

Capítulo 15

Bioprospección de microorganismos promotores del crecimiento vegetal en sustratos lignocelulósicos para hortalizas de viveros comunitario

*Kelly Alison Damián de la Cruz*⁸⁵

*Blanca del Rosario Martín Canché*⁸⁶

*Eliezer del Jesús Casado Ramírez*⁸⁷

*José Luis Guillén Taje*⁸⁸

*Guillermina Velasco Viveros*⁸⁹

*Maximiliano Vanoye Eligio*⁹⁰

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE26000336>



⁸⁵ Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle 85 s/n esq.10-B, Col. Unidad Esfuerzo y Trabajo I, CP 24350, Escárcega, Campeche.

⁸⁶ Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle 85 s/n esq.10-B, Col. Unidad Esfuerzo y Trabajo I, CP 24350, Escárcega, Campeche, blanca.mc@escarcega.tecnm.mx.

⁸⁷ Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle 85 s/n esq.10-B, Col. Unidad Esfuerzo y Trabajo I, CP 24350, Escárcega, Campeche.

⁸⁸ Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle 85 s/n esq.10-B, Col. Unidad Esfuerzo y Trabajo I, CP 24350, Escárcega, Campeche.

⁸⁹ Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle 85 s/n esq.10-B, Col. Unidad Esfuerzo y Trabajo I, CP 24350, Escárcega, Campeche.

⁹⁰ Instituto Tecnológico Superior de Escárcega. Calle 85 s/n esq.10-B, Col. Unidad Esfuerzo y Trabajo I, CP 24350, Escárcega, Campeche.

Resumen

La bioprospección microbiana representa una estrategia innovadora para la identificación y aprovechamiento de microorganismos benéficos a partir de residuos agrícolas, particularmente de materiales lignocelulósicos. En Escárcega, Campeche, los viveros comunitarios enfrentan limitaciones productivas asociadas a la degradación del suelo, el alto costo de insumos químicos y la falta de alternativas sustentables, lo que hace necesaria la búsqueda de soluciones basadas en recursos locales. El objetivo de este estudio fue evaluar el potencial de microorganismos promotores del crecimiento vegetal (MPCV), aislados de productos lignocelulósicos, para mejorar el desarrollo y la productividad de hortalizas en viveros comunitarios. La investigación se desarrolló bajo condiciones controladas en el Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, mediante técnicas microbiológicas para el aislamiento de microorganismos nativos, así como ensayos *ex vitro* con un diseño experimental completamente al azar. Se analizaron variables de crecimiento vegetal, como la altura del tallo y el número de hojas, además de pruebas relacionadas con mecanismos de defensa vegetal. Los resultados evidenciaron que los tratamientos con consorcios microbianos presentaron un mejor desempeño en comparación con el testigo, mostrando incrementos significativos en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Se concluye que los MPCV aislados de sustratos lignocelulósicos contribuyen a mejorar la nutrición vegetal, fortalecer las defensas de las plantas y optimizar la estructura del suelo, constituyendo una alternativa sustentable para incrementar la producción agrícola en viveros comunitarios.

Introducción

La bioprospección es un enfoque orientado a la identificación y aprovechamiento de compuestos, genes y organismos presentes en los recursos biológicos con potencial para el desarrollo de nuevos productos y aplicaciones (Sali, 2014). En el ámbito agrícola, los viveros comunitarios desempeñan un papel fundamental en la producción de hortalizas destinadas al autoconsumo y al fortalecimiento de la economía local; no obstante, su productividad se ve limitada por la baja fertilidad de los suelos, el acceso limitado a insumos agrícolas y la dependencia de fertilizantes químicos de alto costo y con impactos negativos al ambiente (Rodríguez, 2024)

Ante esta situación, los Microorganismos Promotores del Crecimiento Vegetal (MPCV) surgen como una alternativa sustentable al uso de fertilizantes sintéticos, al favorecer el desarrollo vegetal y mejorar el rendimiento de los cultivos en sistemas productivos locales (Reyes et al., 2024). En este contexto, los productos lignocelulósicos, al ser residuos agrícolas ricos en materia orgánica, constituyen un reservorio natural de microorganismos benéficos con potencial aplicación agrícola (Tanya y Leiva-Mora, 2019).

En las zonas cercanas a Escárcega, especialmente en el ejido Kilómetro 36, la jícama es un cultivo importante tanto para la agricultura como para la economía local. En esta área se destinan alrededor de 150 hectáreas al programa Sembrando Vida, donde la producción agrícola principalmente es en jícama y maíz (Esparza, 2024). A pesar de su demanda local y su importancia económica, la jícama enfrenta limitaciones asociadas a la dependencia de las lluvias por la falta de sistemas de riego, así como a la incidencia de plagas como pulgones, chinches y tejones, que generan pérdidas significativas (Valles-Salas et al., 2025).

Por ello, se realizaron ensayos *ex vitro* bajo condiciones controladas en las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de Escárcega, con el fin de estudiar y aplicar microorganismos nativos aislados de productos lignocelulósicos como una estrategia para mejorar el desarrollo del cultivo y reducir la dependencia de insumos convencionales.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en el kilómetro 36 del municipio de Escárcega, Campeche, una zona agrícola donde el cultivo de jícama es una actividad representativa, razón por la cual se utilizaron semillas de esta especie para la evaluación en condiciones *ex vitro*. Como residuo lignocelulósico se empleó cascarilla de arroz, obtenida de una arrocería local, la cual se utilizó como sustrato para el aislamiento de los microorganismos evaluados. El material fue lavado y secado a temperatura ambiente; posteriormente, se realizó el estudio en muestras no esterilizadas y esterilizadas en autoclave.

Ambas fracciones de cascarilla de arroz se sembraron en medio Papa Dextrosa Agar (PDA) bajo condiciones asépticas e incubadas a 26-28 °C para favorecer el desarrollo microbiano. Las colonias obtenidas se aislaron y conservaron en medio líquido estéril para su posterior uso. Las cepas aisladas se utilizaron para preparar suspensiones acuosas en una proporción 4:1 (agua destilada: inóculo), en las cuales las semillas de jícama se sumergieron durante una hora antes de la siembra.

La aplicación de los consorcios microbianos se realizó en vivero bajo condiciones *ex vitro*, utilizando un diseño experimental completamente al azar y un periodo de evaluación de un mes. Los tratamientos incluyeron consorcios derivados de cascarilla de arroz esterilizada y no esterilizada, así como un testigo sin inoculación. Durante el ensayo se evaluaron variables de crecimiento vegetal, tales como altura del tallo, número de hojas y peso fresco, y se realizaron pruebas cualitativas de alcaloides en raíz y tallo mediante los reactivos de Dragendorff y Hager. Los datos obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva y el uso de gráficas comparativas para identificar diferencias entre los tratamientos.

Resultados y discusión

Los consorcios microbianos nativos asociados a residuos lignocelulósicos han sido ampliamente reconocidos por su capacidad para estimular el crecimiento vegetal y mejorar el vigor de las plantas (Steven, 2020; Echeverri et al., 2023). En el presente estudio, la identificación microscópica de los microorganismos aislados de la cascarilla de arroz evidenció la

presencia de levaduras del género *Saccharomyces*, principalmente *Saccharomyces cerevisiae*, así como bacterias bacilares Gram positivas del género *Bacillus*, destacando *Bacillus subtilis* (Figura 1). Ambos grupos han sido reportados como microorganismos promotores del crecimiento vegetal debido a su participación en la solubilización de nutrientes, producción de fitohormonas y síntesis de metabolitos que favorecen el desarrollo radicular y aéreo de las plantas.

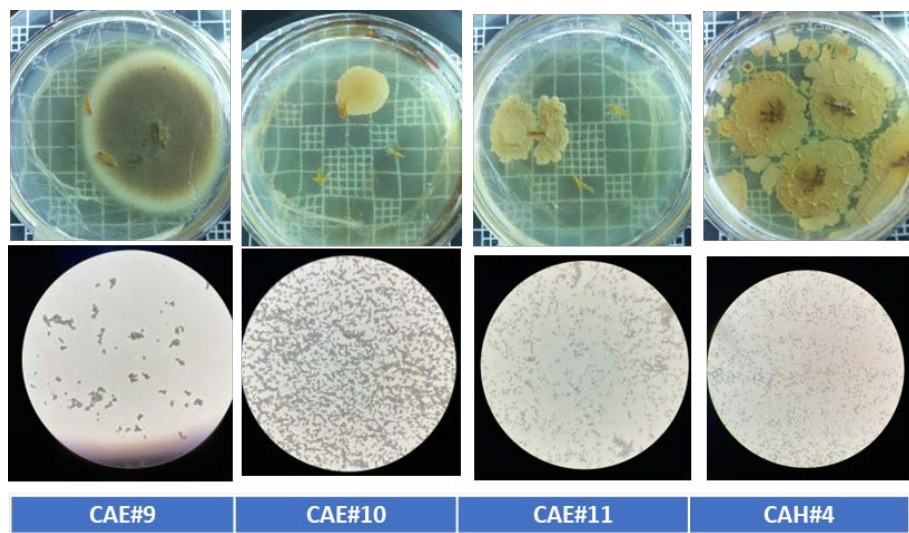
Las levaduras asociadas a ambientes ricos en materia orgánica contribuyen a la disponibilidad de nutrientes y a la producción de compuestos bioactivos que favorecen la germinación y el establecimiento inicial de las plántulas de jícama. Por su parte, las bacterias del género *Bacillus* se caracterizan por su capacidad para degradar materia orgánica, formar biofilms protectores en la rizosfera y producir sustancias promotoras del crecimiento, como auxinas y otros reguladores vegetales, lo que resulta particularmente beneficioso en cultivos de jícama durante las etapas tempranas de desarrollo. La interacción y coexistencia de estos grupos microbianos favorece una mayor asociación planta–microorganismo, lo que se traduce en un mejor desempeño fisiológico y un desarrollo vegetativo superior, reflejado en incrementos significativos en la altura del tallo y el número de hojas (Gráficas 1 y 2), en concordancia con lo reportado por Pedraza et al. (2010) y Saltos Zambrano (2022).

Asimismo, las pruebas de alcaloides mostraron diferencias en la respuesta bioquímica de las plantas en función del tratamiento aplicado. El testigo presentó una reacción moderada con el reactivo de Dragendorff y ausencia de respuesta con Hager, mientras que las plantas inoculadas con consorcios microbianos exhibieron reacciones positivas con ambos reactivos, con variaciones en la intensidad. En particular, algunos consorcios derivados de cascarilla de arroz esterilizada mostraron respuestas más marcadas, lo que sugiere una mayor acumulación de compuestos alcaloides (Cuadro 1). Esta respuesta bioquímica indica que la inoculación microbiana puede inducir modificaciones en el metabolismo secundario de la jícama, posiblemente relacionadas con mecanismos de defensa, adaptación y fortalecimiento fisiológico de las plantas (Eastman et al., 2022).

En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que las bioformulaciones microbianas elaboradas a partir de microorganismos nativos

aislados de la cascarilla de arroz ejercen un efecto positivo sobre el crecimiento y desarrollo de la jícama, particularmente durante las etapas iniciales del cultivo. Dicho efecto se refleja en un mayor desarrollo del tallo y en el incremento del número de hojas en comparación con el tratamiento testigo. Resultados concordantes han sido reportados en la aplicación de bioformulaciones microbianas en diversos cultivos de importancia económica, como chile habanero (Reyes-Ramírez et al., 2014; Castillo-Nole, 2024), tomate (Hernández-Valladares et al., 2021) y maíz (Quintal-Vargas, 2024), entre otros (De Salamone, 2012). La respuesta fisiológica y bioquímica observada en este estudio respalda el potencial de estas bioformulaciones como bioinsumos agrícolas sustentables, capaces de mejorar la productividad y la calidad de los cultivos de jícama en viveros comunitarios y en sistemas productivos locales.

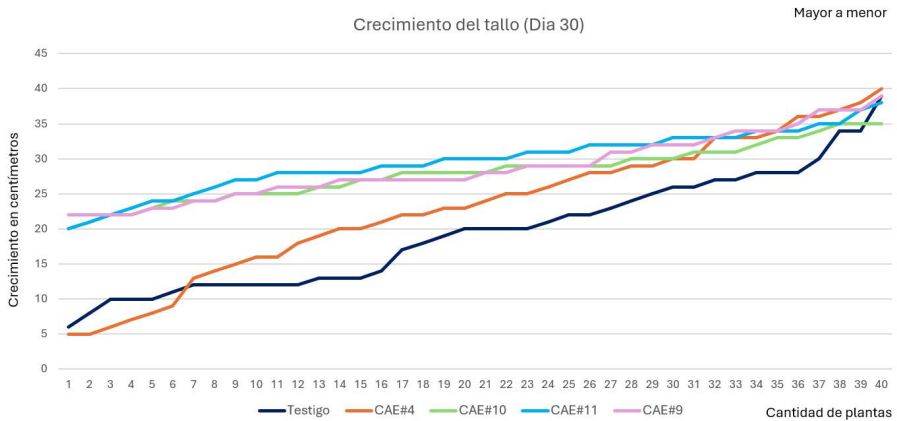
Figura 1
microorganismos presentes en productos lignocelulósicos.



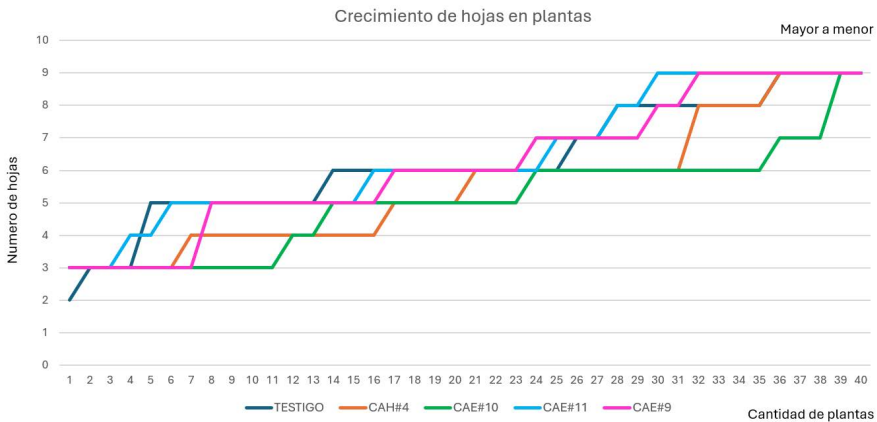
Cuadro 1*Resultados de pruebas de alcaloides.*

| ID | Testigo (sin reactivos) | Drangendorff | Hager |
|--------------------|--|--|--|
| Testigo (extracto) | Sin presencia (-) | Presencia moderada (++) , Coloración naranja intensa, sin residuos | Sin presencia de cristales (-) |
| CAE#9 | Presencia leve (+), tiene un color coral claro, sin residuos | Presencia moderada (++) , Coloración naranja un tono más claro y libre de residuos | (++) Presencia moderada, con una transparencia opaca |
| CAE#10 | Presencia leve (+), coloración coral clara transparente, sin residuos | Presencia moderada (++) , Coloración naranja, sin residuo, sin variación de coloración | Con una leve presencia de cristales (+) |
| ID | Testigo (sin reactivos) | Drangendorff | Hager |
| CAE#11 | Sin presencia (-) | Presencia moderada (++) , Coloración naranja, sin residuos | Presencia muy marcada, con mayor opacidad (+++) |
| CAH#4 | Presencia leve (+), coloración amarillo claro transparente, sin residuos | Presencia muy marcada (+++), Coloración naranja un tono más oscuro, sin residuos | Presencia leve, con opacos y transparencia (+) |

Gráfica 1
Crecimiento del tallo de jícama.



Gráfica 2
Crecimiento de hojas de jícama.



Conclusiones

Los consorcios microbianos nativos obtenidos de la cascarilla de arroz mostraron un efecto positivo en el desarrollo de la jícama en viveros comunitarios, evidenciado por un mayor crecimiento del tallo y un incremento en el número de hojas respecto al tratamiento testigo. La presencia de levaduras del género *Saccharomyces* y bacterias del género *Bacillus*

explica el mejor desempeño vegetativo observado, ya que estos microorganismos favorecen la disponibilidad de nutrientes y el vigor de las plantas. En conjunto, los resultados respaldan el uso de microorganismos asociados a residuos lignocelulósicos como una alternativa sustentable y viable para promover el crecimiento vegetal y reducir la dependencia de insumos agrícolas convencionales.

Referencias

- Castillo-Nole, M. J., Vega-Ronquillo, M., Pechu-Santisteban, J. M., & Campos-Albornoz, M. E. (2024). *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* sp. como promotores de crecimiento y producción del tomate en un biohuerto urbano. *Revista Investigación Agraria*, 6(3), 13-23.
- De Salamone, I. E. G. (2012). Microorganismos promotores del crecimiento vegetal. *Informaciones Agronómicas*, 12.
- Eastman, I., Alonso, V., Armand Ugón, V., Rondoni, M., Ferreira, V., Rodríguez, C., ... & Platero, R. (2022). *Capacidad de promoción del crecimiento vegetal de beta-rizobios simbiosis de leguminosas nativas*.
- Echeverri, V. M. O., López, M. M., García, J. J. O., & Duque, E. X. C. (2023). Producción de celulasas con cultivos puros y mixtos de *Trichoderma reesei* y *Aspergillus fumigatus* usando cascarilla de arroz como sustrato. *Revista EIA*, 20(40), 8.
- Esparza, L. (2024). *Estudio Técnico para el Programa de Ordenamiento Ecológico Participativo Local (POEL) del territorio del municipio de Escárcega, Campeche*.
- Hernández-Valladares, N. L., Palemón-Alberto, F., Damián-Nava, A., Cruz-Lagunas, B., Herrera-Castro, N. D., Ortega-Acosta, S. Á., ... & Reyes-García, G. (2021). Inoculación de bacterias promotoras de crecimiento vegetal y su efecto en ecotipos de tomate. *Revista fitotecnia mexicana*, 44(4), 581-589.
- Pedraza, R. O., Teixeira, K. R., Scavino, A. F., de Salamone, I. G., Baca, B. E., Azcón, R., & Bonilla, R. (2010). Microorganismos que mejoran el crecimiento de las plantas y la calidad de los suelos. *Revisión. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 155-164.

- Quintal-Vargas, Y. Y., López-Hernández, M. B., & Vargas-Díaz, A. A. Rizobacterias aisladas en cultivo de maíz (*Zea mays* L.) con potencial biofertilizante. (2024). *Contribución al Conocimiento Científico y Tecnológico en Oaxaca*, 8(8).
- Reyes, P., Oliveros, J., Racedo, C., & Giraldo, A. B. (2024). Uso de la biodiversidad para mejorar la agricultura: tendencias en la investigación y el mercado en biofertilizantes en Colombia. *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales*, (10).
- Reyes-Ramírez, A., López-Arcos, M., Ruiz-Sánchez, E., Latournerie-Moreno, L., Pérez-Gutiérrez, A., Lozano-Contreras, M. G., & Zavala-León, M. J. (2014). Efectividad de inoculantes microbianos en el crecimiento y productividad de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agrociencia*, 48(3), 285-294.
- Rodríguez, D. T. G. (2024). La producción de alimentos para autoconsumo. *Revista multidisciplinaria Voces de América y el Caribe*, 1(1), 52-79.
- Sali, H. L. H. S. A. (2014). Bioprocessing of Agricultural Residuals for the Optimum Production of Extracellular Xylanase by *Aspergillus brasiliensis* in Solid State Fermentation (SsF). *Journal Of Biodiversity Bioprospecting And Development*, 01(02).
- Saltos Zambrano, J. E. (2022). *Uso de microorganismos efectivos, en el manejo agronómico de hortalizas* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022).
- Steven, M. C. C. (2020). *Influencia De Los Residuos De La Cascarilla Del Arroz Mas Inoculantes Biologicos enLa Produccion De Pepino (Cucumis Sativus)* (Doctoral Dissertation, Universidad Agraria Del Ecuador).
- Tanya Morocho, M., & Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro agrícola*, 46(2), 93-103.
- Valles-Salas, G., Avila-Galván, A. M., Manzanares-Meza, O. A., García-Ríos, B., Carmona-Luna, M. C., & Morales-Castro, J. (2025). De residuos a la innovación: revalorización de subproductos agroindustriales Mexicanos como estrategia de desarrollo sostenible. *Tendencias en energías renovables y sustentabilidad*, 4(1), 173-179.