

Agro-Divulgación

Año 5 • Volumen 5 • Número 2 •
marzo-abril, 2025

Amaranto (*Amaranthus* sp.) como alternativa
al arroz en la preparación de maki sushi **7**

Rutas generales para el aprovechamiento
de residuos agrícolas **11**

Hoja de ruta de innovación estratégica
para las MiPyMES del Sector Rural **15**

Alternativas sustentables en la producción
de forrajes **19**

El higo (*Ficus carica* L.) en Tatatila,
Veracruz: Una apuesta por la
diversificación agrícola y el desarrollo
rural **23**

La nutrición potásica reduce la producción
alternante en mango 'Ataulfo', en el sur de
Guerrero **27**

Valoración del Sistema Productivo Vainilla
en algunas Regiones de México **31**

y más artículos de interés...

Caracterización fenotípica de
aves Criollas
(*Gallus gallus* D.)
un recurso genético
para la alimentación de las
comunidades rurales de México

página 73




Colegio de
Postgraduados


Contenido

Año 5 • Volumen 5 • Número 2 • marzo-abril, 2025


Semblanza	
JORGE M. VALDEZ CARRASCO	3
Casos de éxito	
Amaranto (<i>Amarathus</i> sp.) como alternativa al arroz en la preparación de maki sushi	7
Rutas generales para el aprovechamiento de residuos agrícolas	11
Hoja de ruta de innovación estratégica para las MiPyMES del Sector Rural	15
Alternativas sustentables en la producción de forrajes	19
El higo (<i>Ficus carica</i> L.) en Tatatila, Veracruz: Una apuesta por la diversificación agrícola y el desarrollo rural	23
La nutrición potásica reduce la producción alternante en mango 'Ataulfo', en el sur de Guerrero	27
Valoración del Sistema Productivo Vainilla en algunas Regiones de México	31
Efecto de la aplicación de TDZ y cubierta plástica en la brotación de nopal tunero	39
Reducción de mortalidad de gazapos predestete con acciones de bienestar animal en unidades cunícolas del Oriente del estado de México	43
Germinación de semillas de maíz y crecimiento de plántulas por tratamiento con nanopartículas de óxido de zinc	49
Actinobacterias promotoras de crecimiento vegetal aisladas de hormiga arriera (<i>Atta mexicana</i> Smith)	53
Síntesis de nanopartículas de óxido de zinc (NPs-ZnO) y sus aplicaciones en la agricultura	59
De la Química al Campo: El Impacto de los Inhibidores de la Nitrificación	63
Producción de huevo de gallinas Criollas bajo un sistema alternativo y convencional	69
Caracterización fenotípica de aves Criollas (<i>Gallus gallus</i> D.), un recurso genético para la alimentación de las comunidades rurales de México	73
Modelos no lineales en curvas de crecimiento de conejos	79
Forraje fresco de soya (<i>Glycine max</i>) como sustituto parcial del alimento comercial en la engorda de conejos en el trópico seco	85
In extenso	
Insectos visitantes en las flores del cafetal de sombra	93
<i>Mammillaria spinosissima</i> subsp. <i>pilcayensis</i> : en riesgo de desaparecer de su hábitat natural	101

Comité Científico

Dr. Said Infante Gil
Colegio de Postgraduados
México
 0000-0001-9127-2033

Dr. Juan Francisco Aguirre Medina
Universidad Autónoma de Chiapas
México
 0000-0002-8269-7854

Dr. José Luis Yagüe Blanco
Universidad Politécnica de Madrid
España
 0000-0002-7751-8436

Dr. Pedro Cadena Iñiguez
INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias)
México
 0000-0002-9726-8972

Dra. Libia Iris Trejo Téllez
Colegio de Postgraduados, México
México
 0000-0001-8496-2095

Comité Editorial

Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza - Editora en Jefe
Dr. Jorge Cadena Iñiguez - Fundador de la revista
Dr. Carlos Hugo Avendaño Arrazate - Editor Adjunto
Lic. BLS. Moisés Quintana Arévalo - Cosechador de metadatos
M.C. Valeria Abigail Martínez Sias - Diagramador
M.C. Erika de la Rosa Esquivel - Diseñador
M.A. Ana Luisa Mejía Sandoval - Asistente



Agro-Divulgación

Bases de datos de contenido científico






Agro-Divulgación. Revista impresa de la Editorial del Colegio de Postgraduados, Año 5, Volumen 5, Número 2, marzo-abril 2025. Es una publicación bimestral editada por el Colegio de Postgraduados, Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C.P. 56264. Tel. 5959284427. <https://agrodivulgacion-colpos.org/index.php/1agrodivulgacion1/index>. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de derechos al uso exclusivo núm. 04-2022-080811045100-102. ISSN: 2954-4483, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derechos de Autor. Responsable de la última actualización: M.C. Valeria Abigail Martínez Sias. Fecha de última modificación, 20 de octubre de 2025. El tiraje consta de 500 ejemplares.




Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni del Editor de la publicación.

Contacto principal

 Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza
 Guerrero 9, esquina avenida Hidalgo,
C.P. 56220, San Luis Huexotla, Texcoco,
Estado de México.
 larevalo@colpos.mx

Contacto de soporte

 Soporte
 5959284703
 martinez.valeria@colpos.mx

Directrices para Autoras y Autores

- Naturaleza de los trabajos:** Las contribuciones que se reciban en la revista **Agro-Divulgación** deben ser resultados originales derivados de un trabajo académico de alto nivel sobre los tópicos presentados en la sección de temática y alcance de la revista, la escritura debe ser clara y concisa. Se reciben caso de éxito derivados de la transferencia tecnológica de resultados de investigación ($I+D+i$), desarrollo de nuevas variedades vegetales, desarrollos tecnológicos, patentes, modelos de utilidad, modelos de intervención social (estudios de género, migración, desarrollo rural, psicología social, etc.) de manejo y conservación de recursos naturales, modelos de asociación, organización, comercialización e innovaciones entre otros principales temas que hayan sido adoptados por la sociedad.
- Extensión y formato:** Los artículos deberán estar escritos en archivo editable word.doc o .docx, no se aceptan pdfs ni documentos con candados; con una extensión de 3 a 5 cuartillas máximo para los casos de éxito y de 5 a 10 cuartillas para artículos de divulgación *in extenso*, tamaño carta con márgenes de 2.5 centímetros, Arial de 12 puntos, interlineado doble, sin espacio entre párrafos. Las páginas deberán estar foliadas desde la primera hasta la última en el margen inferior derecho. La extensión total incluye abordaje textual cuadros, figuras, imágenes y todo material adicional. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos. Las secciones principales del artículo deberán escribirse en mayúsculas, negritas y alineadas a la izquierda. Los subtítulos de las secciones se escribirán con mayúsculas sólo la primera letra, negritas y alineadas a la izquierda.
- Exclusividad:** Los trabajos enviados a **Agro-Divulgación** deberán ser inéditos y sus autores se comprometen a no someterlos simultáneamente a la consideración de otras publicaciones.
- Idiomas de publicación:** Se recibirán textos en español con títulos y contenido en idioma español. Las publicaciones se harán en idioma español.

5. **ID de las y los Autores:** El nombre de los autores se escribirán comenzando con el apellido o apellidos unidos por guion, el primer nombre de pila completo y el segundo (en caso de haberlo) sólo con la inicial mayúscula seguida de punto, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Los nombres de los diferentes autores quedarán separados por puntos y comas (;). Es indispensable que todos y cada uno de los autores proporcionen su número de identificador normalizado ORCID, para mayor información ingresar a orcid.org
6. **Institución de adscripción:** Es indispensable señalar la institución de adscripción y país de todos y cada uno de los autores, indicando exclusivamente la institución de primer nivel, sin recurrir al uso de siglas o acrónimos. En todo caso, incluir población, municipio, estado y país del lugar de adscripción institucional. Al final del país, seguido de las letras C.P., incluir el código postal.
7. **Estructura:** En el texto principal (separado de la página de presentación), los elementos que se deben incluir son: título, resumen y abstract, problema, solución, evidencias gráficas o tablas de resultados, impactos e indicadores (no incluir bibliografía ni agradecimientos).
8. **Título:** Debe ser breve y reflejar claramente el contenido. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en *itálicas*. No deberá contener abreviaturas ni exceder de 15 palabras. Se escribirá en Altas y bajas (mayúsculas y minúsculas) como una oración normal. Deberá estar escrito en negritas, centrado y no llevará punto final.
9. **Problema:** Se escribirá el problema, su importancia y limitaciones que genera hacia la sociedad o determinado sector de ésta. Asentará con claridad el estado actual del problema justificando brevemente la investigación realizada. No deberá ser mayor a media cuartilla.
10. **Solución:** Se especificará como se desarrolló la solución, incluyendo el tipo de investigación (laboratorio, campo, experimental, participativa, etc.).
11. **Impactos e indicadores:** Son de acuerdo con indicadores de políticas públicas. Se presentan en una sola sección en forma de cuadro, presentando la innovación, el impacto que se tuvo, un indicador general y específico. Deben ser puntuales, claras y concisas, y no deben llevar discusión, haciendo hincapié en los aspectos nuevos e importantes de los resultados obtenidos y que establezcan los parámetros finales de lo observado en el estudio (**Véase ejemplo en la siguiente página**).
12. **Cuadros:** Deben ser claros, simples y conciso. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Los cuadros deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Cuadro 1. Título), y se colocarán en la parte superior. Al pie del cuadro se incluirán las aclaraciones a las que se hace mención mediante un índice en el texto incluido en el cuadro. Se recomienda que los cuadros y ecuaciones se preparen con el editor de tablas y ecuaciones del procesador de textos, evitar enviar cuadros como imágenes. En la versión en español, evitar usar la palabra “Tabla” en lugar de “Cuadro”. Los cuadros deberán contener toda información necesaria para explicarse por sí solos, si se les extrae del artículo.
13. **Uso de siglas y acrónimos:** Para el uso de acrónimos y siglas en el texto, la primera vez que se mencionen, se recomienda escribir el nombre completo al que corresponde y enseguida colocar la sigla entre paréntesis. Ejemplo: Petróleos Mexicanos (Pemex); después sólo Pemex.
14. **Nombres científicos:** Al igual que en el caso anterior, la primera vez que se mencione una especie, se recomienda escribir el nombre común seguido del nombre científico y la abreviatura o inicial del clasificador, entre paréntesis. Ejemplo: tomate (*Solanum lycopersicum* L.); después sólo tomate. En todo caso, se deberán apegar a las normas actuales de clasificación taxonómica de especies.
15. **Elementos gráficos:** Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Las figuras deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Figura 1. Título), y se colocarán en la parte inferior. Las fotografías deben ser de preferencia a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPG, TIF, PNG o RAW. Las gráficas o diagramas serán en formato de vectores (CDR, EPS, AI, WMF o XLS). El autor deberá enviar dos fotografías adicionales para ilustrar la página inicial de su contribución. Las figuras deberán contener toda información necesaria para explicarse por sí solas, si se les extrae del artículo.
16. **Unidades.** Las unidades de pesos y medidas usadas serán las aceptadas en el Sistema Internacional.

Impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador	
			Sector	Ámbito				
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería Secundario: Actividades económicas que transforman las materias primas en productos elaborados (Agroindustria) Terciario: Servicios que se prestan a la sociedad: Comercio, Transporte, Educación, Ocio, etc. Cuaternario: Servicios basados en el conocimiento que prestan industrias de las Tecnologías de Información y comunicación, de consultoría empresarial, de planificación financiera, de informática y de investigación científica. Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)	Social	Ciencia y Tecnología	Competitividad	Registro solicitado y concedido	
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro	Gobierno de los Estados		Económico	Económico	Económico	Recursos Humanos	Certificaciones
Servicios	Cambia el concepto de un servicio, canal de interacción con el cliente, sistema de prestación de servicios, o conceptos tecnológicos que, de forma individual, pero muy posiblemente en combinación, conduce a una o más funciones renovadas o totalmente nuevas de servicio	Productores independientes		Ambiental Conocimiento	Ambiental Conocimiento	Educación	Comercio	Patentes solicitadas y concedidas
Modelo de negocio	Creación o reinención de un negocio	Comunidades Agrarias		Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Responsabilidad Ambiental	Generación de empleos	Número de tesis
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible	Poblaciones en particular		Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Salud Pública	Capacitación	Número de egresados (Lic. M.C., D.C.)
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo	Zonas turísticas		Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Finanzas Públicas	Número de publicaciones
Innovación de código abierto	Filosofía o metodología pragmática que promueve la redistribución libre y el acceso al diseño final de un producto y los detalles de su implementación	Etc.		Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Número de familias beneficiadas
A través de experiencias	Crean experiencias holísticas a través de la participación emocional de sus consumidores			Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Empresas rurales formadas
Innovación disruptiva	Ayuda a crear un nuevo mercado y que es capaz de perturbar de tal forma un mercado existente que en pocos años lo desplaza o desaparece. Ejemplos: telefonía móvil, uso de computadoras, hicieron que desplazara o desaparecer tecnologías anteriores.			Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Empresas formadas
				Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Transferencias tecnológicas
			Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Desarrollo de productos y servicios para la sociedad	
			Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Exportación incremento (%)	
			Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico	
			Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Reducción de mortalidad	
			Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Número de empleos generados	

Semblanza

JORGE M. VALDEZ CARRASCO

El M.C. Jorge M. Valdez Carrasco nació en Los Mochis, Sinaloa, en diciembre de 1955, en el seno de una familia de agricultores. Obtuvo el título de Ingeniero Agrónomo con especialidad en Parasitología por la Universidad Autónoma de Sinaloa, en julio de 1978. Después, realizó la Maestría en Ciencias en el Programa de Entomología y Acarología del Colegio de Postgraduados, obteniendo el grado en junio de 1987. Su trabajo de tesis “Exoesqueleto y musculatura de la mosca del Mediterráneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae)” bajo la dirección del Dr. Enrique Prado Beltrán, y algunas publicaciones que emanaron de ésta, son reconocidos como los más completos en el área de morfología de esa especie. Fue un estudiante sobresaliente y antes de concluir la licenciatura tuvo ofertas de trabajo, no obstante, decidió incorporarse al Colegio de Postgraduados (CP) en Chapingo-México en atención a que la institución era reconocida como la pionera en Ciencias Agrícolas en Latinoamérica. El M.C. Valdez se incorporó al CP como Asistente de Investigación en septiembre de 1977 e ingresó al laboratorio del Dr. Enrique Prado Beltrán, con quién inició su formación como morfológico de insectos. Desarrolló la parte práctica del curso de Morfología de Insectos y en 1989, ante el deceso del Dr. Prado, se convirtió en el titular del curso y especialista nacional. Es reconocido, por estudiantes y académicos, como uno de los mejores profesores del Posgrado en Fitosanidad, por ejemplo, aun cuando en el Programa de Entomología y Acarología su curso no es obligatorio, más del 95% de los alumnos lo han cursado.

Jorge M. Valdez tiene más de 45 años al servicio de la Institución y ha participado, como asesor de tesis de licenciatura y posgrado, en la formación de más de 55 profesionistas. Además de ser morfológico, es un entusiasta autodidacta de la ilustración científica y procesamiento de imágenes. Está atento a las nuevas tecnologías y su aplicación en el trabajo científico, enseñanza e investigación. Además, ha participado en más de 100 cursos de capacitación en el área de morfología, ilustración científica y procesamiento de imágenes. En estos cursos se han capacitado



más de mil personas, entre quienes se encuentra el personal técnico de la Dirección General de Sanidad Vegetal y MOSCAMED del SENASICA, técnicos de los Comités Estatales de Sanidad Vegetal, estudiantes y académicos de licenciatura y posgrado de las principales universidades del país como la UNAM, IPN, UAM, unidades del CINVESTAV y cientos de estudiantes más, en cursos pre-congreso.




Además del rigor científico que caracteriza el trabajo donde participa, Jorge M. Valdez se ha distinguido por su sencillez, accesibilidad y calidad humana, lo que favorece la colaboración no solo con académicos del posgrado de Fitosanidad, sino también con investigadores de otros posgrados del Colegio de Postgraduados como Botánica, Fruticultura, Genética, Edafología y Ganadería. También colabora con académicos e investigadores de otras instituciones nacionales. Resultados de su trabajo se reflejan en su participación como coautor de más de 120 artículos científicos y más de 100 resúmenes de congresos nacionales e internacionales. Su contribución científica en el área de fitosanidad le ha hecho acreedor a varias distinciones. Las más recientes, en 2018 la Asociación Mexicana de Entomología Aplicada le otorgó el Reconocimiento al Mérito Entomológico, y en 2022, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural lo galardonó con el Premio Nacional de Sanidad Vegetal al Mérito Fitosanitario. Además, institucionalmente ha recibido el reconocimiento dentro de los 100 académicos distinguidos a la labor científica en más de 20 ocasiones.

El Maestro Jorge Valdez, con paciencia, esfuerzo, dedicación y un ejemplo de humildad para enseñar y colaborar, ha promovido el estudio de la Entomología y otras ciencias en México. Además, día a día incrementa las oportunidades para que muchos profesionistas, y ahora colegas, trabajen para seguir contribuyendo al conocimiento de las Ciencias Agrícolas.

*Esteban Rodríguez Leyva
J. Refugio Lomeli Flores
Héctor González Hernández*

Casos de éxito

Amaranto (*Amarathus* sp.) como alternativa al arroz en la preparación de maki sushi

Herrera-Corredor, José Andrés¹; Dimas-Vicente, Ángeles¹; Piña-Moreno, Erika¹
Martínez-Damián, Estefanía¹; López-Espíndola, Mirna^{2*}
Ramírez-Rivera, Emmanuel de Jesús^{2*}

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba. Km. 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C.P. 94946.

² Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa. 95005 Zongolica, Veracruz, México.

* Autores para correspondencia: lmirna@colpos.mx; eqramirezrivera@zongolica.tecnm.mx

Problema

Actualmente el interés de los consumidores mexicanos por la comida asiática ha incrementado. Por ejemplo, en la región Córdoba-Orizaba, en Veracruz, México, existen al menos 16 restaurantes donde se produce y se vende maki sushi tradicional. El término “maki” significa enrollado, y generalmente se refiere a los rollos de alga nori rellenos de arroz sushi el cual, se complementa con verduras, pescados y mariscos, de alto valor nutricional. Sin embargo, el uso del arroz puede generar picos elevados de glucemia y por lo tanto es un alimento no recomendado para consumidores con problemas metabólicos derivados de la obesidad como la diabetes e hipertensión. Por tal motivo, el amaranto puede ser una alternativa viable para remplazar el arroz usado en la preparación de sushi maki. El amaranto tiene múltiples beneficios debido a su contenido de aminoácidos esenciales (lisina y triptófano), alto contenido de ácidos grasos insaturados y escualeno. Aunque México es un productor importante de amaranto, según el Panorama Agroalimentario en 2023, el consumo anual per cápita es de sólo 44 gramos, mientras que el de arroz pulido es de 10.1 kg. Esto puede deberse a la falta de diversidad y difusión de alimentos preparados con amaranto. En general, la población sólo asocia el amaranto con las barras conocidas como “alegrías”. El uso de amaranto para preparación de makis es una propuesta viable la cual debe ser analizada desde el punto de vista sensorial con la finalidad de caracterizar y contrastar sus cualidades sensoriales contra el maki de arroz tradicional.

Solución planteada

Se planteó un trabajo de investigación a fin de utilizar el amaranto en la preparación de los makis. Para ello el trabajo se dividió en dos etapas:

Cómo citar: Herrera-Corredor, J. A., Dimas-Vicente, Á., Piña-Moreno, E., Martínez-Damián, E., López-Espíndola, M., & Ramírez-Rivera, E. de J. Amaranto (*Amarathus* sp.) como alternativa al arroz en la preparación de maki sushi. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.333>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 7-10.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



- 1) Acondicionamiento de los granos (arroz para sushi y amaranto sin reventar): Ambos granos se lavaron por separado con agua potable (500 g). Se pasaron por un tamiz para eliminar impurezas. Después se dejaron remojando en un tazón de acero inoxidable por un lapso de 10 min. Al paso de este tiempo se agregó 10 mL de vinagre de arroz y 10 mL de aceite de ajonjolí y se procedió a mezclar los ingredientes hasta su homogenización. Posteriormente se agregó 1000 mL de agua y se hizo una cocción por 30 min. Finalmente se reposó por 10 min a temperatura ambiente (25 ± 5 °C).
- 2) Preparación del maki: las verduras se lavaron y desinfectaron. Posteriormente el aguacate, zanahoria y pepino se cortaron en tiras 1 cm de espesor aproximadamente. Se procedió a colocar el alga Nori en un recipiente de plástico y se le distribuyó el grano cocido de manera homogénea en toda el alga. Posteriormente se colocaron tiras de queso crema, surimi y las verduras (aguacate, zanahoria y pepino). A continuación, se usó una esterilla de plástico para formar el maki. Por último, los rollos se cortaron en rodajas de 2 cm aproximadamente (Figura 1).

Evaluación sensorial de makis

Se seleccionó un grupo de 38 consumidores con edades comprendidas entre 18-40 años (28 mujeres y 10 hombres) del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados. Los consumidores se seleccionaron de acuerdo con los siguientes puntos: 1) disponibilidad de tiempo para la evaluación de los productos y 2) no aversión al maki sushi. Los consumidores evaluaron una rodaja de cada muestra de maki (arroz y amaranto) así como agua para eliminar residuos de sabores de la muestra anterior. Los consumidores usaron una escala hedónica para evaluar los siguientes aspectos sensoriales: apariencia general, combinación de colores, apariencia del grano, aroma, textura, humedad, flavor (combinación de sabores y aromas) y resabio. Los resultados se analizaron usando la prueba de t-student.

Los resultados mostraron que el agrado por los atributos sensoriales de los makis (arroz y amaranto) fue similar. Los promedios obtenidos para el resto de los atributos sensoriales muestran que la alternativa de maki sushi con amaranto no difiere significativamente con

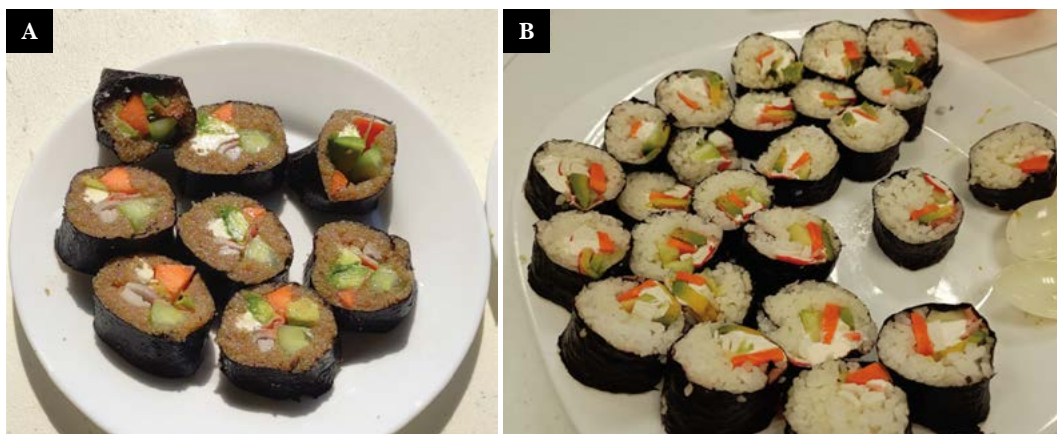


Figura 1. A) Maki preparado con amaranto y B) Maki tradicional preparado con arroz.

el agrado de los atributos del maki sushi tradicional (Cuadro 1). En general, los atributos sensoriales de ambos makis fueron calificados en promedio como “6=me gusta ligeramente” y “7=me gusta moderadamente” de acuerdo con la escala hedónica.

Con respecto a la aceptabilidad e intención de compra, se analizó si estas dependen del sexo, la frecuencia con la que consumen maki sushi y el grano utilizado para la preparación (arroz o amaranto). Los resultados indicaron que la aceptabilidad no dependió de ninguno de los factores mencionados. Sin embargo, la intención de compra dependió de la frecuencia con la que se consume el maki sushi ($p=0.0064$). Esta dependencia está dada por las personas que usualmente no consumen maki sushi (Figura 2), es decir, quienes normalmente no lo consumen no están dispuestos a comprarlo. Esto sugiere que el impacto del uso del amaranto en la preparación de makis podría ser más importante en consumidores eventuales y regulares de makis de arroz.

Cuadro 1. Resultados de la prueba de t-Student y promedio de las muestras de sushi.

Atributo sensorial	Valor de p de t-Student	Promedio de agrado	
		Sushi con amaranto	Sushi con arroz
Apariencia general	0.07	6.17	6.86
Combinación de colores	0.15	6.51	6.97
Apariencia del grano	0.06	6.51	7.13
Aroma	0.77	6.62	6.71
Textura	0.45	6.51	6.78
Humedad	0.06	6.81	6.21
Flavor	0.27	7.29	6.94
Resabio	0.79	6.78	6.71

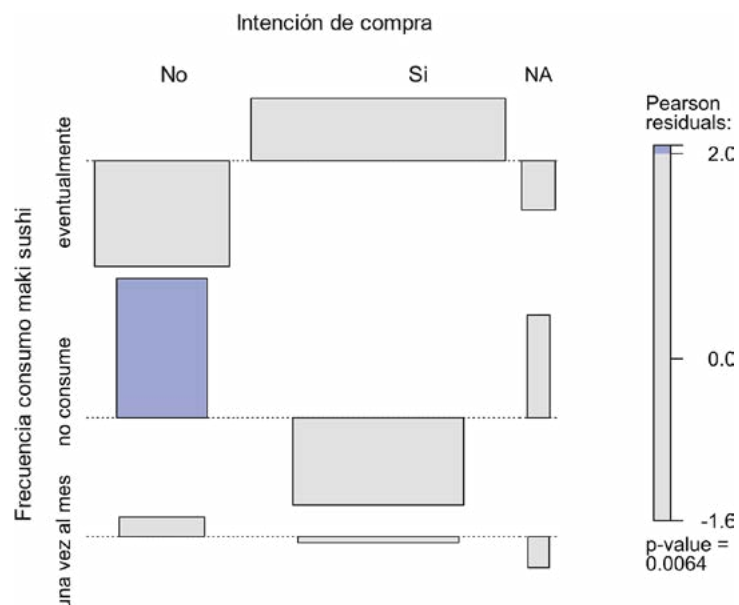


Figura 2. Gráfica de asociación que indica la dependencia de la intención de compra con la frecuencia en el consumo de maki sushi.


Este trabajo muestra una alternativa para el uso de amaranto en la preparación de maki, y que puede impulsarse en los restaurantes japoneses y contribuir directamente al uso y diversificación del grano de amaranto.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de innovación	Descripción	Transferido	Impacto social		Indicador general de políticas públicas	Indicadores específicos	Subindicador
			Sector	Impacto			
Procesos	Propuesta para incrementar el consumo de amaranto en alimentos no tradicionales	Asociaciones de Productores Productores independientes	Primario: Agricultura, Secundario: Actividades económicas que transforman las materias primas en productos elaborados (Agroindustria)	Social y conocimiento	Económico Educación Salud Pública	Competitividad y comercio	Aplicación de técnicas y conocimientos para el desarrollo social y económico relacionados con el aprovechamiento del amaranto y su diversificación para el consumo



Rutas generales para el aprovechamiento de residuos agrícolas

Mónica de Jesús Álvarez Castillo¹; Francisco Javier Morales Flores^{1*};
Gerardo Loera Alvarado¹; Juan Ángel Morales Rueda²; Sandra Berenice Araujo Díaz³;
Jorge Cadena Iñiguez¹

¹ Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide 73, Salinas de Hgo., S.L.P. 78600. México. Tel: 4969630240, 4443909606.

² Viscoelabs, Materials Research Center. Librado Rivera 390. Col. Del Valle., S.L.P. 78200. México. Tel: 4442433193.

³ Facultad de Ciencias Químicas, UASLP. Av. Dr. Manuel Martínez #6, Zona Universitaria, 78210 San Luis Potosí, S.L.P. Tel: 4444225102.

* Autor para correspondencia: franciscojmf@colpos.mx

Problema

El incremento poblacional ha ocasionado fuerte demanda de recursos naturales, por lo que el sector primario se ve implicado a aumentar las actividades productivas de la extracción y obtención de materias primas, generando residuos los cuales ocasionan problemas ambientales adjuntando a esto complicaciones por falta de agua y suelos pobres de nutrientes por la sobrexplotación.

Los principales residuos ocasionados por el sector primario son: Agrícola, ganaderos y forestal. El sector agrícola genera partes no útiles para el consumo de la planta de cultivo como raíces, tallos, hojas, flores, semillas, el sector ganadero genera excrementos, lixivados, pieles y plumas, y por último el sector forestal; restos de podas como ramas y troncos. Así mismo que el nulo conocimiento técnico de transformación de residuos del sector primario por parte de los productores hace que se vuelva cada vez más un problema. El paradigma de algunos residuos es el aprovechamiento como producción de energía (biogás o combustibles). Esto es notorio en comunidades con climas semi secos, donde es necesario aprovechar los recursos naturales de manera sostenible, con un mínimo gasto en insumos. Así mismo, que el incipiente desarrollo local, está impactado por factores, sociales, políticos, económicos, ambientales y culturales, lo que ocasionan pobreza rural, migración y abandono de trabajo parcelario.

Solución planteada

La idea donde los residuos de primera generación (agrícola, ganaderos, forestales y acuícolas) tienen un aprovechamiento, el cual permita la elaboración de productos con beneficio para el productor. Por lo que se propone un flujo con posibles rutas de

Cómo citar: Álvarez Castillo, M. de J., Morales Flores, F. J., Loera Alvarado, G., Cadena Iñiguez, J., Morales Rueda, J. A., & Araujo Díaz, S. B. Rutas generales para el aprovechamiento de residuos agrícolas. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.338>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 11-14.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



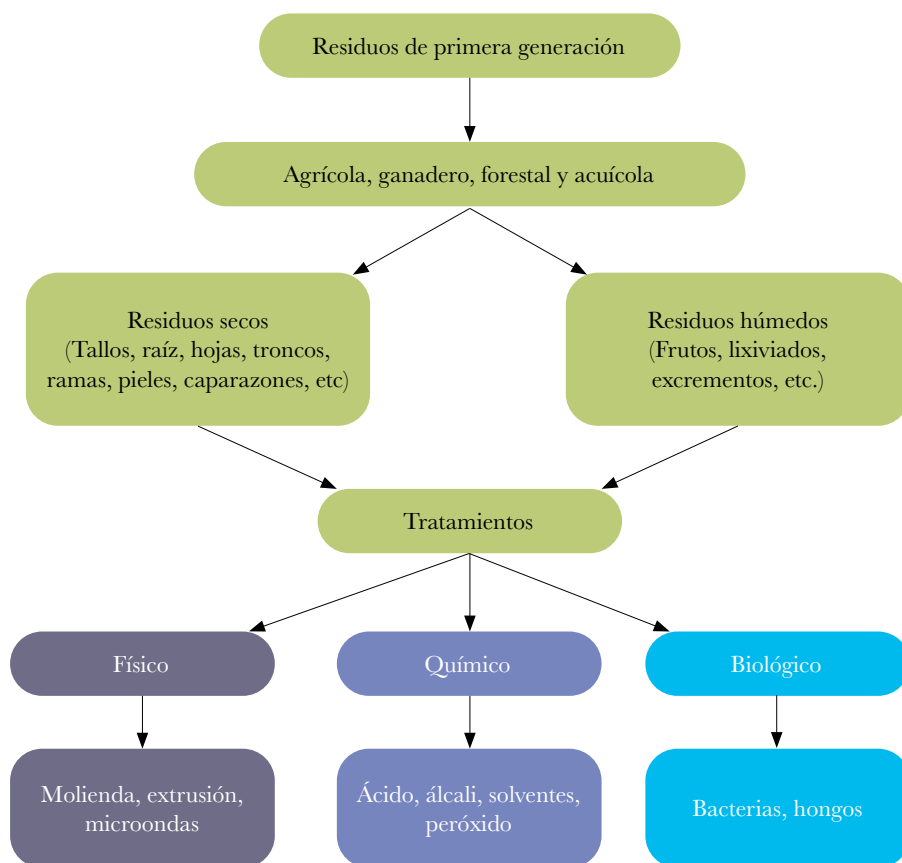


Figura 1. Flujo propuesto para el uso de residuos agroindustriales.

aprovechamiento de los residuos de primera generación y una gráfica en la que se identifican las causas de generación de residuos agrícolas. En el diagrama (Figura 1) se describen los residuos de primera generación como agrícola, ganadero, forestal y acuícola, donde se obtienen dos tipos de residuos: residuos secos y residuos húmedos. Ejemplos de residuos secos: tallos, raíz, troncos, ramas, pieles, caparazones. Ejemplos de residuos húmedos: frutos, lixiviados y excrementos. Estos residuos para ser transformados, es necesario que sean sometidos a tratamientos, los cuales tienen origen físico, químico y biológico. El tratamiento físico consta de someter al residuo a una molienda, extracción, microondas o algunos otros. El tratamiento químico está basado principalmente por sustancias como ácido, álcali, peróxido o solventes, y por último el tratamiento biológico es una aplicación de bacterias u hongos para procesos enzimáticos. Los procesos de elaboración de productos someten a más de un tratamiento.

Para identificar grupos de productores con diversas causas de generación de residuos agrícolas, fue realizada una encuesta a productores de chile y cebolla de las comunidades las Colonias y Conejillo, Salinas de Hidalgo S.L.P., México, Los resultados de la encuesta se muestran en una Gráfica de Sankey (Figura 2), la cual expone de forma sencilla cinco componentes para identificar las causas de la generación de residuos en los cultivos de los productores.

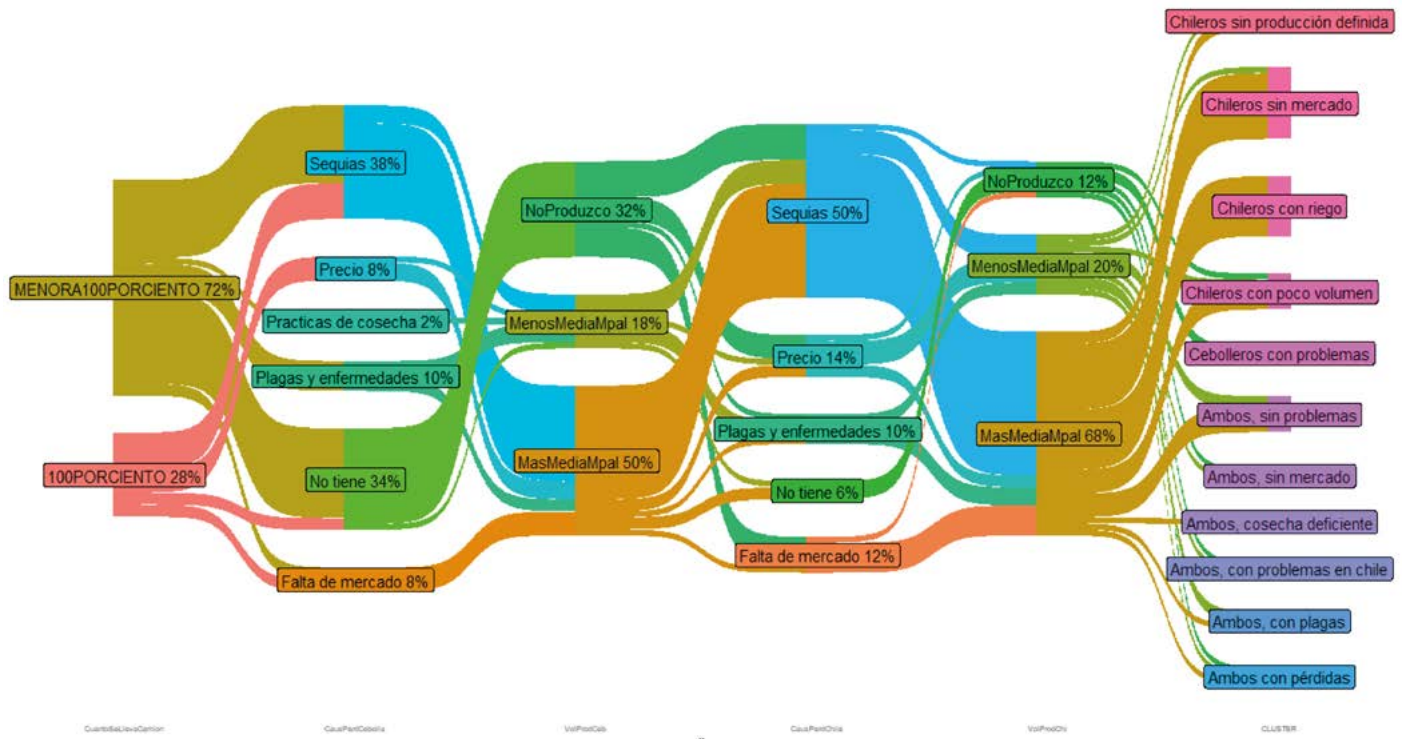


Figura 2. Causas de generación de residuos agrícolas.

El primer componente (CuantoSeLlevaCamión) describe que 72% de los productores el camión se lleva menos del 100% de su producción, mientras que a 28% de los productores, el camión se lleva toda su producción. El segundo componente describe las principales causas de pérdida de cultivo de Cebolla. Considerando como principal causa las sequías (38%), sin embargo, un 34% de productores de cebolla consideran que no tienen pérdidas de ningún tipo, 10% atribuyen las pérdidas de cebolla a plagas y enfermedades, 18% a otras causas como el precio, falta de mercado y prácticas de cosecha. El tercer componente describe el volumen de producción de cebolla donde el 50% de productores produce más de la media municipal. Por otro lado, 32% no producen cebolla y 18% menos de la media municipal.

El cuarto componente describe las principales causas de pérdida de Chile. La principal causa de pérdida de Chile al igual que la cebolla, es atribuida a las sequías con un 50%, seguido del precio con 14%, falta de mercado 12%, plagas y enfermedades 10% y sólo el 6% no tiene causas de pérdidas en el cultivo de Chile. Por último, el quinto componente describe el volumen de producción de Chile. El 68% producen más de la media municipal y sólo el 12% no produce Chile. Finalizando con distintos grupos de productores con causas distintas de pérdida y generación de residuos en los cultivos.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro	Asociaciones de Productores Productores independientes Comunidades Agrarias	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería Secundario: Actividades económicas que transforman las materias primas en productos elaborados (Agroindustria)	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Responsabilidad Ambiental	Competitividad Generación de empleos Capacitación Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	Número de tesis Número de publicaciones Número de familias beneficiadas Transferencias tecnológicas Desarrollo de productos y servicios para la sociedad Exportación incremento (%) Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible	Poblaciones en particular		Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores	Uno o la combinación de dos o más de las opciones anteriores		
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo						



Hoja de ruta de innovación estratégica para las MiPyMES del Sector Rural

Alma Rosa Monroy Venegas¹; Carmen Rodríguez López^{1*}; Miguel Ángel Valdez García³; Renato Armenta Vences⁴

¹ Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México. México. C.P. 56264.

² Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5, México-Texcoco. C.P. 56230, México.

³ Universidad Mexiquense del Bicentenario. UES Morelos. Morelos Estado de México, México. C.P. 50550.

*Autora de correspondencia: rodriguez.carmen@colpos.mx

Problema

En los escenarios, tan cambiantes, inciertos y complejos en los que ahora vivimos, las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas (MiPyMES) del sector primario, necesitan herramientas de planeación que les permitan fortalecer sus capacidades internas, asimilar tecnología y desarrollar nuevos procesos productos y servicios, que respondan a los retos del cambio climático global y a las expectativas de los mercados cada vez más exigentes.

El diseño de una hoja de ruta tecnológica ayuda a alinear la estrategia de desarrollo tecnológico e innovación con objetivos y metas comerciales. Además permite delinear con claridad un plan de acción, disminuye la incertidumbre, facilita la comunicación y asegura que los esfuerzos de innovación estén bien estructurados y brinden resultados a corto, mediano y largo plazo. Además, facilita la comunicación de las ideas, ayuda a crear un entendimiento compartido, facilita el trabajo en red, establece límites y la colaboración con otros actores; fija plazos y metas comunes. Al alinear las inversiones en tecnología con las metas y objetivos comerciales, las MiPyMES pueden asegurarse de que sus recursos se utilicen de manera eficiente y eficaz.

Solución Planteada

La innovación tecnológica, es una herramienta que permite a las MiPyMES responder a los cambios acelerados del mundo globalizado, a las demandas del mercado y a los nuevos retos por el cambio climático. Para las empresas del Sector Rural desarrollar la capacidad efectiva de innovación puede ser un proceso largo y complejo, en algunas ocasiones es simplemente inaccesible. En este trabajo se presenta una hoja de ruta, para acercarlas a la práctica e implementación de la innovación estratégica. Es una propuesta construida con un enfoque sistémico de aplicación, que se sustenta en una investigación mixta, que comprendió la realización de entrevistas a expertos en gestión de la tecnología e innovación y un análisis sistemático de la literatura especializada. Comprende una hoja de ruta general con seis etapas.

Se aplicaron 10 entrevistas abiertas a actores clave para la innovación, entre ellos: miembros de Oficinas de Transferencia de Tecnología (OTT), responsables del área de proyectos y financiamiento de COMECYT, gestores independientes e integrantes de con-

Cómo citar: Monroy-Venegas, A. R., Rodríguez-López, C., Valdéz García, M. Ángel, & Armenta Vences, R. Hoja de ruta de innovación estratégica para las MiPyMES del Sector Rural. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.440>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 15-17.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



sultorías especializadas en gestión de la innovación en el Estado de México. Cada actor expresó desde su perspectiva y experiencia como las empresas deberían proceder para lograr innovar (Figura 1), mostrando los principales resultados.

La hoja de ruta propuesta incluye seis etapas secuenciales (Figura 2): hacer un diagnóstico inicial; realizar un análisis de brechas; definir la visión de futuro y los objetivos estratégicos de la organización; identificar oportunidades de innovación; diseñar un plan de desarrollo tecnológico y establecer los lineamientos de la gestión de proyectos.

Descripción por etapa

1. El perfil de la empresa, la misión, los productos y servicios que ofrece, organización interna, capacidades administrativas-financieras y un inventario tecnológico (infraestructura, procesos productivos, capital intelectual y un análisis FODA).
2. Proceso de recopilación de información, nuevas ideas, procedimientos, oferta tecnológica propia y de los competidores más fuertes del mercado.
3. Visión de futuro tecnológico, vigilancia de tendencias tecnológicas, entorno competitivo, oferta tecnológica disponible y mejores alternativas de desarrollo.
4. Necesidades que requieran innovación tecnológica. Obtención de información clara sobre las carencias, los retos, los usos y costumbres de la producción agrícola.
5. Plan de desarrollo tecnológico de la MiPyMES (vigilancia estratégica de mercado, la inteligencia y prospectiva tecnológica, las necesidades de innovación internas y los objetivos estratégicos empresariales).

OTT	Proyectos COMECYT	Financiamiento COMECYT	Gestor independiente	Consultoría
<ul style="list-style-type: none"> • Persona Moral/Física • Financiamiento SI/NO • Propuesta técnica • Estudio de mercado • Protección • Documentación • Solo 3% tiene éxito 	<ul style="list-style-type: none"> • Origen del recurso Público/Privado • Capacitación para desarrollo de productos • Capacitación para estudio de Mercado • Capacitación para Marketing • Registro IMPI 	<ul style="list-style-type: none"> • Idea • Viabilidad Técnica/Financiera • Autorización/Ejecución • Resolución de problemas • Finalización/producto • Registro IMPI • Mercado • Problemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Experiencia en el área de estudio • Alianza estratégica • Financiamiento • Desarrollo de la idea • Acorde a metas personales • Escalamiento/Estancamiento • Mercado 	<ul style="list-style-type: none"> • Problema Tecnología/Conocimiento • Necesidad-Solución • Existe/No Existe • Propuesta técnica • Subsidio/Financiamiento • Ejecución • Registro IMPI • Mercado

Figura 1. Puntos clave para la innovación por área.

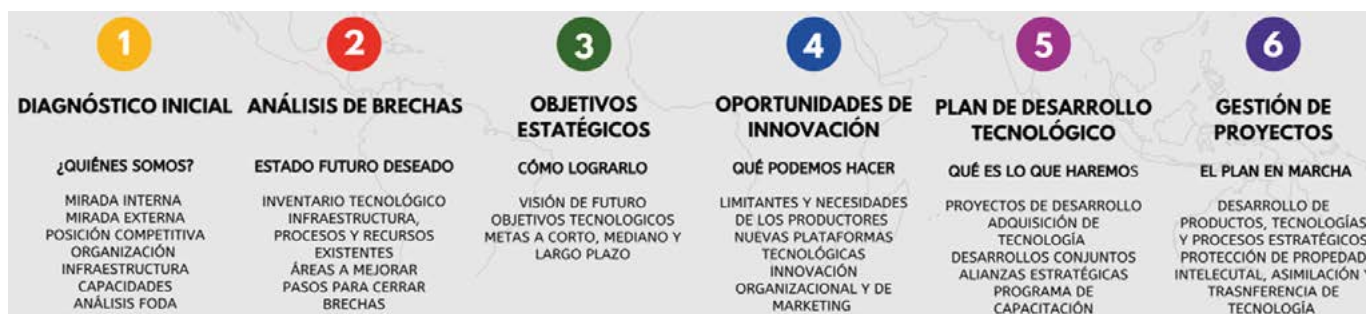


Figura 2. Hoja de ruta de innovación estratégica en MiPyMES.

6. Proyectos priorizados: proyectos conjuntos y alianzas; plan de acción y seguimiento con plazos, necesidades presupuestales, de infraestructura y de personal. Proyectos que realizará la empresa de forma individual, los que serán realizados con otras instituciones y aquellos que serán realizados por un tercero.

En el Sector Rural, las ideas innovadoras provienen principalmente de las necesidades derivadas del contacto cercano de las empresas con los productores y de la comprensión de los retos que enfrentan. Una hoja de ruta tecnológica es una herramienta valiosa para las MiPyMES que buscan introducirse en el complejo mundo de la innovación tecnológica, porque las ayuda a alinear sus proyectos con sus objetivos comerciales, y promover la colaboración con otros agentes de las redes de innovación.

Retribución social

La propuesta generada en esta investigación se difundió a MiPyMES, actores clave y estudiantes del Norte del Estado de México mediante cursos de capacitación sobre la importancia de la gestión de la innovación a través del diseño y uso de hojas de ruta. Se agradece al Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT) por el apoyo otorgado para este trabajo. La investigación iniciada es una base importante para futuros estudios.



Figura 3. Propuesta dirigida a MiPyMES, actores clave y estudiantes.

Innovaciones, impactos e indicadores

Nivel de innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas públicas	Indicadores específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Procesos	Se propone una ruta para que las MiPyMES del sector rural incrementen sus posibilidades de innovar	MiPyMES Actores clave Estudiantes	Primario: Agropecuario Cuaternario: Servicios basados en el conocimiento que prestan actores expertos en consultoría empresarial, de planificación financiera, y de investigación Científica.	Social Económico Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación	Competitividad Comercio Generación de empleos Capacitación	Número de MiPyMES beneficiadas Transferencia de tecnología Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico Número de empleos generados

Alternativas sustentables en la producción de forrajes

Eduardo I., García-Serrano¹; Juan F., García-Trejo^{1*}

¹ Universidad autónoma de Querétaro, Facultad de ingeniería, Carretera Chichimequillas. s/n km 1, El Marques, Querétaro. C.P. 76265.

* Autor para correspondencia: fernando.garcia@uaq.mx

Problema

La ONU reporta que la población seguirá creciendo para alcanzar su cumbre a mediados de la década de 2080 con 10,300 millones de habitantes, lo que implica una creciente demanda de alimentos, dicha demanda influye en los diferentes sectores alimentarios, siendo el pecuario el de mayor presencia en la cadena alimenticia. La producción de forrajes es una actividad esencial para sostener al sector pecuario, lo cual implica la necesidad de incrementar la producción agrícola de manera eficiente y sostenible para cubrir dicha demanda. La intensificación de la producción de forrajes plantea desafíos, como el uso excesivo de recursos naturales, la degradación del suelo por la acumulación de sales debido a una fertilización sintética, lo que dificulta la absorción de agua por las plantas y reduce la fertilidad del suelo, pérdida de biodiversidad por la acumulación de metales pesados como cadmio o plomo, que afectan a microorganismos, lombrices y otros organismos esenciales para mantener la estructura del suelo, la contaminación de mantos acuíferos al escurrirse hacia ríos y lagos, causando eutrofización.

Solución planteada

En México los forrajes utilizados en el sector pecuario han presentado un incremento del 2.1% para el año 2022; esto representó un alza en la demanda de sorgo, avena, trigo, maíz y alfalfa.

En la producción de forrajes se pueden utilizar diferentes tipos de fertilizantes, ya sean inorgánicos, orgánicos y biofertilizantes. Los fertilizantes inorgánicos son sustancias sintetizadas o de origen mineral, los cuales pueden tener sustancias tóxicas que llevan un efecto secundario; estos fertilizantes inorgánicos afectan el medio ambiente, contaminando los mantos acuíferos

En los últimos años, la producción de insectos ha incrementado su popularidad, ya que se alimentan de residuos orgánicos; algunos de estos insectos incluyen la mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) y el gusano de la harina (*Tenebrio molitor*), durante la bioconversión de residuos se obtiene como principal desecho un sustrato que se compone del excremento de los insectos mezclado con



Cómo citar: García Serrano, E. I., & García-Trejo, J. F. Alternativas sustentables en la producción de forrajes. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.443>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iniguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 19-21.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



una parte de residuos orgánicos no consumidos. Este sustrato se le conoce como *Frass*, mismo que promueve el balance de nutrientes en el suelo, ya que actúa como fuente energética para aumentar la propagación de microorganismos, estimula el crecimiento de plantas y garantizan los rendimientos de cultivo (Figura 1).

La ventaja de una fertilización orgánica es que su aplicación puede tener un efecto variable dependiendo de la dosis suministrada y la forma de aplicación; es decir, pueden estabilizarse por medio de infusión con agua o por la dilución de la fase acuosa residual de la composta, denominados lixiviados. Se propone como solución el uso de un fertilizante orgánico; lixiviado de Frass de larva mosca soldado negro (LMSN) debido a que mejora la estructura del suelo promoviendo su aireación y capacidad de retención de agua, estimula el crecimiento de las plantas, promueve el desarrollo radicular, incrementa la biodiversidad microbiana, resiliencia frente a plagas y enfermedades, por lo que esta propuesta figura como una alternativa viable para disminuir la presión que existe en la utilización de fertilizantes químicos en el sector agrícola.



Figura 1. Mosca soldado negro (*Hermetia illucens*) y Frass producido por la larva de la mosca soldado negro (LMSN).

Cuadro 1. Beneficios de tratamientos orgánicos en forrajes reportados por varios autores.

Tratamiento	Cultivo	Dosis	Resultados
Frass LMSN	Maíz	7.5 t ha ⁻¹	Rendimiento en grano un 14% superior al de parcelas tratadas con una dosis similar de fertilizante orgánico con UREA. Aumentó significativamente la absorción de N hasta un 23%
Frass de Tenebrio molitor	Cebada	10 mg ha ⁻¹	Concentraciones de P soluble en agua más bajas en comparación con tratamiento sintético
Vermicompost	Maíz	7.5 t ha ⁻¹	Mayor rendimiento en materia seca con 12.87 mg ha ⁻¹ contra fertilización sintética
Estiércol vaca y cabra	Alfalfa	35 t ha ⁻¹	Mayor materia seca en comparación con fertilizante sintético triple fosfato
Lixiviado de vermicompost	Alfalfa	1 Lt/m ²	Mayor peso en verde en comparación con tratamiento sintético por encima de 15 t anuales

El uso del frass de LMSN como fertilizante orgánico ayudaría positivamente a disminuir la contaminación en mantos acuíferos debido a que libera sus nutrientes de forma gradual minimiza el riesgo de lixiviación de los nutrientes al subsuelo además de contener quitina que ayuda a fortalecer las defensas naturales de las plantas, reduciendo la necesidad de plaguicidas sintéticos, que son fuentes comunes de contaminación de aguas subterráneas. La materia orgánica del *Frass* mejora la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, permitiría disminuir la degradación de suelos ya que contiene microorganismos beneficiosos y compuestos prebióticos que ayudan a establecer una microbiota saludable en el suelo, a la mano de los beneficios para los suelos también se pueden lograr aumentos en el rendimiento de cultivos con mayor materia seca y tiempos de maduración más cortos en algunos casos.

Innovaciones, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible	Asociaciones de Productores Productores independientes	Primario: Agricultura,	Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Responsabilidad Ambiental	Capacitación	Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico



El higo (*Ficus carica* L.) en Tatatila, Veracruz: Una apuesta por la diversificación agrícola y el desarrollo rural

Elizabeth, Argüello-García¹ , Jorge, Martínez-Herrera^{2*} 

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz. Km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, 91690, Veracruz, México.

² Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Avenida Universidad 350, 94910, Cuitláhuac, Veracruz.

* Autor para correspondencia: jmartin62@hotmail.com

Problema

El cultivo de higo en Tatatila, Veracruz, enfrenta varias problemáticas que afectan su desarrollo y sostenibilidad, a pesar de su potencial y los esfuerzos realizados por los productores. Entre los retos principales están: 1) Falta de infraestructura adecuada: los productores carecen de instalaciones específicas para el procesamiento, almacenamiento y empaque del higo, lo que limita la calidad del producto y su acceso a mercados más competitivos. 2) Problemas fitosanitarios: se han identificado enfermedades en las ramas del higo, manifestadas como manchas que afectan la productividad. Esto requiere análisis de laboratorio y desarrollo de estrategias agroecológicas para su manejo. 3) Acceso limitado a insumos y herramientas: aunque los productores elaboran bioinsumos como bocashi y caldo sulfocálcico, en ocasiones enfrentan dificultades para acceder a ciertos insumos, lo que retrasa la elaboración de los mismo. 4) Dependencia de mercados locales: La comercialización se realiza principalmente en mercados locales o mediante ventas directas, limitando el alcance y potencial de exportación. La falta de certificaciones orgánicas y marcas registradas también restringe las oportunidades de valor agregado. 5) Necesidad de capacitación continua: Aunque los productores han recibido formación, la transición agroecológica y la diversificación de productos exigen un aprendizaje constante para enfrentar nuevos desafíos técnicos y de mercado. A pesar de estos problemas, el cultivo de higo en Tatatila tiene un gran potencial para contribuir al desarrollo económico y social de la región, especialmente si se fortalecen las estrategias de capacitación, comercialización y apoyo institucional.

Cómo citar: Martínez-Herrera, J., & Argüello-García, E. El higo (*Ficus carica* L.) en Tatatila, Veracruz: Una Apuesta por la diversificación agrícola y el desarrollo rural. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.445>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 23-26.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Solución planteada

Frente a estos problemas, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SE-DARPA) del estado de Veracruz (2021-2024) jugó un papel clave mediante la contratación de 500 técnicos extensionistas. Estos profesionales no solo facilitaron la capacitación de los productores, quienes aprendieron a organizarse mejor y a delegar responsabilidades de manera más efectiva en sus comunidades, además promovieron la creación de las Escuelas Campesinas (Figura 1).

Es importante fortalecer su infraestructura y construir centros de procesamiento que involucren locales para la deshidratación, cristalización, y almacenamiento del higo. Esto permitirá mantener la calidad del producto y ofrecer opciones de valor agregado como mermeladas, café de higo, y licores. Algunos productores ya están implementando estas prácticas, como el caso del reconocido productor conocido como “Tatatilo” quien ha diversificado sus productos y participa activamente en los mercaditos de consumo solidario organizados por la Secretaría. También, han diseñado empaques innovadores con etiquetas informativas que resalten el origen agroecológico y la calidad del producto.



Figura 1. Actividades de capacitación a los productores y Elaboración y aplicación de bioinsumos y bioles para el cultivo de higo.



Figura 2. Escuela Campesina Productores de Higo La Mancuerna”: Sistematización de casos sobresalientes Localidad de la Mancuerna, municipio de Tatatila, Veracruz, México.

También, hay avances significativos en el diagnóstico y control de enfermedades, mediante la aplicación de bioinsumos, como el caldo sulfocálcico o bioinsecticidas a base de ajo, chile y jabón conocido como “Apichi”. Una plaga detectada es la mosca negra del higo (*Silba adipata*). Los productores cuentan con capacitaciones continuas sobre la producción de bioinsumos, manejo de enfermedades y estrategias de comercialización. Es importante la sensibilización y organización comunitaria, en este sentido se ha promovido la integración en actividades de producción y transformación del higo, asegurando el relevo generacional y el empoderamiento. Fortalecer la organización de productores para el intercambio de conocimiento, prácticas y recursos

Por otro lado, es necesario certificaciones que avalen la calidad orgánica del higo, lo que permitirá acceder a mercados más amplios y obtener precios diferenciados. El higo es muy utilizado, en las roscas de reyes, festividad arraigada en nuestro país y por supuesto que el municipio de Tatatila es un proveedor importante para dotar de este delicioso fruto a la industria de panificación.









Dentro de las escuelas campesinas, hay productores que comercializan el higo directamente ya sea en forma cristalizada, en almíbar, envinado, rellenos de piña o de coco, cubiertos de chocolate, mermelada, café de higo, incluso están por producir cerveza artesanal. El promedio de rendimiento por árbol de higo va desde los 100 a 350 kg. Gracias al apoyo de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPA) del estado de Veracruz se logró este avance en la región.

Innovaciones, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los rendimientos del cultivo y haciéndolo más rentable.	Escuelas Campesinas de la SEDARPA	Primario: Agricultura,	Social	Ciencia y Tecnología	Competitividad	Número de familias beneficiadas
Procesos	Implementación de un nuevo modelo agronómico, transitar del modelo convencional a una transición agroecológica libres de agroquímicos.	Asociaciones de Productores	Secundario: Actividades económicas que transforman las materias primas en productos elaborados (Agroindustria)	Económico	Económico	Recursos Humanos	Empresas rurales formadas
Modelo de negocio	Creación o reinención de un negocio	Gobierno de los Estados		Ambiental	Educación	Comercio	Transferencia tecnológica
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible	Productores independientes		Conocimiento	Responsabilidad Ambiental	Generación de empleos	Desarrollo de productos y servicios para la sociedad
		Programas Federales como Sembrando vida y Producción para el Bienestar		Uno, o la combinación de dos o más de las opciones anteriores		Capacitación	Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
						Uno o combinación de dos o más de las opciones anteriores	



La nutrición potásica reduce la producción alternante en mango ‘Aaulfo’, en el sur de Guerrero

Nieves B., Pérez-Meza¹ ; Felipe, Ayala-Tafoya¹ ; María D., Muy-Rangel² ; Rosabel, Vélez-de-la-Rocha² ; Guadalupe A., López-Urquídez¹ ; Cesar, San-Martín-Hernández^{3*} ; Moisés G., Yáñez-Juárez¹ ; Juliana, Padilla-Cuevas³ 

¹ Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agronomía. Carretera Culiacán-Eldorado km 17.5. Culiacán de Rosales, Sinaloa, México. C.P. 80000.

² Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD), Subsele Culiacán. Carretera Culiacán-Eldorado, km 5.5, Culiacán, Sinaloa, México. C.P. 80110.

³ Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264.

* Autor para correspondencia: sanmartin.cesar@colpos.mx

Problema

México ocupa el quinto lugar en producción de mango a nivel mundial y es el principal exportador hacia EE.UU., Canadá y Japón. En el último lustro, Guerrero contribuyó con el 19% de la producción nacional de mango, con los cultivares Aaulfo, Manila, Haden y Criollo.

En los frutales, la alternancia de la producción es un problema que consiste en aumentos del rendimiento en uno o dos años y su reducción en el siguiente año. Este fenómeno promueve el agotamiento de las reservas de carbohidratos almacenados en las hojas, aspecto que es indeseable porque resulta en una producción alternante, que impacta en los ingresos al productor. En el rendimiento del fruto intervienen factores genéticos, bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos como el clima y la nutrición. Dentro de los nutrientes esenciales, el potasio desempeña un papel medular por las funciones que efectúa en el metabolismo vegetal. El potasio participa en la activación enzimática, es ion acompañante en el transporte de azúcares y fundamental en la fotosíntesis, por lo cual es importante satisfacer las necesidades de potasio foliar, ya que este elemento permite movilizar las sustancias de reserva a los órganos de mayor demanda como son los frutos. Por lo tanto, un suministro adecuado de potasio puede reducir el fenómeno de la alternancia de la producción de mango. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del aumento de la fertilización potásica en el rendimiento, ingreso y la alternancia de la producción en mango ‘Aaulfo’ durante tres ciclos productivos.

Cómo citar: Pérez-Meza, N. B., Ayala-Tafoya, F., Vélez-de-la-Rocha, R., Muy-Rangel, M. D., San-Martín-Hernández, C., Yáñez-Juárez, M. G., & Padilla-Cuevas, J. La nutrición potásica reduce la producción alternante en mango ‘Aaulfo’, en el sur de Guerrero. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.448>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 27-30.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Solución planteada

Este trabajo se realizó en la costa sur de Guerrero en la zona productora de la Costa Chica. El experimento se realizó en un huerto con plantas de 12 años en plena producción, localizada entre 30 y 60 metros sobre el nivel del mar, con precipitaciones anuales promedio de 1200 mm, temperatura promedio de 25 °C. Anualmente de 2020 a 2023 se realizaron fertilizaciones y se evaluó la producción en 2021, 2022 y 2023. Inicialmente se podó el 30% de la biomasa foliar con maquina podadora (Figura 1A) para homogenizar los árboles (Figura 1B y 1C) y reducir la incidencia de plagas y enfermedades. Se realizó el análisis químico inicial de potasio en fruto y suelo. Los resultados obtenidos se usaron para calcular la dosis de fertilización, la cual se determinó bajo una meta de rendimiento promedio regional de 15 t ha⁻¹, cantidad que representó la demanda nutrimental del cultivo (extracción de potasio), más la oferta edáfica resultado del análisis.

Con los resultados del análisis químico y una ecuación (Dosis de K₂O en kg ha⁻¹ = Extracción de K₂O – Suministro de K₂O del suelo / Eficiencia de recuperación del K₂O aplicado) se determinó la fórmula de ‘fertilización alternativa’ 91-47-100 (N-P₂O₅-K₂O), con una eficiencia promedio (N 0.33, P 0.30 y K 0.50) de recuperación del nutriente. Las fuentes de fertilización en términos de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK) fueron nitrato de calcio (15-0-0+26CaO), sulfato de potasio (0-0-52+18S), nitrato de potasio (12-



Figura 1. A: Poda con maquinaria del 30% para homogenización de los árboles. B: Vista de la hilera de árboles después de la poda. C: Huerto de 12 años en rebrote vegetativo posterior a la poda. D: Árbol de mango en plena floración.

0-46) y fosfato monopotásico (0-52-34). La aplicación se distribuyó en tres etapas, la primera con el 30% de los fertilizantes al inicio de la temporada de lluvias (julio), la segunda con el 40% durante el máximo temporal de lluvias (agosto) y en la tercera se aplicó el 30% a finales de septiembre. Las primeras dos fertilizaciones fueron en forma sólida (Figura 2A) y la tercera en solución, disolviendo los fertilizantes en 50 L de agua a pH 5.5 para cinco árboles (Figura 2B y 2C), luego la solución se distribuyó en los cuatro puntos cardinales bajo la copa de cada árbol (Figura 2D). Como tratamiento testigo se empleó la fórmula de fertilización tradicional 120-46-60 kg ha⁻¹ del productor en las mismas condiciones y edad del huerto. Anualmente en la última semana de octubre y primera de noviembre se induce floración de forma foliar con nitrato de potasio al 4%.

La cosecha se realizó en dos etapas: la primera se hizo de la floración inducida en febrero y la segunda corresponde a la producción de temporada en mayo (Figura 3). En el año 2021, con la fertilización tradicional se obtuvo un rendimiento de 15.9 t ha⁻¹ y un ingreso de \$114,110, mientras que la fertilización alternativa produjo 18.8 t ha⁻¹ y un ingreso por \$125,630; en el ciclo de producción 2022 con la fertilización tradicional se cosechó 18.3 t ha⁻¹ y generó un ingreso por \$135,290, por otro lado la fertilización alternativa produjo 17 t ha⁻¹ y un ingreso de \$104,000; y por último, en el 2023 el rendimiento de la fertilización tradicional fue de 8.1 t ha⁻¹ y \$73,910 como ingreso, mientras que la fertilización alternativa produjo 16.9 t ha⁻¹ y generó \$124,170 por la venta del fruto.

Con base a los resultados de producción se observó que la fertilización tradicional mostró una producción alternante con rendimientos del 2021 al 2022 de 15.9 y 18.8 t ha⁻¹ respectivamente, pero en el 2023 la producción se redujo a 8.1 t ha⁻¹ lo que impacta en los ingresos que se generan por la venta del fruto; mientras que en la fertilización alternativa se



Figura 2. A: Aplicación de fertilizante de forma granular en temporada de lluvias. B: Preparación del agua a pH 5.5. C: Disolución de los fertilizantes. D: Aplicación de la solución en los cuatro puntos cardinales bajo la copa del árbol.



Figura 3. A: Cosecha de mango antes de pesar cada fruto. B: Frutos pesados y contabilizados, listos para comercializar.

mantuvo una producción constante durante los tres años con un rendimiento de 18,8, 17 y 16,9 t ha⁻¹, todo esto sin afectar la calidad postcosecha del fruto (Figura 4) y los ingresos al productor.

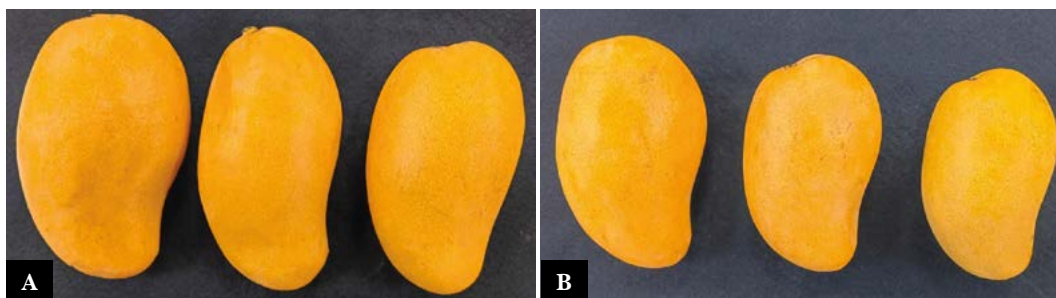


Figura 4. Mangos en madurez de consumo. A: Fórmula de fertilización alternativa. B: Fórmula de fertilización tradicional.

Innovaciones, impactos e indicadores

Nivel de innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Se propone modificar la fórmula de fertilización para reducir el efecto de alternancia en la producción de mango sin afectar el rendimiento y el ingreso económico.	Estudiantes de posgrado mediante cursos y asesorías. Productores de mango de la Costa Chica de Guerrero	Primario: Agricultura	Social Económico Conocimiento Ambiental	Económico Educación Ciencia y Tecnología Responsabilidad Ambiental	Capacitación Competitividad	Aplicación de conocimientos científicos para el desarrollo social y económico

Valoración del Sistema Productivo Vainilla en algunas Regiones de México

Yasbet, Ríos-Barreto¹ ; Olga, Tejeda-Sartorius^{1*} 

¹ Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Fruticultura, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, C.P. 56264, Estado de México, México.

* Autor para correspondencia: olgats@colpos.mx

Problema

Vanilla es un género de plantas que pertenece a la familia Orquidaceae, siendo *Vanilla planifolia* la de mayor importancia por su valor en la industria alimenticia y cosmética. Dicha especie es nativa de México y su cultivo fue domesticado por la cultura Totonaca. Entre las diversas problemáticas que afectan la producción de vainilla, y a pesar de ser un producto “de México para el mundo”, su producción actual es muy baja, representando el 1% de la producción mundial, comparada con el 70% de Madagascar e Indonesia, que son los mayores productores mundiales. En México, el proceso de beneficiado ó curado se realiza de manera tradicional, que requiere de varios meses, sin embargo, es de resaltar que este método sigue confiriendo alta calidad, que se aprecia en todo el mundo. Además de los problemas anteriores, se suman otros, como: i) erosión genética, debido a que la propagación es por esquejes (clonal), obtenidos de plantas adultas; ii) es un monocultivo susceptible a plagas y enfermedades; iii) falta de ciertos conocimientos de la floración, relacionados con la inducción y desarrollo floral; iv) robo de las vainas (frutos) una vez que ha iniciado la cosecha para su curado; v) afectaciones del crecimiento y floración por efecto de condiciones climatológicas adversas, aspecto que actualmente se le debe prestar mayor atención.

Solución planteada

Se realizó una encuesta a productores mexicanos de vainilla para entender mejor la problemática actual que afecta al cultivo. La encuesta se hizo con preguntas cerradas y en algunos casos con opciones a respuestas abiertas, estructuradas con temáticas relacionadas, de manera breve y general, con: el sistema de producción, floración y polinización, apoyos y forma de comercialización de los frutos (vainas). El cuestionario se aplicó a través de “Formularios de Google” y constó de 32 preguntas, a 20 productores de regiones vainilleras del estado de Veracruz y Puebla, durante los meses de agosto y septiembre de 2024.

Cómo citar: Ríos-Barreto, Y., & Tejeda-Sartorius, O. Valoración del Sistema Productivo Vainilla en algunas Regiones de México. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.449>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 31-37.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Descripción

Se aplicaron 20 encuestas a productores de vainilla ($n=20$) de distintas regiones. El 72% fueron mujeres. Las edades de los encuestados fluctuaron entre los 30 y 70 años, y de 30 a 40 años fue el mayor grupo (50%) (Figura 1A). El tiempo dedicado a la producción de vainilla fluctúa desde productores que recién se han incorporado (1 año) a este sistema, hasta los que tienen 45 años de experiencia (Figura 1B). Proporcionalmente, se observa que el rango con el mayor porcentaje de dedicación al cultivo de la vainilla fue el de 1 a 5 años, por lo que hay jóvenes que están incursionando al sistema productivo vainilla.

Manejo del cultivo de vainilla

Con base en el análisis, el 50% de los productores encuestados fueron del estado de Veracruz, y 50% de Puebla (Figura 2A). La mayor proporción fue de Coyutla, Veracruz. Asimismo, se observó que el sistema acahual (10%), que utiliza tutores vivos con especies arbóreas nativas, está siendo reemplazado por sistemas intensivos (40%), (Figura 2B), con alta densidad de plantas y mayor tecnificación, pues usan tutores “muertos”, preparados con mallas y sustratos como aserrín, paquetes tecnológicos, casas sombra, etc.

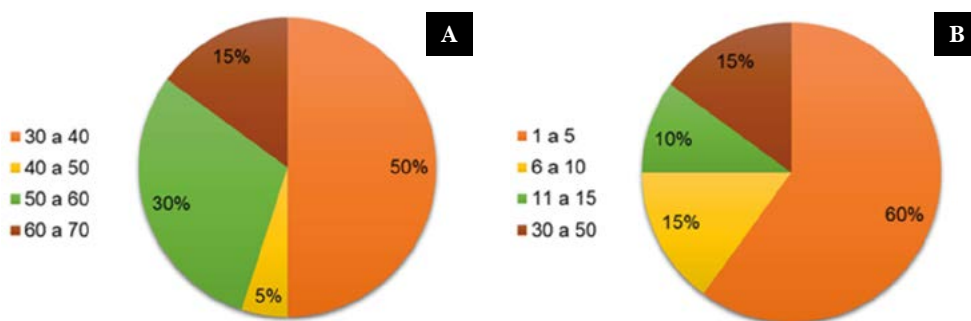


Figura 1. Proporción (%) de edades de las personas que se dedican a la producción de vainilla, según rango de edad (A), y proporción (%) de años dedicados al cultivo (B), $n=20$.

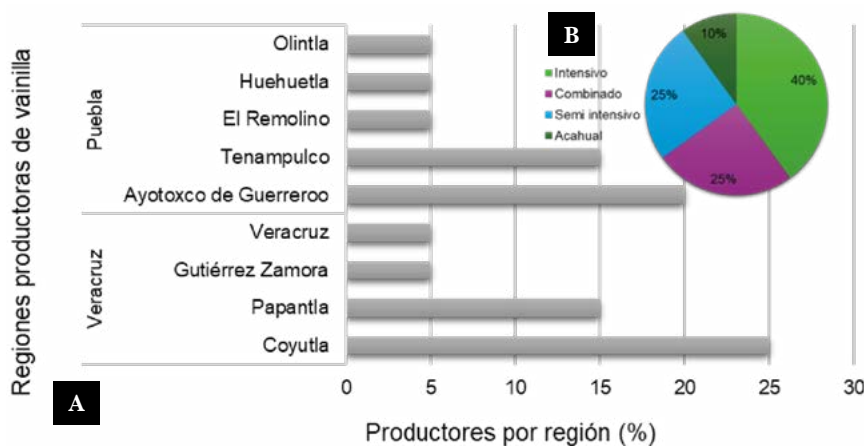


Figura 2. Productores (%) de vainilla por región en los estados de Veracruz y Puebla, México (A), y sistemas de producción de vainilla (%) (B), $n=20$.

Se observó un nivel medio del manejo del cultivo en cuanto a aplicaciones de paquetes tecnológicos al sistema productivo de vainilla (Figura 3). El 50% de los vainilleros encuestados aplica fertilizantes, y aproximadamente el 50% expresó su preocupación por el ataque de plagas y enfermedades en sus vainillales, y es notorio que el 100% manifestó que no aplica ningún tipo de plaguicidas (Figura 3), pero que controlan los problemas fitosanitarios con productos más amigables con el ambiente, denominándolos “biológicos”, “orgánicos” “productos naturales” “abonos”, entre otros (datos no mostrados).

Vainilla y naturaleza

Vanilla planifolia es una especie “Sujeta a protección especial (Pr)” por la Norma Oficial Mexicana, NOM-059, en México, y sus poblaciones naturales son escasas. El 60% de los encuestados respondió que tiene conocimiento de poblaciones naturales de la especie (Figura 4A). El 40% de ellos obtiene sus esquejes de colectas de esas poblaciones naturales, y el 60% restante, o los compra, o los intercambia con otros productores (datos no mostrados). Asimismo, el 60% de los encuestados dijo que observa insectos en sus vainillales de producción, y el 35% dijo que están presentes todos los días en época de floración (Figura 4A). Este dato es particularmente importante, ya que no se conocen con exactitud los polinizadores naturales de vainilla, y si bien con estos datos no se puede afirmar que esos visitantes polinicen las flores, es importante considerarlo.

Los mayores picos de polinización manual en 2023 fueron entre febrero y marzo; mientras que en 2024 se presentó entre abril y mayo (Figura 4B), que representa un retraso significativo, lo que podría afectar la maduración y cosecha de las vainas, así como el proceso de curado. Con base en información de los mismos productores de la región vainillera de Veracruz, se ha establecido que la cosecha de las vainas debe iniciar el 15 de noviembre de cada año (no antes).

Comportamiento del cultivo y floración de vainilla en el año 2024

Para 2024, año particularmente difícil por las altas temperaturas presentadas y otros fenómenos meteorológicos, con base en la opinión del 75% de los entrevistados, el crecimiento vegetativo del cultivo de vainilla de las regiones estudiadas no reflejó grave afectación,

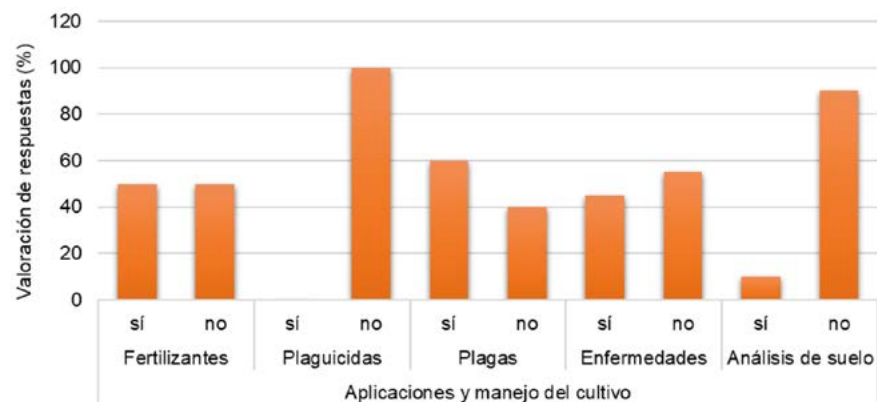


Figura 3. Proporción (%) de productores que realizan diferentes prácticas durante el cultivo de vainilla. $n=20$.

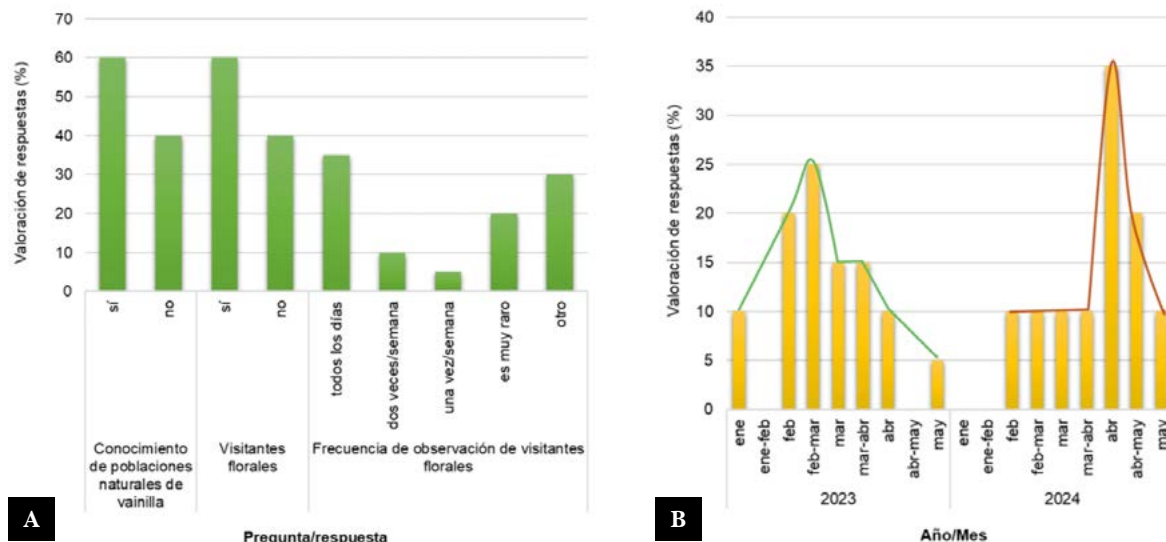


Figura 4. Vainilla en poblaciones naturales y su relación con la presencia de polinizadores naturales (A) y comparativo de periodos de polinización manual en 2023 y 2024 (B). Las líneas sobre los histogramas son para resaltar los meses y picos máximos en que se realiza la polinización manual, $n=20$.

pero el 65% de los vainilleros perdió plantas, probablemente esquejes recién establecidos. El 60% reportó mayor incidencia de plagas (Figura 5A).

En general la floración se vio más afectada que la parte vegetativa de la planta. El 65% de los participantes de la encuesta reportó retraso en la formación de las yemas florales, mientras que el 70% reportó caída o abortos florales, y el 45% notó disminución en el número de flores (Figura 5B). La vida de una flor de vainilla es efímera, y tanto para el 2023 como para el 2024, el 40% de los entrevistados reportaron un promedio de 6 a 10 horas de vida floral (Figura 5C). El efecto negativo en la floración, y su consecuente retraso de la polinización manual en 2024, puede atribuirse al menos en parte, a las altas temperaturas que se presentaron (diurna $>40\text{ }^{\circ}\text{C}$ y nocturna $20\text{-}25\text{ }^{\circ}\text{C}$, hasta $30\text{ }^{\circ}\text{C}$), las cuales afectan la inducción y desarrollo floral.

Comercialización de vainilla

El 65% de los productores venden sus vainas a intermediarios, y el resto las venden a otro tipo de usuarios específicos (Figura 6A). El 90% de los entrevistados expresaron que sus ingresos no dependen exclusivamente de la vainilla (Figura 6A), y la mayoría se dedica de manera complementaria a la producción de otros cultivos (45%), o a comercializar otros productos del campo (Figura 6B), como pimienta, canela y hortalizas (datos no mostrados).

El 50% de los productores manifestó no recibir apoyos gubernamentales para su cultivo, ni material propagado *in vitro* (Figura 7). En general, los que han recibido, por un lado, poco o nulo apoyo del gobierno, expresan la necesidad de tecnificar su producción, o para aprender a beneficiar las vainas y evitar el intermediarismo. Por otro lado, los que sí han recibido apoyos del gobierno, se sienten motivados a seguir produciendo vainilla, pero igualmente, expresan que requieren mayor capacitación de todo el proceso. En ambos casos, es plausible la motivación y compromiso de seguir siendo productores de vainilla.

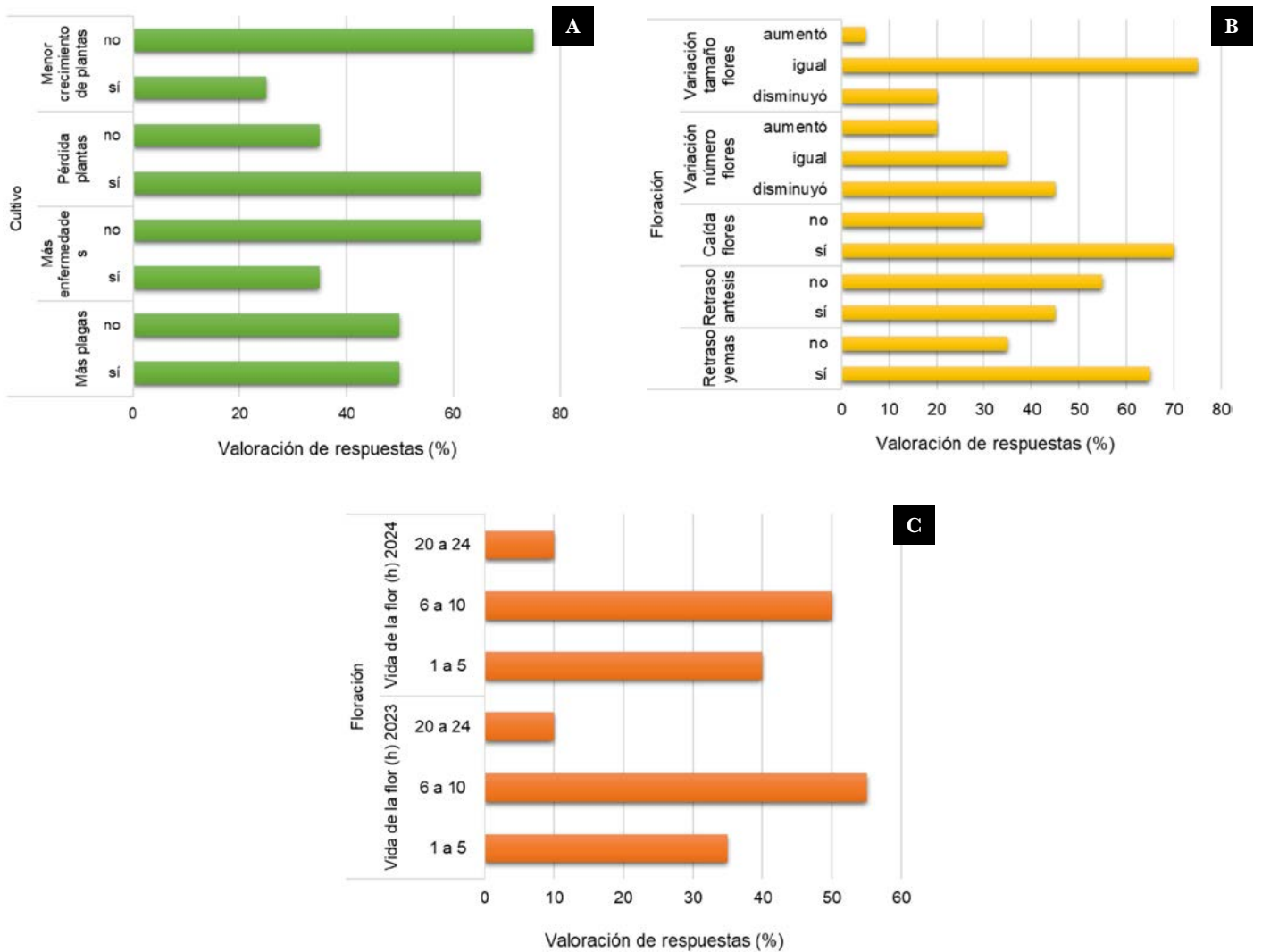


Figura 5. Comportamiento del cultivo de vainilla (%), en cuanto a crecimiento vegetativo (A), floración (B) y vida de la flor, (C; por rangos en horas, h), en el año 2024, $n=20$.

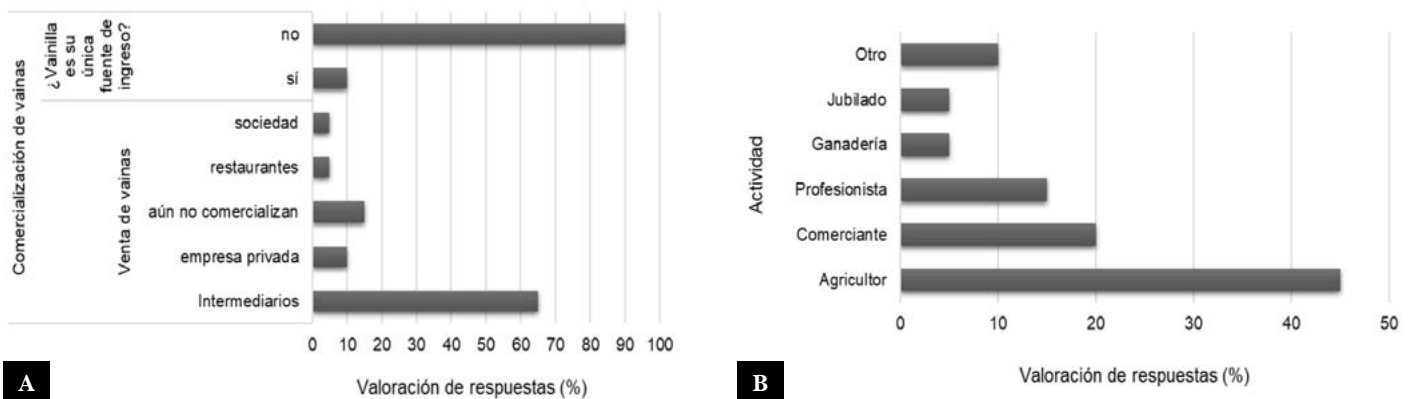


Figura 6. Comercialización de vainas de vainilla (%) (A) y actividades complementarias a la producción de vainilla (B), $n=20$.

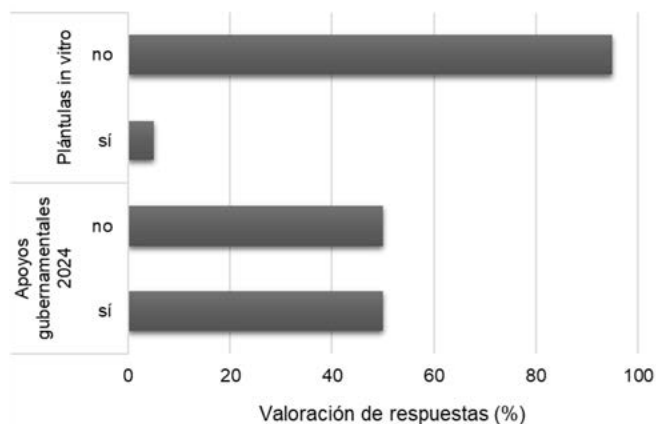


Figura 7. Apoyos gubernamentales o de otro tipo para la producción de vainilla (%), $n=20$.

Es importante resaltar también que la mayoría de los productores de vainilla entrevistados se sienten muy orgullosos de ser parte del legado ancestral totonaca, y están tratando de que permanezca a través de las nuevas generaciones. Reconocen la enorme valía, material e inmaterial, del cultivo, pero saben, al mismo tiempo, que deben redoblar esfuerzos porque de haber sido los domesticadores del cultivo, la mayoría de ellos reconoce que el sistema de producción ha decaído, y manifiestan su fuerte necesidad de apoyo y capacitación en las distintas fases del proceso, desde la obtención de material vegetal sano, plantas producidas *in vitro*, pasando por todo el proceso de producción, hasta protocolos para generar mayores floraciones y rendimiento de las vainas. Además, y de manera clave, tener capacitación en el proceso de beneficiado y comercialización directa, sin intermediarios, ya que de seguir al alza las temperaturas y otros eventos climáticos adversos, varios productores pueden abandonar el cultivo, ya que su ingreso depende exclusivamente de la venta de las vainas al intermediario.

Finalmente, es urgente promover mayor vinculación entre productores de vainilla con instituciones gubernamentales y de investigación, para ofrecer soluciones más prácticas a la compleja problemática en México. Hay ejemplos interesantes de los avances de tecnificación que se están implementando en algunas huertas para mejorar su sistema productivo (Figura 8). Para ellos y todos los productores vainilleros de México, se hace un justo reconocimiento por mantener e impulsar este importantísimo legado ancestral.

Agradecimiento

Las autoras agradecen el financiamiento otorgado para la realización del presente estudio, al Colegio de Postgraduados, en su Convocatoria 2024-03 “Para Apoyar Proyectos de Investigación e Incidencia Orientados a Fortalecer las Actividades de Conservación, Preservación y Uso Sustentable de los Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura”, el cual forma parte de los estudios de doctorado de Yasbet Ríos Barreto. Asimismo, agradecemos a todos los productores de vainilla que participaron en la presente encuesta.









Figura 8. Sistema de producción intensivo de vainilla, utilizando tutores “muertos” y vivos, en Coyutla, Veracruz (A); y sistema de producción con tutores vivos de cítricos (B), en una región vainillera del estado de Puebla (Fotos de: Juan Antonio Salazar Vicente).

Innovaciones, Impactos e Indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Innovación sostenible	Dar a conocer las necesidades sistema cultivo vainilla en México, que conduzca a: i) establecer nuevas rutas de investigación para búsqueda de soluciones de sus diversas problemáticas; ii) apoyo a políticas públicas para la mejora y crecimiento del sistema productivo de vainilla.	Productores de vainilla de Veracruz y Puebla	Primario	Social Ambiental	Responsabilidad Social y Ambiental	Encuesta	Doctorado

Efecto de la aplicación de TDZ y cubierta plástica en la brotación de nopal tunero

Fernando Hernández-Hernández^{1*} ; Alfredo López-Jiménez¹ ; José I. Cortés-Flores¹ ; Alejandro F. Barrientos-Priego² ; Sergio, H. Chávez-Franco¹ ; Roberto Ascencio-Hernández¹ 

¹ Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, estado de México, México. C. P. 56264.

² Universidad Autónoma Chapingo. Posgrado de Horticultura del Departamento de Fitotecnia. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Texcoco, estado de México, México. C. P. 56227.

* Autor para correspondencia: fernando.hernandez@colpos.mx

Problema

El nopal pertenece al género *Opuntia*, que comprende alrededor de 300 especies, este es el de mayor importancia de la familia Cactaceae. La planta de nopal tiene una amplia distribución en el continente americano. México se considera el centro de origen y dispersión del género encontrándose en diferentes estados de la República las especies: *O. ficus indica*, *O. robusta*, *O. amyclaea*, entre otras especies.

La producción de tuna representa un recurso vegetal desde el punto de vista económico para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas. Sin embargo, la producción de fruto se concentra en pocos meses del año, por lo que ante la gran oferta de tuna, el precio del fruto se desploma. Por ejemplo, la cosecha de tuna en el estado de México se concentra en los meses de julio y agosto, resultando en un precio de venta del 50% por debajo del precio al inicio de temporada, el precio de una caja de 10 kg se vende en \$100 pesos (US \$ 5.0). Dado lo anterior, si la producción de tuna se pudiera adelantar hacia el mes de mayo, el precio de la caja alcanzaría hasta \$300 pesos (US \$ 15.0), representando un ingreso extra al productor. Por lo anterior surge la necesidad de desarrollar una tecnología que estimule la brotación a fin de adelantar la producción de tuna.

Solución planteada

La producción forzada es una alternativa para obtener frutos fuera de temporada, para ello existen diferentes técnicas como: el anillado parcial del cladodio, la eliminación de la primera floración e inducir una segunda, así como el uso de TDZ (thidiazuron). El TDZ es un compuesto que tiene una acción similar a las citoquininas, y ha mostrado efectividad en estimular la brotación más uniforme de yemas vegetativas y florales. Por otro lado, el incremento en la temperatura estimula una mayor brotación vegetativa. Por lo anterior,

Cómo citar: Hernández-Hernández, F., López-Jiménez, A., Cortés-Flores, J. I., Barrientos-Priego, A. F., Chávez-Franco, S. H., & Ascencio-Hernández, R. Efecto de la aplicación de TDZ y cubierta plástica en la brotación de nopal tunero. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.417>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 39-41.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



en febrero de 2023 se realizaron aplicaciones de TDZ en nopal tunero (*Opuntia ficus-indica*) de la selección rojo púrpura de nueve años de edad. Las plantas de nopal de una huerta experimental tenían arreglo de 3×4 m entre plantas e hileras, y a fin de incrementar la temperatura se colocó una cubierta plástica (calibre 700; 20% de sombra) arriba del dosel (Figura 1a).

Los tratamientos consistieron en dos factores: dosis de TDZ con tres niveles (0, 200 y 400 mg L⁻¹) y cubierta del dosel (con cubierta y sin cubierta), se tuvieron 6 tratamientos, con cuatro repeticiones, la unidad experimental fue un grupo de cuatro cladodios que recibieron el mismo tratamiento. Se preparó la solución con aceite de ajo 120 mL que se mezcló con 60 mL del surfactante Inex-A y 20 mL de citrolina, se aforo a 1 L con mucilago de nopal y agua. Se dividió en dos partes, a la primera se le añadieron 200 mg L⁻¹ de TDZ (Revent 500[®] de Bayer) y a la segunda 400 mg L⁻¹. Se seleccionaron 10 plantas de nopal tunero con 12 cladodios de un año de crecimiento para formar tres grupos de cuatro cladodios por planta, cada grupo recibió un tratamiento distinto. La aplicación del producto se hizo con una brocha de dos pulgadas, en el tercio superior de cada cladodio (Figura 1 b y c).

A los 15 días después de aplicar el tratamiento con TDZ emergieron los primeros brotes (Figura 1d), lográndose aumentar el número de brotes vegetativos como florales (Figura 2).

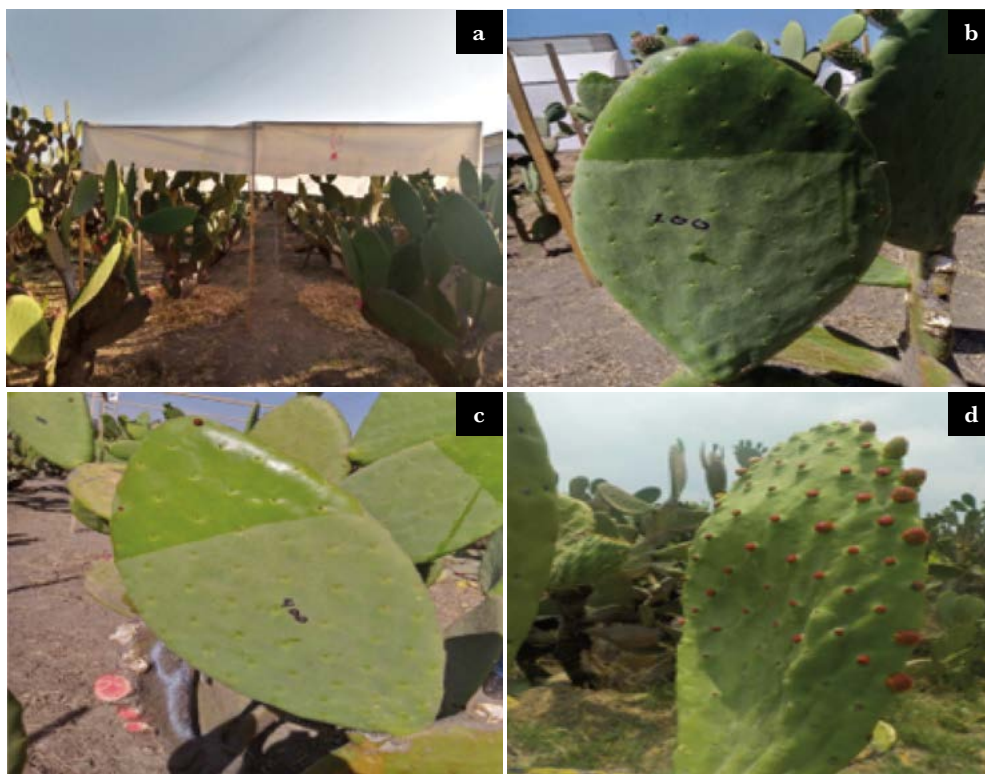


Figura 1. Vista de la huerta de nopal tunero con cubierta plástica: a) Sombreado con la cubierta plástica; b y c) Zona de aplicación con 200 y 400 mg L⁻¹ de TDZ y d) inicio de brotación.



Figura 2. Cladodios con brotes vegetativos y florales a un mes de la aplicación del tratamiento: a) Brotes con 200 mg L⁻¹ de TDZ: b) Brotes vegetativos y frutos con la aplicación de 400 mg L⁻¹ de TDZ.

La cosecha de los frutos se realizó en el mes agosto, observándose un mayor rendimiento (Cuadro 1) sin embargo, el objetivo de adelantar la cosecha no se pudo lograr, por lo que es necesario realizar mayor trabajo alrededor de este objetivo.

Cuadro 1. Resultados de los tratamientos usando TDZ y cubierta plástica en nopal tunero, selección rojo púrpura.






Tratamientos	Dosis mg L ⁻¹	Núm. de brotes vegetativos	Núm. De frutos	Peso de fruto (g)	Rend. de frutos por cladodio (kg)	Rend. de frutos por planta (kg)
SCP+TDZ	0	0.4	21.2	130	2.7	40.5
SCP+TDZ	200	2.0	24.0	118	2.8	42.0
SCP+TDZ	400	4.4	18.6	121	2.2	33.0
CCP+TDZ	0	0.4	29.6	142	4.2	63.0
CCP+TDZ	200	13.4	31.2	142	4.4	66.0
CCP+TDZ	400	27.2	32.6	166	5.4	81.0

SCP: Sin cubierta plástica, CCP: Con cubierta plástica.

Innovación impacto e indicadores

Nivel de innovación	Descripción	Transferido	Impacto: sector y ámbito	Indicador general de políticas públicas	Indicadores específicos	Subindicador
Procesos	Busca mejorar los ingresos de los productores mediante un aumento de la producción y adelanto del periodo de cosecha en nopal tunero	Productores	Agricultura Económico	Ciencia y tecnología	Competitividad	Tesis Capacitación a productores

Reducción de mortalidad de gazapos predestete con acciones de bienestar animal en unidades cunícolas del Oriente del estado de México

Yamileth, Jerónimo-Romero^{1,2}; José G. Herrera-Haro^{1*}; María Esther Ortega-Cerrilla¹; María Concepción, Méndez-Gómez-Humarán³; Héctor Luis-Chincoya¹

¹ Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, México. C. P. 56264.

² Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT). Toluca de Lerdo, Estado de México, México. C. P. 50120.

³ Universidad Autónoma de Querétaro. Avenida de las Ciencias s/n, Juriquilla, Querétaro, México. C. P. 76230.

* Autor para correspondencia: haro@colpos.mx

Problema

En las Unidades de Producción Cunícola (UPC) uno de los aspectos que más influyen en la productividad es el gran número de gazapos que no llegan al destete, lo que repercute negativamente en la eficiencia y ganancia obtenida por la UPC, por ello, el manejo adecuado de las conejas previo al parto y los gazapos en lactancia es de suma importancia.

En la especie cunícola se ha reconocido a la mortalidad como un indicador importante del bienestar animal (BA), evidenciando que el mayor porcentaje de mortalidad de gazapos se produce durante las dos primeras semanas de vida, etapa crítica en que las crías son más vulnerables a las condiciones ambientales y su dependencia de la lactancia materna. La temperatura de confort en el nido para un conejo recién nacido es alrededor de 30 °C, la cual los gazapos pueden mantener si cuentan con un nido y alimentación adecuados.

La construcción del nido es tarea de las conejas, por lo que es relevante entender el comportamiento de la reproductora previo al parto. En la naturaleza la hembra construye el nido entre 3 y 4 días antes de parir y lo hace cubriendo el fondo de la madriguera con material vegetal y con el pelo que se arranca del abdomen y el tórax. Después del parto y una vez completada la primera lactancia, la coneja abandona el nido para regresar con sus crías una vez al día para amamantar. En condiciones productivas el manejo del nido comprende aspectos como: definición del tiempo previo al parto, para colocar la charola que servirá de base para construir el nido, tipo y cantidad de sustrato que se le proporciona a la hembra para que lo utilice para hacer el nido y que la madre tenga libres a los gazapos durante la lactancia.

Lo anterior fue considerado como parte del protocolo de evaluación de BA en la cunicultura del Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentaria (IRTA, por sus siglas en catalán), por lo que el manejo del nido, la



Cómo citar: Jerónimo-Romero, Y., Herrera-Haro, J. G., Ortega-Cerrilla, M. E., Méndez-Gómez-Humarán, M. C., & Luis-Chincoya, H. Reducción de mortalidad de gazapos predestete con acciones de bienestar animal en unidades cunícolas del Oriente del estado de México. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.454>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 43-47.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



lactancia y la disminución de la mortalidad pre-destete no sólo son un aspecto productivo y económico, sino también es una cuestión de BA y su evaluación permite mejorar los sistemas de producción, promoviendo la supervivencia de los gazapos, lo que impacta en más conejos destetados.

Solución planteada

En una UPC institucional ubicada en la región Oriente del estado de México, se evaluó la mortalidad de gazapos pre-destete en dos periodos experimentales, registrando las siguientes variables: A. Calidad de nido (a1. Baja, a2. Alta); B. Número de parto de la coneja (b1. Primípara, b2. Multípara); C. Raza de la hembra (c1. Nueva Zelanda, c2. California); y D. Época de parición (d1. primavera-verano, d2. otoño-invierno). La calidad de nido se estableció dependiendo de la cantidad de sustrato en la cama (pelo de la coneja y el proporcionado por el operador), considerando un nido de calidad baja, aquel con menos del 50% de cobertura del nido y alta aquel con más del 50%, de acuerdo con el protocolo de BA del IRTA (Figura 1).

En el primer periodo experimental no se realizó ningún manejo del nido, distinto al cotidiano, y durante el segundo periodo se implementaron acciones como colocar la charola y el sustrato tres días previos a la fecha probable de parto y mantener una alta calidad del nido desde tres días antes del parto hasta el destete. Independientemente del periodo de evaluación, se verificó diariamente que los gazapos consumieran leche, además se realizó la palpación del vientre, como lo indica el protocolo de BA del IRTA (Figura 2).

Las acciones de manejo implementadas para mejorar la calidad del nido disminuyeron el porcentaje de mortalidad de gazapos pre-destete (Figura 3), lo que aumentó el número de conejos ingresados a la etapa de engorda (Figura 4) e incrementa la posibilidad de tener un mayor número de conejos en pie finalizado y más kg de carne a la venta.

Se realizó un análisis de regresión logística para identificar los factores de riesgo asociados con alto porcentaje de mortalidad en los gazapos predestete.

El análisis indicó que la baja calidad del nido y la época de parto primavera-verano son factores de riesgo que incrementan la probabilidad, en 0.108 y 0.332 veces respectivamente, de tener mayor porcentaje de mortalidad en gazapos pre-destete ($p < 0.05$) (Cuadro 1).



Figura 1. Categorías de calidad de nido a) Categoría baja, b) Categoría alta.



Figura 2. Gazapos observados después del amamantamiento.

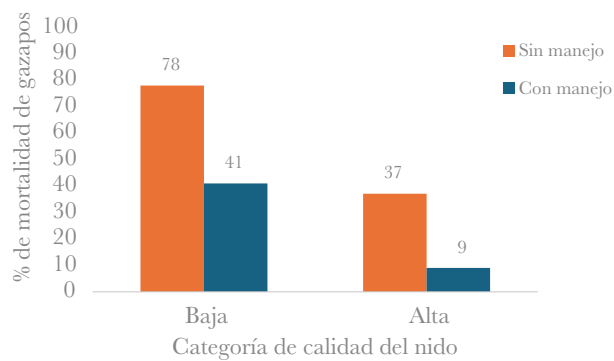


Figura 3. Porcentaje de mortalidad en gazapos predestete, dependiendo de la calidad del nido.

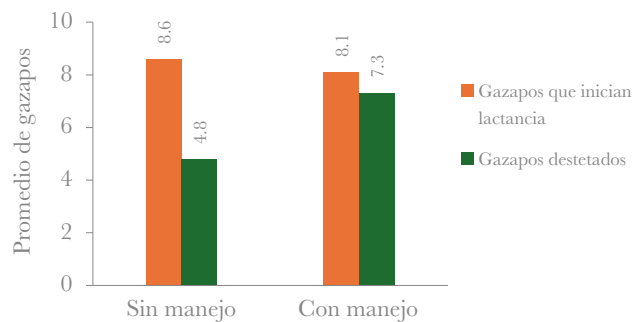


Figura 4. Promedio de gazapos destetados con y sin la implementación de manejo del nido.

El intervalo de confianza al 95 % ambos factores no incluyen la unidad, lo que significa que las categorías de dichas variables son diferentes.

El protocolo de BA del IRTA establece parámetros, criterios y principios; así como la forma de evaluarlos y los puntos que deben ser asignados para obtener un puntaje general de la UPC y conocer las condiciones de BA de esta. Algunos parámetros en vez de sumar puntos los restan. En el Cuadro 2 se muestran algunos parámetros, criterios y principios que fueron observados durante la evaluación de la mortalidad y el manejo del nido, así como los puntos que suman o restan a la evaluación general.

Retribución social

Mejorar la eficiencia, productividad y rentabilidad de las UPC mediante la reducción de la mortalidad de gazapos pre-destete a través de la implementación de acciones de bienestar animal que sean prácticas, de alto impacto y de bajo costo.

Cuadro 1. Probabilidad de mortalidad de gazapos para calidad de nido, número de parto, raza y época de parto, basado en el análisis de regresión logística.

Variable	Categoría		Parámetro	EEM (b _i)	OR	IC 95%	P> χ^2
Calidad de nido	Baja	(0)	-2.2219	0.7755	0.108	0.024-0.496	0.0042
	Alta	(1)					
Parto	Primípara	(0)	-0.0889	0.5505	0.915	0.311-2.692	0.8718
	Múltipara	(1)					
Raza	Nueva Zelanda	(0)	-0.2083	0.5294	0.812	0.288-2.292	0.6940
	California	(1)					
Época de parto	Primavera-Verano	(0)	-1.1020	0.5430	0.332	0.115-0.963	0.0424
	Otoño-Invierno	(1)					

EEM=Error Estándar de la Media; OR=Factor de riesgo; IC=Intervalo de Confianza al 95%.

Cuadro 2. Cumplimiento de principios, criterios y parámetros de BA.

Principio	Criterio	Parámetro	Evaluación	Puntuación
Buena alimentación	Ausencia de hambre prolongada	Acceso a la leche en gazapos ¹	Gazapos menores de 8 d de edad	+ 15
Buen alojamiento	Confort en la zona de descanso	Nido limpio y seco ¹	Gazapos menores de 8 d de edad	Si no se cumple - 20
Buena salud	Ausencia de enfermedad	Limpieza del nido ¹	Gazapos mayores de 8 d de edad	Si no se cumple - 20
		Mortalidad ²	Mortalidad al destete	Menor a 10 %, + 10
Comportamiento adecuado	Expresión de otras conductas	Disponibilidad de material para el nido (tipo, cantidad) ¹	Jaulas de las conejas 24 h previas al parto	Si no se cumple - 20
	Buena relación hombre-animal	Tocar a los gazapos diario ³	Gazapos en lactancia	Si no se realiza - 10

¹ Parámetro basado en las instalaciones, ² Parámetro basado en animales, ³ Parámetro basado en el manejo.

Agradecimientos

Esta investigación se realizó en la Línea de Generación del Conocimiento: “Ganadería eficiente, bienestar sustentable y cambio climático” (PREGEP-Ganadería); con el apoyo del Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología.

Innovación, impacto e indicadores

Nivel de innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores específicos	Subindicador
		Sector	Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar la forma de crianza de los gazapos, aplicando principios de bienestar animal.	Cunicultores independientes y asociaciones de cunicultores de la región Oriente del estado de México	Primario: Cunicultura semi intensiva y extensiva	Social, económico y cultural	Inocuidad, sustentabilidad y bioseguridad	Capacitación de productores	Tres tesis de licenciatura.
Procesos	Implementación de nuevas prácticas de bienestar animal en el proceso de cría de conejos.						Veinticinco familias de cunicultores de la región Oriente del estado de México beneficiadas.
Innovación sostenible	Implementación de procesos que contribuyen a mejorar la eficiencia de producción de las conejeras.						Aplicación de técnicas y conocimientos para la implementación de prácticas de BA en las unidades de producción cunícola.



Germinación de semillas de maíz y crecimiento de plántulas por tratamiento con nanopartículas de óxido de zinc

Loera-Alvarado, María E.¹; San-Martín-Hernández, Cesar^{2*}; Jaén-Contreras, David²

¹ Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología-Edafología, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C. P. 56264.

² Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco, km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, C. P. 56264.

* Autor para correspondencia: sanmartin.cesar@colpos.mx

Problema

El maíz (*Zea mays* L.) es originario de México y es uno de los cultivos más importantes en el país, puesto que es de los principales cereales utilizados para la alimentación, con un consumo anual per cápita de 196 kg. Actualmente se sabe que el uso indiscriminado de fertilizantes convencionales contamina el ambiente a través de los gases de efecto invernadero que generan, los cuales van a influir en el cambio climático. Por lo cual, es importante evaluar el uso de nuevas tecnologías que favorezcan el establecimiento de los cultivos mediante la promoción de la germinación y desarrollo en la fase inicial de las plántulas. Entre los fertilizantes novedosos se encuentran los nanofertilizantes como las nanopartículas de óxido de zinc, que en los últimos años han mostrado efectos positivos en la germinación y el crecimiento de plántulas de diversas especies como jitomate, pepino y trigo. No obstante, en maíz aún se desconoce el efecto de las nanopartículas de óxido de zinc en el establecimiento inicial del cultivo, por lo cual puede ser evaluado en la germinación y crecimiento del maíz.

Solución planteada

Se comparó la germinación y el crecimiento de plántulas de maíz tratadas con dosis crecientes de nanopartículas de óxido de zinc (NPs ZnO). En soluciones con dosis de NPs ZnO de 0, 10, 20, 30, 40 y 50 mg L⁻¹, se colocaron semillas de maíz a imbibición por 24 horas en vasos de precipitado a 25 °C (Figura 1). Después, grupos de 10 semillas se transfirieron en platos de Petri, a los cinco días se evaluó el porcentaje de germinación, longitud y diámetro de plúmula, longitud de raíz primaria y número de raíces secundarias; posteriormente, se trasplantaron en charolas de plástico y 20 días después del trasplante se midió el crecimiento de plántula y la cantidad de materia fresca y seca. Los datos se examinaron con análisis de varianza.

Cómo citar: San-Martín-Hernández, C., Loera-Alvarado, M. E., & Jaén-Contreras, D. Germinación de semillas de maíz y crecimiento de plántulas por tratamiento con nanopartículas de óxido de zinc. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.457>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 49-52.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



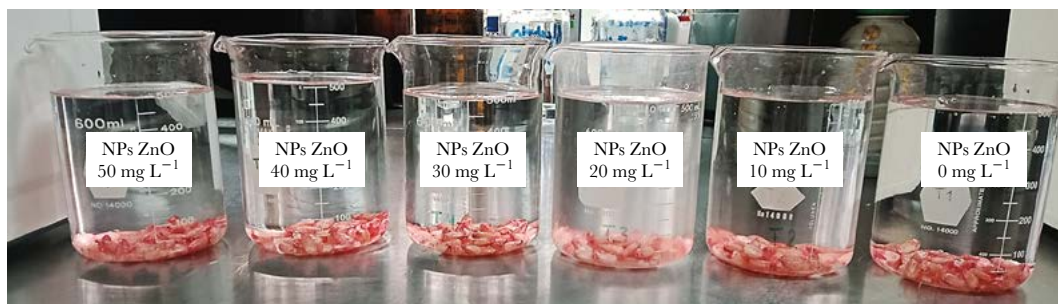


Figura 1. Semillas de maíz embebidas 24 horas en dosis de NPs ZnO a 25 °C.

La germinación es el proceso mediante el cual surge y se desarrolla una plántula a partir del embrión de la semilla. Se considera que una semilla ha germinado cuando sus estructuras esenciales (epicótilo, hipocótilo y cotiledón) se han desarrollado (Figura 2).

La aplicación de NPs ZnO en dosis bajas, incrementa el porcentaje de germinación en semillas de diversos cultivos, probablemente por el aumento en el nivel de Zn dentro de la semilla y su interacción en los procesos bioquímicos; es conocido que el Zn participa en la síntesis de auxinas involucradas en el desarrollo radical. En este estudio, las dosis de NPs ZnO no afectaron el porcentaje de germinación de las semillas de maíz (Figura 3).

La aplicación de NPs ZnO a las semillas de maíz, mostró diferencia significativa en longitud de la plúmula y longitud de raíz. Un suministro de NPs ZnO de 0 a 50 mg L⁻¹, promovió un incremento de 68% en la longitud de la plúmula y un 28% en longitud de raíz principal. Para el diámetro de la plúmula y número de raíces secundarias no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 1).

Las plántulas trasplantadas mostraron un desarrollo normal en su crecimiento (Figura 4). La altura de las plántulas con 0 mg L⁻¹ de NPs ZnO alcanzó 16.2 cm; no obstante, cuando se suministraron 20 o 50 mg L⁻¹ de NPs ZnO, la altura incrementó estadísticamente



Figura 2. Germinación de semillas de maíz tratadas con dosis crecientes de NPs ZnO.

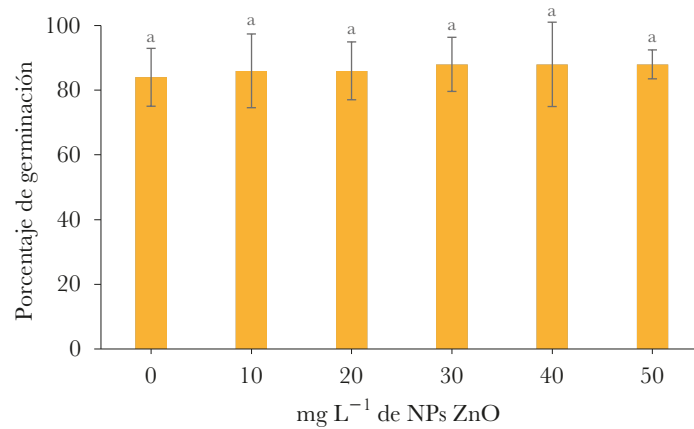


Figura 3. Germinación de semillas de maíz expuestas a NPs ZnO en dosis de 0 a 50 mg L⁻¹.

Cuadro 1. Longitud y diámetro de plúmula, longitud de raíz principal y número de raíces secundarias obtenidas de la germinación de semillas de maíz embebidas con dosis de NPs ZnO.

NPs ZnO (mg L ⁻¹)	Longitud de plúmula (cm)	Diámetro de plúmula (mm)	Longitud de raíz principal (cm)	Número de raíces secundarias
0	4.94b*	1.90a	8.57b	2.87a
10	5.87b	1.91a	9.74ab	3.17a
20	6.47ab	1.92a	10.75ab	3.25a
30	5.45b	1.92a	8.74ab	3.07a
40	6.61ab	1.94a	10.90ab	3.05a
50	8.31a	1.96a	11.00a	3.37a

* Valores con letras distintas dentro de una misma columna, indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los valores son el promedio de cinco repeticiones.

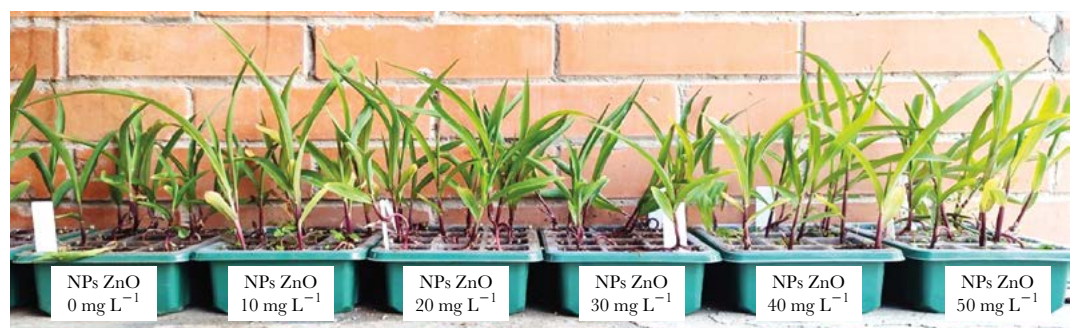


Figura 4. Crecimiento de plántulas 20 días después del trasplante, resultado del tratamiento de imbibición de semillas de maíz en soluciones de NPs ZnO en dosis de 0 a 50 mg L⁻¹.

en un 22%. Asimismo, al aumentar la aplicación de NPs ZnO de 0 a 40 y 50 mg L⁻¹, incrementó significativamente de 38 a 39% el peso de biomasa fresca de las plántulas; mientras que en biomasa seca no se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Altura de plántulas y biomasa obtenida de la germinación de semillas de maíz embebidas con dosis de NPs ZnO.

NPs ZnO (mg L ⁻¹)	Altura de plántula (cm)	Biomasa (g)	
		fresca	seca
0	16.20b*	7.64b	3.96a
10	18.53ab	9.70ab	3.94a
20	19.79a	10.05ab	4.28a
30	18.35ab	10.04ab	4.06a
40	18.23ab	10.52a	4.32a
50	19.80a	10.61a	4.52a

* Valores con letras distintas dentro de una misma columna, indican diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los valores son el promedio de cinco repeticiones.

Cuando la semilla de maíz se expone a NPs de ZnO de 0 a 50 mg L⁻¹ en imbibición por 24 h a 25 °C, la longitud de la plúmula, longitud de raíz principal, altura de plántulas y el peso de biomasa fresca aumentan, aspectos de suma importancia que incrementan la capacidad del cultivo para establecerse en campo.

Innovación, impacto e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Productores independientes	Primario: Agricultura Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I)	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología	Competitividad	Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo sostenible
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro						Transferencias tecnológicas

Actinobacterias promotoras de crecimiento vegetal aisladas de hormiga arriera (*Atta mexicana* Smith)

Maurice-Lira, Jorge V.¹; Delgadillo-Martínez, Julian^{1*}; Ortiz-López, Ivette¹; Martínez-Cerón, Danae M.¹; Pérez-Moreno, Jesús¹

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Posgrado en Edafología. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, C.P. 56264, Estado de México, México.

* Autor para correspondencia: juliandm@colpos.mx

Problema

El uso de agroquímicos sintéticos, como pesticidas y fertilizantes minerales, tiene efectos negativos significativos en los recursos naturales, afectando principalmente al suelo, agua y a atmósfera. Estos compuestos impactan negativamente la salud de los consumidores debido a la presencia de moléculas residuales con distintos grados de toxicidad. Esta situación ha generado una creciente preocupación mundial por la producción sustentable y ambientalmente amigable de alimentos para las personas.

Una de las soluciones propuestas son el uso de biofertilizantes, producidos a partir de microorganismos, que destacan por su capacidad para desempeñar funciones que favorecen la adquisición de nutrientes por parte de las plantas, como la fijación biológica de nitrógeno atmosférico, la solubilización de fosfatos minerales y la producción de sideróforos. Además, diversos grupos microbianos pueden sintetizar fitohormonas, como las auxinas, que promueven el desarrollo de la biomasa vegetal, especialmente en la formación de raíces y la elongación celular.

En las últimas décadas, ha surgido un gran interés por encontrar microorganismos con capacidades funcionales relevantes para la producción agrícola. La mayoría de estos microorganismos han sido aislados a partir del suelo rizosférico de plantas. No obstante, recientemente se ha descubierto que los insectos pueden ser fuentes novedosas de recursos microbianos con alto potencial biotecnológico.

Diversos estudios han aislado microorganismos con potencial para promover el crecimiento vegetal y controlar agentes fitopatógenos a partir del cuerpo de diversos insectos (Figura 1). Los himenópteros destacan por ser el orden con mayor número de interacciones con microorganismos de capacidades funcionales relevantes, tanto para el metabolismo de los insectos como con interesantes implicaciones en la agricultura. Esto se debe a que los himenópteros suelen establecer asociaciones mutualistas microbianos, de los cuales destacan las bacterias del filo Actinobacteria.

Las actinobacterias (*Actinomycetota sensu stricto*) son ampliamente reconocidas por ser el grupo bacteriano más abundante en el suelo; estas bacterias han captado un gran interés científico debido a su capacidad para producir múltiples compuestos con diversas funciones y bioactividades. Pueden producir complejos enzimáticos relacionados con la solubili-

Cómo citar: Maurice Lira, J., Delgadillo-Martínez, J., Ortiz-López, I., Martínez-Cerón, D. M., & Pérez-Moreno, J. Actinobacterias promotoras de crecimiento vegetal aisladas de hormiga arriera *Atta mexicana* Smith: Plant growth-promoting actinobacteria. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.462>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 53-58.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



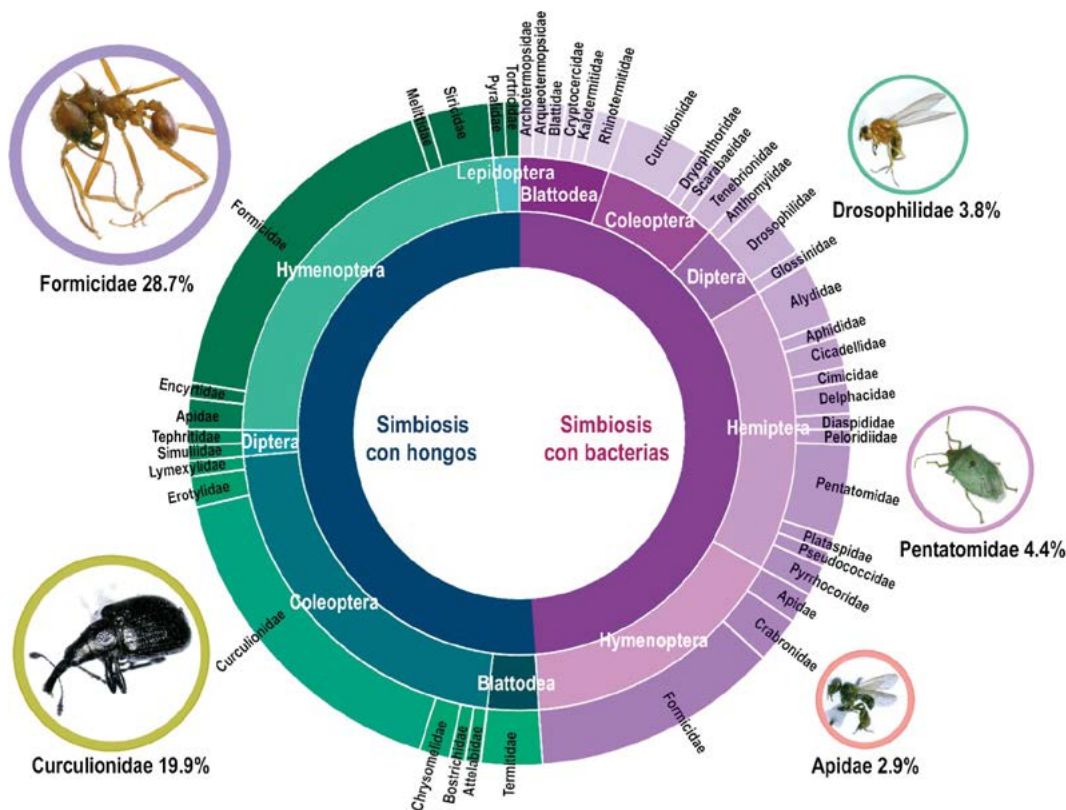


Figura 1. Principales familias de insectos a los que se han estudiado su asociación con microorganismos simbióticos.

zación de fósforo, fijar nitrógeno, sintetizar fitohormonas y generar numerosos compuestos con actividad antimicrobiana. Este potencial ha generado un creciente interés en la obtención de nuevas biomoléculas antimicrobianas tanto para la industria farmacéutica como para el control de enfermedades agrícolas y pecuarias.

Varios estudios concuerdan en que los insectos pueden favorecer la transmisión de los microorganismos en los sitios donde transitan, como el suelo y plantas, mediante un efecto denominado foréx, por lo que tanto las actinobacterias, como otros grupos bacterianos pueden ser favorecidos por los hábitos de los insectos para promover su dispersión; muchos de estos microorganismos “adoptados” por los insectos han demostrado diversas capacidades funcionales relevantes para la promoción de crecimiento vegetal.

Solución planteada

Se aislaron actinobacterias del cuerpo de hormigas obreras del género *Atta mexicana* Smith. Cada obrera fue transferida a un microtubo de centrifuga de 2.0 mL que contenía 1.0 mL de agua destilada estéril. Las muestras fueron trituradas y mezcladas en un vortex a máxima velocidad durante 30 minutos. Posteriormente, se sembraron 100 μ L de la mezcla en medio de cultivo Czapeck-Dox Agar y se incubaron a 28 °C durante siete días.

Las colonias con una morfología polvosa, característica de las actinobacterias, fueron aisladas en un medio EMLD, compuesto por 4.0 g de extracto de levadura, 10 g de extracto

de malta, 4.0 g de dextrosa, 20 g de agar y 1000 mL de agua destilada. A continuación, se realizó un análisis microscópico de las colonias aisladas para identificar la morfología típica de las actinobacterias, como la presencia de cadenas largas de células en forma de rosario y micelio en forma de “loops” (Figura 2).

Se obtuvieron 70 aislamientos de actinobacterias. El 90% creció en el medio Rennie sin fuentes de nitrógeno, lo que sugiere su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico; el 28% demostró la capacidad de solubilizar fosfato cualitativamente, ya que presentaron un halo de solubilización en el medio Picovskaya, cuya única fuente de fósforo fue $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$, una forma insoluble. El índice de solubilización de fosfatos se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{índice de solubilización} = (DC + HS) / DC$$

donde: *DC* es el diámetro de las colonias y *HS* el halo de solubilización (Figura 3A).

El 22.2% de los aislamientos produjeron ácido indolacético (AIA) en medio EMLD enriquecido con 5 mM de L-triptofano y revelado con reactivo Salkowski (Figura 3B).

Después de las pruebas cualitativas, se cuantificó la producción de AIA y fosfato solubilizado en los aislamientos que dieron resultados positivos en los análisis cualitativos y que presentaron los índices de solubilización de fosfatos más elevados (Figura 3D y 3E). Además, se realizaron bioensayos de antagonismo entre los aislamientos de actinobacterias y el hongo *Fusarium oxysporum*, en los cuales el 90% demostró capacidad antifúngica con diferentes niveles de agresividad (Figura 3F).

A partir de las evaluaciones cuantitativas, se identificaron cuatro aislamientos con mayor potencial como promotores de crecimiento vegetal. Se prepararon inóculos en medio EMLD líquido, en los cuales las actinobacterias fueron cultivadas e incubadas durante 15 días a 28 °C con agitación a 180 rpm. Posteriormente, los inóculos se centrifugaron a 7000 rpm para separar la biomasa microbiana del sobrenadante, la biomasa bacteriana se lavó dos veces con agua destilada estéril para eliminar los restos del medio de cultivo y se resuspendió ajustando la concentración de los inóculos a 1×10^{-8} células bacterianas por

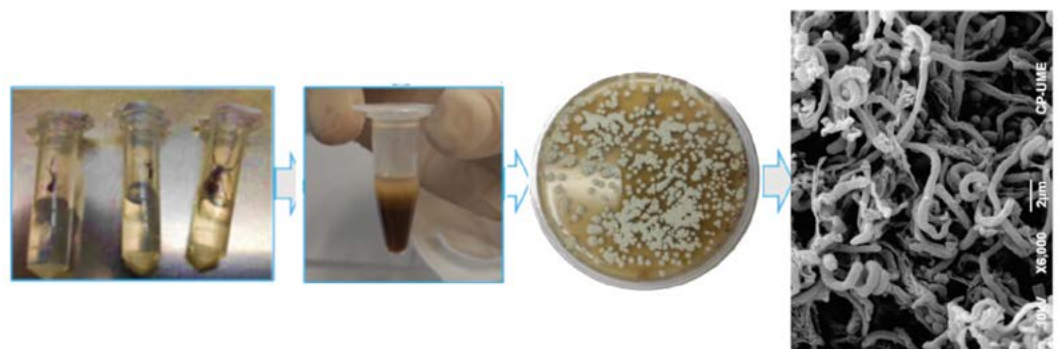


Figura 2. Esquematación del aislamiento e identificación de la morfología de las colonias de actinobacterias aisladas de *Atta mexicana* Smith.

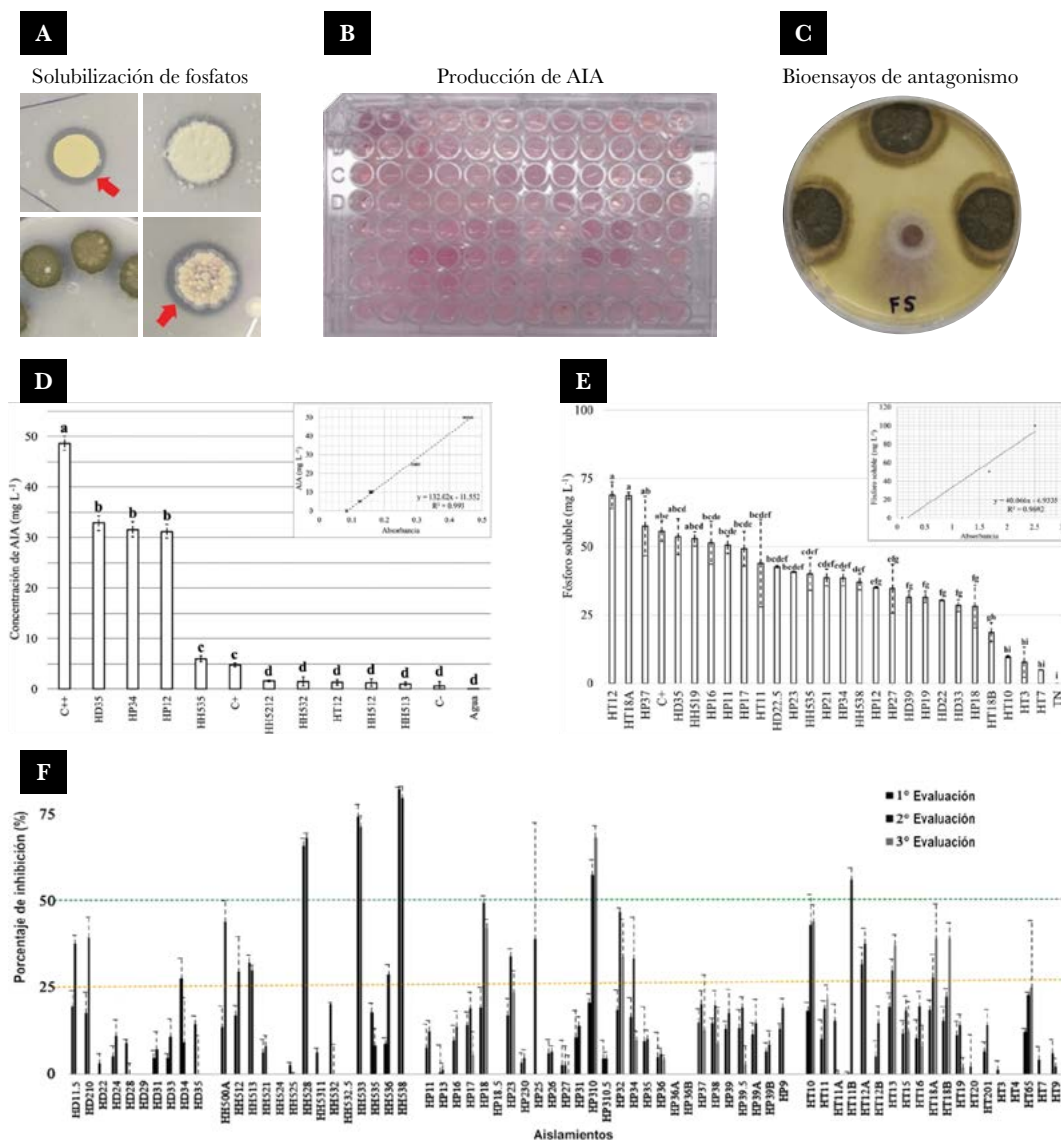


Figura 3. Pruebas cualitativas (A-C) y cuantitativas (D-F) de las funciones como promotores de crecimiento vegetal de 70 aislamientos de actinobacterias aisladas de la hormiga *Atta mexicana*. Las barras de error representan el error estándar para cada medición. Las letras diferentes indican que hay diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey, $\alpha=0.05$). Las rectas que se muestran en las figuras D y E representan las curvas de calibración utilizadas para la cuantificación de AIA y fosfatos solubilizados en espectrofotómetro a 350 nm y 420 nm respectivamente.

mL de inóculo. Se aplicaron 2.0 mL de inóculo a los 10 y 30 días después de la siembra, directamente en el tallo de plántulas de jitomate.

Además de los cuatro aislamientos (tratamientos), se incluyó un control positivo, correspondiente a una bacteria promotora de crecimiento vegetal evaluada en estudios anteriores, y un control negativo, correspondiente a plántulas no inoculadas. Todas las plántulas fueron regadas con solución Steiner al 5.0% durante los primeros cinco días, al 10% del día 6 al 15, y al 20% desde el día 16 hasta el final del experimento.

En general, los inóculos de actinobacterias aisladas de hormigas obreras de *Atta mexicana* Smith produjeron un aumento significativo en la altura y el área foliar de las plántulas en comparación con el control negativo (Figura 4). Los aislamientos HH535 y HT12 incrementaron significativamente la altura y el área foliar de las plántulas de tomate ($p < 0.0001$). Además, el área foliar específica fue significativamente mayor en las plántulas inoculadas con HH535 ($p < 0.0001$), lo que sugiere que estas plántulas desarrollaron hojas más delgadas y grandes, optimizando la captación de luz. La longitud de la raíz y el diámetro del tallo no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. La biomasa total no presentó diferencias significativas entre los tratamientos HH535, HT12, HP34, JLB4 y el control negativo. Sin embargo, el inóculo HD35 redujo significativamente la producción

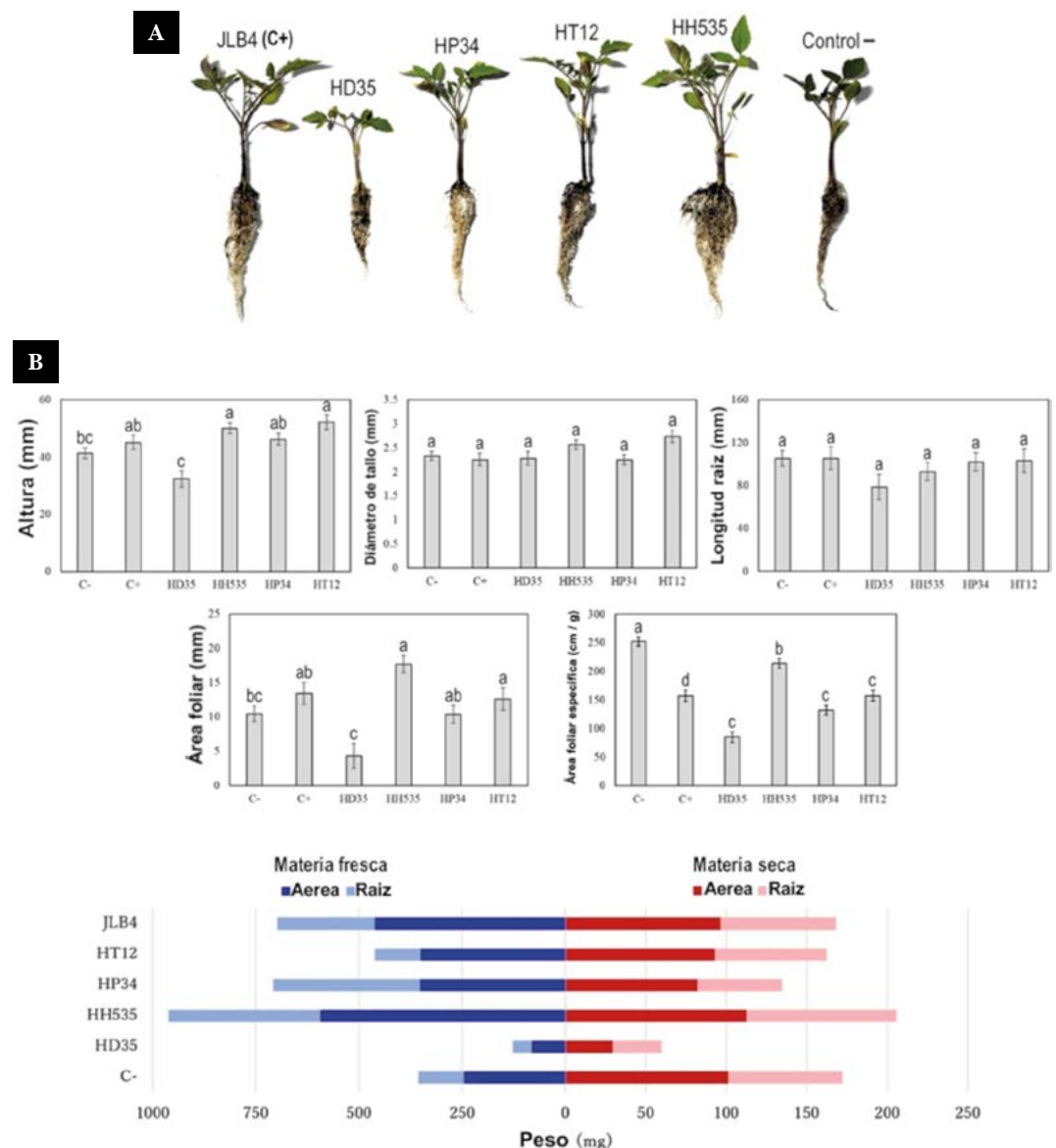


Figura 4. Efecto de la promoción de crecimiento vegetal de actinobacterias aisladas de hormigas *Atta mexicana* en las variables agronómicas de plántulas de jitomate.

de biomasa de las plántulas ($p=0.002$). La cepa HH353 aumentó la producción de biomasa total en un 19.69% en comparación con el control negativo y en un 22.43% en comparación con la cepa de referencia JLB4.

En conclusión, las hormigas obreras de *Atta mexicana* Smith pueden ser hospedadoras de actinobacterias con potencial como promotoras de crecimiento vegetal. Esto sugiere que estas hormigas representan una fuente valiosa de recursos microbianos con potencial biotecnológico para la agricultura. Las actinobacterias aisladas de estas hormigas podrían haber sido adoptadas de sus sitios de tránsito (foresis), lo que estaría relacionado con sus capacidades funcionales altamente asociadas al microbioma del suelo y a la nutrición vegetal. La posibilidad de utilizar estas actinobacterias como biofertilizantes y agentes antifúngicos ofrece una prometedora vía para el desarrollo de prácticas agrícolas sostenibles y contribuyen para alcanzar la soberanía alimentaria mediante prácticas biotecnológicas para la producción de alimentos inocuos.





Agradecimientos

A la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento “Biotecnología microbiana aplicada a la agricultura, forestería y ambiente” del Posgrado en Edafología del Colegio de Postgraduados. Maurice-Lira, J.V. (Folio: CAT2024-0086) y Ortiz-López, I. (Folio: EESP2024-0094) expresan su profundo agradecimiento al Programa “Investigadoras e Investigadores COMECYT”, cuyo apoyo hizo posible el desarrollo de esta publicación.

Innovación, impacto e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.	Asociaciones de Productores Productores independientes Comunidades Agrarias	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación Responsabilidad Ambiental	Competitividad Recursos Humanos Comercio Capacitación	Numero de tesis Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Modelo de negocio	Creación o reinención de un negocio	Poblaciones en particular	Secundario: Actividades económicas que transforman las materias primas en productos elaborados (Agroindustria)				
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible		Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)				

Síntesis de nanopartículas de óxido de zinc (NPs-ZnO) y sus aplicaciones en la agricultura

Adriana Morfín-Gutiérrez¹; Álvarez-Vázquez, Perpetuo¹; Ramírez- Barrón, Sonia N.¹
Josué Israel García-López^{1,*}

¹ Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. C.P 25315.

* Autor para correspondencia: josue.garcia@uaaan.edu.mx

Problema

Actualmente uno de los sectores con mayor demanda a causa de la sobrepoblación mundial, ha sido el sector agrícola, ya que se encarga de producir grandes cantidades de alimentos en pequeños espacios de suelo, provocando una deficiencia de micronutrientes como cobre, manganeso, hierro, boro y particularmente de zinc. La tercera parte de la población mundial presenta deficiencias de zinc debido a la carencia de este micronutriente en los alimentos de consumo básico. Por otra parte, las deficiencias de zinc en suelos agrícolas es uno de los principales problemas que limitan la productividad de los cultivos, ya que actúa como cofactor funcional y regulador de varias reacciones fisiológicas. La deficiencia de micronutrientes en el suelo, provoca cambios fisiológicos en una planta, los cuales están asociados con alteraciones en las funciones enzimáticas, tales como, la inhibición de enzimas involucradas en la eliminación de especies reactivas de oxígeno, que consecuentemente provoca daños por estrés oxidativo, así como, el incremento del potencial osmótico celular y la disminución en la síntesis de clorofilas (producción del color) y la síntesis de proteínas.

Solución planteada

Una de las alternativas para incrementar el contenido de nutrientes en un cultivo agrícola, es el uso de nanofertilizaciones, que consiste en la aplicación de micronutrientes con tamaños nanométricos, comúnmente en forma de nanopartículas, los cuales pueden ser aplicados en el suelo, directamente a la planta e incluso durante el proceso de germinación de semillas e incrementar la absorción de nutrientes y potenciar el crecimiento y desarrollo de una planta. Además, con este tipo de aplicaciones se disminuye la pérdida de minerales por procesos de lixiviación y volatilización, que normalmente ocurren con fertilizantes

Cómo citar: García López, J. I., Morfín-Gutiérrez, A., Ramírez Barrón, S. N., & Álvarez Vázquez, P. Síntesis de nanopartículas de óxido de zinc (NPs-ZnO) y sus aplicaciones en la agricultura. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.475>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iniguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 59-62.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



convencionales (eficiencias menores al 30%), la contaminación ambiental y el impacto a la economía. Recientemente, se han utilizado NPs-ZnO como nanofertilizantes en diversos cultivos, debido a su capacidad de descomponerse de forma gradual y lenta en el suelo, suministrando nutrientes durante un largo periodo de tiempo, permitiendo a la planta una absorción más efectiva, sin comprometer el rendimiento del cultivo.

Generalmente la síntesis de nanopartículas se puede llevar a cabo siguiendo dos rutas (Figura 1), la primera de ellas conocida como top-down, que consiste en métodos físicos, a partir de los cuales obtendremos materiales nanométricos, partiendo de un material a granel, que será sometido a molienda mecánica hasta alcanzar el tamaño deseado. Mientras que la segunda ruta, conocida como bottom up, es un método químico que parte de átomos y sus diferentes reacciones químicas (reacciones de nucleación y crecimiento) hasta alcanzar la formación de una nanopartícula. Las nanopartículas de óxido de zinc pueden ser sintetizadas mediante diversas metodologías, siendo las más comunes, sol-gel y coprecipitación química.

La síntesis por sol-gel permite la obtención de nanopartículas con estructuras predefinidas, fases amorfas puras, monodispersidad, buen control de tamaños de partícula y de microestructura, además de productos homogéneos. Es un método que consiste en la hidroxilación y condensación de precursores moleculares en solución. Inicialmente se obtiene un “sol” de partículas nanométricas, posteriormente es secado o gelificado a partir de la remoción del disolvente o por reacción química para la obtención de un “gel”, este último es sometido a un proceso de envejecimiento a temperatura y tiempo controlados.

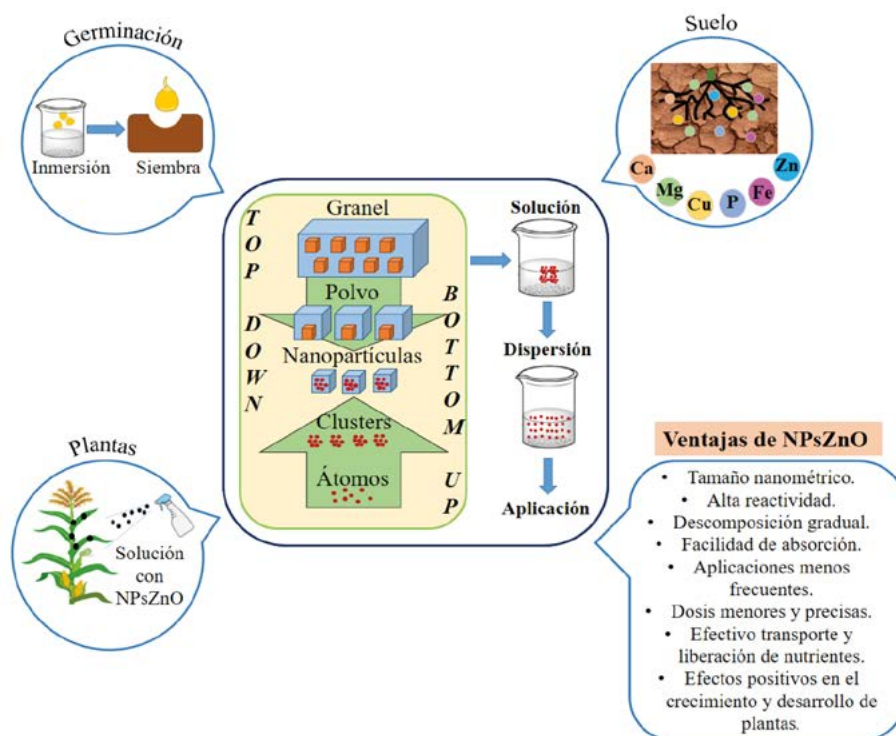


Figura 1. Esquema de la obtención de nanopartículas mediante top down y bottom up, así como sus posibles formas de aplicación en la agricultura.

La coprecipitación química es uno de los métodos más utilizados para la síntesis de nanopartículas, básicamente consiste en la precipitación simultánea de dos o más soluciones, con solubilidades similares a partir de una solución alcalina. Es un método simple y barato que permite la obtención de materiales finos, de alta pureza, partículas estequiométricas de óxidos metálicos sencillos y multi-componentes, con tamaño y forma deseada. Inicia con la formación de especies insolubles bajo condiciones de sobresaturación, seguido de la formación de partículas pequeñas. Después ocurre una agregación de material e incrementan su tamaño y finalmente se induce a la precipitación de especies químicas con la adición de algún compuesto precipitante.

Una vez que las nanopartículas son obtenidas, estas son colocadas en una solución acuosa y posteriormente dispersadas haciendo uso de un baño de ultrasonido por diferentes periodos de tiempo. Cuando la solución se encuentra dispersa, se continúa con su aplicación al cultivo, que puede ser vía foliar, al suelo o a las semillas. En el caso de la vía foliar la solución se aplica directamente al follaje de la planta, para que pueda absorber los nutrientes a través de la cutícula y tallo. Con respecto a las fertilizaciones en el suelo, las aplicaciones son en forma de abono para que estos puedan ser absorbidos por la raíz y distribuirse a lo largo de toda la planta. Por su parte, también las semillas pueden ser tratadas con NPs-ZnO previamente a su siembra, esto con la finalidad de incrementar la velocidad del proceso de germinación y obtener una mayor cantidad de plántulas útiles.

La idea de reducir el tamaño de partícula del fertilizante aplicado es suministrar la dosis correcta de nutrientes en el lugar y momento adecuados. Además, reducir el tamaño de las partículas aumenta su superficie específica, lo que aumenta el área de contacto de los fertilizantes con las plantas, provocando una mayor absorción de nutrientes por parte de estas en comparación con los fertilizantes comerciales.

Una vez que las nanopartículas se encuentran en contacto con las plantas, su tamaño diminuto les permite ingresar en ellas a partir de la raíz y las hojas. En el caso de la raíz, las NPs-ZnO son atraídas por la superficie radicular, provocando una acumulación en la raíz e ingreso fácil mediante pequeños poros presentes en la pared celular radicular, para posteriormente alcanzar las xilemas de la raíz y distribuirse a lo largo de la planta. Mientras que el ingreso a través de las hojas, ocurre por medio de las estomas, hasta alcanzar los vasos de la xilema y las partes sintéticas de la planta.

En ambos casos el movimiento de las nanopartículas requiere de transporte simplástico y apoplástico, es decir, a partir de los tejidos de la planta y a través de los espacios extracelulares, respectivamente. Esta libertad de movimiento a través de la planta les permite participar eficientemente en funciones importantes como la activación de numerosas enzimas (ARN polimerasa, superóxido dismutasa, anhidrasa carbónica, etc.), participación en el control de la proliferación y la diferenciación celular, desarrollo de cloroplastos, entre otros. Todo esto provoca un incremento en el desarrollo, crecimiento y rendimiento de una planta, así como mayor resistencia ante el estrés biótico y abiótico. En la Figura 2 se muestra un esquema representativo de los efectos del zinc en una planta, en donde se puede observar algunas de las funciones más importantes de este micronutriente y su esencialidad en la misma, así como, los efectos más representativos causados por exceso o deficiencia del zinc en una planta.

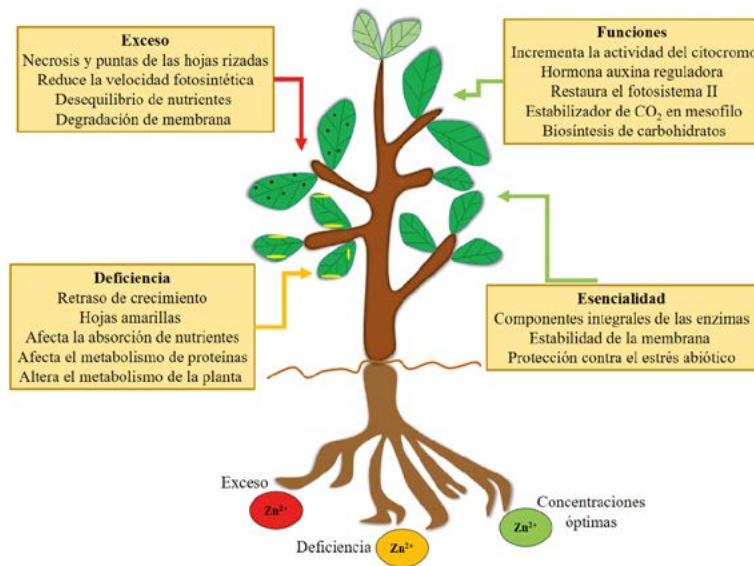


Figura 2. Esquema del efecto de zinc en las plantas.

Innovación, impacto e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca incrementar la concentración de minerales en los cultivos agrícolas, durante la germinación o mediante aplicaciones foliares y suelos para mejorar el crecimiento de las plantas	Productores independientes Comunidades Agrarias	Primario: Agricultura, investigación científica. Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I)	Económico Ambiental	Ciencia y Tecnología Responsabilidad Ambiental	Capacitación	Número de tesis Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico

De la Química al Campo: El Impacto de los Inhibidores de la Nitrificación

Avendaño-Morales, Berenice^{1*}; Hidalgo-Moreno, Claudia M.¹; Etchevers-Barra, Jorge D.¹

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México, C.P. 56264.

* Autor para correspondencia: avendano.berenice@colpos.mx

Problema

El nitrógeno es un nutriente esencial para las plantas, ya que es componente clave de aminoácidos, clorofila y ácidos nucleicos, entre otros. Aunque el nitrógeno abunda en la atmósfera como N_2 , las plantas no pueden asimilarlo directamente en esa forma, requiriendo su conversión a formas utilizables (NH_4^+ y NO_3^-) mediante el proceso de la nitrificación, un paso bioquímico mediado por microorganismos como: bacterias, hongos y arqueas. Este proceso ocurre en dos etapas principales: primero, el amonio es transformado en hidroxilamina y nitrito por la acción de las enzimas amoníaco monooxigenasa (AMO) y la hidroxilamina oxidorreductasa (HAO) (Shears y Wood, 1985; Basu *et al.*, 2003). Luego la enzima nitrito oxidorreductasa promueve la oxidación del nitrito a nitrato. El nitrógeno en forma de amonio frecuentemente es retenido en el suelo, mientras que el nitrato se lixivia por su alta movilidad pudiendo contaminar cuerpos de agua. Además, en condiciones de alta humedad y temperatura, el nitrato puede transformarse en gases como N_2 y N_2O , mediante el proceso de la desnitrificación. Este último es un gas de efecto invernadero con un impacto climático significativo, ya que es aproximadamente 300 veces más potente que el CO_2 en cuanto a su capacidad para absorber energía (Frye, 2005). Por ello, la gestión eficiente de los fertilizantes nitrogenados es crucial para maximizar su disponibilidad para las plantas y minimizar el impacto ambiental.

Inhibidores de la nitrificación

El uso de inhibidores de la nitrificación es una estrategia que ha demostrado ser eficaz para ralentizar el proceso de la conversión de amonio a nitrato (Figura 1). Estos compuestos prolongan la posibilidad de que el nitrógeno permanezca más tiempo en el suelo, lo que hace más eficiente su uso (Patra *et al.*, 2006; Minet *et al.*, 2013; Lan *et al.*, 2022) y su aprovechamiento por las plantas (Rodgers, 1986).

Esto es especialmente relevante porque se ha demostrado que cerca de 90% del nitrógeno aplicado en forma de amonio se convierte en nitrato en tan solo cuatro semanas (Sahrawat, 1980; Goring, 1962).

Con objeto de hacer más eficiente el uso de fertilizantes nitrogenados, a mediados del siglo XX se desarrollaron inhibidores de la nitrificación sintéticos. El primero que se comercializó fue la nitrapirina. Posteriormente, se desarrollaron otros inhibidores como la diciandiamida (DCD), el 1H-1,2,4-triazol (TZ) y el 3,4-dimetilpirazol fosfato (DMPP) que

Cómo citar: Avendaño-Morales, B., Hidalgo-Moreno, C. M., & Etchevers-Barra, J. D. De la Química al Campo: El Impacto de los Inhibidores de la Nitrificación. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.500>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iniguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 63-68.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



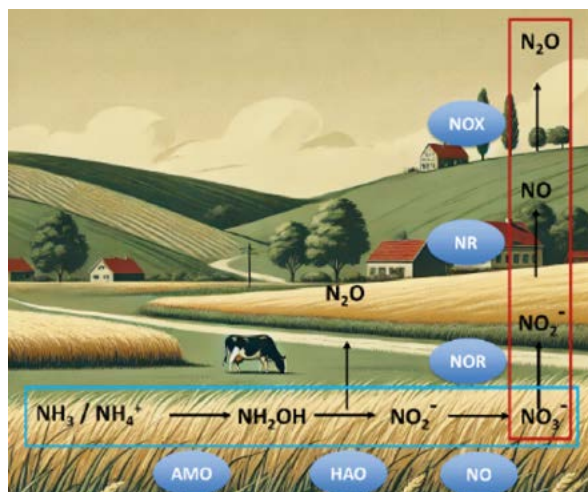


Figura 1. Proceso nitrificante (azul), desnitrificante (rojo) y enzimas involucradas en el proceso (●) en suelos agrícolas. AMO: amoníaco monooxigenasa, HAO: hidroxilamina oxidoreductasa, NO: nitrito oxidoreductasa, NOR: nitrato reductasa, NR: nitrito reductasa, NOX: óxido nítrico reductasa, NX: óxido nitroso reductasa. Modificado de OpenAI (2023).

son reconocidos por su efectividad en diversas condiciones de suelo y cultivo estudiados (Papadopoulou *et al.*, 2020).

La nitrapirina ($\text{ClC}_5\text{H}_3\text{NCCl}_3$) se introdujo en 1960 bajo el nombre de N-Serve y fue etiquetada para su uso en maíz, trigo, sorgo, canola y remolacha azucarera (Corteva agriscience, EUA). Produce la muerte de las bacterias nitrificantes *Nitrosomonas*, cuya población decrece en los suelos después de su uso (Huffman, 1996; Sturm *et al.*, 1994; Zerulla, 1996). En suelos con temperaturas ≥ 20 °C se descompone en 30 días o menos, mientras que en suelos fríos es muy persistente y estable por lo que se recomienda aplicarlo durante la fertilización de otoño o invierno (Subbarao *et al.*, 2006; Trenkel, 2010).

La DCD ($\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_4$), se aprobó como fertilizante nitrogenado en 1917 y posteriormente como inhibidor de la nitrificación. Contiene 65% de N (AAPFCO, 1985) y se puede combinar con fertilizantes amoniacales. Se descompone en urea y amoníaco, por lo que no representa ningún riesgo para la salud humana (Trenkel, 2010; Zerulla, 2008). Se ha probado en experimentos de laboratorio y de campo que la mezcla DCD+TZ reduce significativamente la emisión de N_2O (Michel *et al.*, 2004; Weber *et al.*, 2004; Wozniak *et al.*, 2001).

El DMPP ($\text{C}_5\text{H}_{11}\text{N}_2\text{O}_4\text{P}$) desarrollado por BASF en 1995, fue comercializado por la empresa química Compo Expert (IFA, 2010), entre muchas otras (Thermo Fisher Scientific, Sigma Aldrich, Alfa Chemical). De acuerdo con su hoja de seguridad este producto es nocivo en caso de ingestión, tras exposiciones prolongadas o repetidas puede provocar daños que afectan la fertilidad. Su tasa de aplicación es sustancialmente menor que la del DCD (Zerulla *et al.*, 2001). En el suelo presenta una movilidad muy baja comparada con la del amonio (Fettweis *et al.*, 2001; Gutser, 1999; Linzmeier *et al.*, 2001). A elevadas temperaturas (32 °C) como aquellas que se alcanzan en verano en el sur de Europa, el DCD retrasa el proceso de oxidación a nitratos por varias semanas y por ende su probabilidad de lixiviación (Bañuls *et al.*, 2000; Serna *et al.*, 2000).

Se conoce que las raíces de ciertas plantas exudan compuestos que favorecen la absorción de nitrógeno presente en el suelo (Stiven, 1952; Munro, 1966; Rice y Pancholy, 1972), sin embargo, no se contaba con las evidencias necesarias para demostrarlo. A inicios del siglo XXI estudios realizados con la gramínea *Brachiaria humidicola* indicaron que ésta posee la capacidad de competir eficientemente por nutrientes en suelos pobres en nitrógeno. A partir de esas observaciones se demostró que algunas moléculas presentes en los exudados de su raíz son compuestos que inhiben la nitrificación (Subbarao *et al.*, 2006). Ello promovió las investigaciones sobre inhibidores biológicos que pueden ser generados en la rizosfera, los exudados radicales, los tejidos vegetales, y la hojarasca (Xin *et al.*, 2021). También estudios del impacto de éstos en las comunidades nitrificantes (Zhou *et al.*, 2024), así como su aplicación en diversos cultivares y tipos de suelo (Mawan y Kaewpradit, 2024; Leon y Nedumaran, 2024).

Los inhibidores biológicos de la nitrificación, como los liberados en el entorno de la raíz de plantas, como *Brachiaria humidicola*, reducen la actividad de los microorganismos nitrificantes. Estas sustancias mantienen en el suelo por más tiempo el nitrógeno amoniacal y retrasan su transformación a nitrato. Si bien, hasta este momento aún no se conoce el mecanismo de acción, se ha sugerido que estos compuestos interactúan con las enzimas AMO y HAO, cuya acción es clave del proceso de la nitrificación (Wendeborn, 2019).

La biodegradabilidad de los inhibidores biológicos representa una alternativa prometedora respecto a los inhibidores sintéticos, porque reduce significativamente el riesgo a la salud humana y a la de los sistemas naturales (suelo, agua), donde éstos se pueden acumular. Es el caso de la nitrapirina, que provoca irritación cutánea, de acuerdo con lo que indica su hoja de seguridad. Tampoco se ha investigado suficiente y claramente la afectación al hábitat de organismos biológicos no objetivo, como es el caso de los polinizadores, que pudiesen estar presentes en áreas adyacentes a las zonas de aplicación.

También se ha reportado que los inhibidores biológicos requieren dosis de aplicación más bajas que los sintéticos para lograr efectos similares, lo que disminuye costos de aplicación y posibles impactos ambientales asociados con su uso (Subbarao *et al.*, 2008). Su origen natural y su compatibilidad ambiental permiten integrarlos de manera más armónica en los sistemas agrícolas, respetando los ciclos naturales de los nutrientes y fomentando la sostenibilidad de los sistemas de producción. Los inhibidores biológicos son tanto hidrofóbicos como hidrofílicos y presentan modos de acción multifuncionales. Por ejemplo, el ácido linoleico no solo inhibe la nitrificación, también actúa sobre la actividad de la ureasa, enzima clave en la descomposición de la urea en amoníaco y dióxido de carbono, contribuyendo así a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Subbarao *et al.*, 2009; 2013).

Entre los inhibidores biológicos más Investigados se incluyen al ácido linolénico ($C_{18}H_{30}O_2$), la braquiolactona ($C_{20}H_{30}O_4$) y la sorgoleona ($C_{22}H_{30}O_4$), esta última molécula derivada del sorgo que combina propiedades inhibitorias alelopáticas con las malezas.

Entre las limitaciones que presentan los inhibidores de la nitrificación tanto biológicos como sintéticos se destaca su sensibilidad a distintas condiciones químicas, como el pH y su solubilidad. Por ejemplo, el DMPP muestra un mayor efecto inhibitorio en suelos con pH 10, mientras que su efectividad disminuye a pH 4 y 7 (Xue *et al.*, 2012). Por otro lado, la

DCD es altamente soluble en agua (32 g/L a 20 °C) (AAPFCO, 1985), lo que puede facilitar su lixiviación y reducir su impacto en la inhibición de la nitrificación.

Los inhibidores de la nitrificación también son sensibles a condiciones ambientales, como temperaturas extremas. Por ejemplo, el ácido linoleico se oxida en contacto con el aire a 50 °C (Yang *et al.*, 2000) lo que puede llevar a su degradación y un nulo o bajo impacto sobre las comunidades nitrificantes. Además, ciertos microorganismos del suelo pueden metabolizar estos inhibidores como fuente de energía, como ocurre con la sorgoleona (Gimsing *et al.*, 2009). Ante estas condiciones la encapsulación de inhibidores de la nitrificación emerge como una tecnología prometedora propuesta para paliar esta limitante.

Encapsulación de inhibidores de nitrificación

La encapsulación se presenta como una estrategia innovadora y eficaz para proteger a los inhibidores de la nitrificación, tanto sintéticos como biológicos, que afectan su desempeño y disminuyen su efectividad debido a condiciones presentes en el suelo. Estas condiciones pueden ser el pH, la porosidad, la presencia de materia orgánica, así como la diversidad y población de microorganismos nitrificantes (principalmente bacterias). Además de factores abióticos, como la temperatura y la humedad. Todos estos factores afectan la solubilidad, volatilidad y estabilidad química de los inhibidores de la nitrificación (Subbarao *et al.*, 2006a).

El encapsulado es un procedimiento físico que consiste en recubrir los compuestos activos con materiales que forman una barrera física, química o biológica, prolongando su acción en el suelo y reduciendo pérdidas por lixiviación o volatilización. Los materiales usados como recubrimiento pueden ser tanto biodegradables, como son quitosano, alginato y celulosa, o no biodegradables, como poliuretano y polietileno (Liang y Liu 2006), entre otros. La tecnología a emplearse depende del tamaño de las partículas a encapsular:

- La macroencapsulación genera partículas con tamaño mayor a 1 mm, son visibles a simple vista. Este tipo de encapsulación es ideal para aplicaciones agrícolas que requieren una liberación controlada y prolongada de los nutrientes. Los compuestos activos liberados durante semanas o incluso meses, se deben ajustar a las necesidades de los cultivos a lo largo de su ciclo de crecimiento (Shaviv, 2001).
- La microencapsulación genera partículas de menor tamaño que la macroencapsulación, generalmente inferiores a 1000 μm . Esas pueden ser aplicadas de manera foliar o al suelo. La liberación controlada y prolongada de nutrientes de un fertilizante microencapsulado aplicado por Tolescu *et al.* (2014) a cultivos de maíz y girasol, favoreció su rendimiento (granos y semillas, respectivamente) comparado con fertilizantes convencionales. Además, este fertilizante microencapsulado permitió reducir el impacto ambiental asociado al uso de fertilizantes químicos aplicados directamente al suelo, ya que disminuye la lixiviación de los nutrientes encapsulados (N, P y K) (Tolescu *et al.*, 2014).

Por su parte, los compuestos nanoencapsulados son partículas menores a 100 nm. El tamaño nanométrico estas partículas les confiere propiedades únicas. Debido a su elevada

superficie específica pueden liberar compuestos activos directamente en las hojas y rizosfera, optimizando su biodisponibilidad y reduciendo pérdidas por lixiviación o volatilización (Kah *et al.*, 2018). Además, la nanoencapsulación ha abierto nuevas posibilidades para el desarrollo de sistemas de liberación inteligente, capaces de responder a estímulos ambientales como pH, humedad o temperatura (Saurabh *et al.*, 2024) (Figura 2).

Fertilizantes con inhibidores sintéticos de la nitrificación cuyas partículas son de tamaño micro y macro-métricos se comercializan actualmente bajo el nombre de Yodel y Dd-Meister[®] (Chisso Asahi Fertilizer Co., Ltd., Japón), son una mezcla de N, P, K y DCD, y urea recubierta de poliolefina con diciandiamida, respectivamente (Tachibana, 2007; Trenkel, 2010; Mimaki, 2003), Entec[®] (EuroChem, Bélgica) que contiene una mezcla de fertilizantes con los inhibidores DMPP y el 2-(N-3,4-dimetilpirazol) succínico, NovaTec[®] Solub 21, fertilizante con N, P, S, microelementos y DMPP (Compo Expert, Alemania) y Ennè 21, un fertilizante de lenta liberación con DMPP (Mugavero, Italia). Sin embargo, se debiera preferir el uso de inhibidores biológicos por su inocuidad y biodegradabilidad.

La disponibilidad de nanofertilizantes con inhibidores de la nitrificación es limitada. Empresas como Wonder Corporation están explorando el desarrollo de fertilizantes denominados de nanomalla, también conocidos como fertilizantes nanohíbridos. Éstos son nanopartículas de óxido de hierro o de zinc, o de compuestos orgánicos como quitosano y ácidos húmicos (Yadav *et al.*, 2023). Estos productos buscan mejorar la eficiencia en la liberación de nutrientes y reducir el impacto ambiental (wonder-corporation.com).

La encapsulación de inhibidores biológicos de la nitrificación juntamente con fuentes de nitrógenos es muy escasa. Esferas de alginato con urea y ácido linoleico han sido encapsuladas con éxito (Avendaño *et al.*, 2023) (Figura 3) pero aún se requiere mucha investigación al respecto, la cual está siendo desarrollada por la misma autora. La encapsulación conjunta del inhibidor biológico con fertilizante representa una vía prometedora para mejorar la gestión del nitrógeno en los sistemas agrícolas y contribuir a una agricultura más sostenible.



Figura 2. Uso de macro, micro y nano cápsulas para mejorar el crecimiento de los cultivos. Modificado de OpenAI (2023).

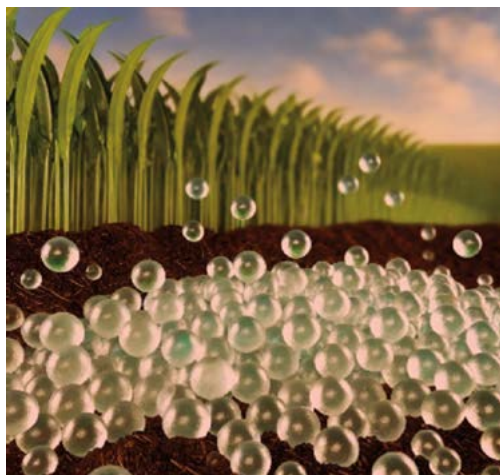









Figura 3. Uso de esferas de alginato con urea y ácido linoleico en el suelo (OpenAI, 2023).

La encapsulación de inhibidores de la nitrificación y el uso de inhibidores biológicos representan avances cruciales en la búsqueda del uso más eficiente de los fertilizantes nitrogenados para lograr una agricultura sostenible. Esta tecnología mitiga las pérdidas de nitrógeno lixiviado a cuerpos de agua y reducen las emisiones de gases de efecto invernadero. Los inhibidores sintéticos encapsulados conocidos y ya comercializados aseguran una liberación controlada y prolongada, pero no han sido usados como se esperaba. Los inhibidores biológicos destacan por su origen natural y compatibilidad ambiental, por lo que ofrecen una expectativa que debe continuarse investigando. El futuro de la agricultura dependerá de la integración de estas herramientas innovadoras con prácticas agrícolas responsables y el desarrollo de nuevas tecnologías que potencien su efectividad y accesibilidad.

Innovaciones, Impactos e Indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores Gobierno de los Estados	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación Responsabilidad Ambiental Salud Pública	Competitividad Recursos Humanos Comercio Generación de empleos Capacitación	Registro Número de tesis Número de egresados (Lic. M.C., D.C.) Número de publicaciones Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.	Productores independientes Comunidades Agrarias	Secundario: Actividades económicas que transforman las materias primas en productos elaborados (Agroindustria)				
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible		Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)				

Producción de huevo de gallinas Criollas bajo un sistema alternativo y convencional

Maldonado-Martínez, Giselle G.¹; González-Cerón, Fernando²; Zárate-Contreras, Diego¹; Mendoza-Pedroza, Sergio I.¹; Crosby-Galván, María M.¹; Sosa-Montes, Eliseo²; Pro-Martínez, Arturo^{1*}

¹ Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264.

² Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia, Carretera México-Texcoco km 38.5, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230.

* Autor de correspondencia: aproma@colpos.mx

Problema

El huevo es uno de los alimentos más consumidos a nivel mundial, México es el mayor consumidor con un promedio de 25 kg per cápita al año, a nivel nacional la avicultura es una de las principales actividades pecuarias, sin embargo, cerca del 70% de la producción de huevo en México se lleva a cabo en sistemas intensivos convencionales, donde las aves se mantienen confinadas, permitiendo tener un mayor número de animales en espacios reducidos lo que se traduce en poca movilidad y no poder expresar su comportamiento natural. En los últimos años el consumidor ha prestado más atención en el bienestar de las aves y no solo en satisfacer la demanda de este producto, por lo que la industria se ha centrado en tratar de reemplazar los sistemas intensivos de producción (en jaula) por sistemas alternativos como la producción de huevo en libertad, aunque el incremento de estos sistemas de producción ha sido lento.

Solución planteada

En años recientes en México se han comenzado a diseñar diferentes modelos de negocio de producción de huevo, entre los cuales podemos mencionar los sistemas de producción en piso, libertad y orgánico siendo estas alternativas a los sistemas de producción intensivos. Una parte de la sociedad se ha interesado en el bienestar de los animales que son utilizados para la producción de alimentos, por ello han optado por la utilización de los sistemas en los que mayor bienestar se les proporciona a las aves, la producción en libertad, en el cual tienen acceso a praderas por la mañana y un espacio cerrado y seguro por la noche; lo que les permite que puedan expresar su comportamiento natural como buscar alimento, bañarse en polvo e interactuar entre ellas y así reducir el estrés. Sin embargo, aún existe incertidumbre con relación al futuro, debido a que no se conoce de manera concreta el impacto de este tipo de sistemas de producción en el rendimiento y la calidad del huevo.

Cómo citar: Maldonado-Martínez, G. G., González-Cerón, F., Zárate-Contreras, D., Mendoza-Pedroza, S. I., Crosby-Galván, M. M., Sosa-Montes, E., & Pro-Martínez, A. Producción de huevo de gallinas Criollas bajo un sistema alternativo y convencional. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.501>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 69-71.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Por consiguiente, se realizó un estudio para evaluar el comportamiento productivo de aves Criollas Mexicanas en un sistema de producción en libertad y jaula. Se utilizaron 50 aves de 31 semanas de edad, las cuales se distribuyeron de manera aleatoria en dos sistemas de producción (libertad y jaula), con tres repeticiones cada una (8, 8 y 9 aves en cada repetición). A las aves en libertad se les asignaron dos praderas de trébol blanco de 50 m² (5×10 m) elaborados con malla mosquitera, cada día salían a la pradera durante ocho horas, de 9:00 am a 17:00 pm, mientras se encontraban en la pradera se les ofrecía agua fresca en bebederos, además de tener acceso a una sombra movible de 2×2 m. Cada repetición permanecía durante siete días en la misma pradera y al cabo de ese tiempo se rotaban a la segunda pradera asignada; durante la noche se alojaban en una caseta de ambiente natural con cortinas laterales móviles y orientación norte-sur dentro corrales de 1×3 m, los cuales tenían una cama de 5 cm viruta y contaban con un bebedero automático de campana y un comedero de tolva (11 kg), además de 3 nidos con paja.

Las aves asignadas a jaula se alojaron en una caseta de ambiente natural con cortinas laterales móviles y orientación norte-sur, las dimensiones de la jaula fueron 30 cm de ancho, 45 cm de fondo, 36 cm de alto en la parte superior y 41 cm de alto en la parte frontal. Cada jaula tenía 30 cm de comedero de lámina y un bebedero automático de tipo copa. Se utilizó un programa de iluminación de 16 horas de luz y ocho horas de oscuridad. El agua y alimento fueron ofrecidos a libre acceso. La dieta contenía 18.2% de proteína cruda y 2880 kcal de energía metabolizable.

Las variables evaluadas fueron producción de huevo acumulado por semana (PH, kg), promedio semanal de número de huevos (NH), porcentaje de postura (PP, %), masa de huevo (MH, g), consumo de alimento semanal (CAS, g) y conversión alimenticia semanal (CA, g/g). Los resultados fueron analizados con el programa estadístico SAS 9.3 mediante el procedimiento GLM (modelos lineales generalizados), el diseño experimental fue completamente al azar. Las medias ajustadas obtenidas fueron comparadas mediante la prueba de Tukey con un $\alpha=0.05$.

En el Cuadro 1, no se observaron diferencias significativas ($P>0.05$) por efecto de tratamiento en las variables evaluadas. Solo en la variable CAS se observó diferencia ($P\leq 0.05$) por efecto del tiempo (semanas de edad), donde en la semana 39 se observó un mayor



Figura 1. Aves Criollas alojadas en un sistema de producción en libertad y jaula.

Cuadro 1. Comportamiento productivo de gallinas Criollas en libertad y jaula de 39 semanas de edad.

Variables	Tratamientos		EE	Edad (semana)				EE	P-valor		
	T ₁	T ₂		39	40	41	42		Sist	Edad	Sist × Edad
PH (kg)	2152.5 ^a	2365.8 ^a	135.1	2231.8 ^a	2323.0 ^a	2254.2 ^a	2227.7 ^a	191.1	0.2810	0.9832	0.8749
NH	40.8 ^a	46.0 ^a	2.54	43.5 ^a	45.5 ^a	42.7 ^a	42.0 ^a	3.59	0.1692	0.9090	0.7926
PP (%)	69.5 ^a	78.8 ^a	3.47	74.4 ^a	77.7 ^a	72.6 ^a	71.8 ^a	4.90	0.0757	0.8369	0.6402
MH (g)	36.626 ^a	41.366 ^a	1.943	39.215 ^a	40.578 ^a	38.550 ^a	37.840 ^a	2.748	0.1038	0.9016	0.6243
CAS (g)	7764.3 ^a	8311.2 ^a	236.5	8986.8 ^a	8135.0 ^{ab}	7905.0 ^{ab}	7124.0 ^b	334.5	0.1215	0.0103	0.8921
CA (g/g)	3.74 ^a	3.54 ^a	0.186	4.07 ^a	3.58 ^a	3.68 ^a	3.23 ^a	0.263	0.4766	0.2036	0.8451

^{ab} Las letras diferentes en cada fila dentro de los tratamientos o la edad indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$), EE=error estándar. T₁=aves Criollas en libertad; T₂=aves Criollas en jaula. Sist=Sistema; PH=kg de huevo por semana; NH=Número de huevos; PP=Porcentaje de postura; MH=Masa de huevo; CAS=Consumo de alimento semanal; CA=Conversión alimenticia.

consumo en comparación con la semana 42 de edad, otras comparaciones no fueron diferentes. No se observó diferencia por efecto de interacción sistema × edad.

Retribución social

Los sistemas de producción de huevo en libertad pueden ser una alternativa sin afectar las variables productivas, los costos de producción pueden incrementar por el espacio que se requiere, así como en el costo operativo del sistema, sin embargo, el costo de venta del huevo producido con este tipo de sistemas puede ser mayor, debido a que se considera un alimento con valor agregado y diferenciado. Esta investigación es parte de la LGAC-CP: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería del Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad en Ganadería.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, etc.	Asociaciones de Productores	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)	Social	Ciencia y Tecnología	Competitividad	Número de tesis
Modelo de negocio	Creación o reinención de un negocio	Productores independientes		Económico	Económico	Recursos Humanos	Número de egresados (Lic. M.C., D.C.)
Innovación sostenible	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible	Comunidades Agrarias		Ambiental	Educación	Comercio	Número de publicaciones
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo	Poblaciones en particular		Conocimiento	Responsabilidad Ambiental	Generación de empleos	Transferencias tecnológicas
						Capacitación	Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
							Número de empleos generados

Caracterización fenotípica de aves Criollas (*Gallus gallus* D.), un recurso genético para la alimentación de las comunidades rurales de México

Miranda-Centeno, Alejandro¹ ; Hernández-Magos, Ilse P.¹ ; Zárate-Contreras, Diego² ; González-Cerón, Fernando¹ ; Eliseo Sosa Montes¹ ; Méndez-Zaragoza Jesús A.¹ ; Pro-Martínez, Arturo^{2*} 

¹ Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo, Carretera México-Texcoco km 38.5, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230.

² Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264.

* Autor de correspondencia: aproma@colpos.mx

Cómo citar: Miranda-Centeno, A., Hernández-Magos, I. P., Zárate-Contreras, D., González-Cerón, F., Sosa-Montes, E., Méndez-Zaragoza, J. A., & Pro-Martínez, A. Caracterización fenotípica de aves Criollas (*Gallus gallus* D.), un recurso genético para la alimentación de las comunidades rurales de México. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.503>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 73-78.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



Problema

La industria avícola ha evolucionado durante las últimas décadas, se han desarrollado tecnologías en cuestión nutricional, instalaciones y genética, siendo ésta última de contrastes, debido a que si bien las casas genéticas han desarrollado estirpes altamente productivas, también han tenido que sacrificar la variabilidad genética de la especie, cuya principal repercusión es la pérdida de la resistencia ante las enfermedades y parásitos, así como la baja adaptabilidad ante condiciones ambientales no controladas, característica comúnmente conocida como “rusticidad”; la pérdida de la rusticidad provoca que las estirpes comerciales no sean viables para la producción en traspatio; la cual es una fuente de alimentos importante en muchas comunidades rurales a lo largo del país, que de acuerdo a datos del INEGI en el último censo en 2020, en México hay 185,243 comunidades rurales distribuidas en todo el territorio nacional.

En los últimos años, se ha reducido considerablemente la demanda de aves Criollas y a su vez se ha incrementado la de aves comerciales, incluso, estas últimas han sido promovidas por los programas gubernamentales; sin embargo, al no ser aves adaptadas a las condiciones ambientales, al tipo de alimentación y a enfermedades presentes en cada comunidad rural donde se han distribuido, terminan por morir con facilidad o desarrollarse deficientemente, ocasionando que el objetivo de producir carne o huevo para la población vulnerable, no se pueda cumplir.



Solución planteada

Las aves Criollas han sido criadas durante siglos por un gran número de generaciones de pequeños productores en diferentes partes del país. Éste genotipo de gallinas se caracteriza por su adaptabilidad a diferentes ambientes, resistencia a enfermedades, producción de huevos (80 a 100 huevos al año) y carne (1.8 a 2.8 kg); por otra parte, pueden producir huevos fértiles, permitiendo a sus progenies heredar sus características de rusticidad y productividad para que los productores tengan un abastecimiento de éstos animales y mantener presente el genotipo Criollo evitando el desplazamiento por estirpes comerciales. Además, su establecimiento requiere una menor inversión económica debido a que no requieren instalaciones especiales como las aves comerciales. Aunado a esto, los productos de las aves Criollas poseen características organolépticas (sabor, color) que son más apreciadas por muchos consumidores.

Para conservar el genotipo de la gallina Criolla es necesario implementar programas de investigación y desarrollo que permitan conocer y comprender mejor el potencial productivo para poder generar y difundir información importante para los pequeños productores cuyo sustento recae sobre estas aves, así como preservar el valor cultural que éstas representan por su histórica tradición. Se debe agregar que, conservar y aprovechar este material genético puede dar oportunidad a establecer un programa de mejoramiento genético para producción de huevo y carne.

La caracterización del fenotipo de un ave comercial es sencilla, ya que se ha reducido considerablemente la variabilidad genética, sin embargo, esto no ocurre en las aves Criollas, ya que presentan una alta variabilidad genética y al estar dispersas y desarrollarse en diferentes condiciones ambientales dentro del país presentan características físicas muy variadas (fenotipos). Es por ello que, en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo se realizó el presente trabajo, el cual consistió en medir características fenotípicas de 92 gallinas Criollas y 52 gallos Criollos.

Por consiguiente, las variables evaluadas fueron: peso vivo (PV), largo del cuerpo (LC), perímetro torácico (PT), largo de muslo (LM), largo de pierna (LP), largo de tarso (LT), largo del ala (LA), ancho del ala (AA) y el tamaño de las crestas (TC), tanto para aves Criollas hembras y machos para poder tener una mayor percepción sobre su anatomía. Los datos fueron analizados con un análisis estadístico descriptivo para obtener la media, desviación estándar, primer y tercer cuartil.

El peso promedio de las gallinas Criollas fue de 2.53 ± 0.479 kg, con un largo de cuerpo de 52.63 ± 3.596 cm, sus alas con dimensiones de 30.95 ± 3.295 cm de largo y 23 ± 1.907 cm de ancho y crestas de 3.202 ± 0.799 cm. Con respecto a los machos, los valores registrados fueron superiores (PV= 3.067 ± 0.371 kg, LC= 54.98 ± 4.399 cm, LA= 37.02 ± 3.183 cm, AA= 26.78 ± 2.083 cm y TC= 7.642 ± 1.307 cm). Los datos coinciden con otros trabajos reportados en aves Criollas (Cuadro 1).

Una de las características que más resaltan en las aves Criollas es el color del plumaje (Figura 1), el cual es heterogéneo, es decir, que no es único a diferencia de una estirpe comercial, donde todas las aves lucen idénticas. Los colores de plumaje que presentaron mayor frecuencia son el color trigo o atigrado y negro para las gallinas; blanco y trigo para los machos, aunque también se encontraron colores rojizos, cenizo, entre otros.

Cuadro 1. Medias, desviación estándar, valores del primer y tercer cuartil de características morfométricas de 92 gallinas Criollas y 52 gallos Criollos (*Gallus gallus* D.).

Variable	Gallinas Criollas n=92			Gallos Criollos n=52		
	Media ±DE	Q ₁	Q ₃	Media ±DE	Q ₁	Q ₃
PV, kg	2.53±0.479	2.23	2.85	3.07±0.371	2.84	3.30
LC, cm	52.63±3.596	50.58	54.52	54.98±4.399	52.77	57.25
PT, cm	39.82±3.928	37.40	42.88	37.63±3.252	35.30	39.85
LM, cm	11.90±1.541	10.80	12.85	13.83±1.562	13.00	14.60
LP, cm	13.32±1.583	12.30	14.50	16.82±1.697	15.75	17.73
LT, cm	8.79±1.434	8.375	9.10	11.00±1.117	10.45	11.50
LA, cm	30.95±3.295	28.85	32.35	37.02±3.183	34.92	39.05
AA, cm	23.00±1.907	22.00	24.40	26.78±2.083	25.40	27.60
TC, cm	3.202±0.799	2.50	3.725	7.64±1.307	6.975	8.525

PV=peso vivo, DE=desviación estándar, Q₁=primer cuartil, Q₃=tercer cuartil, LC=largo del cuerpo, PT=perímetro torácico, LM=largo del muslo, LP=largo de pierna, LT=largo del tarso, LA=largo del ala, AA=ancho del ala, TC=tamaño de la cresta.

En las 144 aves (92 gallinas y 52 gallos) el color café presentó mayor frecuencia (25.0%) seguido del color negro (22.9%), también se encontraron colores rojizos (12.5%), blanco (13.9%) y el color con menor frecuencia fue el cenizo (8.3%) y también otros colores se presentaron en un 17.4%, sin embargo, no existe un color que predomine para las aves Criollas (Cuadro 2).

Otra característica que puede permitir identificar a las aves Criollas es el patrón que presentan sus plumas, es decir si el plumaje es de un solo color (normal) o presenta diferentes tonalidades en forma de líneas (barrado), manchas (moteado) o presentan una tonalidad más clara en el filo (lanceado) (Figura 2).

Todos los tipos de patrón de plumas estuvieron presentes en las aves Criollas, sin embargo, sobresale el patrón lanceado tanto en hembras (46.7%) como en machos (46.2%), seguido del normal (37.0% y 28.8%) y el de menor frecuencia fue el barrado (4.3% y 5.8%),

Cuadro 2. Frecuencias del color del plumaje presentes en las aves Criollas (*Gallus gallus* D.) alojadas en la Caseta avícola del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

Color de plumas	Hembras		Machos		Mixtos
	No.	FR (%)	No.	FR (%)	FA (%)
B	11	12.0	9	17.3	13.9
N	26	28.3	7	13.5	22.9
R	12	13.0	6	11.5	12.5
Ce	4	4.4	8	15.4	8.3
C	27	29.3	9	17.3	25.0
O	12	13.0	13	25.0	17.4
Total	92	100.0	52	100.0	100.0

FR=frecuencia relativa, FA=Frecuencia acumulada, B=blanco, N=negro, R=rojizo, Ce=cenizo, C=café, O=otro.

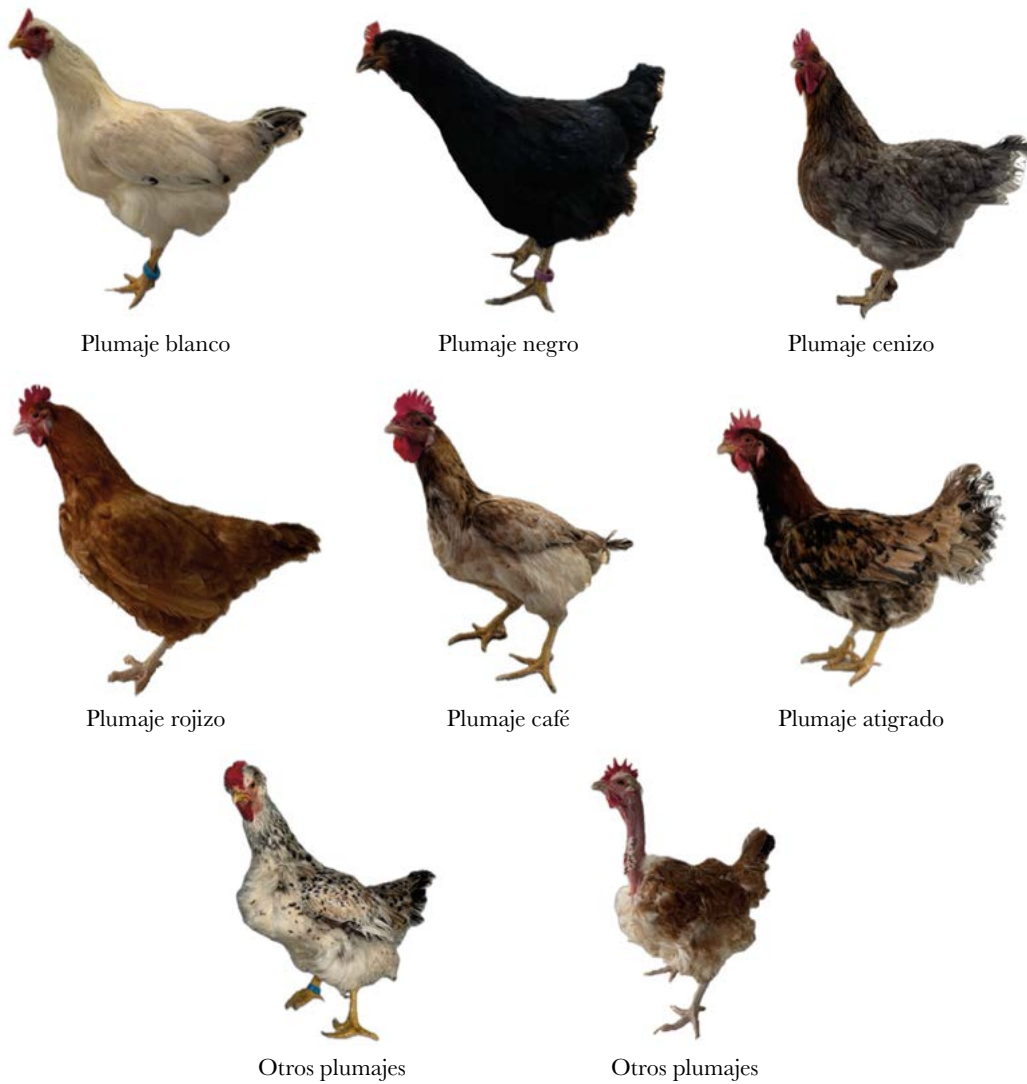


Figura 1. Colores del plumaje de las aves Criollas (*Gallus gallus* D.) en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

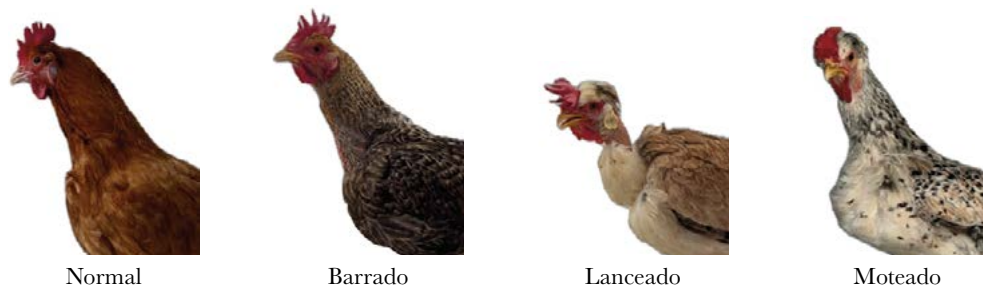


Figura 2. Patrones de las plumas de aves Criollas (*Gallus gallus* D.) de 120 semanas de edad.

esto debido a que los patrones de pluma de mayor frecuencia deben tener una mayor heredabilidad o dominancia sobre otros genes (Cuadro 3).

La cresta es una carnosidad situada en la cabeza de las aves y es una característica fundamental para la caracterización de las aves Criollas, puesto que existen diferentes tipos de cresta (Figura 3), que se generan a partir de cruzamiento entre razas de aves, por ello, es importante para identificar las diferentes razas que existen y la frecuencia con que se presentan.

En este caso, el tipo de cresta simple presentó una frecuencia sobresaliente con un valor del 95.7% para las hembras y 100% para machos. En menor frecuencia se observaron cresta de tipo roseta y nuez, y no se observó cresta de tipo guisante u otro tipo (Cuadro 4). Esto se debe a que la cresta simple es dominante frente a otros tipos de cresta, además de que se reporta que los otros tipos de cresta se presentan durante los cruzamientos entre diferentes razas.

Retribución social

Las aves Criollas son una alternativa de producción para abastecer de carne y huevo de buena calidad en la alimentación humana, además, puede ser producida en pequeños espacios. Actualmente el área de Avicultura del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillos cuenta con la crianza de aves Criollas (*Gallus gallus D.*) con condiciones de manejo

Cuadro 3. Frecuencias del patrón del plumaje presentes en las aves Criollas (*Gallus gallus D.*) alojadas en la Caseta avícola del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo.

Patrón del plumaje	Hembras		Machos		Mixto
	No.	FR (%)	No.	FR (%)	FA (%)
N	34	37.0	15	28.8	34.0
B	4	4.3	3	5.8	4.9
L	43	46.7	24	46.2	46.5
M	10	10.9	10	19.2	13.9
O	1	1.1	0	0	0.7
Total	92	100.0	52	100.0	100.0

FR=frecuencia relativa, FA=Frecuencia acumulada, N=normal, B=barrado, L=Lanceado, M=moteado, O=otro.



Figura 3. Tipos de cresta presente en las aves Criolla (*Gallus gallus D.*)

óptimo para su crecimiento. Esta investigación es parte de la LGAC-CP: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería del Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad en Ganadería.

Cuadro 4. Frecuencia de tipos de cresta presentes en las aves Criollas (*Gallus gallus* D.).

Tipo de cresta	Hembras		Machos		Mixtos
	FA	FR (%)	FA	FR (%)	FA (%)
S	88	95.7	52	100.0	97.2
R	3	3.3	0	0.0	2.1
N	1	1.1	0	0.0	0.7
Total	92	100.0	52	100.0	100.0

FR=frecuencia relativa, FA=Frecuencia acumulada, S=simple, R=roseta, N=nuez.

Innovación, impacto e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental.	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, entre otros.	Asociaciones de Productores. Gobierno de los Estados. Productores independientes.	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería. Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I).	Social. Económico. Conocimiento.	Ciencia y Tecnología. Económico. Educación.	Competitividad. Comercio. Generación de empleos. Capacitación.	Numero de tesis. Número de egresados (Lic. M.C., D.C.). Número de publicaciones. Número de familias beneficiadas. Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico.
Procesos.	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.	Comunidades Agrarias.					
Innovación sostenible.	Desarrollo de productos y procesos que contribuyen al desarrollo sostenible.						

Modelos no lineales en curvas de crecimiento de conejos

Pérez-Ramírez José A.¹; González-Cerón Fernando¹; Zárate-Contreras Diego² 
Herrera-Haro José G.² ; Sosa-Montes Eliseo¹; Mendoza-Pedroza Sergio I.² 
Pro-Martínez Arturo^{2*} 

¹ Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia, Carretera México-Texcoco km 38.5, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230.

² Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264.

* Autor de correspondencia: aproma@colpos.mx

Problema

El progreso de la cunicultura mexicana ha sido limitado por su bajo consumo de carne, insuficientes apoyos gubernamentales, falta de canales de comercialización y desconocimiento del manejo de la especie; a pesar de ello la actividad cunícola ha ido mejorando en las últimas décadas, desarrollando avances tecnológicos en las áreas de nutrición e instalaciones, sin embargo, se cuenta con pocos avances en la mejora genética de la especie, constituyéndose en un factor limitante en los sistemas de producción a pequeña escala al desconocer las características que permitan una mejor productividad y, consecuentemente, una mayor rentabilidad. Es importante, evaluar estas características para realizar mejores programas de cría y alimentación que expresen el mayor potencial productivo de sus reproductores, buscando que la cunicultura sea una actividad rentable que pueda complementar la demanda de carne, cubierta actualmente por la avicultura o porcicultura principalmente.

Solución

Para evaluar el desempeño productivo de una población cunícola, se requiere de información periódica sobre el crecimiento de los animales (peso vivo) para desarrollar modelos de fácil interpretación gráfica como las curvas de crecimiento. Por lo tanto, el empleo de ecuaciones matemáticas no lineales cobra importancia; ya que permiten el estudio e interpretación de ciertos procesos biológicos, como la descripción del cambio del peso de los animales en función de un tiempo determinado; generando ciertos parámetros con interpretación biológica, que permitan describir el comportamiento productivo. El ajuste

Cómo citar: Pérez Ramírez, J. Ángel, González Cerón, F., Zárate Contreras, D., Herrera Haro, J. G., Sosa Montes, E., Mendoza Pedroza, S. I., & Pro Martínez, A. Modelos no lineales en curvas de crecimiento de conejos. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.474>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 79-84.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



de modelos matemáticos permite la predicción de tasas de crecimiento, estimar requerimientos nutricionales, evaluar el éxito de la selección y otros aspectos de interés zootécnico. Los modelos más utilizados son los de Gompertz-Laird, de Von Bertalanffy, Logístico y Richards (Figura 1).

Modelo Gompertz-Laird

Describiéndose la curva de crecimiento Gompertz-Laird mediante el modelo:

$$W_t = W_0 \exp\left[\left(\frac{L}{K}\right)(1 - \exp(-Kt))\right]$$

En donde W_t es el peso vivo del conejo a un tiempo determinado t , W_0 se refiere al peso vivo al nacimiento (g), \exp es la función exponencial $[\exp(1) = e^1 = 2.71828183]$, L es la tasa específica de crecimiento inicial, K representa la tasa específica de crecimiento; Mientras que la edad al máximo crecimiento (t_i , d) y el peso asintótico (W_A , g) se estiman a través de las fórmulas:

$$[\exp(1) = e^1 = 2.71828183]$$

Modelo Logístico

La curva del modelo Logístico se define a través de la fórmula:

$$W_t = W_A / [1 + \exp(-K(t - t_i))]$$

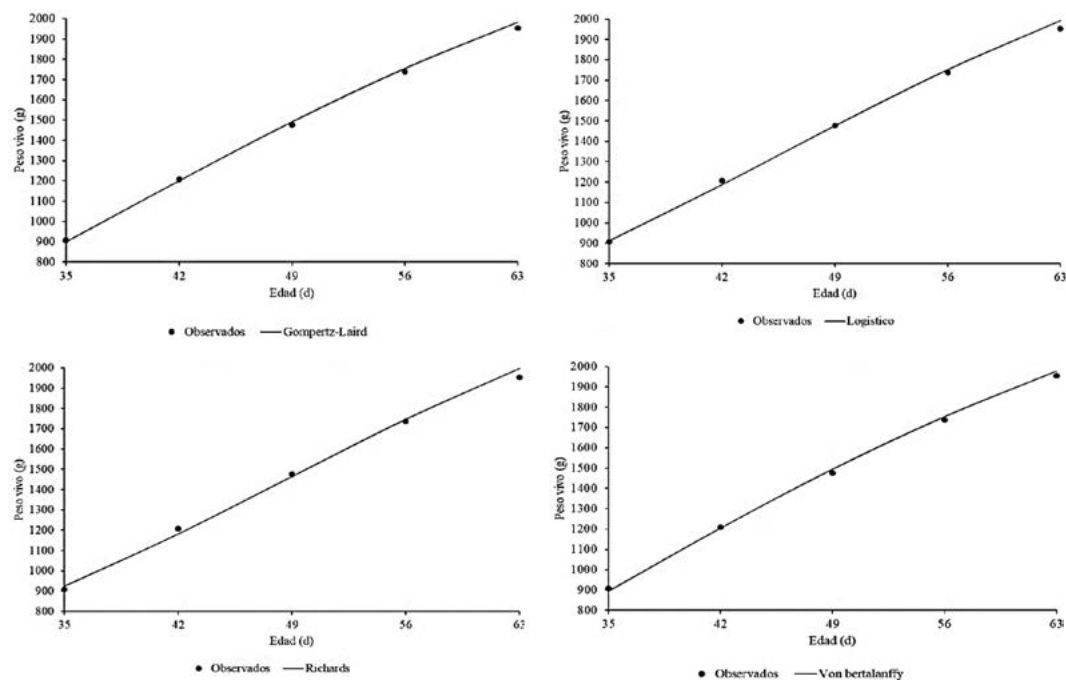


Figura 1. Modelos no lineales en curvas de crecimiento de conejos mixtos de 35 a 63 días de edad.

En donde W_t es el peso a determinado tiempo t , W_A es el peso asintótico (g), K es la tasa específica de crecimiento y t_i es la edad al punto de inflexión (d).

Modelo Richards

La siguiente ecuación describe la curva de crecimiento del modelo Richards:

$$W_t = W_A \left[1 - (1 - m) \exp \left[-K(t - t_i) / m^{m/(1-m)} \right] \right]^{1/(1-m)}$$

Donde: W_t es el peso del conejo a un tiempo determinado t , W_A es el peso asintótico o peso maduro (g), K es la tasa específica de crecimiento en t_i respecto a W_A , t_i es la edad de crecimiento máximo (d), y m es un parámetro de forma, cuya propiedad es la relación del peso en t_i a W_A .

Modelo Von Bertalanffy

Definiéndose el modelo de Von Bertalanffy mediante la siguiente ecuación:

$$W_t = W_A \left(1 - B * \exp^{-K*t} \right)^3$$

De la cual W_t es el peso del conejo en el tiempo t , W_A es el peso asintótico o peso maduro, K es la tasa específica de crecimiento $\left[(g \text{ día}^{-1}) g^{-1} = \text{día}^{-1} \right]$ y B es una constante de integración. La edad de crecimiento máximo (t_i) y el PV en la edad del punto de inflexión (W_I), se estiman de la siguiente manera: $t_i = \ln(3B) / K$ y $W_I = W_A * 8 / 27$.

Parámetros generados por los modelos

La ventaja de estos modelos en comparación con los modelos lineales, está en su sencillez y facilidad de interpretación, describiéndose de la siguiente manera los parámetros obtenidos de las ecuaciones de los modelos no lineales: el peso al nacimiento (W_0 , g) prediciendo el peso al parto de las conejas en una población determinada. La tasa específica de crecimiento inicial (L , d^{-1}) representa la velocidad con la que el animal se desarrolla durante la primera fase de su crecimiento (fase de crecimiento acelerado); los parámetros W_0 y L son estimados únicamente por el modelo no lineal de Gompertz-Laird. La tasa específica de crecimiento (K , d^{-1}), se define como un indicador de la precocidad del animal, utilizándose para evaluar la eficiencia del crecimiento, al determinar la velocidad con la que se alcanza el peso maduro. Cuanto mayor sea el valor de este parámetro, más precoz es el animal, en tanto valores más bajos indican una madurez tardía. La edad de crecimiento máximo (t_i , d), se refiere al tiempo al que se espera que el individuo alcance la mayor tasa de crecimiento al acercarse a un punto de inflexión. El peso asintótico (W_A , g), explicado como el peso que se alcanza a la madurez, es decir, el peso adulto. Mientras que el peso vivo a la edad del punto de inflexión (W_I , g), hace referencia al peso que los animales alcanzarán al comenzar su desarrollo maduro; este parámetro únicamente se genera mediante el modelo de Von Bertalanffy.

En su mayoría, las investigaciones que relacionan los modelos no lineales con el crecimiento de conejos, se ajustan a un rango de edades a partir del destete, 30-35 días de edad hasta los 84-91 días, registrando un peso vivo a los 35 días de edad de 635 a 980 g y alcanzando un peso de 2105 a 2750 g al día 84 a 91 de edad (Figura 2).

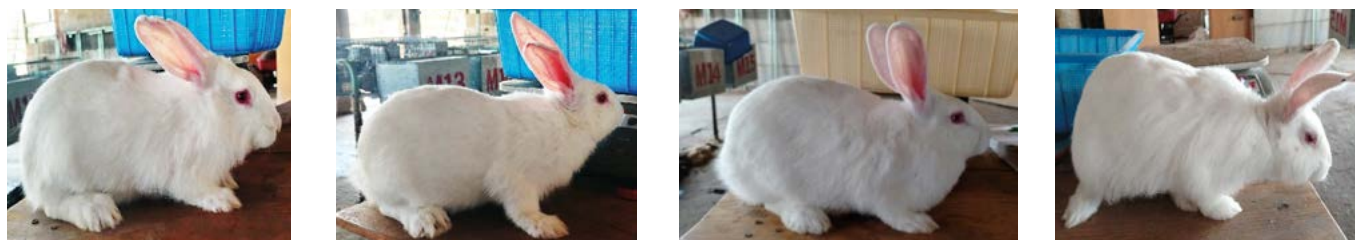
Algunos valores reportados (Cuadro 1), indican que para poder comparar entre modelos y elegir los de mejor ajuste, basta con obtener 3 parámetros, K , t_i y W_A .

Retribución social

Conocer los parámetros de los modelos no lineales y su significado sirve de base para determinar el desempeño productivo de los animales, así mismo, para su comparación en investigaciones; con base en los resultados se pueden realizar ajustes en la alimentación y producción de una población determinada de conejos. Esta investigación es parte de la LGAC-CP: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería del Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad en Ganadería.



Edad (d)	35	42	49	56
PV (g)	638.8	1174.5	1550	1850



Edad (d)	63	70	77	84
PV (g)	1961	2002	2372	2496

Figura 2. Crecimiento de conejos Nueva Zelanda de engorda a diferentes edades (35 a 84 días).

Cuadro 1. Parámetros de modelos no lineales en curvas de crecimiento en conejos.

Parámetro	Modelo no lineal			
	Gompertz-Laird	Logístico	Von Bertalanffy	Richards
$W_t = W_0 \exp \left[\left(\frac{L}{K} \right) (1 - \exp(-Kt)) \right]$ Peso al nacimiento PV (W_0 , g)	$22.37^1 - 64.98^2$	-	$W_t = W_A (1 - B * \exp(-K*t))^3$	$W_t = W_A \left[1 - (1 - m) \exp \left[\frac{-K(t - t_i)}{m^{1/(1-m)}} \right] \right]^{1/(1-m)}$
Tasa específica de crecimiento inicial (L , d^{-1})	$0.091^3 - 0.198^1$	-	-	-
Tasa de decaimiento o de maduración (K , d^{-1})	$0.01^3 - 0.16^3$	$0.054^4 - 0.062^1$	$0.023^4 - 0.13^2$	$0.0155^1 - 0.0189^5$
Edad de crecimiento máximo (t_i , d)	$38.63^1 - 65.03^2$	$30.88^6 - 45.51^1$	$34.77^1 - 57.54^2$	$41.3^5 - 48.89^1$
Peso asíntotico (W_A , g)	$2867.8^1 - 3671.1^2$	$1975.66^5 - 2664.89^1$	$2985.3^1 - 4504.9^2$	$2039.78^5 - 2576.23^1$
Parámetro de forma (m)	-	-	-	$1.36^1 - 2.83^5$
Constante de integración (B)	-	-	1.082^1	-
PV a la edad del punto de inflexión de (W_t , g)	-	-	$884.53^1 - 1596.86^2$	-








¹Pérez-Ramírez *et al.*, 2025; ²Wojnarowska *et al.*, 2022; ³Larzul *et al.*, 2004; ⁴Liao *et al.*, 2021; ⁵Santos *et al.*, 2018; ⁶Obioma *et al.*, 2020.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, entre otros.	Asociaciones de Productores. Gobierno de los Estados. Productores independientes.	Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería. Cuaternario: Servicios basados en el conocimiento que prestan industrias de las Tecnologías de Información y comunicación, de consultoría empresarial, de planificación financiera, de informática y de investigación científica.	Social. Económico. Conocimiento.	Ciencia y Tecnología. Económico. Educación.	Capacitación. Comercio. Formación de recursos humanos. Conferencias.	Formación de estudiantes. Reuniones científicas. Transferencia de tecnologías. Difusión de información. Trabajo de tesis. Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico.
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.	Comunidades Agrarias. Poblaciones en particular.					
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo.	Productores de traspatio.	Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I).				



Forraje fresco de soya (*Glycine max*) como sustituto parcial del alimento comercial en la engorda de conejos en el trópico seco

Ramos-Clemente, Ángel A.¹ ; Mera-Zuñiga, Fredy¹ ; Pro-Martínez, Arturo² ; Herrera-Haro, José G.² ; López-Rojas, Erick A.³ ; Galván-González, Henry M.³ ; Zárate-Contreras, Diego^{2*} 

¹ Departamento de Ingenierías, Instituto Tecnológico de Tecomatlán/Tecnológico Nacional de México, Tecomatlán, Puebla, México. C.P. 74870.

² Programa de Ganadería, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56264.

³ Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Zootecnia, Carretera México-Texcoco km 38.5, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230.

* Autor de correspondencia: zarate.diego@colpos.mx

Cómo citar: Ramos-Clemente, Ángel A., Mera-Zuñiga, F., Pro-Martínez, A., Herrera-Haro, J. G., López-Rojas, E. A., Galván-González, H. M., & Zárate-Contreras, D. Forraje fresco de soya (*Glycine max*) como sustituto parcial del alimento comercial en la engorda de conejos en el trópico seco. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.298>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 85-89.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



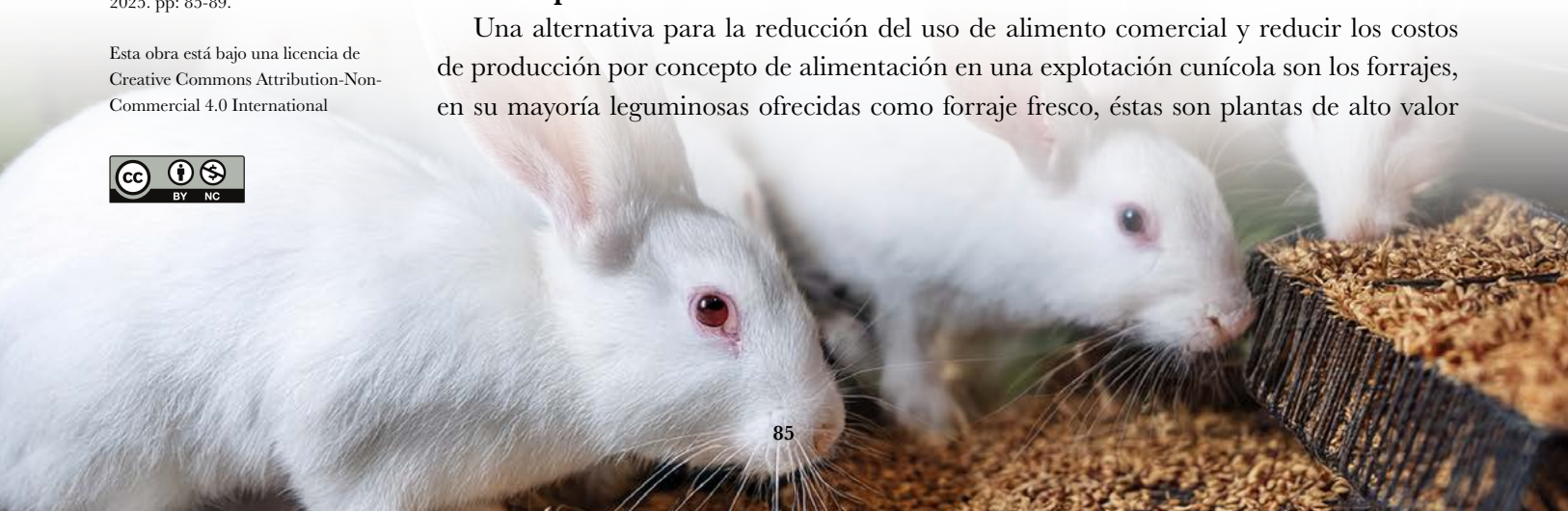
Problema

La cunicultura en México es una actividad ganadera que se ha desarrollado durante años, sin embargo, su crecimiento ha sido lento debido a problemas sanitarios, gubernamentales y de producción. En la actualidad, esta actividad se desarrolla 80% en traspatio, 15% semi-intensiva y 5% de manera intensiva, a causa de que se desconoce en su mayoría el manejo de la misma, así como, los altos costos de producción que pueden llegar a generarse, siendo el de mayor importancia la alimentación, pues se destina el 70% de la inversión.

En México como en muchos países, la mayoría de los productores de conejos utilizan exclusivamente alimentos granulados balanceados, ya que estos vienen formulados para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales. La alimentación de los conejos debe de incluir grandes cantidades de fibra para regular su tasa de pasaje y tener un buen funcionamiento del sistema digestivo. Por lo cual, se buscan alternativas como evaluar el potencial de leguminosas forrajeras ofrecidas en fresco para la alimentación de los conejos y producir carne de buena calidad.

Solución planteada

Una alternativa para la reducción del uso de alimento comercial y reducir los costos de producción por concepto de alimentación en una explotación cunícola son los forrajes, en su mayoría leguminosas ofrecidas como forraje fresco, éstas son plantas de alto valor



nutricional, como excelente fuente de proteína, entre las cuales destacan el forraje de soya que puede ser utilizado en la alimentación de los animales, particularmente conejos en etapa de engorda. El forraje fresco de soya (*Glycine max*) contiene 19-21% de proteína y 25-27% de materia seca, además buena palatabilidad, se considera una alternativa como sustituto parcial del alimento comercial en la engorda de conejos.

Con base en lo anterior, se realizó un estudio para evaluar el comportamiento productivo y rendimiento de la canal de conejos en engorda, con sustitución parcial del alimento comercial (AC) por forraje fresco de soya (FFS). Se utilizaron 24 conejos mixtos (Nueva Zelanda × California) de 30 días de edad, distribuidos al azar en tres tratamientos con cuatro repeticiones de dos conejos por repetición. Para la alimentación de los conejos se utilizó un alimento comercial multi-etapas de marca comercial y forraje fresco de soya. Se evaluaron tres tratamientos, T₁=100% AC, T₂=75% AC+FFS y T₃=50% AC+FFS. La cantidad de alimento comercial que se utilizó se realizó con base en estudios previos, el FFS se ofreció a libre acceso (Cuadro 1).

Las variables evaluadas fueron: peso final (PF), ganancia de peso (GP), ganancia diaria de peso (GDP), consumo de alimento comercial (CAC), consumo de forraje (CF), consumo de alimento comercial más consumo de forraje (CAC+CF), conversión alimenticia (CA), rendimiento de la canal fría (RCF) y rendimiento de la canal caliente (RCC). Los resultados se analizaron con el programa estadístico SAS 9.0 realizando un análisis de varianza y pruebas de medias de Tukey ($P \leq 0.05$).

Al sustituir parcialmente el alimento comercial en 25 y 50% por forraje fresco de soya en la alimentación de conejos en engorda no se afectaron las variables productivas PF, GP, GDP, CA, RCF y RCC, pero si se obtuvo diferencias en las variables CAC, CF y CAC+CF, esto debido a la restricción que se tenía en los tratamientos.

El peso inicial de los conejos en promedio fue de 670.08 g y un peso final promedio de 2125.06 g, la GP final promedio fue de 1455.00 g, la GDP de 29.69 g y la CA fue en promedio de 4.41 g/g (Cuadro 2).

Cuadro 1. Consumo de alimento comercial ($\text{g conejo}^{-1} \text{ día}^{-1}$) de conejos de engorda mixtos (Nueva Zelanda × California) de 30 a 79 días de edad.

Edad (días)	Tratamientos		
	T ₁ (100% AC)	T ₂ (75% AC+FFS)	T ₃ (50% AC+FFS)
	g		
30-37	110.00	82.50	55.00
37-44	140.00	105.00	70.00
44-51	155.00	116.25	77.50
51-58	175.00	131.50	87.50
58-65	180.00	135.00	90.00
65-72	180.00	135.00	90.00
72-79	200.00	150.00	100.00
Promedio	162.86	122.18	81.43

T₁=100% de alimento comercial (AC); T₂=75% de alimento comercial + forraje fresco de soya (FFS) y T₃=50% de alimento comercial + forraje fresco de soya.



Figura 1. Conejos mixtos (Nueva Zelanda × California) alimentados con forraje fresco de soya.

Cuadro 2. Comportamiento productivo de conejos en engorda con sustitución parcial de alimento comercial por forraje fresco de soya durante 49 días.

Variables	Tratamientos			Valor de P
	T ₁ (100% AC)	T ₂ (75% AC+FFS)	T ₃ (50% AC+FFS)	
PI (g)	669.25 ^a	633.5 ^a	707.50 ^a	0.5338
PF (g)	2120.63 ^a	2102.00 ^a	2152.63 ^a	0.9251
GDP (g)	29.62 ^a	29.97 ^a	29.49 ^a	0.9807
GP (g)	1451.38 ^a	1468.50 ^a	1445.13 ^a	0.9807
CAC (g)	6127.00 ^a	5133.88 ^b	3940.0 ^c	<0.0001
CF (g de MS)	0.0 ^c	1847.49 ^b	2011.45 ^a	<0.0001
CAC+CF (g)	6127.00 ^b	6981.36 ^a	5951.45 ^b	0.0001
CA (g/g)	4.30 ^a	4.82 ^a	4.12 ^a	0.2459

PI=Peso inicial, PF=Peso final, GDP=Ganancia diaria de peso, GP=Ganancia de peso, CAC=Consumo de alimento comercial, CF=Consumo de forraje, CAC+CF=Consumo de alimento comercial + forraje y CA=Conversión alimenticia.

El CAC durante las 7 semanas de periodo experimental fue de 6127 g, 5134 g y 3940 g para T₁, T₂ y T₃; respectivamente. Los conejos de T₂ consumieron 85.7% del alimento comercial ofrecido; mientras que los de T₃ consumieron un 99.0% del alimento comercial que se les ofreció. En relación CF este fue mayor en los conejos del T₃ con 2011.45 g, en cuanto el T₂ obtuvo un valor de 1847.49 g, y finalmente el T₁ con valor de 0 g, cabe mencionar que el forraje de soya se ofreció a libre acceso a los tratamientos 2 y 3, donde se pesaba el forraje que proporcionaba y se recogía el rechazo para calcular el consumo en materia seca; en la variable CAC+CF el T₃ presentó un valor de 5951.45 g, seguido de los conejos del T₁ con un valor de 6127.00 g, y por último el T₂ presentó el mayor consumo con un valor de 6981.36 g (Cuadro 2). La variación en esta variable se puede atribuir a que los conejos del T₂ tenían a disposición alimento comercial en mayor cantidad que los del T₃ y también forraje fresco de soya.

Después del periodo de engorda (49 días) se sacrificaron los 24 conejos para evaluar el rendimiento de la canal fría y caliente, esto se desarrolló de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-033-ZOO-1995 (sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres).

El RCF y RCC no se vieron afectados por la sustitución del 25 y 50% del alimento comercial por forraje fresco de soya en conejos en la etapa de engorda. Los valores encontrados en promedio fueron para el RCC de 51.7% y el RCF de 51.2%. Por lo tanto, el forraje de soya puede ser una alternativa para reducir el uso de concentrados comerciales para la producción de conejos ya que se puede reducir hasta en un 50% obteniendo, los mismos resultados productivos y un buen rendimiento de la canal.



Figura 2. Canales de conejos mixtos (Nueva Zelanda × California) sin cabeza de 79 días de edad alimentados con sustitución parcial de alimento comercial por forraje fresco de soya.

Retribución social

La utilización de leguminosas forrajeras puede ser una alternativa para la alimentación de conejos y de esa manera ayudar a los productores a la reducción de la dependencia de alimentos concentrados comerciales. Con esto se puede incentivar a la producción de conejos en diferentes zonas del país y obtener carne de buena calidad, además de que se puede producir en pequeños espacios.

Esta investigación es parte de la LGAC-CP: Innovación Tecnológica y Seguridad Alimentaria en Ganadería del Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad en Ganadería.

Innovación, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de Políticas Públicas	Indicadores Específicos	Sub indicador
			Sector	Ámbito			
Incremental	<p>Ingrediente de alto valor nutricional y bajo costo para la alimentación animal.</p> <p>Busca mejorar los sistemas que ya existen haciéndolos mejores, más rápidos, más baratos, entre otros.</p>	<p>Gobierno de los Estados.</p> <p>Productores independientes.</p> <p>Comunidades Agrarias.</p> <p>Poblaciones en particular.</p> <p>Pequeños productores de traspatio del medio rural.</p>	<p>Primario: Agricultura, Ganadería, Pesca, Explotación forestal, Minería.</p> <p>Terciario: Servicios que se prestan a la sociedad: Comercio, Transporte, Educación, Ocio, entre otros.</p>	<p>Social.</p> <p>Económico.</p> <p>Ambiental Conocimiento.</p>	<p>Ciencia y Tecnología.</p> <p>Económico.</p> <p>Educación.</p> <p>Responsabilidad Ambiental.</p> <p>Salud Pública.</p>	<p>Conferencias Competitividad.</p> <p>Formación de Recursos Humanos.</p> <p>Generación de empleos.</p> <p>Capacitación.</p> <p>Comercio.</p>	<p>Formación de estudiantes.</p> <p>Reuniones Científicas.</p> <p>Tesis de Maestría.</p> <p>Certificaciones.</p> <p>Patentes solicitadas y concedidas.</p> <p>Difusión de información generada.</p> <p>Transferencias tecnológicas</p> <p>Desarrollo de productos y servicios para la sociedad</p> <p>Exportación incremento (%).</p>
Procesos	Implementación de una nueva o significativa mejora de un método de producción o de suministro.		<p>Cuaternario: Servicios basados en el conocimiento que prestan industrias de las Tecnologías de Información y comunicación, de consultoría empresarial, de planificación financiera, de informática y de investigación científica.</p> <p>Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I).</p>				
Modelo de negocio	Creación o reinención de un negocio.						
Innovación frugal	Hacer más con menos. Idear estrategias de bajo costo para sortear las complejidades institucionales o limitaciones de recursos, conseguir innovar, desarrollar y entregar productos y servicios a los usuarios de bajos ingresos con poco poder adquisitivo.						



In extenso

Insectos visitantes en las flores del cafetal de sombra

Delgado-Espinoza, Rosa Isela^{1*}; Rodríguez-Morales, Dulce²; Palacio-Núñez, Jorge¹; Balbuena, María Sol³; Peredo-Rivera, Ernesto¹

¹ Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí, Posgrado en Innovación en Manejo de Recursos Naturales, Iturbide no. 73, 78620, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí, México.

² Instituto de Neuroetología, Universidad Veracruzana, Av. Dr. Luis Castelazo Industrial de las Ánimas, Rubí Ánimas, 91190, Xalapa-Enríquez. Veracruz, México.

³ Instituto de Investigaciones en Biociencias Agrícolas y Ambientales (INBA), CONICET, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453, C1417DSE, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

* Autor de correspondencia: izcela97@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La especie de café más cultivada en México, conocido como café arábigo, tiene el nombre científico de *Coffea arabica*, es originaria de Etiopía. En México su cultivo empezó aproximadamente en 1740, y actualmente es cultivado para la producción de café en grano principalmente en Chiapas, Veracruz y Puebla, bajo la modalidad de cafetal de sombra. Las hojas de esta planta son de un color verde intenso, grandes y alargadas, las hojas jóvenes presentan en ocasiones tonos bronceados, y produce flores blancas de cinco pétalos. La Figura 1 muestra la flor y sus principales estructuras. La flor da origen a los frutos de café que son conocidos como café cereza, tienen un lapso de desarrollo para alcanzar la madurez de 6 a 8 meses, según las condiciones climáticas.

Para lograr la producción de semillas que darán paso a los granos de café, en las flores debe ocurrir la transferencia de polen de las anteras al estigma, a este proceso se le conoce

Cómo citar: Delgado-Espinoza, R. I., Rodríguez-Morales, D., Palacio-Núñez, J., Balbuena, M. S., & Peredo-Rivera, E. Insectos visitantes en las flores del cafetal de sombra. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.502>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 93-99.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International

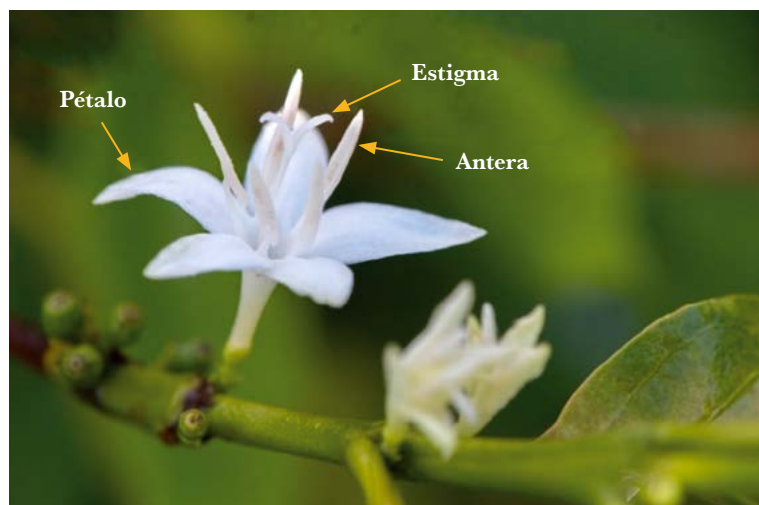


Figura 1. Flor de café (*Coffea arabica*), en la que se pueden apreciar sus estructuras reproductivas (anteras y estigma) y pétalos. El polen, no visible en esta imagen, se encuentra adherido a las anteras. Fotografía: Delgado-Espinoza Rosa Isela.

como polinización, que en el caso de la polinización biótica es realizada por animales que visitan las flores en busca de recursos para su alimentación, tal como el polen y néctar, los cuales en conjunto, aportan gran cantidad de carbohidratos, proteínas, vitaminas, minerales y lípidos. Todo esto es fundamental para el desarrollo de los insectos que dependen de estos recursos como fuente principal de alimentación.

Los insectos, al buscar estos recursos en las flores, realizan la transferencia de polen y polinización. Para que este proceso sea más efectivo en numerosas especies vegetales, la participación de diversos insectos es fundamental. Con todo esto se asegura la reproducción y el intercambio genético en las plantas tanto cultivadas como silvestres.

Entonces, en las flores del café, es posible observar diferentes tipos de insectos. Sin embargo, no todos las visitan en busca de néctar y polen. Algunos las procuran como sitios para aparearse o descansar, incluso buscan otros recursos como las esencias que las flores pueden ofrecer, o recursos para su alimentación como los pétalos de las flores. Sea cual sea el motivo de visita floral, algunos pueden también participar en el proceso de polinización.

En este estudio hablamos de temas relacionados tanto con el cultivo del café, como de algunos factores relacionados con la producción de este grano, polinización e insectos asociados a sus flores. Esto lo realizamos en la Finca Los Brujos, que cuenta con un cafetal de sombra ubicado en el bosque mesófilo de montaña de Mahuixtlán, Veracruz, México. Para esto, iniciamos observando las plantas del café, tomando nota desde la aparición de los primeros botones florales, y continuamos hasta la apertura de las flores (proceso que conocemos como dehiscencia). Registramos los brotes en cada rama de 10 plantas mediante una serie de fotografías tomadas de manera regular, durante el desarrollo de los botones florales, de marzo a abril de 2024. Como información adicional, tomamos registros de algunas variables ambientales como la temperatura y humedad relativa.

Una vez que las flores estuvieron abiertas, los insectos que mencionamos en este trabajo las visitaron con regularidad. Recopilamos información sobre ellos, que consistió en su identificación y registro fotográfico. El registro de los insectos se realizó desde una distancia de un metro de la planta y en horario de 8:00 h a 14:00 h, pues es el horario de mayor actividad de los insectos y coincide con el periodo en que el estigma es receptivo y permite el crecimiento del tubo polínico, y por ende, es cuando las flores son más atractivas para los insectos.

Desarrollo de los botones florales y dehiscencia de las flores de *Coffea arabica*

El desarrollo de los botones florales en la finca Los Brujos ocurrió a partir del primer evento de lluvia, con una transformación desde botones florales a flores en 24 días (Figura 2). Esto sucedió en condiciones climáticas con una temperatura media de 23.9 °C y una humedad relativa media de 79.33% y, hasta entonces hubo recursos florales disponibles para los insectos polinizadores por parte de las plantas de café, las flores permanecieron abiertas por tres días en promedio.

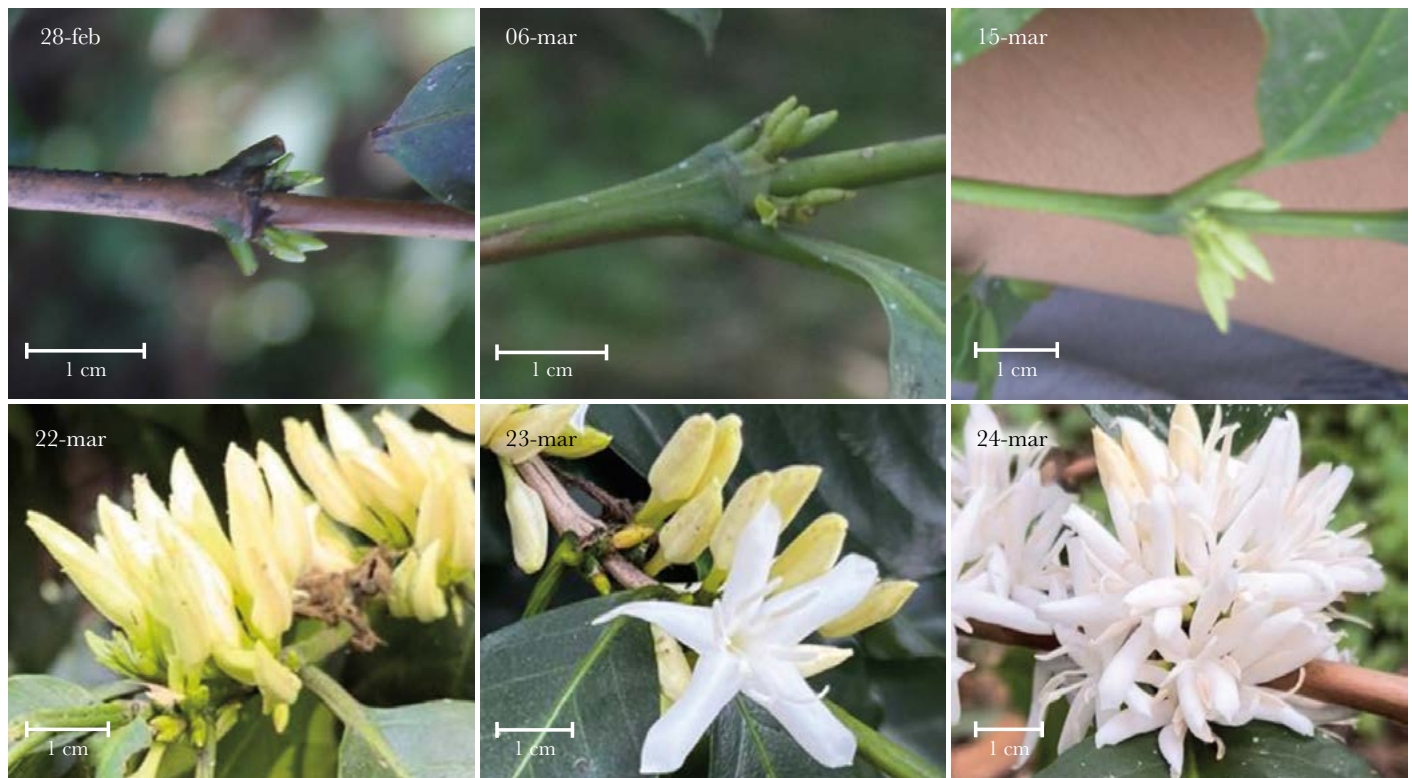


Figura 2. Desarrollo de los botones florales y dehiscencia de las flores de café de sombra en Mahuixtlán, Veracruz, México, durante el periodo de floración de marzo a abril de 2024. Los botones florales tardaron 24 días para convertirse en flores. Fotografías: Delgado-Espinoza Rosa Isela.

Observación de visitantes florales

A partir de las observaciones directas identificamos gran diversidad de insectos en las flores del café que, en expectativa, pueden tener participación en su polinización. Registramos algunos grupos de insectos en las flores, tales como: abejas, hormigas, moscas, mariposas, escarabajos y chinches; a continuación, mostramos algunas imágenes y una descripción breve de ejemplares de algunos de estos grupos.

Abejas: estos insectos del orden de los himenópteros, son los visitantes más frecuentemente encontrados en las flores de la planta de café, se observaron diversas especies de abejas, la más frecuente fue *Apis mellifera*, pero también hubo variedad de abejas nativas, tales como las meliponas, que son abejas sin aguijón, las cuales van a las flores a recolectar recursos como néctar y polen (Figura 3).

Hormigas: estos insectos pertenecen también al grupo de los himenópteros, el papel que desempeñan las hormigas que visitan las flores no es claro y puede ser muy contrastante. Algunas podrían estar teniendo una relación defensiva de la planta que las alberga, sin tener una relación clara con la flor. Otras visitan las flores porque se alimentan del néctar o de polen. Sin embargo, este grupo de insectos pueden no participar en la polinización y solo estar de paso por la flor (Figura 4).

Moscas: las moscas de las flores (Figura 5) se caracterizan por imitar la pigmentación, pilosidad y forma corporal, de las abejas, estas moscas pertenecen al grupo de los

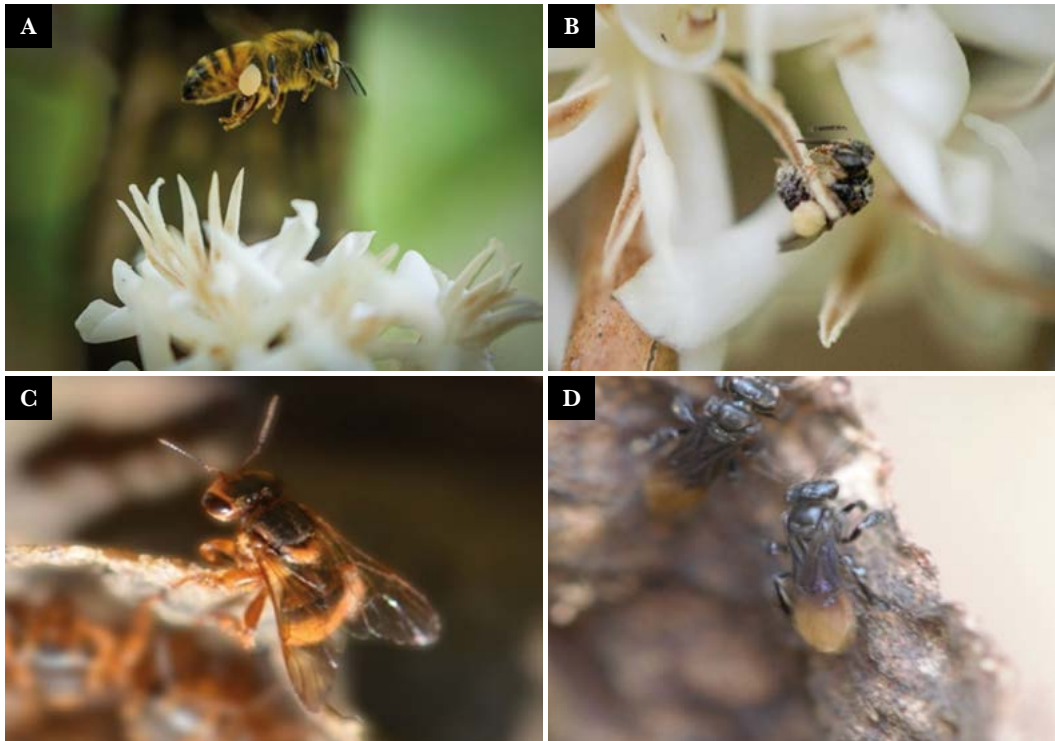


Figura 3. Se muestran imágenes de cuatro especies de abejas sobre flores de café y en sus nidos. El primer ejemplar A) corresponde a la especie exótica *Apis mellifera* (abeja de la miel) y las demás corresponden al grupo de las abejas nativas sin aguijón B) *Scaptotrigona mexicana*, C) *Scaptotrigona pectoralis* y D) *Trigona nigerrima*. Fotografías: Delgado-Espinoza Rosa Isela.



Figura 4. La imagen corresponde a una hormiga carpintera del género *Camponotus*. Fotografía: Delgado-Espinoza Rosa Isela.

sírfidos, que son muy interesantes por imitar la forma de las abejas, pero además por sus extraordinarias capacidades de vuelo. Se alimentan de néctar y polen, por ello, tienen, una probóscide (lengua) larga y flexible para la toma de néctar en las flores. En sus patas tiene tarsos que son estructuras formadas por varios segmentos pequeños y articulados, lo que les da gran flexibilidad y les permite extraer el polen de las anteras, además de su pilosidad abundante facilita la acumulación de polen en su cuerpo.



Figura 5. Imagen de una de mosca sírvido posada sobre una flor de café. Fotografía: Delgado-Espinoza Rosa Isela.

Mariposas: pertenecen al orden de los lepidópteros, en la zona de estudio se observó a la mariposa pavo real con bandas blancas (*Anartia fatima*) y la mariposa parche carmesí (*Chlosyne janais*), que se alimentan principalmente del néctar de flores (Figura 6); con esto, de manera adicional, recogen y transfieren polen de una flor a otra. Por lo tanto, desempeñan un papel que podría ser relevante en la polinización del café.

Escarabajos: estos insectos pertenecen al orden de los coleópteros. Son comunes y abundantes en diversos ambientes dentro de los ecosistemas, y es común que consuman el polen de las flores. Observamos varias especies las cuales van a las flores en busca de néctar, pero algunos las buscan como sitios para aparearse (Figura 7).

Chinches: también son insectos abundantes y presentes en muy diferentes escenarios, pertenecen al orden hemíptera. Al igual que los escarabajos, visitan las flores por diferentes motivos. Frecuentemente se observan algunas especies que se alimentan de savia. Pese a esto, también algunas especies que frecuentan las flores pueden ser consideradas como polinizadoras ocasionales (Figura 8).

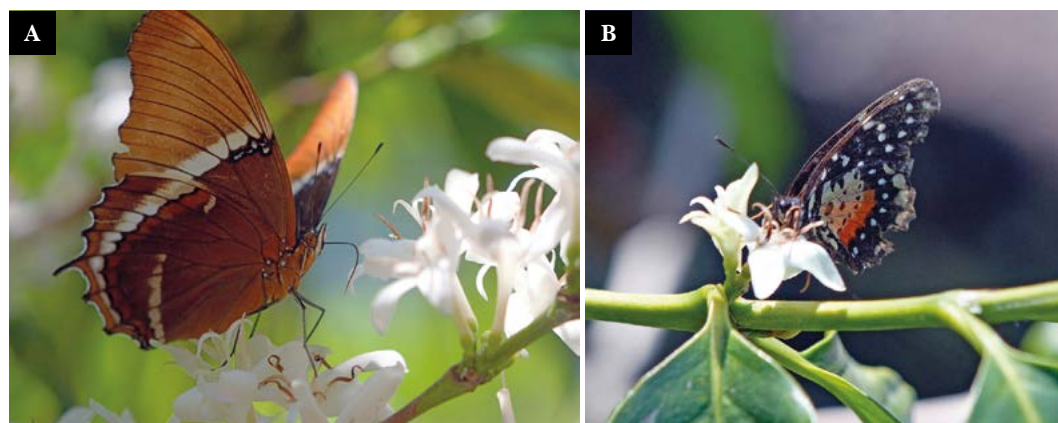


Figura 6. Imágenes de las mariposas A) pavo real (*Anartia fatima*) y B) parche carmesí (*Chlosyne janais*) posadas sobre flores de café. Fotografía: Delgado-Espinoza Rosa Isela.

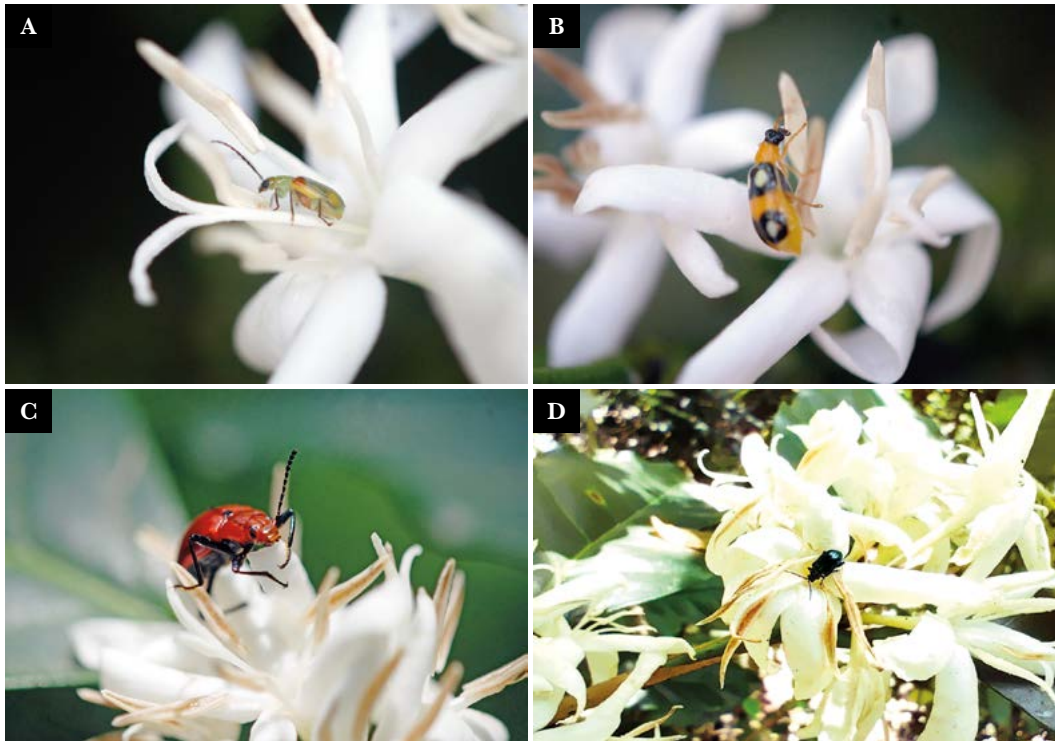


Figura 7. Tres especies de escarabajos (Coleópteros) sobre flores de café. Los dos primeros ejemplares (A y B) pertenecen al género *Diabrotica*; el tercero (C) y D), no pudieron ser identificados. Fotografía: Delgado-Espinoza Rosa Isela.



Figura 8. Se muestra una imagen de un ejemplar de chinche (no identificada), sobre flores de café. Fotografía: Delgado-Espinoza Rosa Isela.

Relevancia de los insectos nativos visitantes en un cafetal de sombra

Podemos resumir que las flores del cafetal de sombra en Mahuixtlán, Veracruz son visitadas por una variedad de insectos, pertenecientes a cinco órdenes taxonómicos (Himenoptera, Lepidoptera, Diptera, Hemíptera y Coleoptera). Un aspecto importante a considerar de los visitantes florales es que están aportando a la economía por su posible participación en la polinización de las flores del café. Diversos estudios mencionan que las flores del café son visitadas únicamente por insectos, y estos, en conjunto, pueden garantizar la

fecundación de las flores de este cultivo. Finalmente, esto tendrá un efecto positivo en la producción del café.

Pero, de todos los insectos que visitan las flores de un cafetal, los más frecuentes fueron diversas especies de abejas. México es un país de gran diversidad biológica, que incluye a los insectos que visitan las flores; pero, una de las amenazas a esta biodiversidad, es la presencia de especies introducidas, donde hay numerosos ejemplos de afectación a las especies nativas, ya sea por competencia o depredación directa.

De las abejas presentes en el cafetal de estudio en Mahuixtlán, Veracruz, la especie más estudiada es la abeja europea (*Apis mellifera*), esto debido a su papel en la polinización de muchos otros cultivos alimentarios (además de la producción de miel). Esta especie fue introducida en México en el Siglo XVIII; es muy adaptable a diferentes climas y entornos a nivel mundial, y ha dado muy buena respuesta como polinizadora. Sin embargo, es importante considerar que existen diversos grupos de insectos polinizadores locales, donde resaltan especies de abejas nativas. Denotando que actualmente desconocemos muchos aspectos sobre la interacción de la abeja europea con otros grupos de insectos polinizadores, pero se ha documentado que fuera de su distribución original, la abeja melífera genera competencia por alimento y espacio con las abejas nativas. Ante esto, uno de los más grandes desafíos en la conservación de los insectos polinizadores, particularmente de abejas nativas, es la falta de comprensión de su diversidad e importancia en la polinización de las plantas silvestres y cultivadas. Por lo tanto, es fundamental promover la investigación y el monitoreo continuo de las poblaciones de abejas nativas para comprender mejor su ecología, distribución y necesidades particulares para su conservación.



Mammillaria spinosissima subsp. *pilcayensis*: en riesgo de desaparecer de su hábitat natural

Santa L., Quintero-Bastida^{1*} ; Pablo, Torres-Gutiérrez² ; José A., López-Sandoval² 

¹ Colegio de Posgraduados. Campus Montecillo, Posgrado en Botánica. Km 36.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, Estado de México, México. C.P. 56264.

² Universidad Autónoma del Estado de México. Campus Universitario “El Cerrillo”, Facultad de Ciencias Agrícolas. El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, México. C.P. 50200.

* Autor para correspondencia: quinterolucia632@gmail.com

Antecedentes

Mammillaria spinosissima subsp. *pilcayensis* fue registrada en 1957 como *Mammillaria pilcayensis* por Helia Bravo. Posteriormente, en 1997, el botánico y taxónomo inglés David Richard Hunt la ubicó como una subespecie de *M. spinosissima*, diferenciándola de esta por la presencia de jugo lechoso (látex), fue así como actualmente se conoce la especie *Mammillaria spinosissima* subsp. *pilcayensis* (Bravo) D.R. Hunt, la cual tiene una distribución restringida y se encuentra amenazada. Se puede usar como nombre aceptado a *Mammillaria spinosissima* Lem.

México es el país con mayor riqueza de cactáceas del mundo, las especies de esta familia se desarrollan generalmente en zonas áridas y semiáridas. Actualmente más especies se encuentran en riesgo de extinción debido a la sobreexplotación y saqueo. Además de actividades humanas como la urbanización, el cambio de uso del suelo, cambio climático y el comercio ilegal. La especie *Mammillaria spinosissima* Lem. se reporta en México para los estados de Durango, Guerrero, México y Morelos con cuatro subespecies, cuyos requerimientos ecológicos y climáticos específicos hacen a la especie especialmente vulnerable. A nivel ecológico la especie se asocia con la selva baja caducifolia, suelos calcáreos poco profundos y escasa competencia con especies; en un clima semiárido con sequías prolongadas y temperaturas promedio entre 11 y 12 °C. La subespecie *Mammillaria spinosissima* subsp. *pilcayensis*, se encuentra en el estado de México, en los municipios de Ixtapan de la Sal y Tonatico, y en el Estado de Guerrero, en el municipio de Pilcaya. En estas regiones predomina el clima cálido subhúmedo y la vegetación es selva baja caducifolia. Esta subespecie es apreciada como ornamental debido a sus flores llamativas dispuestas en anillo alrededor de la corona, al porte pequeño de la planta, tubérculos con areolas y espinas muy abundantes (Figura 1). En este taxón, se ha reportado la presencia de polifenoles, como los flavonoides, cumarinas y taninos que son compuestos asociados con propiedades antibacteriales, antiinflamatorias y antioxidantes. Estos metabolitos secundarios contribuyen a la adaptación de la especie al estrés ambiental y tienen uso potencial en aplicaciones farmacéuticas y nutracéuticas. Por ello, es importante implementar



Cómo citar: Quintero-Bastida, S. L., Torres-Gutiérrez, P., & López-Sandoval, J. A. *Mammillaria spinosissima* subsp. *pilcayensis*: en riesgo de desaparecer de su hábitat natural. *Agro-Divulgación*, 5(2). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i2.468>

Editores académicos: Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Octubre, 2025.

Agro-Divulgación, 5(2). Marzo-Abril. 2025. pp: 101-104.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International



estrategias de conservación para esta especie, que incluyan educación ambiental a la población local, manejo sustentable de los recursos naturales, técnicas efectivas de propagación, regulación del comercio y protección de su hábitat. Algunos de los factores que han acelerado la disminución de la población de individuos y ponen en riesgo de extinción a la especie son los siguientes: crecimiento demográfico, construcción de viviendas, expansión de áreas agrícolas, extracción y comercio ilegal.

Además, su ciclo de vida largo (madurez reproductiva entre los 10 y 15 años) y tasa de crecimiento lento, en promedio de 2.5 cm por año; dificultan su propagación sexual. Esto provoca que en las etapas tempranas de desarrollo muchos individuos mueran, lo que resulta en una población compuesta principalmente por individuos adultos que han logrado adaptarse, pero que a menudo son extraídos para el comercio ilegal (Figura 2).



Figura 1. *Mammillaria spinosissima* subsp. *pilcayensis* en floración fuera su hábitat natural.



Figura 2. Comercio ilegal de *Mammillaria spinosissima* subsp. *pilcayensis*.

Es fundamental desarrollar estrategias de conservación y reintroducción de la especie y otras cactáceas que se encuentren amenazadas o en peligro de extinción, donde la colaboración entre investigadores, autoridades y comunidades es esencial. Es importante, reconocer las características de preferencia del hábitat de la especie y la estimación de la distribución potencial de la especie para corroborar su ausencia o presencia.

Historia nomenclatural sobre la especie

Mammillaria spinosissima subsp. *pilcayensis* fue descubierta por el botánico japonés Eizi Matuda en la Barranca de Mal Paso, ubicada a 6 km de la población de Pilcaya, Guerrero. Sin embargo, debido a un problema de pronunciación (el idioma japonés no tiene el sonido de la “P” castellana), el nombre de la localidad fue anotado erróneamente como “Pitcaya”, con “t”, lo que dio origen al epíteto específico incorrecto *Mammillaria pitcayensis*. El nombre corregido de la especie es *Mammillaria pilcayensis* Bravo (Figura 3).

Estado de conservación

A pesar de que *Mammillaria spinosissima* subsp. *pilcayensis* ha sido extraída de su hábitat durante años para ser comercializada de manera ilegal como planta de ornato, no se ha registrado el daño que esto ha generado a las poblaciones *in situ*. De acuerdo con la NOM-SEMARNAT-2010 la especie se considera sujeta a protección especial (Pr) mientras que en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) no existe una evaluación de esta subespecie.

Comúnmente las cactáceas son propagadas por semillas y esquejes; sin embargo, estos métodos no siempre resultan favorables, especialmente en aquellas especies que se encuentran en peligro de extinción, pues son de lento crecimiento y producen pocas semillas. Otros métodos utilizados para la propagación de cactáceas son: hijuelos, yemas e injertos, cultivo *in vitro* o micropropagación; estas técnicas son excelentes alternativas de reproducción ya que permiten la propagación masiva y comercial de especies de interés, como el



Figura 3. *Mammillaria spinosissima* subsp. *pilcayensis* sobre un acantilado.

caso de *Mammillaria spinosissima* subsp. *pilcayensis*. Es oportuno promover la propagación y comercio legal de las especies silvestres con potencial ornamental. Con la finalidad de evitar el saqueo, fomentar la conservación y reintroducción de la especie a su hábitat natural, es necesario impulsar campañas de educación ambiental, estrategias para el uso sustentable de los recursos y difundir información sobre su conservación por diferentes medios digitales. El ecosistema donde se encuentra esta subespecie tiene una importante función ecológica como reservorio de diversas especies de flora y fauna silvestre. Se sugiere considerar este lugar como una zona de exclusión del impacto de las actividades humanas como la agricultura, ganadería y evitar la extracción de especies de su hábitat natural.

