agropecuario nacional enfrenta un escenario complejo, marcado por la reducción de la productividad, el impacto del cambio climático y la falta de políticas públicas eficaces [1, 2]. En Hidalgo, se sembraron 213.606,4 hectáreas (ha) de maíz grano en 2024, lo que corresponde al 3,2 % de lo nacional, con una pérdida de solo 0,4 % por siniestro y un volumen de producción de 658.639,48 toneladas (t). En la pandemia de 2019, la producción disminuyó a 602.021,35 t y no ha logrado recuperar los máximos históricos de 731.734,06 t de 2017 (datos obtenidos del sistema de información agroalimentaria y de consulta SIACON, ciclo 2016-2024) [2].

La Huasteca hidalguense comprende el noroeste del estado de Hidalgo, que incluye los municipios de Atlapexco, Huautla, Huazalingo, Huejutla de Reyes, Jaltocán, San Felipe, Orizatlán, Xochiatipan y Yahualica. Que representa una de las principales regiones productoras del estado de Hidalgo, con una extensión territorial sembrada en 2024 de 43,263 ha (20.3 %), mientras que la zona metropolitana de Pachuca solo el 9.4 %, la Sierra Alta el 11.3 %, el Valle del Alto Mezquital el 16.6 %, el Valle de Tulancingo el 17.7 % y la zona de riego del río Tula el 24.8 % del total sembrado. Sus volúmenes de producción para el ciclo 2024 fueron de tan solo 61.968,34 t y de 1,3 a 1,5 t/ha de rendimiento, mientras que la zona de riego alcanzó 372.786,91 t y rendimientos de 8 a 12 t/ha [2, 3].

Sin embargo, para las producciones caracterizadas por la siembra de riego de temporal, un uso reducido de fertilizantes, prácticas agrícolas de conservación y el empleo de semillas nativas, la Huasteca destaca por rendimientos buenos y estables que van de 1.4 a 1.6 t/ha. Siendo lo común de 0.6 a 0.8 t/ha. Lo que nos lleva a la pregunta: ¿qué lo hace tan fértil? ¿Y cómo se encuentra la diversidad de microorganismos endófitos en las semillas? En este trabajo, se define un endófito como cualquier organismo capaz de colonizar un tejido interno de

la planta y permanecer en él hasta la siguiente generación mediante sus semillas [4]. Y dado que no le causa daño a su huésped y es asintomático, surgen las siguientes interrogantes. Dichos están relacionados con su posible función, su papel ecológico, su capacidad de promover el crecimiento vegetal, sus capacidades emergentes o su capacidad de mitigar el estrés biótico y abiótico [5-8].

Por ello, en el presente trabajo se aislaron microorganismos endófitos asociados a los maíces blancos nativos de la Huasteca hidalguense. Y posteriormente, estudiar su posible contribución a mitigar los efectos del estrés abiótico o al mantenimiento del crecimiento y del desarrollo de los cultivos en condiciones ambientales adversas. Asimismo, se ha determinado que los maíces nativos albergan una mayor diversidad microbiana que los maíces híbridos [9], y se ha especulado sobre cómo confieren adaptación a condiciones ambientales o sobre su uso para promover el desarrollo vegetal [10]. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue estimar la cantidad de microorganismos endófitos asociados a maíces blancos nativos de esta región, como una base para el fortalecimiento del conocimiento sobre las interacciones planta–microorganismo y su potencial función en sistemas agrícolas con ambientes estresantes

2. Materiales y métodos

2.1. Sitio de muestreo.

Las semillas de maíces nativos fueron donadas por productores y familias de la región de la Huasteca hidalguense cercanas a Atlapexco, Hidalgo. Estas se obtuvieron de dos regiones de Atlapexco, Hidalgo: la primera, en la comunidad de Naranjos, para los productores 1 y 2; y la segunda, en Tenexco II, para el productor 3. Mientras que otras se hicieron de las cabeceras de Huautla, Hidalgo, para el productor 4, y de Yahualica, Hidalgo, para el productor 5. Nosotros también empleamos la línea híbrida Ares de Syngenta como control. El tamaño de la muestra fue variable y se emplearon de 2 a 3 mazorcas, desechando los granos de la base y los descritos por Gastelum y col. (2022), con algunas modificaciones [9]. Los aislamientos consistieron en diluciones seriadas de hasta 10^3 en cada uno de

los medios recuperados y se plaquearon 150 μ L en placas de LB. Finalmente, se incubaron a 37 °C durante 24 o 48 h. Cabe mencionar que cada cepa se limpió con al menos 3 pases y se seleccionaron solo aquellas que presentaban características particulares y diferenciadas entre sí.

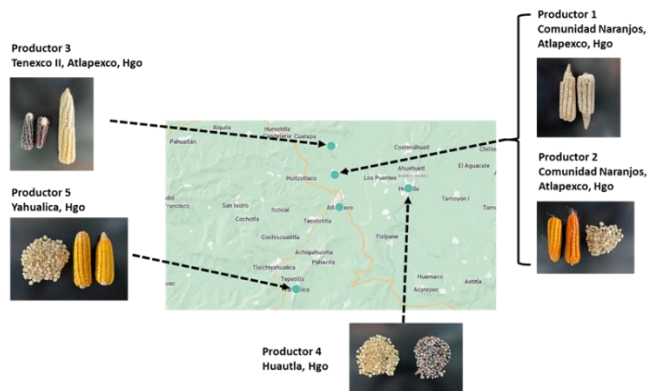


Figura 1. Se presentan los sitios de muestreo y los materiales obtenidos de la Huasteca hidalguense cercanos a Atlapexco, Hidalgo

2.3. Caracterización morfológica

La caracterización morfológica de los aislados microbianos se llevó a cabo en un estereoscopio 40x, con lámpara de luz blanca, marca Leiss. Se evaluaron su color, elevación, forma, margen, opacidad, tamaño de la colonia y capacidad de difusión. Aquí se empleó una conversión de los datos para estimar sus parámetros, de acuerdo con el coeficiente de distancia euclidiana. Todas las cepas se cultivaron en medio sólido LB a 26 °C y, tras 24, 48 o 72 h, se evaluó su fenotipo. Los valores se estimaron para su crecimiento colonial y se registraron como: A) para el crecimiento a 26 °C, donde (1) fue para un crecimiento a 72 h, (2) para el sobrecrecimiento (SC) a 72 h, (3) a 48 h, (4) para SC a 48 h, (5) a 24 h y (6) para SC a 24 h; B) para el tipo de margen, (1) liso, (2) curvo, (3) dentado y (4) puntiagudo; C) para su elevación, (1) plana, (2) loma y (3) meseta; D) para su forma colonial, (1) irregular, (2) ovalada y (3) redonda; E) para su opacidad, (1) translúcida y (2) opaca; F) su tamaño colonial se registró en mm; y en G) su capacidad de difusión, (1) fue sin difusión y (2) con difusión. Los resultados se analizaron con el software comercial XLSTAT.

3. Resultados

3.1. Descripción del sitio de muestreo

En la región de la Huasteca hidalguense, en los alrededores de Atlapexco, Hidalgo, se presenta una economía basada en el comercio de maíz grano. Con climas extremos, que incluyen altas temperaturas y alta humedad, y una alta diversidad de especies (Figura 1). Esta región cuenta con dos ciclos de cultivo: 1) de marzo a junio (primavera-verano) y 2) de julio a noviembre (otoño-invierno). Y las temperaturas máximas superan los 40 °C en mayo, previo a las lluvias de verano (Figura 2). Lo que representa un punto crucial para su adecuación al estrés y la supervivencia del cultivo. Y se siembra principalmente maíz blanco nativo, que se comercializa principalmente en la región por su uso en la elaboración de tortillas y en la preparación de alimentos. El cual presenta como características ser de tipo cónico, de grano ancho y con rendimientos de 1 a 2 toneladas por hectárea. Otros materiales sembrados son los maíces amarillos, empleados principalmente para la alimentación animal. Mientras que los maíces azules son para ciertos productos como la tortilla azul.

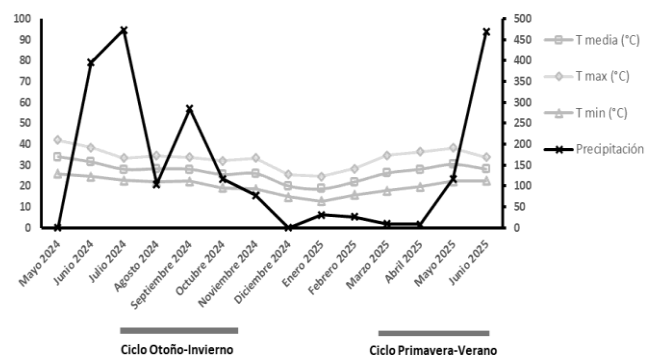


Figura 2. Eventos climatológicos del pasado ciclo de cultivo en la región de la Huasteca hidalguense, cercana a Atlapexco, Hidalgo. Los datos se recopilieron de CONAGUA para la estación meteorológica de Atlapexco y se describen la temperatura media (T media), la máxima (T max) y la mínima (T min) en °C (izquierda) y la precipitación en mm (derecha).

Las colectas se realizaron en dos comunidades de Atlapexco, Hidalgo: Naranjos y Tenexco II, así como en las cabeceras de Huautla y de Yahualica. El productor 1, de la comunidad de

Naranjos, reportó que cosechó maíz blanco ancho, que su cultivo se expuso al calor y a escasas lluvias, y que empleó prácticas agroecológicas, tales como la incorporación de rastrojo y la fertilización con materia orgánica, en un predio de una hectárea, con rendimientos inferiores a la tonelada. El productor 2 cosechó maíz blanco y amarillo y mencionó que se registró mucho calor húmedo durante el cultivo. El productor 3, perteneciente a Tenexco II, no supo describir su ciclo de cultivo. Mientras que el productor 4, que comercializa su producto en el mercado de Atlapexco, señaló que el clima en Huautla es similar al de Atlapexco. Y el productor 5 de Yahualica constató que el clima no es tan cálido y que llega a ser más frío que en Atlapexco. En el presente trabajo se postula la existencia de material con capacidad o potencial para adaptarse al estrés abiótico actual.

3.2. Aislamiento de microorganismos endófitos cultivables.

Con el propósito de estimar la cantidad de microorganismos endófitos cultivables presentes en los maíces nativos, se realizó un experimento con base en el tipo de medio de aislamiento y en su origen. Para ello se emplearon medios simples de agua estéril, un salino con PBS y otro de enriquecimiento con LB. Los resultados indican que el mejor medio de liberación fue el agua, con 51; el medio salino con PBS, con 43; y el medio LB, con 36 (Figura 3). Entre los aislados presentes en agua, el 51 % presentó un crecimiento visible y una colonia estable a las 24 h, mientras que el 47 % lo hizo a las 48 h. En el caso de los aislados en solución salina con PBS, se observó que un 44 % creció a las 24 h, un 35 % a las 48 h y un 21 % a las 72 h. Finalmente, en el medio LB, el 89 % creció a las 24 h y solo el 11 % a las 48 h. Sugiriéndonos que la comunidad de endófitos cultivables es muy diversa, y que una sola estrategia de aislamiento no estima la población presente.

En este trabajo también se plantea la presencia de microorganismos que crecen en microclimas específicos. Los resultados mostraron que la región con mayor número de aislados fue la de Atlapexco, con 38 para el productor 2, 23 para el productor 1 y 22 para el productor 3, seguida de 17 aislados en Yahualica y 15 en Huautla. Y las

semillas de Syngenta presentaron solo 15. Teniéndose que, para el productor 1, sus aislados crecieron en un 56,5 % a las 24 h y en un 43,5 % a las 48 h. Mientras que los del productor 2 se presentaron en un 60.5 % a las 24 h y en un 39.5 % a las 48 h. De igual manera, el productor 4 mostró que el 60 % creció a las 24 h y el 40 % a las 48 h. Y, de manera contrastante, el productor 3 presentó que el 45,5 % creció a las 72 h, y tan solo el 27,3 % a las 48 h y el 27,3 % restante a las 24 h. En el caso del productor 5, se obtuvieron aislados microbianos que crecieron únicamente a las 24 h, mientras que en el maíz híbrido el 60 % creció a las 24 h y el 40 % restante a las 48 h.

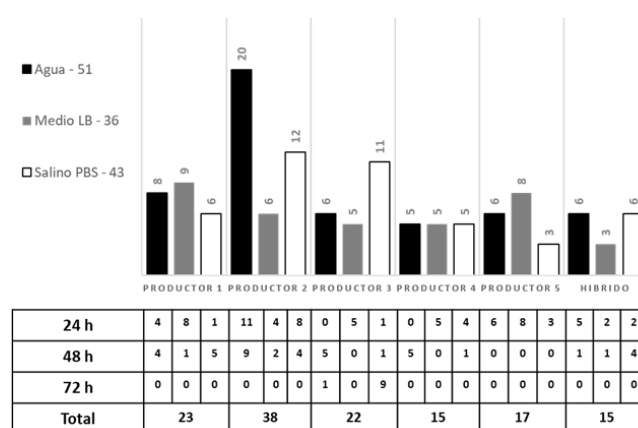


Figura 3. Número de aislados microbianos según el medio empleado para su aislamiento y crecimiento. Se estimó el número de microorganismos por semilla de maíz blanco de acuerdo con el productor y un maíz híbrido

Contrario a lo que se esperaba, dado que se asemeja al obtenido en los maíces nativos. Estos resultados nos sugieren que los productores podrían influir, directa o indirectamente, en la presencia de microorganismos endófitos del maíz. De la misma forma, los microclimas sugieren una selección de microorganismos que se adaptan al tipo de clima: microorganismos de rápido crecimiento a las 24 h en climas calurosos, como los obtenidos en Atlapexco y Huautla, y de lento crecimiento a las 72 h en climas templados, como los de Yahualica. En contraste con los datos de empresas semilleras como Syngenta, donde los microorganismos predominantes presentaron un crecimiento intermedio y no se registró presión de selección por estrés.

4. Discusión

Los resultados obtenidos concuerdan con los de otras líneas de maíz, en las que la diversidad de microorganismos depende del tipo de muestra, del lugar y del clima [5, 11, 12]. En dichos trabajos, las bacterias aisladas, tanto del ambiente como de los tejidos de la planta, se postulan para promover el crecimiento vegetal y conferir tolerancia a factores de estrés abiótico [4, 6]. Los posibles mecanismos involucran la modulación o inducción de hormonas vegetales, genes sensibles al estrés, metabolitos, entre otros [6, 13, 14]. Por ello, estudiar nuevos microorganismos o consorcios microbianos asociados a diversos cultivos y hábitats puede conducir a innovaciones orientadas a lograr una agricultura verde. Y así transitar al uso de biofertilizantes basados en microorganismos con potencial para reemplazar los fertilizantes químicos o minimizarlos. Esto, de acuerdo con la sostenibilidad ambiental, el desarrollo económico y la atención a las problemáticas del cambio climático.

5. Conclusiones

La selección de microorganismos endófitos en una planta está sujeta a los factores ambientales de la región, posiblemente al tipo de suelo o a las prácticas agrícolas, ya sea de forma directa o indirecta. Teniéndose en cuenta que la región de la Huasteca hidalguense es fuente de diversidad microbiana, dada por sus características climáticas y prácticas culturales, entre otras. Cuando el uso de agroquímicos y otros productos que erosionan el suelo es escaso o nulo, el suelo se convierte en un reservorio de microorganismos con potencial biotecnológico para mitigar los efectos del estrés ambiental e incrementar la productividad. Finalmente, la diversidad microbiana estimada en este trabajo estuvo en función del medio de aislamiento, acorde con la procedencia del sitio y el tipo de productor, y posiblemente con las condiciones climáticas del lugar y con el año de muestreo. Lo que evidencia la necesidad de más estudios que evalúen la presencia de microorganismos en los procesos de crecimiento vegetal y en la adaptación al estrés inmerso en cada milpa.

Agradecimientos

Agradecemos al Ing. Cutberto Arriaga Alvarado, por su apoyo en la logística del muestreo, y a los productores y familias que nos proporcionaron los materiales para la realización de este trabajo. El presente es parte del Proyecto Investigadoras e Investigadores por México SECIHTI CIR/004/2024, denominado “Estudio de la función de los microorganismos endófitos y del suelo en el desarrollo de las plantas de maíz y en la aclimatación al estrés abiótico y biótico”.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera considerarse un conflicto de interés.

Referencias

- [1] Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, SADER. Maíz, cultivo de México. Gobierno de México 2023.
- [2] SIACON. Sistema de Información Agroalimentaria y de Consulta. Gobierno de México 2024. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>.
- [3] Guzmán-Anaya L, Lugo-Sánchez MG. Análisis regional de la producción de maíz en México. *Eseconomía* 2024; 19: 9–27.
- [4] Wallace JG. Maize seed endophytes. *Molecular Plant Pathology* 2023; 24(7): 801–810.
- [5] Marag PS, Suman A. Growth stage and tissue specific colonization of endophytic bacteria having plant growth promoting traits in hybrid and composite maize (*Zea mays* L.). *Microbiological Research* 2018; 214: 101–113.
- [6] Omae N, Tsuda K. Plant-microbiota interactions in abiotic stress environments. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 2022; 35(7): 511–526.
- [7] Gastélum G, Gómez-Gil B, Olmedo-Álvarez G, Rocha J. Harnessing emergent properties of

microbial consortia for agriculture: Assembly of the Xilonen SynCom. *Biofilm* 2025; 100284.

[8] González-Mendoza VM, de la Torre M, Rocha J. Plant-Growth Promoting Endophytic Bacteria and Their Role. *IntechOpen: Abiotic stress in plants. Adaptations to Climate Change 2023*: 259.

[9] Gastélum G, Aguirre-von-Wobeser E, de la Torre M, Rocha J. Interaction networks reveal highly antagonistic endophytic bacteria in native maize seeds from traditional milpa agroecosystems. *Environmental Microbiology* 2022; 24(11): 5583–5595.

[10] Qiu D, Wang Y, Xu N, Chen B, Zhu Y, Zhang Z, ..., Qian H. Global variation in plant-beneficial bacteria in soil under pesticide stress. *Nature Communications* 2025; 16(1): 10685.

[11] Ercole TG, Savi DC, Adamoski D, Kava VM, Hungria M, Galli-Terasawa LV. Diversity of maize (*Zea mays* L.) rhizobacteria with potential to promote plant growth. *Brazilian Journal of Microbiology* 2021; 52(4): 1807–1823.

[12] Ikeda AC, Bassani LL, Adamoski D, Stringari D, Cordeiro VK, Glienke C, ..., Galli-Terasawa LV. Morphological and genetic characterization of endophytic bacteria isolated from roots of different maize genotypes. *Microbial Ecology* 2013; 65(1): 154-160.

[13] Kumar A, Verma JP. Does plant—microbe interaction confer stress tolerance in plants: a review? *Microbiological Research* 2018; 207: 41-52.

[14] Kumar V, Nautiyal CS. Plant abiotic and biotic stress alleviation: From an endophytic microbial perspective. *Current Microbiology* 2022; 79(10):01-14.