

AGROPECUARIA INTERNACIONAL

PUBLICACIÓN DE LA ESCUELA DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD LA SALLE BAJÍO | NO. 19, AÑO 5 | MAYO-JULIO DE 2025

El cultivo de malanga
en la economía de la región
central de Veracruz

Mecanización
agrícola sostenible

Manejo poscosecha,
clave para la seguridad
alimentaria

Mujeres rurales
y su aportación al
desarrollo comunitario

Agricultura LED
Revolución de producción
de alimentos en ciudades

**Apicultura como
agro-negocio:**
Desafíos y oportunidades

El dulce prohibido
de México

El campo de Guanajuato

**Del laboratorio
al campo**

Agricultura orgánica
vs. convencional

Proceso de separación
de ADN y ARN en tunas

Directorio Institucional

Universidad La Salle Bajío, León, Gto. (México)

Dr. Enrique A. González Álvarez, fsc.
Rector

Mtra. Ma. Socorro Durán González
Vicerrectora

Dra. Patricia Villasana Ramos
Directora de Investigación y Doctorado

Ing. Carlos Agustín Aguilar Ruiz
Director de la Escuela de Agronomía

Equipo Técnico Editorial

Mtro. Tristán Azuela Montes
Director Editorial

Lic. Jorge Andrés Ramírez Elizalde
Asesor Editorial

Lic. Cecilia Vázquez García
Diseñadora Editorial

UNIVERSIDAD LA SALLE BAJÍO

Av. Universidad, 602 Col. Lomas del Campestre, C.P. 37150
León, Guanajuato (México)

REVISTA AGROPECUARIA INTERNACIONAL

Publicación de la Escuela de Agronomía de la Universidad La Salle Bajío.

Consejo Científico Editorial

Ms Rsc. Tristán Azuela Montes

Director y Editor en Jefe.
Docente de Desarrollo de Negocios y Agronegocios de la Escuela de Agronomía de la Universidad La Salle Bajío.

Dra. Liliana Carolina Córdova Albores

Editadora Adjunta
Investigadora y Coordinadora de la licenciatura en Agrobiotecnología de la Universidad de Guadalajara (México)

Dr. Ismael Fernando Chavez Diaz

Editor Adjunto
Investigador del Programa de Recursos Genéticos del Centro Nacional de Recursos Genéticos Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) México.

Mtra. Carola Franck M.

Editadora Adjunta Internacional
Responsable de Relaciones Internacionales.
Docente, Asesora de Tesis y Proyectos de Grado de la Universidad Simón I. Patiño, Cochabamba (Bolivia)

Mtra. Angelina Guerrero Ambriz

Editadora Adjunta
Secretaria Académica en la Escuela de Agronomía Universidad La Salle Bajío, León, Gto. (México)

Dr. Oscar Humberto Rocha Franco

Editor Adjunto
Asesor en Agronegocios

Mtro. Jaime Leyva Carmona

Editor Adjunto
Jefe Académico en la Escuela de Agronomía Universidad La Salle Bajío, León, Gto. (México)

Mtro. Abraham Agustín Arellano

Editor Científico Editorial
M. en C. Perusquia, responsable de la Unidad de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (UMA) de la Universidad La Salle Bajío, León, Gto. (México)

Dr. Sinué Isabel Morales Alonso

Consejero Científico Editorial
Dr. en Cs. Biológicas Op. en Cs. Agropecuarias, Forestales y Ambientales.

MIK. Omar Emmanuel Beltrán Torres

Consultor Editorial
Maestro en Ciencias de la Información y Administración del conocimiento

Agropecuaria Internacional, año 5, número 19, nueva época, mayo-julio de 2025, es una publicación trimestral editada por la Universidad La Salle Bajío, Av. Universidad 602, colonia Lomas del Campestre, León, Guanajuato, código postal 37150, teléfono 4777108500, tam106048@lasalle-bajio.edu.mx. Editor responsable: Mtro. Tristán Azuela Montes. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2024-120518150400-102, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Escuela de Agronomía de la Universidad La Salle Bajío, Av. Universidad 602, colonia Lomas del Campestre, León, Guanajuato, código postal 37150. Última actualización: abril de 2025.

PALABRAS DEL EDITOR



Mtro. Tristán Azuela Montes
Director & Jefe Editorial
tristan.azuella@gmail.com
T: (+52) 442 631 8746

Estimadas lectoras y lectores, colegas investigadores, técnicos y aliados del sector agropecuario.

Con gran entusiasmo les damos la bienvenida a esta nueva entrega de la Revista Agropecuaria Internacional, Edición 19 | Mayo – Julio 2025, la cual, con esta edición, consolida su nueva identidad editorial tras un proceso de transformación que ha incluido su registro ante INDAUTOR en México y la próxima gestión para la obtención del ISSN. Este cambio de nombre no es una simple formalidad, es la afirmación de un horizonte más amplio, más conectado con los desafíos y posibilidades del presente global.

Hoy, más que nunca, el conocimiento agropecuario debe cruzar fronteras, derribar paradigmas obsoletos y sembrar innovación en cada surco del planeta. La riqueza de artículos que presentamos en esta edición confirma nuestra misión de ofrecer una plataforma seria, rigurosa y vibrante para la divulgación científica y técnica del sector.

Nos encontramos ante un momento de inflexión histórica. En México y en muchos rincones del mundo los sistemas agroalimentarios enfrentan una tormenta perfecta de presiones: climáticas, comerciales, tecnológicas y sociales. Pero también se abre un campo fértil de oportunidades. La transición hacia una agricultura regenerativa, la adopción inteligente de tecnologías como la inteligencia artificial, la biotecnología y los sistemas circulares, y la revalorización de saberes locales, nos muestran que el futuro puede y debe construirse con visión, ciencia y solidaridad.

Como país exportador, México no puede quedarse en la periferia de la transformación. Es indispensable elevar nuestra competitividad no solo en términos de volumen, sino de sostenibilidad, trazabilidad, inocuidad y valor agregado. Y ello requiere más que maquinaria y tratados: requiere talento, estrategia y cooperación entre el sector público, la academia y el productor.

En esta edición, encontrarán estudios sobre innovación acuícola, análisis de bioinsumos, propuestas para mitigar los efectos del cambio climático en frutales, así como reflexiones sobre la eficiencia hídrica y el papel emergente de las ciencias de datos en la agricultura de precisión. Todo ello tejido con el hilo común del compromiso por un campo resiliente, rentable y profundamente humano.

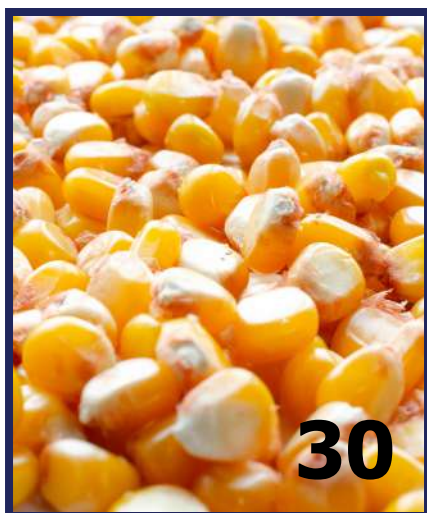
Agradezco con admiración el trabajo incansable de nuestro equipo editorial y técnico, así como el respaldo de la Dirección de Investigación y Doctorado, que ha sido clave en la profesionalización de esta publicación. A nuestros autores y lectores, gracias por hacer de esta revista un punto de encuentro entre generaciones, disciplinas y territorios.

Les invito a seguir contribuyendo con sus voces, artículos, experiencias y propuestas. Esta revista es suya, es nuestra. Es la semilla editorial de un agro más sabio y justo.

**“En un mundo que cambia sin cesar,
solo florece quien cultiva el conocimiento con raíz profunda y mirada infinita.”**

Tristán Azuela

Sumario



30



44



117

12 CULTIVO DE MALANGA EN LA ECONOMÍA DE LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ



MUNDO DEL CEREAL

26 MECANIZACIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE

30 MANEJO POSCOSECHA, CLAVE PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

36 LAS MUJERES RURALES Y SU APORTACIÓN AL DESARROLLO COMUNITARIO



MUNDO AGROUNIVERSITARIO

44 AGRICULTURA LED

50 APICULTURA COMO AGRO-NEGOCIO: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES

58 EL DULCE PROHIBIDO DE MÉXICO

64 EL CAMPO DE GUANAJUATO

74 DEL LABORATORIO AL CAMPO: CULTIVO *IN VITRO*

84 AGRICULTURA ORGÁNICA VS. CONVENCIONAL

90 PROCESO DE SEPARACIÓN DE ADN Y ARN EN TUNAS



MUNDO DE RECURSOS GENÉTICOS

102 HACIA UNA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO

110 METALÓFOROS MICROBIANOS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS AGROECOSISTEMAS

117 ENFOQUE DE REDES FARMACOLÓGICAS PARA EL ESTUDIO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE ORIGEN AGRÍCOLA CON POTENCIAL BIOMÉDICO

PRESENTACIÓN

A . ENFOQUE Y ALCANCE DE LA REVISTA

La Revista Agropecuaria Internacional es un órgano de divulgación científica de la Escuela de Agronomía de la Universidad La Salle Bajío, en la Ciudad de León, Guanajuato (México), la cual es autofinanciada y editada por la institución y gratuita para todos los autores que deseen publicar sus contribuciones. A través de la comunicación social del conocimiento científico y tecnológico, la revista dispone de un enfoque innovador ante los retos y tendencias mundiales entorno al sector agroalimentario, que fomenta la lectura y redacción de temas de vanguardia en donde la reflexión crítica es tomada como un reto actual de vida.

La colaboración y la inclusión son puntos estratégicos para la revista, por lo que la invitación a publicar sus contribuciones está abierta a todos aquellos actores del sector agroalimentario entre los que figuran instancias gubernamentales, instituciones, empresas, investigadores, técnicos de campo y laboratorio, profesores, estudiantes, comerciantes, y productores de los sectores agrícola, acuícola, agroindustrial, alimentario, alimenticio, forestal y pecuario tanto nacionales como internacionales que tengan temas novedosos, inéditos y de vanguardia por compartir. De esta forma, la revista busca ser un punto de encuentro para el sector agroalimentario internacional en el que la divulgación de la ciencia, la tecnología, las experiencias y saberes sirvan como referentes de actualidad en las tendencias que impulsan la generación de nuevos conocimientos. Así mismo, se busca la divulgación de los quehaceres institucionales y que, a su vez, esta sea un medio que facilite el contacto entre los diferentes actores para la generación de colaboraciones que impulsen el crecimiento y la innovación dentro del sector agroalimentario.

La Revista Agropecuaria Internacional es una revista electrónica arbitrada mediante un sistema de revisión por pares ciegos, quienes evalúan y producen un veredicto sobre la pertinencia, relevancia e importancia de los manuscritos recibidos, evitando el plagio y asegurando la calidad del material bibliográfico y la información contenida en las páginas de la revista.

B . POLÍTICAS

Tipo de revista: Revista de divulgación científica y tecnológica de distribución electrónica -digital en formato PDF y publicada en la plataforma de la Universidad La Salle Bajío.

Propósito y objetivo: Servir como cauce para acercar y conectar el conocimiento del saber del mundo en los campos agroalimentario, agroindustrial, agropecuario, agro cultural de innovación y con temas de actualidad que desarrollan los investigadores, académicos, estudiantes, empresarios, industriales, productores, comercializadores y técnicos adscritos a empresas, instituciones o instancias gubernamentales nacionales e internacionales -

de diversas disciplinas dentro del sector agroalimentario, que se puedan analizar desde distintos enfoques y perspectivas bajo el punto de vista de los marcos normativos, legislativos, culturales y sociales que rigen a cada estado, provincia o país de nuestro planeta.

Periodicidad: sin cambios.

Ejes temáticos: Se contemplarán todas aquellas contribuciones que abordan temas de vanguardia científica y tecnológica dentro del sector agroalimentario tales como en las áreas de Acuicultura, Agricultura, Agro cultura, Agroindustria, Agroturis-

mo, Apicultura, Avicultura, Bioinoculantes y Biofertilizantes, Bioinsumos para el campo, Ciencias Agrícolas, Comercialización de Productos Agrícolas, Compostaje, Control Biológico de Plagas y Enfermedades, Entomología Agrícola, Fisiología Vegetal y Animal, Fitopatología, Ganadería, Gastronomía, Huertos Urbanos, Industria Agroalimentaria y Agroalimenticia, Microbiología Agrícola y Pecuaria, Nutrición Vegetal y Animal, Protección Vegetal, Recursos Genéticos, Salud Animal, Sistemas de Riego y Manejo de Aguas, Viticultura.

Política de acceso abierto

La Revista Agropecuaria Internacional brinda acceso abierto a la totalidad de su contenido con base en el principio de ofrecer a todo tipo de lectores acceso libre a las publicaciones, fruto de las investigaciones con la finalidad de coadyuvar al intercambio global de conocimiento.

Política de preservación digital

La Revista Agropecuaria Internacional conserva los documentos que publica periódicamente de forma electrónica en el sitio, mismos que cuentan con un respaldo electrónico en una nube electrónica, además de contar con un respaldo generado cada tiempo, el cual se encuentra con ubicación digital. Lo cual permite el acceso en todo momento a los documentos y publicaciones generadas durante el transcurso de las actividades de la revista y su conservación a largo plazo, permitiendo la consulta directa de la información aquí publicada en el futuro.

C . INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES

La convocatoria está abierta para los autores a lo largo del año.

Pueden participar autores de las diversas instituciones, estudiantes nacionales y del extranjero, egresados, maestros, investigadores nacionales e internacionales, instituciones públicas y privadas nacionales e internacionales, empresarios mexicanos de cualquier origen nacionales e Internacionales y a todo aquel interesado en el mundo de los Agroalimentos,

Agroindustria, Agricultura, Agrocultura, Agrotecnología, Turismo, Gastronomía, Ciencias y Sector Agropecuario e industrial de actualidad.

Los autores deben seguir los siguientes requerimientos:

Naturaleza del trabajo: Los artículos que se reciban deben ser resultados originales e inéditos, resultado de un trabajo académico, experiencia personal o resultado de una investigación. La redacción del texto debe presentar coherencia, sintaxis y congruencia.

Créditos Culturales: Para todos aquellos estudiantes de la Universidad La Salle Bajío que participen con un artículo de difusión, se les dará 3 créditos culturales por artículo.

Envíos: los trabajos deben ser enviados al correo **agropecuaria_int@lasallebajio.edu.mx** indicando la universidad a la que pertenecen, nivel licenciatura o posgrado, semestre, nombre completo del autor, puesto que ocupa, institución o empresa e e-mail.

Extensión y formato. La contribución deberá prepararse en formato digital en procesador de textos Word, con interlineado de 1, fuente Arial, tamaño de 10 puntos, tamaño carta (21.59 cm x 27.94 cm), con márgenes 2.5 de cada lado.

Extensión mínima de 3 cuartillas, 1,800 palabras aproximadamente, hasta un máximo de 8 cuartillas incluyendo referencias, cuadros y figuras, sin contar la página del título y las adscripciones.

Encabezado principal. Se conforma del título, palabras clave y tipo de contribución.

Título. Deberá aparecer en negritas, en fuente Arial de 14 puntos, longitud a criterio del autor, sin punto final. Centrado.

Palabras clave. No deberán repetirse las palabras del título, deberán elegirse de 3 a 6 palabras clave que reflejen el contenido de la contribución y que permitan la fácil búsqueda del artículo. Debe-

rán aparecer centradas justo después del título con letra Arial de 10 puntos. Estas podrán ser palabras sencillas o compuestas. Ejemplos:

Sencillas: Rendimiento, biofertilizantes, fitoalexinas, micotoxinas, ganadería.

Compuestas: Reproducción de bovinos, agricultura protegida, bacterias promotoras de crecimiento vegetal, maíces criollos, control biológico.

Tipo de contribución. Hacer mención del tipo de contribución que se envía. Ver sección D en donde se especifican los tipos de contribuciones.

Ejemplo de encabezado:

ALFIMEXSA Y LA IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE INFORMACION (TIC's): CASO DE ESTUDIO

Palabras clave: Hongos filamentosos; *Aspergillus* sp.; *Penicillium* sp.; productores de micotoxinas; fitopatógenos.

Autores y adscripciones. Fotografía del autor o coautor. Nombre completo. Título académico.

Puesto. Adscripción. Correo electrónico. Fuente Arial de 10 puntos. Hasta 6 autores por artículo. Ejemplo:

Mtro. Tristán Azuela Montes.
Socio, Fundador y Gerente de Ventas.
Alfimeksa S. de R.L. de C.V.
tristan.azuela@gmail.com

-Título, palabras clave, autores y adscripciones deberán aparecer en la primera página de la contribución, esta página (o páginas en caso de ser más de una) no se contará en la extensión total la contribución.

Nota: Para el artículo científico el encabezado, los autores y adscripciones tienen especificaciones diferentes. Ver la sección D, tipos de contribuciones.

Encabezados. En negritas, fuente Arial de 12 puntos, mayúsculas y minúsculas tipo oración, alineado a la izquierda.

Cuerpo del Artículo. Deberá iniciar en una página diferente a la del título. El contenido deberá ajustarse al tipo de contribución mencionada en el encabezado, ver sección D, tipos de contribuciones.

Imágenes. El artículo puede contener dos tipos de imágenes.

Imágenes dentro del texto. Se usarán o no, según el criterio de los autores. Deberán ser llamadas dentro del texto (ejemplo: Figura 1) con un orden consecutivo y se colocarán inmediatamente después de terminar el párrafo en el que han sido llamadas. Pueden ser fotografías, gráficas, diagramas, esquemas, etc. Además de aparecer en el cuerpo de la contribución, se deberán entregar por separado como archivos independientes en formato .PNG o .JPG de al menos 2MB o 1080 pixeles. Estas figuras deberán contar un pie de figura que se conformará de la figura en negritas. A partir del punto y seguido deberá contar con la información suficiente para que la figura sea auto-explicativa. Así mismo, deberá contar con su debida referencia o fuente correspondiente, en caso de ser de autoría propia deberá ser indicado.

Ejemplo:



Figura 1. Flor de loto. Imagen predeterminada del procesador de textos Word en donde se muestra una flor de loto en un estanque utilizada como ejemplo. A) Pétalos de la flor. B) Pedúnculo de la flor. (Fuente: Microsoft Office 2021).

Imágenes de Fondo. Todas las contribuciones deberán acompañarse de por lo menos 6 imágenes adicionales a las imágenes dentro del texto, con el obje-

tivo de que estas aporten a la estética de la contribución. Estas imágenes serán utilizadas como fondo de las páginas, por lo que pueden ser imágenes visualmente atractivas como panorámicas, paisajes, fotografías de microscopía, fachadas de edificios institucionales, predios, o elementos diversos relacionados con el objeto de estudio. Estas imágenes deberán entregarse por separado como archivos independientes en formato .PNG o .JPG de al menos 2MB o 1080 pixeles. En un archivo Word, se deberá mencionar la fuente de cada una de estas imágenes.

Nota: Todas las imágenes deberán contar con su referencia o fuente correspondiente, las cuales se deberán citar después del apartado de referencias.

Todas las imágenes deberán contar con una resolución mínima de 800 dpi. Las imágenes sólo se recibirán en los formatos .PNG o .JPG cuidando que su tamaño (en KB) sea lo menor posible.

Cuadros. Deberán ser llamados en el texto al igual que las figuras (Ejemplo: Cuadro 1) e incorporarse dentro del texto al finalizar el párrafo en el que fueron llamados. No se incluirán líneas verticales, laterales o intermedias, sólo líneas horizontales al inicio, después de los títulos y al final. Los cuadros deberán contar con un encabezado y después de la línea final el cuadro deberá contar con la información suficiente para que el cuadro sea auto-explicativo. Ejemplo:

Cuadro 1. Cuadro de ejemplo para la conformación y estética de los cuadros en las contribuciones.

	Variable 1	Variable 2	Variable 3	Variable 4
Grupo 1	Dato 1.1 a	Dato 1.2 b	Dato 1.3 a	Dato 1.4 c
Grupo 2	Dato 2.1 a	Dato 2.2 a	Dato 2.3 d	Dato 2.4 c
Grupo 3	Dato 3.1 c	Dato 3.2 c	Dato 3.3 b	Dato 3.4 b
Grupo 4	Dato 4.1 b	Dato 4.2 b	Dato 4.3 c	Dato 4.4 a

Los datos representan la media de X número de observaciones. Los datos seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes según Tukey ($P \geq 0.00$). Los datos de la variable 4 fueron obtenidos de X base de datos bajo el criterio Y (Base de datos 2023).

Citado y Referenciado de información. Las contribuciones deberán contener un máximo de 10 citas y referencias en el texto, sin contar las correspondientes a las fuentes de las imágenes según lo requiera la contribución.

Esta regla exceptúa a los artículos de investigación, en donde las citas y referencias quedan a criterio de los autores. Tanto el citado como el referenciado deberá encontrarse en formato APA en su versión más reciente o bien en formato Harvard.

Revisar el siguiente enlace para revisar la forma correcta del citado y referenciado según los diferentes casos de fuentes de información.

Nota: Toda referencia debe incluir su respectivo DOI o URL. <https://libweb.anglia.ac.uk/referencing/harvard.htm>

Declaraciones. Todas las contribuciones enviadas deberán contener las siguientes declaraciones al final de los artículos.

Financiamiento y recursos. Todos los artículos deben incluir una declaración en donde se precise el financiamiento de la investigación. Es necesario incluso mencionar si no se recibió financiamiento alguno.

Conflicto de intereses. Los autores deben hacer expreso si hay algún tipo relación financiera o personal con otras personas o instituciones que pudieran influir de manera inapropiada en el trabajo, tales como intereses con respecto al uso de información, consultorías, usos de patentes y aplicaciones, entre otros. En caso de no tener nada que declarar, también debe hacerse expreso.

Contribuciones y roles de autoría. Se debe usar la taxonomía de roles de autoría (CRediT) para tipificar adecuadamente la contribución de los autores a los artículos. Usar únicamente los roles descritos por CRediT. Se proporciona una pagina de Elsevier en donde se simplifican estas contribuciones. <https://www.elsevier.com/authors/policies-and-guidelines/credit-author-statement>

Ejemplo de la declaración:

Contribuciones y roles de autoría. Zelaya-Molina L.X. conceptualización, metodología, escritura-revisión y edición, administración del proyecto; Ceballos-Álvarez A. metodología, investigación; Lares-Magaña T.A. metodología, investigación; Ruíz-Ramírez S. validación, metodología; Aguilar-Granados A. análisis formal, metodología; Chávez-Díaz I.F. conceptualización, análisis formal, escritura-revisión y edición administración del proyecto, adquisición de fondos.

Disponibilidad de datos e información adicional. Los autores deberán incluir alguna de las siguientes declaraciones con respecto a la información que dió origen a la publicación:

- a) Los datos (y/o la información adicional) se encuentra disponible a petición con (nombre del autor y medio de contacto).
- b) Los datos (y/o información adicional) se encuentran disponibles en (liga del repositorio de la información o base de datos).
- c) Los datos (y/o la información) en su totalidad fueron mostrados en el presente artículo.

Política antiplagio.

La Revista Agropecuaria Internacional utiliza softwares y sitios web para medir la originalidad de los artículos, así como los límites permitidos por parte de la revista con el objetivo de verificar la originalidad del artículo.

La conducta inapropiada con referencia al plagio no es admitida por la Revista Agropecuaria Internacional, por lo que, en dicho sentido, todo caso de plagio detectado implicará el rechazo del manuscrito, mismo que se notificará al autor por correspondencia y coautores del mismo.

Así mismo, la Revista Agropecuaria Internacional se reserva el derecho a negar la posibilidad de postular manuscritos en otra ocasión a los autores que infrinjan en una falta de este tipo.

Cintillo

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del grupo editorial de esta publicación. Se autoriza la reproducción total o parcial del contenido aquí publicado siempre y cuando este sea sin fines de lucro y con fines académicos, siempre que el material no sea modificado y se cite debidamente la fuente completa.

“Los artículos aquí incluidos son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente la postura de la Universidad La Salle Bajío.”

D . PROCESO DE REVISIÓN DE LOS ARTÍCULOS

Al recibir el artículo por un autor, se enviará un correo al autor con la confirmación de la recepción del artículo o de la falta de información que complete los requisitos señalados en las instrucciones. Los artículos serán revisados por la editorial o pares y en su defecto se enviará el artículo al consejo editorial para ser evaluado por alguno de los especialistas en la materia y generar un dictamen, ya sea para solicitar que se realicen correcciones al artículo o para recibir confirmación de que el artículo puede pasar al proceso de maquetación por cumplir con todos los requisitos.

Se procede a maquetar artículo con las correcciones, modificaciones o ampliaciones correspondientes señaladas.

Cuando los artículos han sido maquetados, se validan nuevamente con los autores para confirmar que no existe ninguna errata para proceder a publicar.

El proyecto completo de la revista se envía en formato electrónico y digital al departamento de comunicación de la Universidad La Salle Bajío para su publicación en las redes y proceder a indizarlo internacionalmente.

Institución Editora: Escuela de Agronomía de la Universidad La Salle Bajío.

Editor: Mtro. Tristan Azuela Montes.

Número de artículos por publicar por número:

Se consideraría al menos 10 productos totales para la publicación del número, tomando en cuenta la diversidad de los textos, entre los relativos a cuestiones teóricas (monografía, ensayo, artículo de divulgación) y aspectos prácticos (traducciones, experiencia formativa, proyecto social y entrevista).

Dudas, comentarios o sugerencias.

Cualquier duda o comentario con el editor se puede contactar vía email a: agropecuaria_int@lasallebajio.edu.mx o vía whatsapp al (+52) 442 631 8746 en cualquier idioma.





THIS WORK IS LICENSED UNDER A CREATIVE COMMONS
ATTRIBUTION 4.0 INTERNATIONAL (CC BY 4.0) LICENSE.



EL CULTIVO DE MALANGA EN LA ECONOMÍA DE LA REGIÓN CENTRAL DE VERACRUZ: EL CASO DE ACTOPAN.





Mario Torres Becerril

Colegio de Postgraduados
Campus Veracruz

torres.mario@colpos.mx



Octavio Ruíz Rosado

Colegio de Postgraduados
Campus Veracruz

Palabras clave: malanga, producción, economía.

INTRODUCCIÓN

La producción agrícola está diversificándose cada vez más, debido a la búsqueda de alternativas potenciales que involucren la producción de alimentos de alto valor nutricional y de bajos costos. La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) es un cultivo alternativo y exótico, conocido también como taro, dashen o ñame, con gran potencial para las zonas tropicales. La malanga, es considerada una de las especies de raíces y tubérculos con gran potencial en regiones tropicales de México. La Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria considera a la malanga como es una planta cultivada por sus cormos (camotes) que se utilizan en la alimentación humana, animal y para diferentes usos industriales, según la Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria (COVECA, 2004).

El cultivo de la malanga en el estado de Veracruz y Oaxaca se reporta desde la década de los años 80's habiéndose iniciado su promoción por el Campus Veracruz (Olguín-Palacios y Álvarez-Ávila, 2011). En el año 2006 nuevamente se comenzó a sembrar malanga en el Estado de Veracruz, debido a la altitud, buen clima, tierras fértiles y con el abasto de una fuente natural de agua pura, se ha logrado obtener un producto que cumple con estándares de la más alta calidad a nivel internacional (<http://malangadeactopan.blogspot.mx/>).

Actualmente en Veracruz, en el Municipio de Actopan es donde se concentra la mayor producción de

malanga, lo que ha conllevado a que los productores sigan extendiendo sus cultivos por la rentabilidad y la demanda de dicho tubérculo al mercado (<http://malangadeactopan.blogspot.mx/>).

Se tienen registros iniciando del año 1999 al 2004, en donde se tuvo un registro de 20 ha del cultivo de malanga con un valor estimado aproximado de \$ 4.00 a \$5.00 por kilogramo. Para el periodo 2005-2006, la superficie aumentó a 100 ha manteniendo el mismo precio. En el año 2007-2008 se presentó el mejor periodo registrado para el país con una producción de 400 ha y un precio record de \$6.00 a \$8.00 por kilogramo dando inicio el proceso de exportación principalmente a Estados Unidos y Canadá. Sin embargo, en el periodo que comprende del año 2010 al 2011 se presentó una crisis debido a la sobreproducción del cultivo (2000 ha cultivadas) lo cual presentó un descenso en el precio (\$2.00). Finalmente, para el año 2012 se estabilizó el mercado aunque la producción registrada bajó a 160 Has, alcanzando un precio de \$12.00 por kilogramo (<http://malangadeactopan.blogspot.mx/>).

La Producción de malanga en el Municipio de Actopan, Veracruz, ha sido una fuente generadora de empleos locales para jóvenes, hombres y mujeres de todas las edades, ya que después de la hora de la cosecha el tubérculo debe de lavarse para quitarle los residuos de lodo y raíces que se quedan adheridos a ella al momento de la extracción, con esto se ha tenido un beneficio en general para toda la población y personas que gustan de trabajar en esta labor, a la orilla del río Actopan es común ver

decenas de personas realizando este trabajo tan concurrido por señoras, jóvenes y niños para ganarse unos pesos y mejorar su economía (<http://malangadeactopan.blogspot.mx/>).

Anterior a la malanga, el principal cultivo de la zona era el mango, pero con el paso del tiempo se ha cambiado más por el cultivo de malanga, es por esta razón que en el presente trabajo se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

¿Porque razón algunos productores de Actopan se centraron en la producción de malanga?, ¿Realmente se reciben buenas ganancias a partir de la producción de malanga?, ¿Cómo ha influido a la economía de la región la inclusión de la malanga como actividad productiva?, ¿Ha habido cambios en el desarrollo de la comunidad después de la inclusión de la malanga?, ¿Las empresas a las que exportan la malanga, les dan algún beneficio adicional o están involucradas en otros aspectos de esta?

Con base en las preguntas anteriores se planteó esta investigación como estudio de caso y con el objetivo de analizar cómo ha influido económicamente en la región de Actopan la introducción del cultivo de malanga; y que pueda servir como base para generar otras investigaciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Como estudio de caso, se analiza una situación contemporánea, primeramente, se realizó una búsqueda documental sobre el cultivo de malanga en la región de Actopan (Figura 1), sobre los productores; después se generaron las premisas de la investigación y se determinaron las herramientas o técnicas de obtención de información.

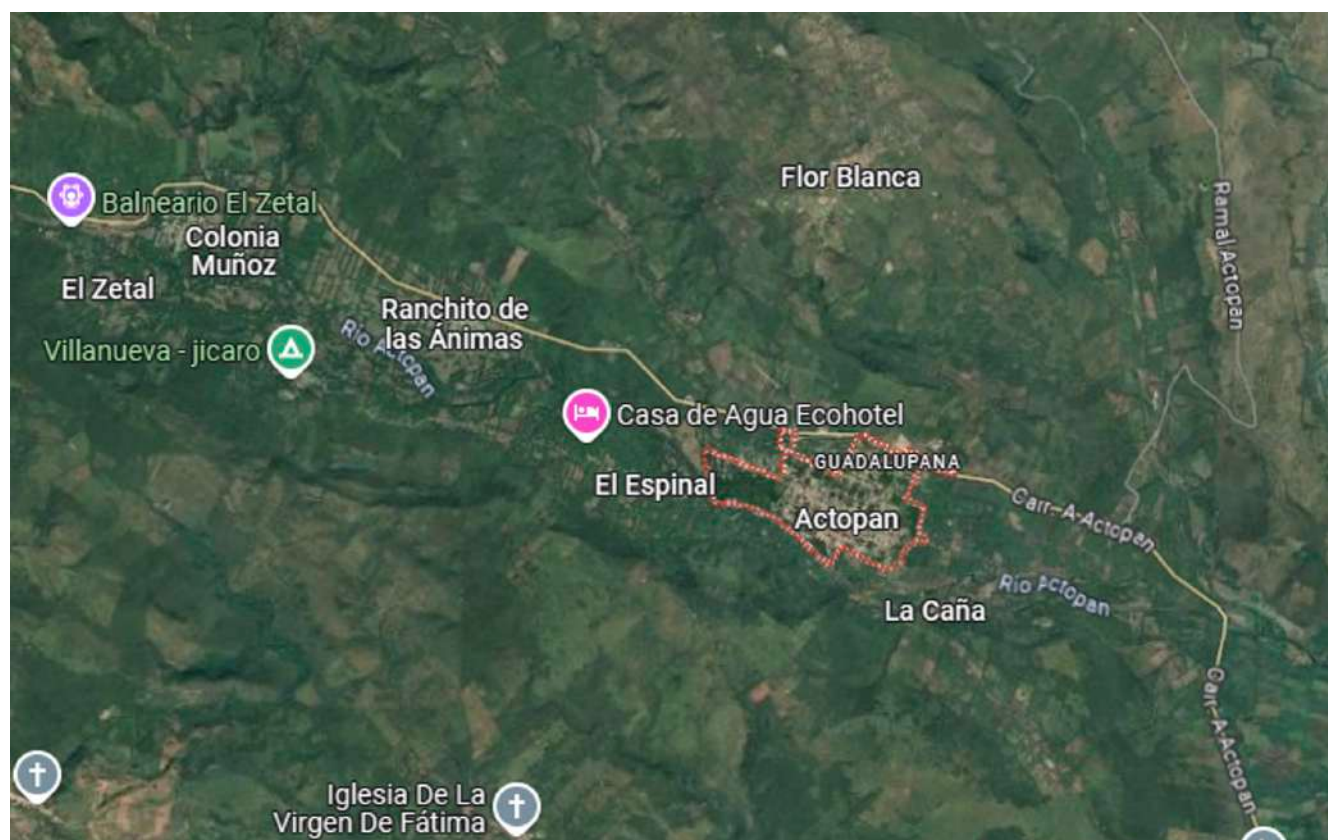


Figura 1. Mapa de Actopan.
Fuente: Google Earth

Posteriormente se utilizó un cuestionario como herramienta para recabar información, con preguntas orientadoras al tema. Como parte del método, se hace una triangulación de la información obtenida de la búsqueda documental y de las entrevistas realizadas a conocedores del cultivo y la región, para así poder tener conclusiones más concretas sobre el fenómeno de estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tipología de productores de malanga en el municipio de Actopan Veracruz

Pequeños productores: De un total de 10 hectáreas que tiene la finca, dedican de 0.5 a 2 has para el cultivo de malanga, generalmente la producción es en invierno, no realizan prácticas de manejo y la producción tiene bajos rendimientos. Venden a compradores locales, pero con alto nivel de rechazo o desperdicio por la baja calidad del producto.

Medianos productores: De un total de 10-20 has que tiene la finca, dedican de 2 a 5 has para la malanga, generalmente son cultivos de riego, siembran pequeños lotes de malanga en los contornos de la finca y la mayoría no aplican el paquete de recomendaciones técnicas. Su rendimiento en el cultivo, así como la calidad del producto es medio. Ocasionalmente siembran cultivo de invierno.

Grandes productores: de 20 hectáreas y más que tiene la finca, dedican más de 5 hectáreas, para la malanga, generalmente son cultivos de riego, siembran lotes de malanga en los contornos de la finca y aplican el paquete de recomendaciones técnicas (abonamiento o fertilización, deshierbes, control de plagas, etc.), por este motivo su rendimiento en el cultivo, así como la calidad del producto que obtienen es alta. Venden a compradores locales con bajos niveles de rechazo. Se calcula que el número de productores pequeños y medianos dedicados a este cultivo es aproximadamente 45, los cuales poseen alrededor de 120 has sembradas en malanga (Andaya, 2013).

Tecnificación del proceso de producción

El proceso de agregación de valor a la malanga en

el municipio de Actopan se lleva a cabo desde hace aproximadamente un año, este se realiza con el objetivo de entregar el producto de acuerdo con las exigencias del mercado de exportación con el que cuentan en este momento y comprende: el acopio, clasificación, lavado, aislamiento, enmallado, pesaje, desinfección y entrega de la misma.

Los inicios del cultivo y programas oficiales de fomento

Se inició la investigación realizándole una entrevista al Ing. Jorge Antonio Mendoza Galarza, Jefe de Distrito de Desarrollo Rural (DDR-006) de Ciudad Cardel, Veracruz. Él menciona que no se sabe cómo llegó la malanga a la región, pero que en un inicio en la zona de La Esperanza y Santa Rosa a la malanga se le encontraba como maleza. La ventaja de la región para el desarrollo del cultivo es que cuenta con dos ríos, los cuales son el río Actopan y el río la Antigua. También menciona que desde los tiempos de los Totonacas se empezó a realizar el cultivo por medio de riego de manera artesanal.

Como se mencionó la malanga existió de modo silvestre, pero en el año 2000 (sexenio del gobernador Miguel Alemán Velasco) por medio de la SEDARPA se implementó el desarrollo de la malanga como cultivo y este se inició en la comunidad de Ídolos, aquí fue donde se dio el inicio de modernidad de este cultivo, también estuvo involucrado el Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados.

Posteriormente, se detonó un impulso para este cultivo a gran escala, es decir, manejando grandes extensiones de terreno. Después, se expandió el cultivo a Santa Rosa, Mozomboá, El Progreso, La Bocanita, El Diamante y principalmente a las zonas altas de la región de Actopan. Después varios productores pidieron el paquete tecnológico para este cultivo el cual fue diseñado por el Ingeniero Galarza, ya que estos lo requerían.

Para el sexenio 1998-2004, la producción continuó aumentando de una manera paulatina y estable. Para el sexenio de Fidel Herrera, el cultivo de la malanga tuvo un aumento desmedido y se empezaron a involucrar agentes externos principalmente,

políticos, llegando a cultivar una extensión de 1500 ha, provocando una sobreproducción del cultivo y por consiguiente llevando a la quiebra a varios productores, ya que también se saturó el mercado y el precio de esta disminuyó.

Después de esto el precio cayó nuevamente y se estabilizó la producción, reduciéndose a 600 has. Con el paso del tiempo se abrió el mercado de exportación de la malanga por medio de brokers y por consiguiente aumentando su comercialización. Estos productores se han mantenido estables, ya no ha habido crisis económicas.

También, se menciona que el efecto que ha tenido la malanga en la región es principalmente en la generación de empleos a personas de diferentes edades para su cultivo y cosecha (Figura 1), lo que provoca más movimiento de dinero y que más parte de la población tenga una entrada económica para subsistir e incrementando en consumo a nivel local y regional.



Figura 1. Cultivo de malanga.

Mencionó que hay productores fuertes que entre los que se encuentran los hermanos Rosado, Omar del Moral Molina y Rene del Moral, los Hermanos Sánchez Viveros y Simón Domínguez Zarate. Estos productores están avanzados en aspectos de la cadena de valor de malanga como es: comercialización, exportación, venta, proceso del cultivo, optimización, entre otros aspectos. Posteriormente se hizo una visita a la comunidad de Santa Rosa, donde se encuentran uno de estos productores, los hermanos Rosado.

La experiencia de los hermanos Rosado

La producción de malanga en la comunidad de Santa Rosa se encuentra representada por los hermanos Rosado. Ellos han logrado posicionarse como los principales productores de malanga de la región, hablando de Actopan y sus alrededores. Ellos manejan el escalonamiento de la producción, para tener producción todo el año, instalaciones para el manejo post-cosecha, hasta la comercialización del producto internacionalmente. Siendo el principal mercado de abastecimiento Estados Unidos y Canadá. Destacando las ciudades de Nueva York, Los Ángeles, Toronto, Vancouver, como las ciudades que reciben el producto, principalmente para los consumidores asiáticos y cubanos.

Los hermanos Rosado se encuentran como unos de los iniciadores de la producción de malanga en la región de Actopan y son los pioneros en la creación de su empresa con un enfoque de competencia y alta producción de malanga, también próximamente contarán con un proceso de transformación para elaborar nuevos productos con valor agregado. Cabe destacar que esta empresa genera alrededor de 150 empleos en la región (Figura 2), estos están posicionados desde las personas que manejan el cultivo hasta el proceso de empaclado. Son una empresa muy joven pero que actualmente se encuentra compitiendo a nivel internacional.



Figura 2. Trabajadores en el proceso de selección y empaclado de la malanga.

La generación de empleo en los alrededores de su rancho es importante y aunque no hay prestaciones (aguinaldo, seguro, entre otros) se observa que esta actividad hace un enorme aporte a la economía local y regional y no pueden empezar a generar dichas prestaciones porque consideran que resultaría financieramente imposible mantener la producción de malanga.

En relación a la malanga para exportación, las presentaciones que manejan son de 20 kg por arpilla (Figura 3), en donde se hace una selección de cormo de malanga más grande y completo, también la malanga que tiene algún defecto o está incompleta es empacada, ya que de igual manera es demandada por el mercado.



Figura 3. Presentación de la malanga para exportación

Actualmente, ellos producen su propia plántula para la siembra, no necesitan comprar semilla o cormos, por otro lado aplican fertilizantes, sobre todo urea y herbicidas, al principio del cultivo. También, realizan control de hojas cuando la planta está en desarrollo, mantienen un riego constante, realizan manejo de los canales de riego para evitar la falta de agua, que es una de los pilares para que haya una buena producción de malanga.

Al momento de la cosecha, aproximadamente 11 meses después de la siembra, se realiza una práctica de estrés en la planta de malanga. Le dejan de suministrar riego, lo cual permite que el cormo crezca más y alcance mayor peso a la hora de cosecharlo, repercutiendo de manera positiva en el momento del pesado y venta del producto.

Entrevista con los hermanos Sánchez

Por su parte, se encuentran los hermanos Sánchez en la zona de Actopan, la cual sabe es la número uno en el país, en cuanto a producción de malanga se refiere, su respectiva zona (Rancho Nuevo) tiene las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo (según mencionan), por lo que tienen una buena producción de malanga, sin contar que tienen visión empresarial-emprendedora, ya que su negocio se ha ido innovando en los últimos años.

Mencionan que la práctica de este cultivo, a gran escala, es relativamente nueva (desde el año 2000 aproximadamente) ya que desde siempre ha existido este cultivo pero fue un cultivo que se consumía localmente, incluso se consideraba como maleza por su rápido crecimiento, posteriormente con los proyectos por parte de iniciativas exteriores, se inició la producción del cultivo en la región, creciendo poco a poco la superficie sembrada y cosechada. Con el paso de los años se hicieron especialistas en el cultivo, teniendo ideas poco a poco según fueran las demandas que se presentaran, como por ejemplo el escalonamiento de producción, ya que debido a que es un cultivo anual, necesitan tener producción más de una vez al año.

En relación al cultivo mencionan que no dependen de nadie para la reproducción de la planta, ya que utilizan los hijuelos de plantaciones anteriores para continuar, respecto al riego aportan un pago mensual a las autoridades locales para el abastecimiento de agua, ya que es un cultivo que depende totalmente de este recurso, realizan tres fertilizaciones en todo el ciclo (urea y potasio) y por parte de enfermedades solo utilizan aplicaciones de agroquímicos de tipo preventivo, ya que el cultivo de malanga casi no presenta enfermedades ni plagas, utilizan agroquímicos de igual manera para controlar la maleza en edad temprana de la planta.

En relación a su equipo laboral, nos comentan que aproximadamente 40 personas trabajan con ellos, lo que contribuye al desarrollo de la comunidad de manera indirecta, creando fuentes de empleo, aunque no cuentan con apoyos para sus trabajadores. En relación a la venta del producto, una pequeña

parte es vendida localmente, pero la gran parte de la producción se exporta a Estados Unidos, algunas veces por medio de intermediarios, pero la mayoría de las veces lo hacen ellos directamente.

Triangulación

De acuerdo a la información recabada desde la información consultada de otras fuentes hasta la información obtenida de las personas entrevistadas y se encontraron varias similitudes.

Se encontró de manera general que la producción de malanga se inició como una iniciativa externa en la comunidad de Ídolos, también que esta se ha convertido en una actividad importante en la región tanto en lo productivo y lo económico.

Todas las fuentes de información mencionan que los productores de malanga de la región de Actopan han logrado seguir manteniendo el cultivo a pesar de la crisis de precio que sufrió hace no mucho tiempo, han logrado conocer y aprender del cultivo de forma independiente, aunque no se tiene un paquete tecnológico para el cultivo del mismo.

En la zona hay productores líderes identificados, que han establecido agroempresas dedicadas a la producción de malanga, en donde se observa que estas empresas agrícolas son relativamente jóvenes (menores a 10 años), las cuales se encuentran en un mercado poco competido a nivel nacional, lo cual les ha permitido mantenerse y posicionarse en el mercado internacional principalmente de Estados Unidos y Canadá.

Se encontró que ha tenido una creciente demanda hasta llegar a cultivar grandes extensiones (600 has), dejando ver que tan importante es en la región. Sin embargo, la intervención de personas ajenas a los productores o personas involucradas completamente en esta actividad, como son el gobierno y políticos ha provocado algunos problemas en la producción y quiebra de algunos productores porque buscan intereses propios y saturan el mercado.

En la actualidad el mercado se ha estabilizado y ya no ha habido intervención de parte del gobier-

no, pero se busca que el gobierno se involucre de cierta manera por medio de apoyos a productores para mejorar esta actividad y tecnificar su proceso de producción, ya sea creando iniciativas de ley o por medio de una propuesta en el Plan Nacional de Desarrollo o principalmente en el Plan Regional de Desarrollo.

CONCLUSIONES

Los beneficios socioeconómicos que genera la producción de la malanga en las comunidades del municipio de Actopan son principalmente: la generación de empleo de manera directa, desde las labores agrícolas hasta el manejo postcosecha y de manera indirecta en las actividades económicas relacionadas con la derrama económica que genera el empleo en la región, principalmente el consumo local y regional.

Las agroempresas de malanga aún no han logrado capitalizarse al cien por ciento, ya que se encuentran en vías de desarrollo para representar gran parte de la economía de la región.

Aunque se tiene un creciente desarrollo productivo de malanga en la región y de los beneficios económicos, por el momento esta actividad no genera prestaciones o algún otro tipo de beneficio extra para sus trabajadores a lo largo de la cadena productiva.

Actualmente, las empresas están buscando innovar en el manejo postcosecha de la malanga, tecnificando el proceso de producción como el área de lavado, selección, empaque y conservación del producto.

La tecnificación del proceso provocará disminución de empleos de algunos trabajadores, pero por otro lado generará una optimización del tiempo y

manejo del producto a los empresarios para competir mejor en el mercado internacional.

Parte de la tecnificación de las empresas, está basada en aprovechar todos los desechos que se generan de la malanga, transformando estos en alimento para ganado e incluso en composta para incorporar de nuevo a los campos de cultivo, todo esto generará mayores ganancias económicas a los productores de la región.

Actualmente se desarrolla un proyecto multianual patrocinado por CONACYT y en donde están involucradas 15 instituciones a nivel nacional, que indudablemente aportarán información para su establecimiento como sistema producto.

LITERATURA CITADA

Andaya, B. J. G. 2013. El cultivo de la malanga (*Colocasia esculenta*) en el municipio de Actopan Veracruz. Tesis. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. 42 pp.

COVECA (Comisión Veracruzana de Comercialización Agropecuaria). 2004. Monografía de la malanga. Gobierno del estado de Veracruz. 13 pp.

<http://www.malangadeactopan.blogspot.mx/>. Consultada el día 20 de octubre del 2015.

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/ficha.aspx?upc=702825004449>. Consultada el día 23 de octubre del 2015.

Mendoza, G. J. A. 2015. Trabajo de Investigación de malanga. SAGARPA. Paso de Ovejas, Veracruz.

Olguin-Palacios, C., Alvarez-Ávila, M. C. 2011. La malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) bajo un enfoque de investigación-desarrollo. *Agroproductividad* 1: 26-33.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2014. Producción nacional de malanga. Consultada el día 19 de octubre de 2015 en: <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/#>



Ingeniero Agrónomo en Producción

Acreditada por:



Comité Mexicano de Acreditación de la Educación Agronómica, A.C.



Universidad
La Salle®
Bajío

¿QUÉ HACE UN INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN?

Es un profesionalista capaz de responder a los retos de una **producción agropecuaria en calidad y cantidad**, con estrategia, orden y ética para preservar nuestros recursos naturales en el corto y largo plazo; que responda a las exigencias de los mercados nacionales e internacionales bajo esquemas modernos de producción, enfocado en las nuevas necesidades del sector y los consumidores.

¿CUÁL ES EL CAMPO DE TRABAJO DE UN INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN?

- Producción de cereales, hortalizas, plantas de ornato, frutales, forestales, cultivos básicos y forrajeros.
- Manejo de bovinos de leche, bovinos de carne, ovinos, caprinos, cerdos y aves principalmente.
- Administración de ranchos agrícolas y/o ganaderos.
- Asesoría y manejo en invernaderos y macrotuneles.
- Generación y gestión de proyectos para agricultores, ganaderos, grupos de producción como sociedades rurales, etc.
- Investigación en áreas de producción animal o de producción vegetal. Por ejemplo mejoramiento genético, innovación en manejo de cultivos.
- Negocio propio como: agroquímicos, semillas, fertilizantes, sistemas de riego, forrajeras, maquinaria agrícola, etc.
- Despachos de asesoría, en el sector público, en instituciones educativas y de capacitación, en la agroindustria.

¿POR QUÉ ESTUDIAR INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN EN LA UNIVERSIDAD LA SALLE BAJÍO?

■ El aprendizaje además de teórico, es práctico y vivencial.

■ Para realizar tus **prácticas de campo** contamos con los Centros Agropecuarios de Experimentación La Salle, los cuales son ranchos donde se conjunta la actividad académica y la productiva, dando paso a la investigación, extensión y fomento de la actividad agropecuaria.

■ Contamos con **laboratorios** de usos múltiples y especializados de Edafología, Fitopatología, Cultivo de Tejidos, Biotecnología, así como un Contenedor para agricultura urbana vertical.

■ **Pertenece**mos a la **AMEAS** (Asociación Mexicana de la Educación Agronómica Superior). **Estamos acreditados por el COMEAA** (Comité Mexicano de Acreditación de la Educación Agronómica A.C.).

■ **Podrás viajar de Intercambio Académico** nacional o internacional, pues tenemos una amplia lista de Universidades en convenio, lo que te proporcionará una experiencia inolvidable durante tu carrera.

¿QUÉ MATERIAS SE CURSAN EN LA CARRERA?

Con reconocimiento de Validez Oficial de Estudios conforme al acuerdo No. 20232886 con fecha 20 de octubre de 2023 ante la Secretaría de Educación Pública.
Programa Registrado ante la Dirección General de Profesiones.

PRIMER SEMESTRE

Botánica
Química
Matemáticas Simplificadas
Introducción Agrícola y Pecuaria
Comunicación
Contexto Mundial y Nacional
Lengua Extranjera I

SEGUNDO SEMESTRE

Bioquímica
Edafología
Sistemas de Riego I
Maquinaria Agropecuaria
Producción de Huertos I
Ciudadanía y Responsabilidad Social
Lengua Extranjera II

TERCER SEMESTRE

Principios Generales del Derecho
Química de Suelos
Sistemas de Riego II
Estadística
Medio Ambiente en la Producción Agrícola
Producción de Huertos II
Antropología Filosófica
Lengua Extranjera III

CUARTO SEMESTRE

Fisiología y Reproducción Animal
Fisiología Vegetal
Fertirriego e Hidroponía
Diseño de Experimentos
Sostenibilidad en la
Producción Agropecuaria
Producción de Semillas
El Humanismo
Lengua Extranjera IV

QUINTO SEMESTRE

Nutrición Animal
Nutrición Vegetal
Entomología General
Fitopatología General
Control de Malezas
Manejo Poscosecha
Genotecnia
Ética

SEXTO SEMESTRE

Manejo Integral de Plagas
Fitopatología aplicada
Producción de Cultivos Ornamentales
Producción de Cultivos Básicos y Forrajeros I
Producción de Ovinos y Caprinos
Producción de Aves
Especies Animales no Convencionales
Religión, Cultura y Trascendencia

SÉPTIMO SEMESTRE

Procesos Agroindustriales
Extensión Agropecuaria
Plaguicidas
Agricultura Orgánica
Producción de Cultivos Básicos y Forrajeros II
Producción de Porcinos
Desarrollo Emprendedor
El Mundo desde la Perspectiva Cristiana

OCTAVO SEMESTRE

Biotechnología I
Especies Vegetales no Convencionales
Agricultura Protegida I
Producción de Cultivos Hortícolas I
Producción de Cultivos Perennes
Producción de Bovinos de Leche
Emprendimiento Profesional
La Comunidad Cristiana en la Posmodernidad

NOVENO SEMESTRE

Biotechnología II
Agricultura Protegida II
Producción de Cultivos Hortícolas II
Explotación Integral de los Recursos Agrícolas y Pecuarios
Producción de Bovinos de Carne
Apicultura
Elaboración de Proyectos de Investigación

DÉCIMO SEMESTRE

Tópicos Selectos en Tecnología
Estancia Profesionalizante en el Área Agrícola y/o Pecuaria
Taller de Investigación



*Estos planes de estudio pueden ser modificados de acuerdo al ajuste curricular de la propia Universidad.

¿QUÉ HABILIDADES, ACTITUDES Y VALORES DEBES POSEER COMO ASPIRANTE A ESTA CARRERA?

HABILIDADES:

Capacidad de análisis y síntesis, capacidad investigativa, trabajo en equipo.

ACTITUDES Y VALORES:

Respeto a la naturaleza, responsabilidad y honestidad.



*Sigue el código QR para visitar
nuestro canal de youtube
y ver el video del programa.*

CENTROS DE APOYO

- 4 Centros Agropecuarios de Experimentación (CADELS).
- Laboratorios, Talleres y Clínicas especializadas para el desarrollo de tus prácticas.
- Centro de Cómputo con más de 600 equipos a disposición de nuestros estudiantes.
- Centro de Lenguas que imparte los idiomas de inglés, francés e italiano.
- Biblioteca con más de 110 mil volúmenes de consulta especializada y de esparcimiento.
- Contamos con equipamiento y recursos audiovisuales en nuestras aulas, necesarios para que tomes clases de manera interactiva.
- Todas las áreas comunes al aire libre cuentan con red inalámbrica de internet.

DURACIÓN DE LA CARRERA: Diez Semestres

HORARIOS Y TURNOS EN LOS QUE SE OFRECE:

Mixto durante toda la carrera

CAMPUS EN LOS QUE SE IMPARTE: Campestre

CAMPUS CAMPESTRE ESCUELA DE AGRONOMÍA

Av. Universidad 602, Col. Lomas del Campestre, León, Gto. México
Tel. (477) 710 85 00, ext. 2300
c_agronomia@lasallebajio.edu.mx • admisiones@lasallebajio.edu.mx
WhatsApp Admisiones: 477 4067343

*¿Te gustaría conocer las instalaciones del Campus y despejar dudas?
Visítanos en nuestra página lasallebajio.edu.mx y solicita tu Visita La Salle*



La Salle.
Red de Universidades
México

INTERNATIONAL ASSOCIATION
La Salle
UNIVERSITIES



MECANIZACIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE

El CIMMYT presenta una guía innovadora que ofrece soluciones de maquinaria agrícola adaptadas al contexto climático y las necesidades de los agricultores de México y el resto del mundo.



Francisco Alarcón González

Coordinador General de Comunicación
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
f.alarcon@cgiar.org



En un mundo donde el cambio climático y los desafíos de la producción agrícola son cada vez más evidentes, la necesidad de contar con soluciones eficientes y sostenibles nunca ha sido más urgente. Para enfrentar estos retos, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) ha publicado la Guía para la mecanización agrícola sostenible. Maquinaria a la medida y climáticamente inteligente. Esta obra, desarrollada con el apoyo de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, y en el marco de la Iniciativa Excelencia en Agronomía del CGIAR, se presenta como una herramienta clave para los productores de México y otros países, ofreciendo soluciones de maquinaria agrícola adaptadas a los tiempos que corren y con un enfoque en la sostenibilidad y la inteligencia climática.

“La mecanización agrícola no solo debe centrarse en mejorar la productividad, sino también en alinearse con las demandas del cambio climático. En este sentido, la agricultura se enfrenta a un doble desafío: incrementar la producción para satisfacer las crecientes necesidades alimentarias de una población global en expansión y, al mismo tiempo, reducir su impacto ambiental. Aquí es donde entra la mecanización agrícola a la medida y climáticamente inteligente”, señalan los autores de la obra.

El libro ofrece una guía integral para ayudar a los agricultores a identificar qué maquinaria es más adecuada para sus necesidades específicas, tomando en cuenta factores como el tipo de cultivo, las condiciones del terreno y, sobre todo, el clima local.



Fotografía: Sembradora fertilizadora acoplada a un tractor de dos ruedas. (Foto: Gabriel Matínez)

Una de las grandes innovaciones que presenta esta guía es la idea de la “maquinaria a la medida”. Tradicionalmente, la mecanización agrícola ha estado dominada por grandes equipos, adaptados a cultivos a gran escala y con altos niveles de inversión. Sin embargo, no todas las regiones y productores tienen las mismas necesidades ni los mismos recursos. La guía pone énfasis en la importancia de ofrecer soluciones que sean accesibles, eficientes y adaptadas al tamaño de las parcelas, a la diversidad de cultivos y a las particularidades del medioambiente.

En las diversas zonas agroecológicas del país, el CIMMYT y sus colaboradores han llevado este enfoque para establecer puntos de maquinaria, los cuales son operados por los propios agricultores para que las máquinas, herramientas y aditamentos para una agricultura sustentable estén disponibles para un mayor número de productores, dinamizando además la economía local y con la certeza de que los equipos disponibles son adecuados para el tipo de suelo y los requerimientos locales. Las sembradoras multiuso-multicultivo con cortadores para el manejo de residuos, por ejemplo, son una de las soluciones más solicitadas por los agricultores en los puntos de maquinaria.



Fotografía: Prototipo de sembradora basada en el concepto multiuso-multicultivo acoplada a un tractor de dos ruedas (Foto: Francisco Alarcón)

“A este enfoque lo denominamos mecanización inteligente porque con una máquina podemos hacer diferentes labores. En el caso de esta maquinaria que tenemos en el punto de maquinaria en Oaxaca podemos fertilizar y sembrar granos pequeños, o si es maíz también podemos configurarla para aplicar únicamente una fertilización. Normalmente las personas aquí lo aplican de forma manual y con un tractor que deshierba, lo tapan, pero eso implica el pago de jornales y el pago de la maquinaria, mientras que esta máquina ya hace las dos actividades en conjunto”, comenta Rausel Ovando, del Hub Pacífico Sur.

“Se denomina inteligente porque nos permite adaptarla a diferentes condiciones e incluso cultivos. Entonces es maquinaria apropiada en la escala, apropiada a las condiciones, al tamaño de la parcela y al tipo de productor”, mencionan los especialistas, enfatizando que en esta guía de mecanización no existe un modelo único para todos los productores, sino más bien un enfoque que les permite personalizar la solución, al elegir las herramientas que realmente les ayuden a optimizar sus procesos, sin generar un impacto negativo en su entorno.

El concepto de inteligencia climática es uno de pilares centrales de esta guía. En este sentido, el CIM-MYT y sus colaboradores proponen el uso de tecnologías que puedan optimizar los recursos naturales ante la variabilidad climática, subrayando, además, que la mecanización agrícola no puede verse como un proceso aislado, por lo que debe ir acompañada de un enfoque integral que considere también la formación continua de los productores, el acceso a recursos financieros y la implementación de políti-

cas públicas que fomenten la adopción de estas tecnologías sostenibles.

La publicación destaca algunos de los principales beneficios que la mecanización puede ofrecer en la agricultura como son:

- **Aumento de la productividad:** labores como preparación del suelo, siembra, fertilización, aplicación de insumos y cosecha se pueden realizar de una manera más eficiente, más homogénea y con menos errores, aunque sean acciones o movimientos repetitivos.
- **Ahorro de tiempo:** la maquinaria permite realizar las tareas agrícolas en un tiempo significativamente menor, permitiendo a los agricultores dedicarse a otras actividades.
- **Reducción de mano de obra:** tareas que requerirían varios trabajadores se pueden realizar con un número menor de personas gracias a la mecanización, lo que puede ser muy importante en situaciones donde la mano de obra es limitada o demasiado costosa.
- **Precisión y uniformidad:** con la maquinaria agrícola es posible realizar una aplicación más precisa en las parcelas y una distribución uniforme y controlada de los insumos, lo que se traduce en una reducción de desperdicios y una atención optimizada a los cultivos.

Finalmente, el libro resalta la importancia de la colaboración entre los diferentes actores del sector agrícola, desde los gobiernos y las instituciones de investigación hasta las empresas proveedoras de tecnología y los propios agricultores, ya que solo a través de una colaboración estrecha y multidimensional, se podrán alcanzar los objetivos de una agricultura más eficiente, equitativa y resiliente.



Fotografía: Mecanización para pequeños predios. Siembra y fertilización de maíz con prototipo de sembradora para animales de tiro. (Foto: Gabriel Martínez)



Fotografía: Fertilizadora modular. El uso de componentes independientes brinda una mayor flexibilidad a las máquinas agrícolas, permitiendo adaptarlas a las necesidades específicas de los agricultores. (Foto: Amador Aguillón)

Referencias

Van Loon, J., Martínez Pérez, G., Patiño Espejel, J. E., y López Gómez, J. A. 2024. Guía para la Mecanización Agrícola Sostenible: Maquinaria a la Medida y Climáticamente Inteligente. International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). Texcoco de Mora, México.

<https://repository.cimmyt.org/entities/publication/9e999dd5-9c69-42c1-a75f-7fe2122919af>



MANEJO POSCOSECHA, CLAVE PARA LA SEGURIDAD ALIMENTARIA

Fotografía: Shutterstock



Fernando Morales Garcilazo

Analista de contenidos

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

f.m.garcilazo@cgiar.org

La implementación de prácticas adecuadas de poscosecha ayuda a las productoras y productores de pequeña escala a obtener mejores precios por sus productos al mantener su calidad y prolongar su vida útil.



Fotografía: Métodos de secado. (Foto: CIMMYT)



Fotografía: Silos metálicos que minimizan las pérdidas de granos. (Foto: CIMMYT)

“No habrá paz en el mundo con los estómagos vacíos”, dijo Norman Borlaug, Premio Nobel de la Paz en 1970 por sus trabajos en mejoramiento de trigo que permitieron salvar la vida de millones de personas que estaban en riesgo por el hambre. Hoy, en un mundo desafiado por los efectos del cambio climático y el desarrollo de conflictos que afectan la producción y distribución de alimentos, hay cerca de 811 millones de personas padeciendo hambre, de ahí la importancia de implementar acciones que contribuyan a la seguridad alimentaria.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) estima un desperdicio global de entre un cuarto y un tercio de los alimentos producidos al año para consumo humano a nivel mundial, esto es, alrededor de 1,300 millones de toneladas de alimentos. En el caso específico de México y de acuerdo con el Banco de Alimentos de México (BAMX), organización de la sociedad civil sin fines de lucro, cerca de 38 tone-

ladas de alimentos se desperdician por minuto, alimento que bien podría alimentar a 25.5 millones de personas con carencia alimentaria.

Una parte significativa de estas pérdidas ocurre durante la etapa de poscosecha debido a la falta de infraestructura adecuada, técnicas inadecuadas de manejo y almacenamiento, y problemas de transporte, “Las pérdidas poscosecha son una seria limitación a la seguridad alimentaria, por esto, nuestro objetivo es contribuir a la reducción de las pérdidas poscosecha, especialmente para los productores de pequeña escala mediante el uso de tecnologías y prácticas sostenibles”, comenta Sylvanus Odjo, especialista en poscosecha del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

La poscosecha se refiere al conjunto de técnicas y procesos utilizados para preservar y manejar los productos agrícolas después de su cosecha, con el fin de mantener su calidad y prolongar su vida útil. Este es un aspecto crucial en la cadena

de suministro agrícola que juega un papel fundamental en la seguridad alimentaria, la economía y el medioambiente.

Además de contribuir a la seguridad alimentaria, la poscosecha también tiene un impacto económico significativo. La implementación de prácticas adecuadas de poscosecha puede ayudar a los agricultores a obtener mejores precios por sus productos al mantener su calidad y prolongar su vida útil. Esto a su vez puede mejorar los ingresos de los agricultores y fortalecer la economía local y nacional.

Si bien la poscosecha es un proceso muy amplio, los agricultores que buscan comenzar a implementar buenas prácticas poscosecha, pueden iniciar con estas recomendaciones iniciales:

Manejo adecuado de la temperatura y la humedad. Es fundamental porque al mantener los granos en condiciones óptimas de temperatura y humedad se evita la proliferación de microorganismos y la pérdida de calidad. Existen métodos que requieren poca inversión y que se pueden usar para alcanzar un contenido de humedad seguro en el grano para su almacenamiento.

El secado natural en campo es el método más usado por los productores de pequeña escala. Este tipo de secado se realiza directamente en planta. En este caso se sugiere monitorear semanalmente los granos en campo y cosecharlos de inmediato si se nota una infestación importante para evitar pérdidas.

Se sugiere complementar el secado natural con los siguientes métodos:



Fotografía: Almacenamiento de granos con silos metálicos y bolsas plásticas herméticas. (Foto: CIMMYT)

1. Secado en patio. Se realiza con la acción del viento y del sol; consiste en esparcir el producto sobre un piso, en capas generalmente de menos de 2-4 centímetros de espesor. Su manejo es muy simple y se pueden secar productos a granel, espigas o mazorcas. Se necesita mezclar los productos regularmente para que el secado sea uniforme.

2. Secado en lona de plástico. Una alternativa al secado en patio que funciona con el mismo principio es el uso de una lona grande de plástico, varias lonas pequeñas o bolsas de plástico que se pueden superponer para obtener una gran área cubierta. Este método tiene la ventaja de recoger rápidamente los granos en el caso de lluvia. Se recomienda usar una lona negra para obtener un secado más rápido.

3. Secado en caseta de madera. Las casetas recomendadas para secar son largas y estrechas, con tabillas de madera, lados de malla de gallinero que permiten una ventilación libre y un techo que protege contra la lluvia. Las patas de la caseta se manejan mejor con campanas que mantienen alejados a los roedores.

Almacenamiento

Con respecto al almacenamiento, especialistas en poscosecha del CIMMYT señalan que en la actualidad existen diversas herramientas y técnicas que pueden mejorar significativamente la eficiencia y la calidad en este proceso. Entre estas tecnologías destacan los sistemas de atmósfera controlada, como las bolsas plásticas herméticas y los silos metálicos herméticos.



Fotografía: Botellas PET. (Foto: CIMMYT)

La bolsa plástica hermética es una herramienta que actúa como barrera contra la humedad y los gases debido a las propiedades del plástico multilaminado utilizado para su fabricación, lo que permite una inmejorable protección contra el ingreso de vapor de agua, a la vez que favorece y preserva altas concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) y bajos niveles de oxígeno (O₂) creados por el metabolismo de los insectos y la respiración de la semilla o del grano almacenado.

El silo metálico hermético es un recipiente con propiedades herméticas fabricado con lámina lisa galvanizada, con capacidad de 25 a 2,000 kg, el cual es ensamblado mediante un proceso de engargolado, asegurado con soldadura, y cuenta con dos tapones metálicos con cuerda fina y un empaque de hule para la introducción y extracción del grano. Uno de los tapones se ubica en la parte superior o entrada para el llenado y el otro se

ubica en la parte lateral inferior o salida, para su extracción. Este método de almacenamiento evita la presencia de organismos externos dañinos, como los roedores.

Las tecnologías herméticas destacan porque permiten eliminar el uso de pastillas de fosfuro de aluminio que regularmente se colocan en los costales llenos de granos, pero que representan un grave riesgo a la salud humana.

Una alternativa más de almacenamiento hermético es el uso de envases de PET, bajo ciertas condiciones pues, para darles un uso adecuado como contenedores de semillas, previamente se debe realizar una inspección y verificar que tanto el recipiente como la tapa (esta debe conservar en buen estado —preferentemente— el sello plástico que normalmente tiene) estén en óptimas condiciones para seguir brindando hermeticidad.



Referencias

DAIRC. (2022). La poscosecha y la pérdida de alimentos. CIMMYT / Desarrollo Agropecuario Integral Camino Real. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/la-poscosecha-y-la-perdida-de-alimentos/>

CIMMYT. (2022). Métodos de secado.

<https://www.cimmyt.org/es/noticias/metodos-de-secado/>

Divulgación – CIMMYT. (2022). Conserva tu cosecha.

<https://www.cimmyt.org/es/noticias/conserva-tu-cosecha/>

CIMMYT. (2022). El efecto de las tecnologías de almacenamiento en la calidad del grano. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-efecto-de-las-tecnologias-de-almacenamiento-en-la-calidad-del-grano/>

Fotografía: Shutterstock



Fotografía: Guadalupe Mo Alvarado, agricultora de Quintana Roo. (Foto: Jenifer Morales / CIMMYT)

LAS MUJERES RURALES Y SU APORTACIÓN AL DESARROLLO COMUNITARIO



Gabriela Morales Barrientos

Coordinación Editorial Revista EnlACe - CIMMYT
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
CIMMYT-Editorial-EnlACe@cgiar.org

El CIMMYT impulsa diversas iniciativas que fortalecen el papel de las mujeres en la construcción de comunidades agrícolas resilientes.

Las mujeres desempeñan un papel clave en el desarrollo social, cultural y económico de los territorios, su aportación en el sector primario contribuye a garantizar el abasto oportuno de alimentos al participar activamente en los procesos de producción, cosecha, preparación, distribución y comercialización de los mismos.

Datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), refieren que en México viven 67.3 millones de mujeres, de las que 53.1 millones (78.9 %) residen en localidades urbanas, y 14.2 millones (21.1 %) habitan en zonas rurales. En el contexto de los hogares que operan negocios en los sectores agropecuario y pesquero, se observa que el 16 % están encabezados por mujeres, quienes reportan un ingreso promedio mensual de alrededor de los \$8,000 MXN.

Desde la perspectiva de género y trabajo, un poco más de un millón de mujeres mayores de 12 años se emplean en el sector primario. De ellas, el 84.6 % trabaja en agricultura, el 12.5 % en ganadería, el 1.7 % en pesca y el 1.2 % en otras actividades secundarias.

Estos datos reflejan que la contribución de las mujeres al campo son enormes —cultivan la tierra, crían animales de traspatio, procesan y distribuyen diversos productos en el mercado, por

lo anterior, es fundamental identificar, desde la investigación científica y hasta la operación en campo, aquellas prácticas y tecnologías que respondan a sus necesidades.

El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) impulsa diversas iniciativas para fomentar el acceso de las mujeres al financiamiento, donde prácticas sustentables como la diversificación de cultivos está contribuyendo significativamente a avanzar hacia esa meta, aumentando la inclusión de la mujer en los sistemas agrícolas, brindando beneficios ecológicos, y proporcionando cultivos que representan alimentos altamente nutritivos para las personas y/o la ganadería.

Además, la capacitación en género e inclusión social es otra de las acciones que el CIMMYT realiza para fomentar prácticas agrícolas sustentables, principalmente en zonas caracterizadas por la degradación del suelo, la falta de acceso a tecnologías agrícolas sustentables y la baja diversificación de cultivos. Esta acción cobra relevancia en torno a la seguridad alimentaria, ya que son las mujeres quienes toman decisiones clave en la producción y selección de alimentos.

Otra de las innovaciones que las mujeres rurales capacitadas por especialistas del CIMMYT han implementado en sus parcelas, es el Manejo Agroeco-



Fotografía: Productoras oaxaqueñas junto a sus silos metálicos herméticos. (Foto: Meentzen García / CIMMYT)

lógico de Plagas, que les ha permitido disminuir el uso de plaguicidas y brindar a sus familias alimentos inocuos y de mejor calidad. Además de participar en las labores del proceso productivo del maíz, productoras de la región centro de México, son las responsables de tomar decisiones sobre sus parcelas, lo que las ha convertido en un ejemplo en sus comunidades, escenario que se repite en otras regiones productoras del país.

Con el acompañamiento técnico recibido, las productoras han adoptado otras prácticas sustentables derivadas de la agricultura de conservación para mejorar la calidad de los granos con los que alimentan a sus familias. Además, los talleres y las capacitaciones han permitido que las productoras encuentren un espacio para compartir sus experiencias. A través de sus testimonios, han reconstruido la historia de las prácticas agrícolas de sus comunidades y han puesto de relieve el importante papel de las mujeres en dichas prácticas.

En esta dirección, la contribución de las mujeres al desarrollo agroalimentario se fortalece cada vez

más, la iniciativa regional latinoamericana AgriLac Resiliente, del CGIAR, muestra cómo a través de la agricultura sustentable, las mujeres del campo son pieza fundamental para construir sistemas resilientes e incluyentes. Uno de los ejemplos más inspiradores proviene del grupo de mujeres indígenas Tzotziles de Tzabaló, en Larráinzar, Chiapas. Estas mujeres han encontrado en el Hub Chiapas una plataforma que les ha permitido contribuir significativamente al desarrollo de sus hogares y entornos.

De acuerdo con sus testimonios, la oportunidad de capacitarse en agricultura sustentable ha sido transformadora. Antes, su participación en actividades agrícolas era limitada. Ahora, con nuevos conocimientos adquiridos, están produciendo alimentos sanos y nutritivos. “Si solo nos quedamos en la casa no hacemos mucho, pero cuando salimos al campo nos sentimos en libertad, nos despejamos de tantas tareas que hay en la casa y traemos frijol tierno y verduras frescas para la olla. Ahora podemos producir nuestros alimentos libres de tóxicos y guardar nuestro maíz en recipientes herméticos sin productos químicos”, puntualizan.



Fotografía: Mujeres participantes en el taller de Manejo Agroecológico de Plagas. (Foto: CIMMYT)



Sin embargo, el camino no ha estado exento de desafíos. La comunidad enfrenta un contexto sociopolítico que dificulta la colaboración entre grupos, aunque estas mujeres persisten y demuestran con sus logros que la participación femenina en la agricultura es fundamental para el progreso comunitario.

En esta línea, el proyecto Seguridad Alimentaria y Nutricional para Comunidades Rurales del estado de Quintana Roo, impulsado por el gobierno local en colaboración con el CIMMYT, ha posibilitado que agricultoras de diversas localidades accedan a herramientas y tecnologías que no solo mejoran su producción, sino que también garantizan la conservación segura de sus cosechas, contribuyendo así a la seguridad alimentaria de sus comunidades.

Una de las principales innovaciones que están aprendiendo a utilizar son las bolsas plásticas herméticas para el almacenamiento de granos, una tecnología poscosecha que permite reducir significativamente las pérdidas sin necesidad de recurrir a químicos como las pastillas de fósforo de aluminio.

En el estado de Oaxaca, la iniciativa Agrilac Resiliente también contribuye al apoyo de las mujeres para la transformación del campo, en colaboración con el CIMMYT y organizaciones locales, se han impartido talleres de capacitación para la formación de productoras en temas agrícolas. Mujeres mixtecas del municipio Villa Chilapa de Díaz, han conocido el proceso de siembra, control de plagas, poscosecha, manejo de maquinaria adecuada para pequeñas parcelas y otros temas que están impactando positivamente a su comunidad. Para estas agricultoras el aprendizaje de tecnologías sostenibles ha sido de mucha utilidad pues les ha permitido realizar la siembra reduciendo costos.

El CIMMYT reconoce el papel de las mujeres en el desarrollo agroalimentario e impulsa de manera permanente diversos proyectos que las empoderan con conocimientos y tecnologías que transforman sus vidas y fortalecen la capacidad de sus comunidades haciéndolas más resilientes para enfrentar los desafíos alimentarios futuros.



Fotografía: Mujeres participantes en el taller de inclusión social y género en la agricultura sustentable en Campeche. (Foto: Jenifer Morales / CIMMYT)



Referencias

Divulgación-CIMMYT. (2024). Enfoque de género, fundamental para el campo. CIMMYT. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/investigacion-tecnologias-y-estrategias-con-enfoque-de-genero-fundamentales-para-el-campo/>

Morales, J. (2024). Mujeres, potenciales promotoras de la agricultura sustentable. CIMMYT.

<https://www.cimmyt.org/es/noticias/mujeres-potenciales-promotoras-de-la-agricultura-sustentable/>

Morales, J. (2024). En la parcela me siento feliz. CIMMYT.

<https://www.cimmyt.org/es/noticias/en-la-parcela-me-siento-feliz/>

García, A., Ramírez, A., y Meentzen, A. (2024). Innovación y Asociatividad: mujeres transforman el agro mixteco. CIMMYT.

<https://www.cimmyt.org/es/noticias/innovacion-y-asociatividad-mujeres-transforman-el-agro-mixteco/>

CONEVAL. (2024). Medición de la pobreza 2022. México. https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2022.aspx

INEGI. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020. Cuestionario Básico. México. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

Divulgación-CIMMYT. (2019). Mujeres haciendo MAP. CIMMYT.

<https://idp.cimmyt.org/mujeres-haciendo-map/>

Fotografía: Capacitación de mujeres productoras en Agricultura Sustentable. (Foto: Galilea Vicuña / CIMMYT).





MUNDO AGROUNIVERSITARIO

Esta sección es para estudiantes y personal universitario que estén incursionando en la escritura de artículos especializados.



AGRICULTURA LED

REVOLUCIÓN DE PRODUCCIÓN DE
ALIMENTOS EN CIUDADES



Aldo Aurelio Aguilar Lopez

Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
aal74058@lasallebajio.edu.mx



Adrian Herrera Vallejo

Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
ahv73415@lasallebajio.edu.mx



Ilustración 1 Cultivo in door de lechuga. Fuente De Carvalho, G. M. (2021, 30 diciembre). Agricultura Indoor, Fazenda vertical e Plant factory – o que são? Blog Da Engenharia. <https://blogdaengenharia.com/engenharia/agricultura-indoor-vertical-farm-e-plant-factory/>

Desarrollo

Agricultura Vertical: Una Revolución en la Producción de Alimentos

La agricultura vertical es un modelo de producción que permite el cultivo de plantas en entornos controlados, dentro de edificios en entornos urbanos. Esta práctica optimiza el uso del espacio al disponer los cultivos en múltiples niveles, lo que incrementa la densidad de producción por metro cuadrado. Además, se trata de un sistema de bajo impacto ambiental que aprovecha recursos renovables como la energía solar y eólica, así como sistemas avanzados de reciclaje de agua.

Una de las claves del éxito de la agricultura vertical radica en el uso de sistemas de iluminación artificial, principalmente basados en tecnología LED (Light Emitting Diode). Los LEDs ofrecen la capacidad de simular el ciclo solar y proporcionar la luz que las plantas necesitan para realizar la fotosíntesis, permitiendo que los cultivos crezcan de forma eficiente sin depender de la luz solar natural. Según Ramos y Ramírez (2016), el uso de luces LED en entornos de cultivo interior se ha convertido en una práctica estándar en el sector debido a su alta eficiencia energética y su capacidad para emitir longitudes de onda específicas que optimizan el crecimiento de las plantas.



Ilustración 2. Granja vertical de producción de lechuga. Fuente Dewsbury, G., & Dewsbury, G. (2022, 30 agosto). A quick introduction to vertical farming methods - Global Garden. Global Garden. <https://www.globalgarden.co/knowledge/vertical-farming-methods/>

Ventajas Competitivas de los Sistemas LED en la Agricultura

Desde el punto de vista del desarrollo de negocios agroalimentarios, los sistemas de iluminación LED ofrecen varias ventajas clave. En primer lugar, permiten un control preciso sobre las condiciones de crecimiento, ajustando la intensidad, calidad y duración de la luz según las necesidades de cada cultivo. Las lámparas LED pueden programarse para imitar ciclos de luz natural, con períodos de luz y oscuridad ajustados que optimizan los procesos de fotosíntesis y mejoran los rendimientos (Álvarez, 2021).

En segundo lugar, los sistemas LED tienen un consumo energético significativamente menor en comparación con otras tecnologías de iluminación, como las lámparas fluorescentes o de sodio. Esto

no solo reduce los costos operativos de las granjas verticales, sino que también las hace más sostenibles desde el punto de vista ambiental. Además, los LED emiten muy poco calor, lo que permite colocarlos cerca de las plantas sin riesgo de daño, optimizando aún más el uso del espacio en entornos controlados.

Por último, las lámparas LED tienen una vida útil prolongada, lo que minimiza los costos de mantenimiento y reposición. Según estudios recientes, los sistemas LED pueden operar hasta 50,000 horas sin necesidad de reemplazo, lo que representa una ventaja competitiva significativa en comparación con otras tecnologías de iluminación (Ramos & Ramírez, 2016).



Ilustración 3. Invernadero iluminado con luz led. Fuente Grupo Zagreb. (2020, 22 julio). LAMPARAS OSRAM PARA HORTICULTURA e INVERNADEROS. Grupo Zagreb :: Proyectos En Iluminación Especializada. <https://gruposzagreb.com.mx/productos-osram/soluciones-led-para-horticultu>

Innovación y Sostenibilidad en el Modelo de Negocio Agroalimentario

El uso de LED en la agricultura vertical no solo mejora la eficiencia productiva, sino que también crea oportunidades de negocio en el sector agroalimentario. En primer lugar, al ser una solución tecnológica sostenible, los sistemas LED alinean los objetivos de producción con las tendencias de consumo responsables. En un mercado global donde los consumidores buscan productos frescos, locales y sostenibles, las empresas que implementan agricultura vertical con tecnología LED pueden destacarse como líderes en sostenibilidad y calidad.

Además, la capacidad de producir alimentos durante todo el año, independientemente de las condiciones climáticas, reduce la dependencia de temporadas agrícolas y aumenta la estabilidad en la oferta de productos. Este factor es crucial para garantizar un flujo constante de ingresos, lo que a su vez favorece la planificación financiera y operativa de las empresas agroalimentarias. Según Álvarez (2021), la agricultura vertical con LED ha demostrado ser particularmente eficaz en el cultivo de lechugas, chiles serranos y otros cultivos de alto valor comercial.



Ilustración 4 Analisis de efecto de luz en plantulas. Fuente Agricultura con iluminación led - 2000Agro Revista Industrial del Campo. (2017, 5 enero). 2000Agro Revista Industrial del Campo. <https://www.2000agro.com.mx/tecnologia/agricultura-con-iluminacion-led/>

Ahorro Energético y Optimización de Recursos

Un aspecto fundamental de la agricultura vertical con tecnología LED es el ahorro energético. Las luces LED pueden configurarse en modo continuo o pulsado, siendo este último una innovación que ha permitido reducir el consumo energético en hasta un 30 %, según los estudios realizados por Álvarez (2021). El modo pulsado alterna ráfagas de luz intensa con períodos de oscuridad, lo que permite que las plantas absorban la cantidad adecuada de luz para la fotosíntesis sin necesidad de un flujo continuo de energía.

Esta eficiencia energética no solo reduce los costos de producción, sino que también disminuye la huella de carbono de las granjas verticales. En un entorno empresarial donde la sostenibilidad es cada vez más valorada, las empresas que adopten estas tecnologías pueden beneficiarse de incentivos fiscales y posicionarse como pioneras en el campo de la agricultura ecológica.



Ilustración 5 Barra de luz led en plantulas. Fuente Elaboracion propia

Desafíos y Oportunidades para el Desarrollo de Negocios

A pesar de los beneficios claros de los sistemas LED, su implementación inicial puede ser costosa. La adquisición de equipos, la instalación de sistemas de control automatizados y la configuración de ciclos de luz requieren una inversión significativa. Sin embargo, a largo plazo, los ahorros en consumo energético y la reducción en los costos de mantenimiento compensan esta inversión inicial.

Desde una perspectiva empresarial, los altos costos iniciales también pueden traducirse en una barrera de entrada para competidores potenciales, lo que ofrece una ventaja competitiva a las empresas que logren adoptar esta tecnología en las fases tempranas. Además, la capacidad de producir alimentos frescos en entornos urbanos presenta una oportunidad única para satisfacer la demanda creciente de productos locales y sostenibles, lo que puede traducirse en márgenes de ganancia más altos.

Conclusión

La tecnología LED ha revolucionado la agricultura vertical al ofrecer una solución eficiente y sostenible para la producción de alimentos en entornos controlados. Desde una perspectiva de desarrollo de negocios, la implementación de estos sistemas no solo optimiza los recursos y reduce los costos operativos, sino que también crea oportunidades para satisfacer la creciente demanda de productos frescos y sostenibles en áreas urbanas. A medida que las ciudades crecen y la tierra cultivable se vuelve más escasa, la agricultura vertical con iluminación LED se perfila como un modelo de negocio rentable y sostenible para el futuro del sector agroalimentario.

Referencias

- Álvarez Ramírez, I. (2021). Implementación de un sistema de radiación artificial multiespectral tipo LED en modo pulsado y continuo para granjas verticales y fábricas de plantas [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga]. Repositorio del Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga.
- Ramos Gonzalías, Y., & Ramírez Lasso, E. (2016). Desarrollo de un sistema de iluminación artificial LED para cultivos en interiores - Vertical Farming (VF). Informador Técnico, 80(2), 111-120. <https://doi.org/10.23850/22565035>



Ilustración 6 Lechuga producida en condiciones in door. Fuente Infocampo. (2024, 21 enero). Agricultura con luces LED: ¿cómo es producir alimentos sin sol? - Infocampo. Infocampo. <https://www.infocampo.com.ar/agricultura-con-luces-led-como-es-producir-alimentos-sin-s>



APICULTURA COMO AGRO-NEGOCIO: DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES



Paul Gustavo Manríquez Zuñiga

Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
paulmanriquezzu@gmail.com



Julio Fernando Rangel Hernández

Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
rangel_fernando01@outlook.com

A close-up photograph of a honeycomb structure, showing the hexagonal cells filled with golden honey. The honey has a glossy, reflective surface. In the background, a bee is visible, though out of focus, adding a sense of depth and context to the image.

Exploración de la Industria Apícola en México

Introducción

La apicultura es una actividad de gran relevancia en México debido a su impacto en la generación de empleo, ingreso rural y aportes a la balanza comercial del país. México ocupa el tercer lugar a nivel mundial en exportación de miel y el sexto en volumen de producción (Magaña et al., 2016; Ramos Díaz & Pacheco López, 2016). A pesar de su importancia, la industria enfrenta diversos desafíos, como la africanización de las abejas, problemas sanitarios y fluctuaciones en los precios internacionales (Magaña *et al.*, 2016).

Además de la miel, la apicultura ofrece una amplia gama de subproductos de alto valor económico. Entre los más destacados se encuentran el polen, el propóleo, la cera y la jalea real. Estos productos son reconocidos por sus múltiples aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética (Ramos Díaz & Pacheco López, 2016). La creciente demanda de estos subproductos, tanto en mercados nacionales como internacionales, resalta el potencial económico integral de la apicultura, más allá de la simple producción de miel.

Este artículo explora el potencial económico de la apicultura en México, los principales estados productores, los subproductos clave y los desafíos que enfrenta el sector.



Desarrollo

Agronegocios Apícolas en México

El desarrollo de la apicultura como un agronegocio en México ha crecido significativamente debido a la creciente demanda de miel y subproductos tanto en el mercado local como en el extranjero. Esta actividad ha permitido a pequeños y medianos productores rurales insertarse en cadenas de valor más amplias, generando ingresos y empleo en regiones donde pocas alternativas económicas son viables (Ramos Díaz & Pacheco López, 2016).

Un factor clave en el éxito de la apicultura como agronegocio ha sido la diversificación de los productos derivados de la colmena. La miel es el principal producto, pero también se han destacado otros subproductos como el polen, que se utiliza como suplemento alimenticio; el propóleo, reconocido por sus propiedades medicinales; y la cera, que tiene aplicaciones en la industria cosmética y

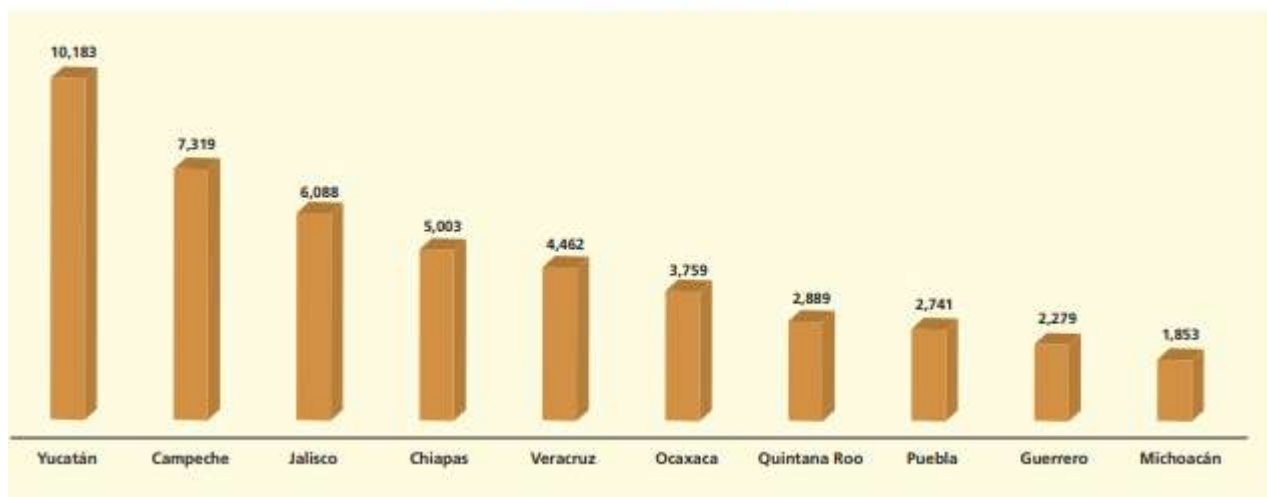
farmacéutica (Ramos Díaz & Pacheco López, 2016). La producción y comercialización de estos productos han abierto nuevas oportunidades de negocio para los apicultores, quienes pueden acceder a mercados más especializados y con mayores márgenes de ganancia.

Principales Estados Productores

México cuenta con diversas regiones productoras de miel, siendo la Península de Yucatán la más importante. Yucatán, Campeche y Quintana Roo representan más del 50% del volumen total de producción nacional de miel (Magaña *et al.*, 2016). Otros estados destacados incluyen Jalisco, Veracruz y Chiapas, donde la apicultura se ha consolidado como una actividad económica central para las economías locales (Ramos Díaz & Pacheco López, 2016).

A continuación, se presenta un cuadro con los principales estados productores de miel en México:

PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE MIEL EN MÉXICO—TONELADAS
(PROMEDIO 2011-2015)



Fuente: SIAP, 2016; Ramos Díaz & Pacheco López, 2016.

Este cuadro muestra la importancia de la región sureste de México en la producción apícola. Yucatán se destaca como el mayor productor, seguido de Campeche y Jalisco. La región ha mantenido históricamente su posición de liderazgo en la producción apícola nacional debido a sus condiciones climáticas favorables y su infraestructura productiva (Ramos Díaz & Pacheco López, 2016).

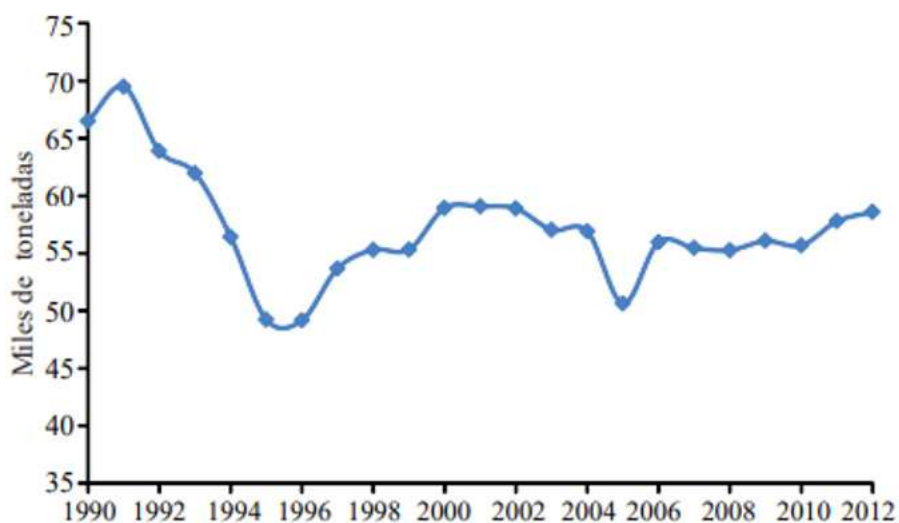
1. Producción de Miel en México

CONTRIBUCIÓN DE LA REGIÓN SURESTE EN LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE MIEL (AÑO 2015)



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

La producción de miel en México ha experimentado fluctuaciones a lo largo de los años debido a factores climáticos y sanitarios. Entre los principales desafíos que enfrenta el sector se encuentran la varroasis y la africanización de las colonias de abejas, que han afectado tanto la productividad como la calidad del producto (Magaña et al., 2016). A pesar de estos retos, México ha mantenido una posición competitiva a nivel mundial, ocupando el sexto lugar en producción de miel.



Fuente: SIACON-SAGARPA.

Figura 1. Comportamiento de la producción de miel en México.
Figure 1. Behavior of honey production in Mexico.

Imagen 1: Producción de miel en México 1990-2012

Fuente: Magaña *et al.* (2016)

2. Diversificación de los Subproductos Apícolas

Además de la miel, la apicultura en México ofrece una gama de subproductos como la cera, el polen, el propóleo y la jalea real. Estos productos han permitido a los apicultores diversificar sus ingresos y acceder a mercados especializados, lo que incrementa la rentabilidad del negocio apícola (Ramos Díaz & Pacheco López, 2016). Esta diversificación es fundamental para asegurar la sostenibilidad económica de las pequeñas y medianas empresas apícolas.

Imagen 2: Subproductos apícolas más comercializados

Fuente: Ramos Díaz & Pacheco López (2016)

3. Principales Estados Productores de Miel

La Península de Yucatán es la región más importante para la producción de miel en México, siendo Yucatán y Campeche los estados con mayor producción. Esta región se caracteriza por sus condiciones climáticas favorables y su infraestructura productiva que ha permitido a los apicultores consolidarse como los principales exportadores de miel del país (Magaña *et al.*, 2016).

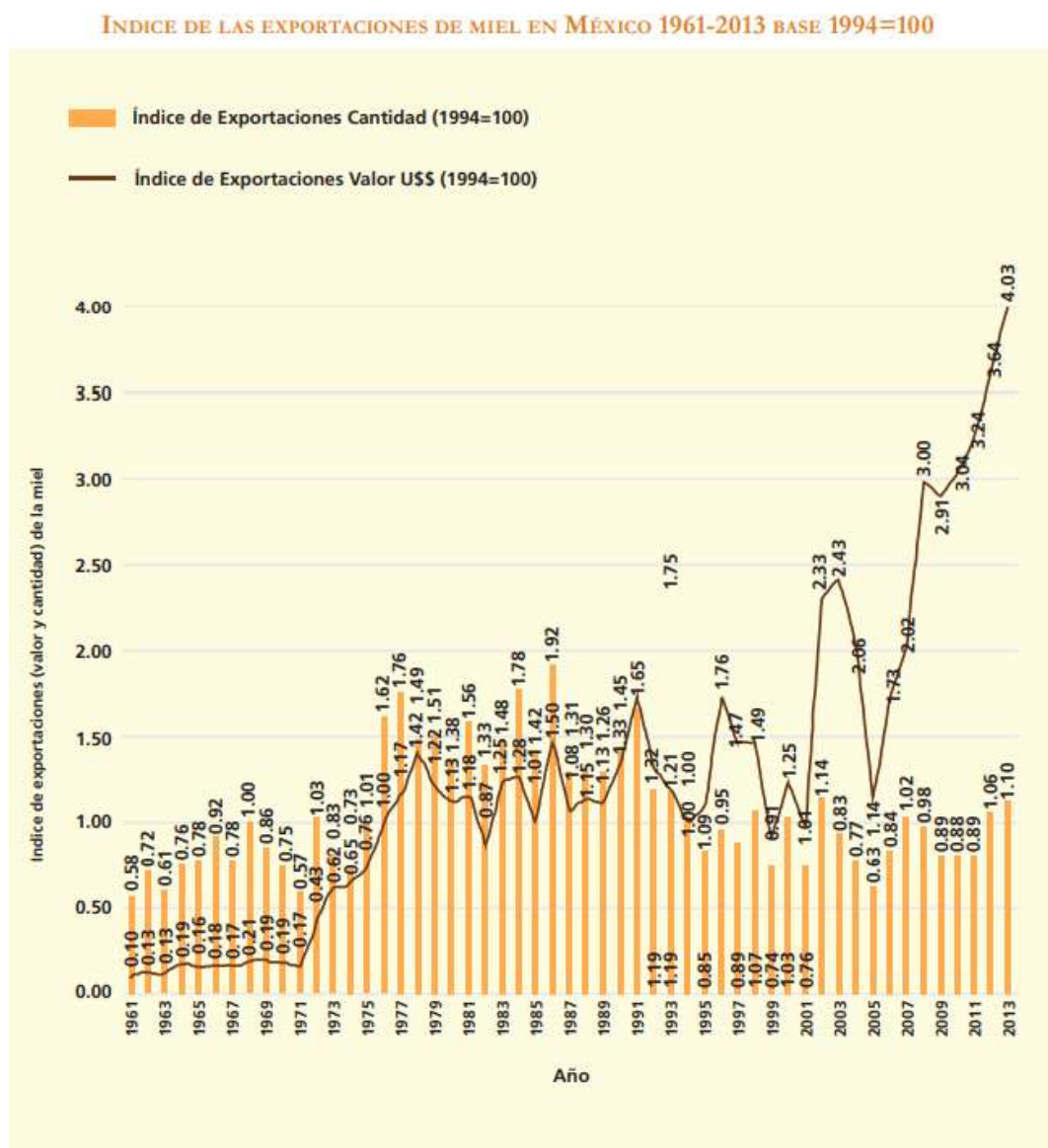
Imagen 3: Distribución de la producción de miel por estado

Fuente: SIAP (2016)

4. Exportaciones de Miel Mexicana

México es uno de los mayores exportadores de miel a nivel mundial. El 85% de la producción nacional se destina a los mercados internacionales, principalmente en Europa, donde la calidad de la miel mexicana es altamente valorada. Las exportaciones han experimentado un crecimiento constante en la última década, lo que ha generado importantes ingresos en divisas para el país (Ramos Díaz & Pacheco López, 2016).

Imagen 4: Tendencias de exportación de miel mexicana



Fuente: Elaboración propia con base en datos del FAOSTAT (2016).

Fuente: Ramos Díaz & Pacheco López (2016)



5. Impacto Económico de la Apicultura

La apicultura es una actividad clave en el desarrollo rural de México. Genera empleos directos e indirectos, principalmente en zonas rurales, y contribuye al ingreso de las familias. A pesar de los desafíos que enfrenta el sector, como los bajos precios internacionales de la miel y las barreras comerciales, la apicultura sigue siendo una actividad rentable y con gran potencial de crecimiento (Magaña et al., 2016).

Imagen 5: Contribución económica de la apicultura en México



Fuente: Magaña et al. (2016)

6. Innovaciones Tecnológicas en Apicultura

La incorporación de nuevas tecnologías y buenas prácticas agrícolas ha mejorado la productividad y calidad de la miel en México. Estas innovaciones incluyen la mejora genética de las abejas, el uso de tecnologías para el monitoreo de la salud de las colmenas y la adopción de normativas de inocuidad y trazabilidad que han permitido a los productores cumplir con los requisitos internacionales (Ramos Díaz & Pacheco López, 2016).

Imagen 6: Innovaciones tecnológicas en apicultura



Fuente: Ramos Díaz & Pacheco López (2016)

Conclusión

La apicultura en México es un sector con gran potencial, no solo por su producción de miel, sino también por los subproductos de alto valor económico como el polen, el propóleo y la cera. Estos productos representan una oportunidad de diversificación y aumento de rentabilidad para los apicultores, especialmente en regiones rurales. Sin embargo, el sector enfrenta desafíos relacionados con la sanidad apícola y las fluctuaciones del mercado internacional, lo que exige una mayor innovación y adopción de mejores prácticas para mantener su competitividad en el largo plazo (Magaña *et al.*, 2016; Ramos Díaz & Pacheco López, 2016).

Referencias

Magaña, M. A., Tavera, M. E., Salazar, L. L., & Sanginés, J. R. (2016). Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1103-1115. <https://www.re-dalyc.org/articulo.oa?id=263146723011>

Ramos Díaz, A. L., & Pacheco López, N. A. (2016). Producción y comercialización de miel y sus derivados en México: Desafíos y oportunidades para la exportación. CIATEJ.

1. Producción de miel en México 1990-2012:

Documento: Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad (Magaña *et al.*, 2016)

2. Subproductos apícolas más comercializados:

Documento: Producción y comercialización de miel y sus derivados en México (Ramos Díaz & Pacheco López, 2016)

3. Distribución de la producción de miel por estado:

Documento: Producción y comercialización de miel y sus derivados en México (Ramos Díaz & Pacheco López, 2016)

4. Tendencias de exportación de miel mexicana:

Documento: Producción y comercialización de miel y sus derivados en México (Ramos Díaz & Pacheco López, 2016)

5. Contribución económica de la apicultura en México:

Documento: Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad (Magaña *et al.*, 2016)

6. Innovaciones tecnológicas en apicultura:

Documento: Producción y comercialización de miel y sus derivados en México (Ramos Díaz & Pacheco López, 2016)



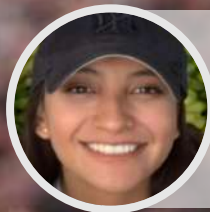
Importancia de la biznaga en el sector agrícola y protección de la especie.

“EL DULCE PROHIBIDO DE MÉXICO”

Imagen 1. Murguía, J. 2018. Biznaga de crecimiento. - Foto de stock. Recuperado de: <https://www.istockphoto.com/es/foto/biznaga-de-crecimiento-gm906564528-249852246>



Luz Verónica Sánchez Palos
Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
lsp73966@lasallebajio.edu.mx



Natalia Alejandra Negrete Ibarra
Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
nni73201@lasallebajio.edu.mx

Introducción

E*chinocactus platyacanthus* comúnmente conocida como Biznaga, es una cactácea endémica de México; la cual se ha caracterizado por sus múltiples usos. Es una de las más longevas de su especie, ya que logran vivir más de 100 años; se logran adaptar muy bien a climas áridos y semiáridos. Esta especie juega un papel muy importante en la biodiversidad, ya que proporciona hábitats a diversas especies de fauna y contribuye a la conservación de suelos.

De acuerdo a la SEMARNAT en el año 2018, el consumo de la pulpa de esta especie que sirve para elaborar el acitrón, el cual ha sido utilizado en prácticas tradicionales para la producción de dulce de biznaga, un producto de alto valor gastronómico en la cocina mexicana. Sin embargo, la recolección indiscriminada de esta cactácea ha generado que la biznaga se encuentre en peligro de extinción teniendo a Querétaro, Aguascalientes, San Luis Potosí, Zacatecas, Hidalgo, Baja California, Oaxaca y Sonora como los principales estados de tráfico ilegal, incluidos en la Norma Oficial Mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010).

Alrededor de 100 millones de hectáreas, principalmente los desiertos de Sonora y Chihuahua, así como zonas áridas de Querétaro, Hidalgo, Puebla y Oaxaca son los lugares donde podemos observar su producción.



Desarrollo

Las cactáceas cumplen con ciertas tareas específicas como fuente de forraje, estas plantas son excepcionales, especialmente durante la sequía en las regiones áridas y semiáridas del país; proporcionan alimento nutritivo para el ganado cuando otras fuentes son escasas. Gracias a su capacidad de retención de agua pluvial, ayuda a frenar la erosión del suelo. Además, son ricas en mucílagos, gomas y pectinas, que son sustancias beneficiosas para la salud animal y pueden ayudar a retener la humedad en el suelo, mejorando la calidad del forraje. Estas características las hacen valiosas en condiciones climáticas difíciles.

También conocidas con el vocablo “huitznahuac” del náhuatl que significa “rodeada de espinas” alcanza una altura de hasta 4 metros y un gran grosor, entre los 40 a 80 cm de diámetro, por lo que esta especie es de las más reconocidas por su tamaño.

Su origen proviene del árabe *bistinaga* que significa “zanahoria” y tiene diferentes amenazas por su belleza que ha llamado la atención en países lejanos como en el continente europeo.

Diversas organizaciones y grupos de conservación han implementado programas para proteger esta especie, promoviendo la reforestación y la educación ambiental en comunidades locales. Algunas comunidades han comenzado a desarrollar alternativas sostenibles para el uso de la biznaga, como el ecoturismo y la producción de productos derivados, buscando equilibrar la conservación y el beneficio económico. El problema es que se desconoce mucho sobre la especie por lo que la protección se convierte en algo complicado.

Se le atribuye múltiples beneficios en las prácticas agrícolas, como en su valor ecológico ya que posee una gran capacidad para conservar el suelo en áreas donde la erosión es un problema común debido a la falta de vegetación. Gracias a su sistema radicular robusto, la biznaga estabiliza el terreno y

actúa como una barrera natural que prevé la pérdida de nutrientes. Además, favorece la infiltración de agua, lo que contribuye a la carga de los mantos acuíferos y mejora las condiciones hídricas del suelo y la estructura de este mismo.

Es utilizada en muchas áreas y la mayoría de estos usos son desconocidos por la mayoría de las personas. La biznaga está compuesta de quinona, la visnaginona, la quelina y la visnagina que crean efectos vasodilatadores, antiasmáticos, antitusivos y diuréticos por lo que se pueden atender enfermedades como el asma, la bronquitis, la tos, afecciones del aparato circulatorio, espasmos en el tracto urinario, piedras en el riñón, menstruación dolorosa y vitíligo.

Desde la medicina tradicional se indica que la biznaga podría ser una opción contra la diabetes, cólicos y calambres abdominales, trastornos del hígado y de la vesícula, cálculos renales, retención de líquido, dolor menstrual y síndrome premenstrual, tratar heridas, enrojecimiento e hinchazón de la piel, y picaduras venenosas.

Además de sus grandes usos medicinales encontramos otros como el uso de sus espinas para elaborar tatuajes y la realización de pintura facial a partir de los pigmentos de las flores, esto era realizado por parte de la etnia suri, un pueblo localizado en el estado de Sonora.

Algunas de las funciones que tiene esta especie son ornamentales por la belleza de sus flores y formas llamativas, alimenticias al poder producir diferentes platillos como dulces cristalizados para elaborar las glorias o el acitrón para preparar la famosa rosca de reyes, chiles en nogada, tamales, picadillo, pavo en navidad, entre mil y un recetas más que son característicos de nuestro país. Se aprovecha la fibra lanosa para rellenar almohadas y colchones con la parte de su corona. Almacena agua en los tejidos creando microclimas para otras especies.



Imagen 2. Cabanas, E. 2024. Water Biznaga, Desert Garden, Phoenix, Arizona, Estados Unidos - Foto de stock. Recuperado de: https://www.istock-photo.com/es/foto/water-biznaga-desert-garden-phoenix-arizona-estados-unidos-gm1922563338-555464900?utm_source=pixabay&utm_medium=affiliate&utm_campaign=SRP_photo_sponsored&utm_content=https%3A%2F%2Fpixabay.com%2Fes%2Fphotos%2Fsearch%2F%2520biznaga%2F&utm_term=biznaga

Existen investigaciones sobre cultivo de tejidos vegetales donde se ha logrado observar la propagación de esta especie con reguladores de crecimiento vegetal, tal como citocinina BAP y de la auxina ANA donde se están tomando como una opción para obtener plántulas vigorosas en un corto período, facilitando su posterior establecimiento en invernadero y su uso futuro en la elaboración de acitrón de forma sustentable, lo que contribuye a la protección de sus poblaciones in situ.

De los puntos más importantes sobre esta especie es que este cacto presenta un atractivo aspecto visual, con su color verde oscuro que resalta porque cuenta con bandas en tono rojizo púrpuro en su etapa juvenil. La planta está cubierta de una abundante lana amarillenta, que no solo añade un toque estético, sino que también ayuda a su protección y

conservación de humedad. Durante el día, de entre esta lana surgen bellas flores, que abren sus pétalos al sol, mostrando colores llamativos que atraen a polinizadores como mariposas, colibríes, murciélagos, abejas y abejorros. Estas flores, que florecen en un espectáculo efímero, aportan vida y color al paisaje desértico, creando un contraste.

Aquí el dilema se forma cuando personas externas entran a sus hábitats y las extraen de ellas para el tráfico ilegal ya que como no tienen el conocimiento suficiente, sacan de raíz la planta y de esa manera dañan los semilleros haciendo que se pierdan y por lo tanto sus poblaciones van disminuyendo al no poder regenerarse.

Aún no se ha logrado desarrollar métodos que logren reproducirla en la cantidad que se requie-



re, ya que sería una reproducción de manera industrial de esta planta, lo que implica la necesidad urgente de conservarla. Esta dificultad en su propagación significa que su población natural es vulnerable a diversas amenazas, como la sobreexplotación, el cambio climático y la pérdida de hábitat. Por lo tanto, cuidar y proteger a esta especie no solo es esencial para asegurar su supervivencia, sino también para preservar la biodiversidad del ecosistema en el que se encuentra estable en estos momentos.

En relación del cambio climático con nuestra especie estudiada, debemos de poner mucha atención en los desafíos que presenta como por ejemplo el aumento de sequías, la modificación de los ecosistemas, la competencia de otras especies por los nutrientes del suelo que es más fácil que se establezcan y les ganen los recursos, la alteración de los ciclos de vida de los polinizadores, etc... Dicho todo esto, es obligado el cuidado de esta y varias especies que se encuentran en las mismas condiciones por la razón de que nosotros mismos las estamos llevando a evolucionar de manera forzada creando así un desequilibrio ecológico que si o si nos terminará afectando tanto en nuestra alimentación, salud y forma de vida, es decir, el daño es de nosotros hacia nosotros mismos.

Así, la importancia de cuidar esta especie radica en su valor ecológico, su potencial económico y su contribución a la diversidad biológica del planeta. Es fundamental implementar estrategias de conservación, como la creación de reservas naturales y programas de educación ambiental, que sensibilicen a la comunidad sobre la necesidad de protegerla y fomentar prácticas sostenibles que ayuden a su preservación.

Conclusión

Tomando en cuenta los datos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y la CONABIO, existen 669 especies de cactáceas en México y un total de 518 son endémicas del país, haciendo de México tomar el primer lugar en variedades de cac-



(Imagen 3.) Feverpitched. 2014. Biznaga Cactus de flor flores - Foto de stock. Recuperado de: <https://www.istockphoto.com/es/foto/biznaga-cactus-de-flor-flores-gm485430325-38038868>

táceas pero con el problema que 24 especies están en peligro de extinción, entre ellas la biznaga; Es por esto mismo que la solución a este problema es evitar el consumo de este manjar por muy tradicional que sea, al igual que investigar otros medios con los que podamos suplementar el uso de esta especie, no frenar investigaciones hasta encontrar la forma de propagarla de otras formas y reforestar los espacios dañados con apoyos de asociaciones y del gobierno.

Es injusto que nosotros como Ingenieros agrónomos en producción dejemos de lado la riqueza que tiene nuestro país y los tantos beneficios que nos aporta la biznaga a nuestro ámbito laboral, este problema tiene que ser visible ante autoridades y la sociedad para ajustar las medidas necesarias y evitar la extinción de la especie que nos trae tantos recuerdos como mexicanos.

Referencias bibliográficas

Alanís, G. Velazco C. (2008). Importancia de las cactáceas como recurso natural en el noroeste de México. Ciencia y Sociedad. Ciencia UNAL. <https://www.redalyc.org/pdf/402/40211102.pdf>

Biznaga, dulce y en peligro de extinción | Movimiento Animalista de Puebla. (s. f.). <https://pueblanimalista.org.mx/sin-categoria/biznaga-dulce-y-en-peligro-de-extencion/>

Caracterización molecular de bacterias rizosféricas asociadas a *Echinocactus platyacanthus* en invernadero y silvestres. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. (s.f.) <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2017/4095>

Gobierno de México. (S/A) En el Día de las cactáceas, adopta una, cuidala y apoya a su conservación. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/en-el-dia-de-las-cactaceas-adopt-a-una-cuidala-y-apoya-a-su-conservacion-178213#:~:text=De%20acuerdo%20con%20la%20CONABIO,dos%20sujetas%20a%20protecci%C3%B3n%20especial.>

Jardín Etnobiológico Comunitario de Sonora (2023) *Ferocactus wislizenii* (Engelm.) Britton & Rose o biznaga-barril. <https://redescubramossonora.mx/renaturasonora/plantas-renatura/ferocactus-wislizenii-engelm-britton-rose-o-biznaga-barril/#:~:text=Usos%20bioculturales,Palma%20&%20Gianfranco%2C%202003.>

México Desconocido (2019) Las biznagas: cactus globosos, gigantes desconocidos. <https://www.mexico-desconocido.com.mx/las-biznagas-cactus-globosos-gigantes-desconocidos.html#:~:text=En%20M%C3%A9xico%2C%20la%20mayor%C3%A1Da%20de,%20que%20significa%20%E2%80%9Czanahoria%E2%80%9D.>

Movimiento animalista de Puebla (S/A) Biznaga, dulce y en peligro de extinción. <https://pueblanimalista.org.mx/sin-categoria/biznaga-dulce-y-en-peligro-de-extencion/>

PanAmerican Life (2020) Biznaga ¿es seguro su uso? <https://palig.com/es/us/wellness-hub/p/biznaga-es-seguro-su-uso>

Ti, M. (s. f.). Detrás de la Rosca de Reyes: La Biznaga y su Rol en la Tradición y la Conservación Ambiental. A4 Ambiental - ESPECIALISTAS EN CONSULTORÍA AMBIENTAL. <https://a4ambiental.com/post?detras-de-la-rosca-de-reyes-la-biznaga-y-su-rol-en-la-tradicion-y-la-conservacion-ambiental#:~:text=Desempe%C3%B1a%20un%20papel%20crucial%20en,la%20salud%20de%20nuestros%20ecosistemas.&text=En%20A4%20Estrategia%20Ambiental%20promovemos,Protejamos%20Nuestra%20Tradici%C3%B3n%20y%20Biodiversidad>



Imagen 4. Camaralenta. 2022. Deliciosa rosca de reyes, tradición mexicana. - Foto de stock. Recuperado de: <https://www.istockphoto.com/es/foto/deliciosa-rosca-de-reyes-tradici%C3%B3n-mexicana-gm1363149752-434827811>



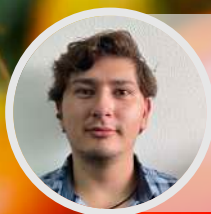
Imagen 5. Photo Beto. 2020. A Mexican farmer harvesting Cabuches in the San Luis Potosí desert in central Mexico - Foto de stock. Recuperado de: <https://www.istockphoto.com/es/foto/a-mexican-farmer-harvesting-cabuches-in-the-san-luis-potosi-desert-in-central-mexico-gm1219306700-356608635>



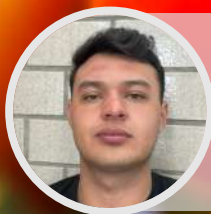
Imagen 6. Kafka. 2021. El acitrón es un dulce cristalizado típico de México, hecho de biznaga - Foto de stock. Recuperado de: <https://www.istockphoto.com/es/foto/el-acitr%C3%B3n-es-un-dulce-cristalizado-t%C3%ADpico-de-m%C3%A9xico-hecho-de-biznaga-gm1351704215-427358844>



EL CAMPO DE GUANAJUATO



Ian Jesús Esparza Arellano
Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
ianjea.003@gmail.com



Carlos López Bobadilla
Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
carlopezb250@gmail.com

Fotografía: Shutterstock.





Introducción

La comercialización agrícola en Guanajuato es un aspecto esencial de la economía del estado y de México en su conjunto. Este estado, ubicado en la región del Bajío, es uno de los principales productores agrícolas del país, conocido por su diversidad de cultivos y por ser un referente en cuanto a innovación y uso de tecnologías en la producción agrícola. La estructura de la comercialización agrícola en Guanajuato incluye una red de centrales de abasto, productores locales, exportadores y empresas procesadoras, lo que le permite distribuir una gran cantidad de productos tanto a nivel nacional como internacional. A continuación, se presenta un análisis detallado de los principales aspectos relacionados con la producción, comercialización y distribución de productos agrícolas en el estado de Guanajuato.

Producción agrícola en Guanajuato: Diversidad y volumen

Guanajuato es un estado que sobresale en la producción agrícola por la variedad de cultivos y el volumen que se produce anualmente. En 2021, Guanajuato produjo un total de 10.36 millones de toneladas de productos agrícolas, lo que representó un leve aumento del 0.6% en comparación con 2020. Esta cifra es significativa si consideramos que en la última década, entre 2012 y 2021, el estado produjo un total de 95 millones de toneladas. La superficie sembrada en 2021 alcanzó las 948,757 hectáreas, mientras que la superficie cosechada fue de 926,238 hectáreas, con un rendimiento promedio de 11.2 toneladas por hectárea (INEGI, 2019), (Bastida Cañada, 2023).

Principales cultivos y su valor económico

Dentro de la diversidad de cultivos en Guanajuato, cinco destacan por su volumen de producción: alfalfa verde, maíz grano, sorgo grano, maíz forrajero en verde y avena forrajera en verde. Estos cultivos representaron en conjunto el 71.7% de la producción total en el estado. De manera particular, la alfalfa verde es el cultivo más importante, abarcando el 36.8% de la producción estatal, seguida del maíz grano, que representa el 18.6%. En cuanto a la superficie sembrada, el maíz

grano es el cultivo dominante, cubriendo el 43.1% del área total cosechada. (Bastida Cañada, 2023)

En términos de valor económico, el maíz grano es el que genera mayor valor, con una producción de 11,564 millones de pesos en 2021. No obstante, otros cultivos como el arándano, la nuez y la frambuesa son altamente valorados en el mercado, con precios por tonelada de 63,268 pesos, 61,271 pesos y 53,651 pesos, respectivamente. Estos productos, aunque de menor volumen, representan un componente importante de la diversificación agrícola en el estado, y su alta demanda tanto en el mercado nacional como internacional eleva su importancia económica (Bastida Cañada, 2023).

Centrales de abasto en Guanajuato

Las centrales de abasto son un componente crucial en la cadena de comercialización agrícola. Funcionan como puntos de intercambio y distribución de productos, permitiendo que los agricultores y comerciantes vendan sus productos en volúmenes grandes a precios competitivos. En Guanajuato, existen varias centrales de abasto distribuidas estratégicamente en diferentes municipios. Las más importantes son:

- **Central de Abastos de León:** Localizada en la ciudad más grande del estado, esta central es un pilar del comercio agrícola, abasteciendo a toda la región del Bajío. León, al ser un centro urbano y comercial importante, también facilita la exportación de productos agrícolas a otros estados y países (INEGI, 2019).
- **Central de Abastos de Irapuato:** Irapuato es conocido principalmente por su producción de fresas, pero también es un centro agrícola relevante para otros productos hortícolas. Su central de abastos no solo sirve al municipio, sino que también distribuye productos hacia el norte del país (Bajío, 2021).
- **Central de Abastos de Celaya:** Celaya es otro punto clave para la distribución de granos como maíz y sorgo. Su central de abastos permite que estos productos lleguen tanto a mercados locales como a otras regiones del país (INEGI, 2019).



Foto 1: Llenado de camión para mercado local (Imagen de autoría propia).

Estas centrales son esenciales para el comercio regional, conectando a los productores locales con los mercados nacionales e internacionales. La mayoría de los productos agrícolas que pasan por estas centrales se comercializan a través de intermediarios o llegan directamente a emparadoras y distribuidores industriales.

Importancia de la distribución y las empresas exportadoras

El sistema de distribución de productos agrícolas en Guanajuato está bien estructurado y juega un papel clave en asegurar que los productos lleguen a su destino final en condiciones óptimas. Aunque

una parte considerable de los productos se distribuye a través de las centrales de abasto, otra parte se comercializa directamente a los consumidores o a través de intermediarios. Según un informe del INEGI, el 48.9% de los productores comercializa sus productos a través de intermediarios, mientras que el 20.7% lo hace directamente con emparadoras o para uso industrial (INEGI, 2019).

Además, Guanajuato tiene una fuerte orientación hacia la exportación, especialmente en productos de alto valor como las fresas, el arándano, la frambuesa y el jitomate. Empresas exportadoras de la región han establecido acuerdos comerciales con países como Estados Unidos, Canadá y algunos en Europa, lo que ha permitido que el estado se posicione como uno de los principales exportadores de berries y jitomates a nivel nacional, esta capacidad exportadora ha sido impulsada por el crecimiento de la agricultura protegida, con invernaderos y macrotúneles que aumentan la producción y aseguran la calidad de los productos (INEGI, 2019), (Bastida Cañada, 2023).



Foto 2: Empaque de Jitomate (Imagen de autoría propia).



Innovación en la agricultura protegida

La adopción de tecnología agrícola es otro aspecto fundamental en Guanajuato, especialmente en lo que se refiere a la agricultura protegida. Este sistema, que incluye el uso de invernaderos, macrotúneles y malla sombra, ha permitido que los agricultores guanajuatenses mejoren el rendimiento de sus cultivos y optimicen el uso de recursos como el agua. En 2021, se cosecharon 2,661 hectáreas bajo este esquema, con cultivos como el jitomate y el arándano alcanzando rendimientos excepcionales (Bastida Cañada, 2023).



Foto 3: Máquina seleccionadora de jitomate (Imagen de autoría propia).

El jitomate, por ejemplo, tuvo un rendimiento promedio de 96.7 toneladas por hectárea, mientras que el cultivo de hongos, setas y champiñones alcanzó un sorprendente rendimiento de 399.3 toneladas por hectárea. La expansión de la agricultura protegida ha sido clave para mejorar la competitividad de Guanajuato en el mercado agrícola nacional e internacional, permitiendo una producción más eficiente y menos dependiente de las condiciones climáticas (Bastida Cañada, 2023).



Foto 4: Huerta de jitomate (Imagen de autoría propia).

Desafíos en la comercialización agrícola

A pesar del éxito agrícola de Guanajuato, los productores enfrentan varios desafíos que dificultan el crecimiento sostenido del sector. Entre las principales problemáticas destacan los altos costos de insumos y la falta de acceso al crédito. Según datos de la Encuesta Nacional Agropecuaria, el 73.8% de los productores señaló que los altos costos de los insumos agrícolas son su principal obstáculo, mientras que solo el 8.4% de quienes solicitaron un crédito pudieron obtenerlo (INEGI, 2019).



Foto 5: Camión refrigerante para transporte de jitomate (Imagen de autoría propia)



Además, la infraestructura en algunas zonas agrícolas no es suficiente para maximizar el potencial productivo. Aunque las grandes centrales de abasto facilitan la comercialización en zonas urbanas, muchos pequeños agricultores en áreas rurales aún dependen de sistemas tradicionales de comercialización, lo que limita su acceso a mercados más lucrativos.



Foto 6: Encerador de jitomate (Imagen de autoría propia).

Conclusión

Guanajuato es, sin lugar a dudas, uno de los principales motores del sector agrícola en México. Su capacidad para producir una amplia variedad de cultivos en grandes volúmenes, junto con una infraestructura bien desarrollada para la comercialización y distribución de estos productos, lo posicionan como un líder en el mercado nacional e internacional. Sin embargo, los desafíos en cuanto a los costos de insumos, la falta de crédito y las dificultades en la comercialización aún requieren atención para garantizar que el sector agrícola de Guanajuato continúe creciendo de manera sostenible.

A medida que el estado sigue innovando en tecnologías de producción, como la agricultura protegida, y expande su presencia en mercados globales, Guanajuato tiene el potencial de seguir siendo un actor clave en la producción y comercialización agrícola de México.

Referencias

Bajío, N. N. (2021, 25 junio). *Irapuato, el principal productor de agroalimentos en el estado*. Nuestras Noticias Bajío. <https://nuestrasnoticiasbajio.com/corredor-industrial/irapuato/irapuato-el-principal-productor-de-agroalimentos-en-el-estado/>

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2019: Guanajuato*. INEGI. https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2019/doc/mini_ENA19_GUANAJUATO.pdf

Bastida Cañada, O. A. (2023, 14 diciembre). Producción agrícola en el estado de Guanajuato. Blog Agricultura. <https://blogagricultura.com/estadisticas-agricolas-estado-guanajuato/>



Fotografía: Shutterstock.

MAESTRÍA EN

Producción Pecuaria



POS
GRADOS

La Universidad La Salle Bajío,

a través de sus programas de Posgrado, te permite desarrollar competencias profesionales mediante una oferta académica pertinente, amplia y de vanguardia. Nuestra planta docente está conformada por profesionales en la materia, que se distinguen por su perfil académico y experiencia profesional.

Producción Pecuaria

Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios: Campus Campestre SEP No. 20130354.
Programa registrado ante la Dirección General de Profesiones

Objetivo general

Formar profesionales capaces de diseñar y adaptar las tecnologías de reproducción animal y producción para la mejora de la productividad, desempeño y salud de los animales, mediante la aplicación de técnicas de investigación, administración y comercialización pecuaria.

Dirigido a

Egresados de las licenciaturas en Medicina Veterinaria Zootecnista, Biología, Agronomía, Biotecnología, o áreas afines.

Horario de clases

Viernes de 18:00 a 21:00 y sábado de 8:00 a 14:00 h



PLAN DE ESTUDIOS

1er CUATRIMESTRE

Fisiología Reproductiva
Evaluación de la Capacidad Reproductiva
Metodología para la Investigación Pecuaria

2o CUATRIMESTRE

Control Hormonal e Inseminación Artificial
Transferencia Embrionaria

3er CUATRIMESTRE

Enfermedades Reproductivas
Nueva Biotecnología en Reproducción Animal Asistida
Proyectos Integrales en Producción Animal

4o CUATRIMESTRE

Sistemas de Producción de Ovicaprinos
Sistemas de Producción de Porcinos
Administración y Economía Agropecuaria

5o CUATRIMESTRE

Producción de Bovinos
Proyectos Productivos Agropecuarios
Bioestadística para Medicina Productiva

Campus Campestre

c_mprodpecuaria@lasallebajio.edu.mx
Tel. (477) 710 85 00, ext. 2900



La Salle
Red de Universidades
México

INTERNATIONAL ASSOCIATION
La Salle
UNIVERSITIES

Para conocer toda la oferta académica de Posgrado consulta
lasallebajio.edu.mx



DEL LABORATORIO AL CAMPO: CULTIVO *IN VITRO* PARA SALVAR ESPECIES Y TRANSFORMAR LA AGRICULTURA



Alexis Guzmán Aguayo

Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
aga74202@lasallebajio.edu.mx



Samuel Reséndiz Barrón

Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
samuresendiz95@gmail.com

La expresión cultivo *in vitro* de plantas, significa cultivar plantas dentro de un frasco de vidrio en un ambiente artificial. Esta forma de cultivar las plantas tiene dos características fundamentales: la asepsia (ausencia de gérmenes, etc), y el control de los factores que afectan el crecimiento. (SAGARPA, 2017)

El cultivo de tejidos vegetales, es un conjunto de técnicas que consiste, esencialmente, en aislar una porción de planta, otorgándole artificialmente las condiciones físicas y químicas apropiadas para que las células expresen su máximo potencial. Durante este proceso, es necesario adoptar un estricto procedimiento de sanidad (asepsia) para mantener los cultivos libres de contaminación microbiana.

La micropropagación o propagación clonal, es una de las aplicaciones más generalizadas del cultivo *in vitro*, a través de la micropropagación, a partir de un fragmento (explante) de una planta madre, se obtiene una descendencia uniforme, con plantas genéticamente idénticas, denominadas clones (Castillo, 2004). Se basa en la totipotencialidad celular, es decir, cuando una célula vegetal tiene la capacidad de dividirse y diferenciarse para generar tejidos y órganos (brotes, raíces, embriones somáticos), hasta la formación de una planta nueva. Con el cultivo de células (callos) y fragmentos de un tejido u órgano vegetal (explantes) en un medio nutritivo con una óptima concentración y combinación de auxinas y citocininas, así como bajo condiciones controladas de cultivo de luz y temperatura, se logra la regeneración de plántulas idénticas a la fuente de los explantes con la producción masiva de clones (clonación). El proceso de micropropagación puede llevar desde tres meses hasta un año, todo depende de la respuesta regenerativa de la especie. Plantas como tabaco, jitomate, zanahoria, fresa y violetas, se propagan rápidamente; sin embargo, la micropropagación de especies leñosas como algunos pinos y frutales, suelen ser procesos más largos.

La micropropagación consta de cinco pasos:

- 1) Establecimiento *in vitro*
- 2) Obtención del medio y condiciones óptimas de regeneración;
- 3) Propagación exponencial o multiplicación masiva
- 4) Enraizado y formación plántulas
- 5) Trasplante y aclimatación. (Hernández y Barrales, 2023)

El medio de cultivo se compone de una mezcla de sales minerales, vitaminas reguladores de crecimiento, azúcar, agua y agar. La composición del medio depende de la especie vegetal y de la etapa del proceso de micropropagación.

Una vez que se tiene el agar, la secuencia de etapas abarca el ciclo completo de la multiplicación de plantas *in vitro*; puede ser aplicada a diferentes especies vegetales, en cada caso se podrán incluir simplificaciones o cambios de acuerdo a las características de las plantas, pero en términos generales son comunes al proceso de propagación *in vitro*.

Una vez elegida la planta madre, se extraerán los fragmentos a partir de los cuales se obtendrán los explantes. Los explantes pueden ser yemas, trozos de hojas, porciones de raíces, semillas, etc. Antes de extraer los explantes se hará una desinfección de los fragmentos de planta madre para eliminar los contaminantes externos. Los contaminantes más comunes son los hongos y las bacterias que habitan en forma natural en el ambiente. Una vez desinfectado el material vegetal, se debe mantener en condiciones de asepsia.

A efectos de obtener las condiciones de asepsia, se trabajará en cabinas de flujo laminar para extraer los explantes a partir del material vegetal. (Castillo, 2004)



Imagen 1: Semillas de cilantro en Medio MS (agar). Imagen del autor.



Imagen 2: En el caso de agaves, es recomendable que su replicación sea a través del meristemo; en la imagen se observa la siembra *in vitro* de Agave Tequilana weber var. Azul. Imagen de autor.

Luego de la desinfección superficial, las semillas o las yemas dependiendo del material seleccionado, se ponen en medio de cultivo estéril. En un período de una semana o quince días, comienza el proceso de germinación o regeneración de nuevos tejidos vegetales, iniciando el ciclo de cultivo *in vitro*. (Castillo, 2004)



Imagen 3: Plantas de tomate después de poco más de una semana de haber germinado. Foto de autor.

Durante esta fase se espera que los explantes que sobrevivieron la FASE 1 y 2 originen brotes (de procedencia axilar o adventicia) con varias hojas. En la base de cada hoja hay una yema que se desarrollará luego de ser puesta en contacto con el medio de cultivo. Periódicamente estos nuevos brotes se deben subcultivar en un nuevo medio mediante divisiones y resiembras en tubos de cultivo u otros recipientes adecuados. Estas operaciones se realizan en la cámara de flujo laminar o en un lugar aislado que nos permita mantener las condiciones de asepsia. De esta forma aumenta el número de plantas en cada repique o división de las plantas.

El número de plantas que se obtiene dependerá de la especie vegetal y de las condiciones del medio de cultivo. El número de plantas que se obtiene por la vía de la micropropagación permite alcanzar incrementos exponenciales, considerando que todos los factores que afectan el crecimiento hayan sido optimizados. (Castillo, 2004)



Imagen 4: Plantas desarrolladas en cultivo *in vitro*. Imagen de autor.

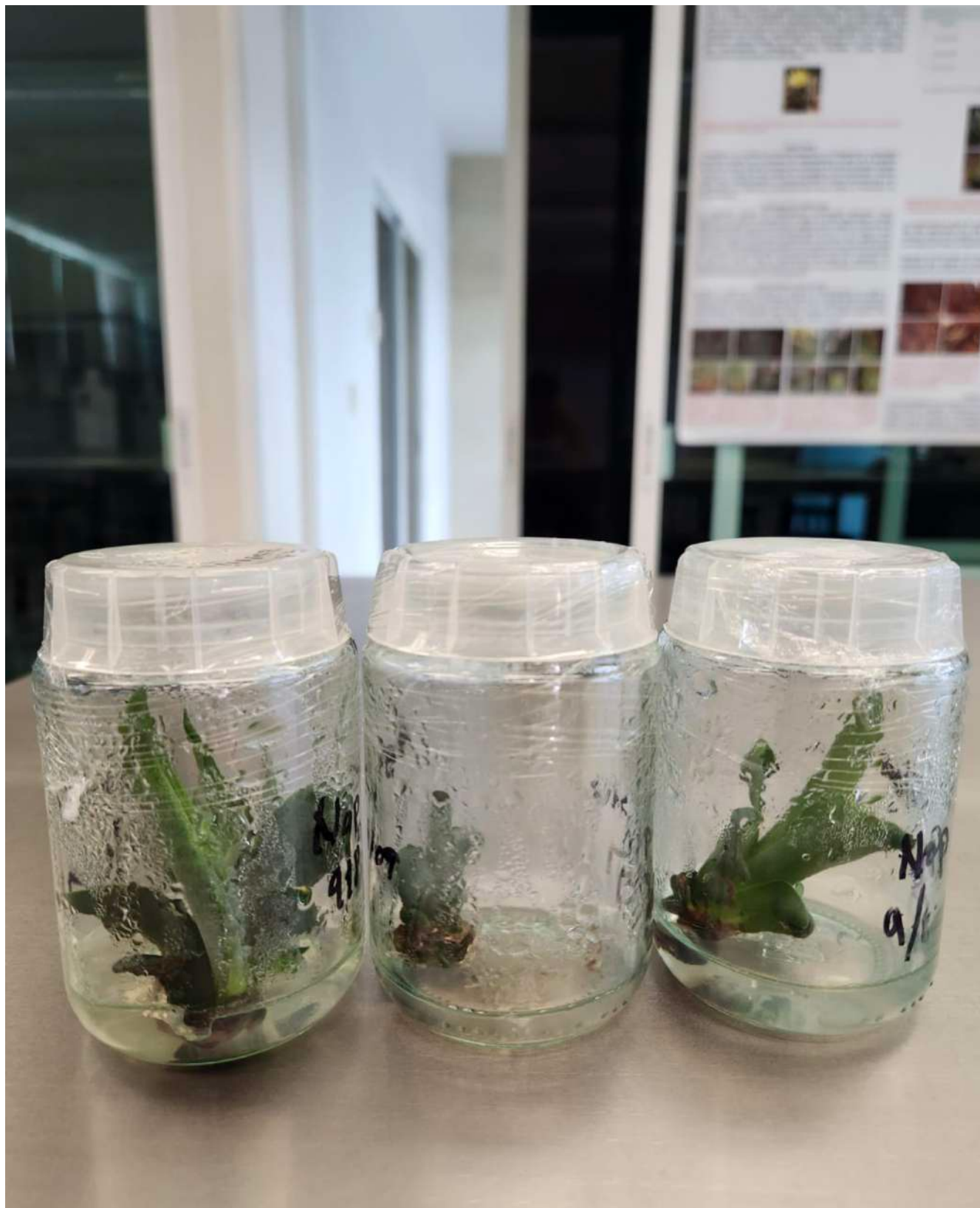


Imagen 5: Plantas de agave cultivadas en Medio MS; las cuales por su morfología deben tener un proceso de siembra *in vitro* distinta a otras plantas, pero su replicación si es posible.

Para enraizar los explantes se utilizan principalmente plantines individuales de un tamaño aproximado de 2 centímetros. Los brotes obtenidos durante la fase de multiplicación se transfieren a un medio libre de reguladores de crecimiento o que solo contenga hormonas del tipo auxinas. Algunas especies de plantas no necesitan pasar por esta etapa y emiten sus raíces en el mismo medio de cultivo donde desarrollan yemas nuevas, por lo tanto el proceso de multiplicación y enraizamiento transcurren en forma simultánea.

Los explantes recién enraizados son muy sensibles a los cambios ambientales, de manera que el éxito o el fracaso de todo el proceso depende de la aclimatación. En esta etapa las plantas sufrirán cambios de diferente tipo que permitirán la adaptación de las mismas a vivir en condiciones naturales. (Castillo, 2004)

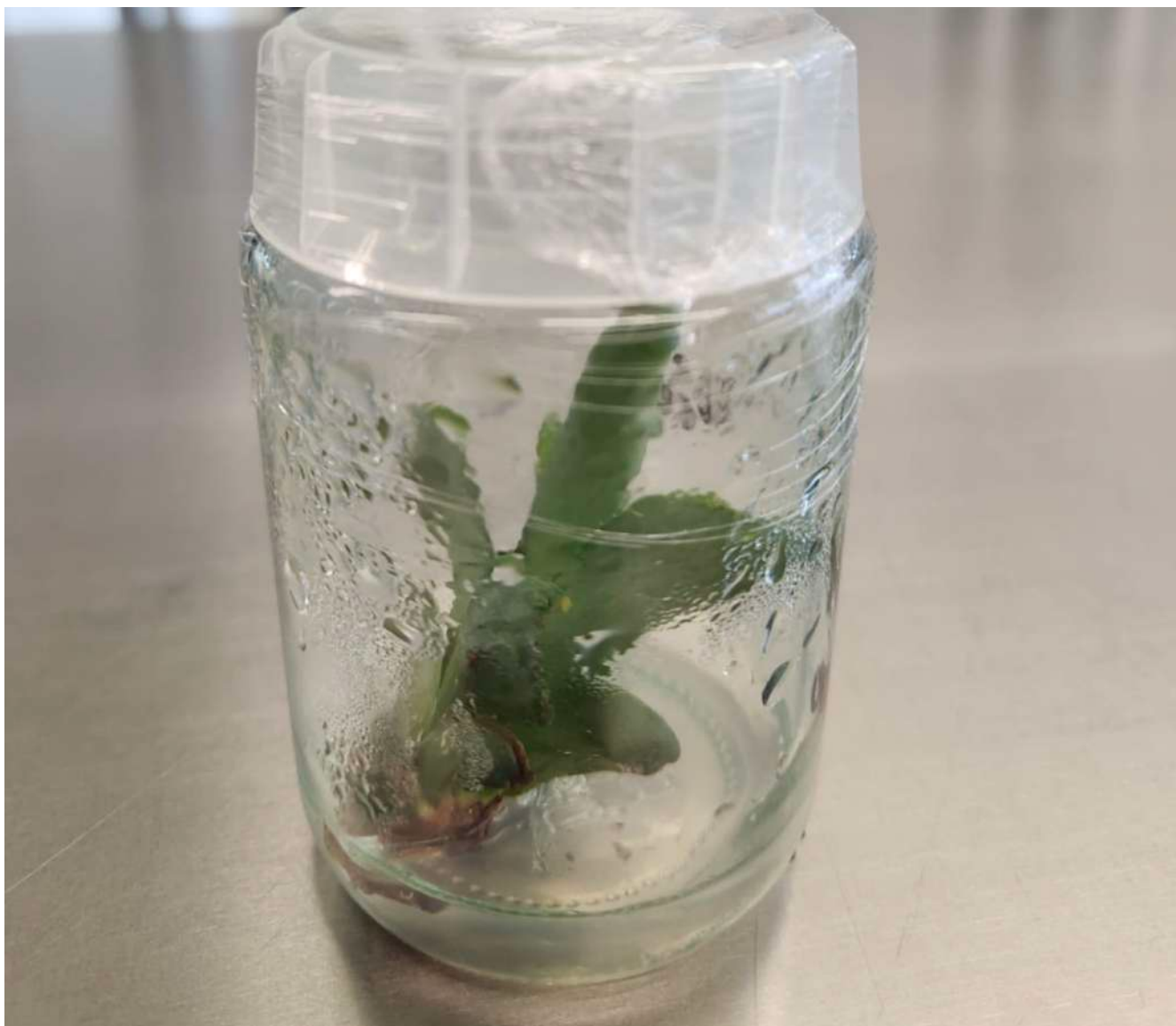


Imagen 6: Agave Tequilana weber variedad azul en cultivo in vitro. Foto de autor



La gran mayoría de las plantas pueden ser cultivadas a través de la técnica de cultivo *in vitro*, de las más comunes podemos mencionar como la caña de azúcar, piña, mango, durazno, frijol, plátano, papa, tabaco, orquídeas, rosas, fresa, café, uvas, cactáceas, ornamentales, entre otras muchas especies.

Entre las ventajas de la micropropagación destacan:

- **Soluciona los inconvenientes del método tradicional**

El cultivo *in vitro* de las especies trabajadas permitió en cada caso solucionar inconvenientes imposibles de superar por los métodos de cultivo tradicionales. De esta forma, se consigue la producción de plantas libres de virus; evitan la variación fenotípica producida por la siembra de semillas; la rápida introducción de especies en la producción nacional mientras evita la importación de la misma; mejoramiento de los índices de multiplicación anual en especies que tiene una gran dependencia de las condiciones climáticas.

- **Propagación clonal masiva de plantas**

Este método permite realizar una clonación masiva de una planta, consigue resultados positivos; logra obtener una plantación libre de enfermedades en un periodo corto de tiempo; evita los procesos perjudiciales para el medioambiente; etc.

- **Reduce los costos**

El cultivo *in vitro* consigue reducir los gastos generados por la agricultura y los costes medioambientales. Por lo que se puede considerar como un avance sostenible en el ámbito de la agricultura.

- **El cultivo puede realizarse en cualquier época del año**

Otro aspecto positivo es que se puede realizar esta práctica en cualquier época del año, lo que garantiza una estabilidad anual de una misma plantación.

- **Facilita el intercambio de material genético**

El intercambio de material genético es un factor



Fotografía: Shutterstock.



Fotografía: Shutterstock.

muy positivo, debido a que se pueden generar nuevas especies alterando la misma genética.

- **Reduce el riesgo de pérdidas genéticas**

Finalmente, el cultivo *in vitro* reduce el riesgo de pérdidas genéticas, ya que evitan la mezcla del material por cruzamiento. (Meristec, 2022).

La micropropagación se considera un éxito de la biotecnología vegetal moderna, con la que se han desarrollado diversos protocolos de establecimiento, regeneración y multiplicación de una gran cantidad de especies vegetales, aunque muchas de ellas de interés agrícola. Con el establecimiento *in vitro* de semillas, de embriones cigóticos y de tejidos vegetativos, desde células hasta plantas, se han desarrollado diferentes métodos de conservación *in vitro* como una alternativa para la preservación de germoplasma de especies raras o que se encuentran en peligro de extinción, pero principalmente de aquellas que no pueden conservarse con los métodos tradicionales. (Hernández y Barrales, 2023)

Referencias:

Alejandra Hernández García, Hebert Jair Barrales Cureño. (29/12/2023). *Micropropagación: al rescate de plantas en riesgo de extinción*. Saber más. <https://www.sabermas.umich.mx/secciones/articulos/986-micropropagacion-al-rescate-de-plantas-en-riesgo-de-extincion.html>

Alicia Castillo. (2004). *Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo*. Unidad de Biotecnología. <https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=UY2006005431>

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (2017). *Laboratorio de Cultivo de Tejidos (CTV): Implementación y puesta en marcha*. CONADESUCA. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/264918/Reporte_de_Proyecto_1_Laboratorio.pdf

Meristec. (28/09/2022). *Las 6 ventajas del cultivo in vitro*. Meristec. <https://meristec.es/meristec/las-6-ventajas-del-cultivo-in-vitro/>

MAESTRÍA EN

Agricultura Protegida



POS
GRÁ
DOS

La Universidad La Salle Bajío,

a través de sus programas de Posgrado, te permite desarrollar competencias profesionales mediante una oferta académica pertinente, amplia y de vanguardia. Nuestra planta docente está conformada por profesionales en la materia, que se distinguen por su perfil académico y experiencia profesional.

Agricultura Protegida

Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios: Campus Campestre SEP No. 20110373.
Programa registrado ante la Dirección General de Profesiones.

Objetivo general

Formar profesionales capaces de establecer y operar sistemas de producción agrícola a través de las diversas técnicas de agricultura protegida, así como detectar, evaluar y resolver los problemas relacionados con la implementación y el funcionamiento de las instalaciones y la producción de los cultivos, a partir de la aplicación de los conocimientos fisiológicos, climáticos y tecnológicos para incrementar la productividad y calidad de productos que permita el desarrollo del sector agropecuario regional y del país, con un enfoque sustentable.

Dirigido a

Egresados de las Licenciaturas en Agronomía, Veterinaria y Zootecnia, Ingeniería Agroindustrial, Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, Ingeniería en Administración Agropecuaria, Ingeniería Empresarial Agropecuaria, Biología, o área afines.

Horario de clases

Viernes de 18:00 a 21:00 y sábado de 8:00 a 14:00 h.

Horario sujeto a variación según disponibilidad de docentes.



PLAN DE ESTUDIOS

1er CUATRIMESTRE

Metabolismo y Fisiología Vegetal

Análisis de Agua, Suelo y Extracto Celular e Interpretación

Edafología y Sustratos

2o CUATRIMESTRE

Sistemas de Nutrición Vegetal

Fertirriego e Hidroponía

Diagnóstico y Recomendación en Sitios de Producción

3er CUATRIMESTRE

Agricultura Orgánica

Fisiopatías

Manejo Integrado de Enfermedades

Seminario de Investigación

4o CUATRIMESTRE

Control Climático en Cultivos Protegidos

Manejo Integrado de Plagas

Plasticultura y Estructuras en Agricultura Protegida

5o CUATRIMESTRE

Inocuidad y Calidad Agrícola

Cultivos Hortofrutícolas

Cultivo de Flores en Invernadero

6o CUATRIMESTRE

Manejo Poscosecha para la Comercialización

Cultivos no Convencionales

Investigación

Campus Campestre

c_magricultura@lasallebajio.edu.mx • Tel. (477) 710 85 00, ext. 2300



Para conocer toda la oferta académica de Posgrado consulta

lasallebajio.edu.mx



AGRICULTURA ORGÁNICA **VS** CONVENCIONAL



Adrián Fabrice Gabriel Pernet Díaz I.

Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
apd72230@lasallebajio.edu.mx



José Arturo Izaguirre López

Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
iarturo645@gmail.com

La agricultura es una actividad fundamental para la producción de alimentos, pero existen diferentes formas de llevarla a cabo. Entre ellas, destacan la agricultura orgánica y la agricultura inorgánica (o convencional), dos métodos que han sido ampliamente debatidos por sus impactos en el medio ambiente, la salud humana y la productividad agrícola. En este artículo, exploraremos las ventajas y desventajas de cada una de estas prácticas.

Desde una perspectiva agroecológica, la agricultura orgánica busca replicar los sistemas naturales, donde las interacciones entre las diferentes especies y el entorno crean un equilibrio sostenible a lo largo del tiempo. Este enfoque es coherente con las teorías de la ecología de sistemas, que sostienen que los ecosistemas agrícolas pueden ser manejados para mejorar su resiliencia ante las perturbaciones, como plagas o cambios climáticos.

Por otro lado, la agricultura inorgánica se fundamenta en una visión más mecanicista del sistema agrícola, en la que el suelo y los cultivos se tratan como componentes separados que pueden ser optimizados individualmente mediante insumos químicos y tecnologías. En esta visión, la productividad es prioritaria, incluso si esto implica comprometer algunos aspectos ecológicos, como la salud del suelo o la biodiversidad.

En términos de eficiencia, la agricultura inorgánica se apoya en la teoría de la modernización agrícola, que sostiene que las tecnologías avanzadas son necesarias para alimentar a una población en crecimiento. No obstante, en el debate contemporáneo sobre sostenibilidad, muchos autores argumentan que el enfoque convencional no es viable a largo plazo debido a sus impactos ambientales acumulativos (Badgley et al., 2007).

Agricultura orgánica

La agricultura orgánica se basa en la utilización de técnicas agrícolas que excluyen el uso de productos químicos sintéticos, como pesticidas y fertilizantes, y promueven el uso de recursos naturales y renovables. Este tipo de agricultura se rige por principios que buscan el equilibrio ecológico, la conservación de la biodiversidad y el respeto por los ciclos naturales.



Figura 2: Foto de Ram Iyengar.

Ventajas de la agricultura orgánica

1. Conservación del medio ambiente: Uno de los principales beneficios de la agricultura orgánica es su enfoque en la sostenibilidad. Al evitar productos químicos sintéticos, se reducen los niveles de contaminación del suelo y el agua, lo que contribuye a la salud de los ecosistemas.
2. Mejora de la salud del suelo: La agricultura orgánica promueve el uso de abonos naturales y la rotación de cultivos, lo que ayuda a mantener la fertilidad del suelo y evitar su degradación a largo plazo.
3. Productos libres de químicos: Los consumidores que eligen productos orgánicos valoran la ausencia de residuos de pesticidas en los alimentos, lo que puede tener un impacto positivo en la salud al reducir la exposición a sustancias potencialmente dañinas.
4. Fomento de la biodiversidad: La diversidad de cultivos y el uso de prácticas como el policultivo y la rotación de cultivos son comunes en la agricultura orgánica. Esto no solo mejora la resiliencia de los sistemas agrícolas, sino que también favorece la presencia de insectos beneficiosos y otras especies.

Desventajas de la agricultura orgánica

1. Baja productividad: Comparada con la agricultura convencional, la agricultura orgánica suele tener menores rendimientos debido a la ausencia de fertilizantes y pesticidas sintéticos. Esto puede llevar a una menor producción de alimentos en áreas donde se necesitan grandes volúmenes.
2. Costos elevados: Los productos orgánicos suelen ser más caros debido a los mayores costos de producción y al manejo intensivo que requiere este tipo de agricultura. Esto se traduce en precios más altos para los consumidores.
3. Demanda de mayor mano de obra: La agricultura orgánica generalmente requiere más trabajo manual, como el control de plagas y la fertilización natural, lo que puede aumentar los costos operativos para los agricultores.
4. Dependencia de las condiciones climáticas: Al no utilizar pesticidas ni fertilizantes sintéticos, los agricultores orgánicos dependen en mayor medida de las condiciones climáticas favorables para controlar las plagas y asegurar el crecimiento saludable de los cultivos.



Figura 3: Foto de Mark Stebnicki.



Agricultura inorgánica (convencional)

La agricultura inorgánica, también conocida como agricultura convencional, se caracteriza por el uso de tecnologías modernas y productos químicos sintéticos, como fertilizantes, pesticidas y herbicidas, con el fin de maximizar la productividad y el rendimiento de los cultivos.

Ventajas de la agricultura inorgánica

1. **Alta productividad:** Una de las principales ventajas de la agricultura inorgánica es su capacidad para producir grandes cantidades de alimentos en menos tiempo y en superficies más pequeñas. Esto es crucial para alimentar a la creciente población mundial.
2. **Control eficaz de plagas y enfermedades:** El uso de pesticidas y herbicidas permite un control más efectivo de las plagas y enfermedades, lo que reduce la pérdida de cultivos y asegura un suministro constante de alimentos.
3. **Menor necesidad de mano de obra:** Debido al uso de maquinaria y productos químicos, la agricultura inorgánica requiere menos trabajo manual, lo que disminuye los costos operativos y mejora la eficiencia de los procesos agrícolas.
4. **Mayor estabilidad económica:** Los agricultores que practican la agricultura convencional suelen tener mayores rendimientos, lo que les permite obtener mayores ingresos y sostener sus operaciones a largo plazo.

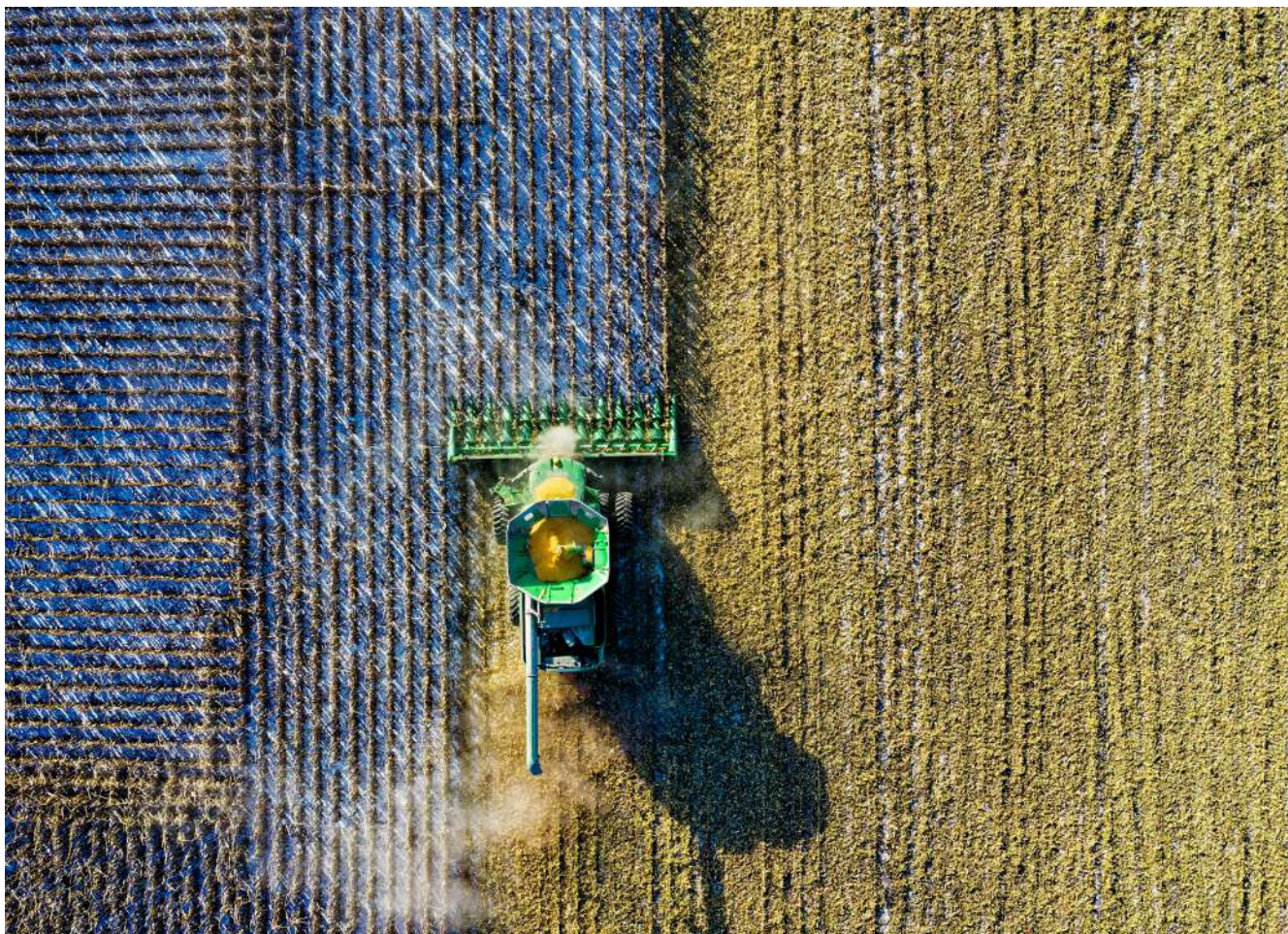


Figura 4: Foto de Tom Fisk.

Desventajas de la agricultura inorgánica

1. Impacto ambiental negativo: El uso excesivo de fertilizantes y pesticidas químicos puede contaminar el suelo, el agua y el aire, afectando la biodiversidad y la salud de los ecosistemas. Además, la agricultura convencional contribuye a la erosión del suelo y a la degradación ambiental a largo plazo.
2. Riesgos para la salud humana: La exposición a pesticidas y otros productos químicos puede tener efectos adversos en la salud humana, tanto para los agricultores que manejan estos productos como para los consumidores que ingieren alimentos con residuos químicos.
3. Dependencia de insumos externos: Los agricultores convencionales dependen en gran medida de insumos externos, como fertilizantes y pesticidas, lo que puede generar una vulnerabilidad económica ante el aumento de los precios de estos productos.
4. Degradación del suelo: El uso intensivo de fertilizantes sintéticos puede llevar a la pérdida de nutrientes esenciales en el suelo, lo que a largo plazo puede afectar la capacidad de la tierra para sostener cultivos saludables sin una mayor intervención.

Conclusiones

Tanto la agricultura orgánica como la inorgánica tienen ventajas y desventajas que deben ser consideradas a la hora de tomar decisiones sobre la producción de alimentos. Mientras que la agricultura orgánica es más sostenible y menos perjudicial para el medio ambiente, la agricultura inorgánica ofrece mayores rendimientos y es esencial para satisfacer la demanda de alimentos en todo el mundo. La solución puede no estar en elegir uno sobre el otro, sino en buscar un equilibrio entre ambos métodos que permita maximizar los beneficios mientras se minimizan los impactos negativos.

Bibliografía

Altieri, M. A. (1995). *Agroecology: The science of sustainable agriculture*. Westview Press.

Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chap-

pell, M. J., Avilés-Vázquez, K., Samulon, A., & Perfecto, I. (2007). Organic agriculture and the global food supply. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 22(2), 86-108.

Gomiero, T., Pimentel, D., & Paoletti, M. G. (2011). Environmental impact of different agricultural management practices: Conventional vs. organic agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 30(1-2), 95-124.

Lotter, D. W. (2003). Organic agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 21(4), 59-128.

Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), 229-232.

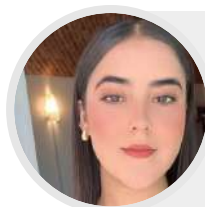
Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.



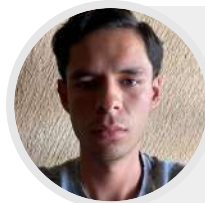
Figura 5: Foto de Ana Hidalgo Burgos.



PROCESO DE SEPARACIÓN DE **ADN Y ARN** EN TUNAS (*OPUNTIA SPP.*)



Sofia Vázquez Lara
Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
vl.sofia02@gmail.com



Juan Diego Ramírez Torres
Escuela de Agronomía
Universidad La Salle Bajío
diegotorram2002@gmail.com

Introducción

Las tunas, pertenecientes al género *Opuntia*, son plantas suculentas ampliamente cultivadas en regiones áridas y semiáridas de América Latina, especialmente en México, donde tienen una gran relevancia económica y cultural. Son especies altamente valoradas por su capacidad para adaptarse a condiciones ambientales extremas y por sus múltiples usos en la alimentación humana, la alimentación animal, la industria farmacéutica y cosmética. Los frutos de estas plantas, conocidos como tunas, y sus pencas o cladodios (comúnmente llamados nopales), tienen importantes aplicaciones nutricionales y medicinales.

El análisis del material genético de las tunas ha cobrado importancia en las últimas décadas, ya que su secuenciación y estudio de expresión génica permiten conocer con mayor profundidad los mecanismos moleculares involucrados en su adaptación al estrés hídrico, su resistencia a plagas, la producción de metabolitos secundarios, y su capacidad para fijar carbono en condiciones extremas. Para realizar estos estudios, es necesario extraer ADN y ARN de alta calidad que sirva de base para realizar estudios moleculares, como el análisis de secuencias, la amplificación de fragmentos específicos de ADN mediante PCR, estudios de expresión génica a través de RT-PCR y otros análisis genéticos.



Imagen 1. Presentación de la tuna a experimentar. Imagen del autor.



La extracción de ADN y ARN de tunas presenta retos particulares debido a la composición de sus tejidos, los cuales contienen altos niveles de polisacáridos (mucílagos), compuestos fenólicos, y otras sustancias que dificultan la purificación de los ácidos nucleicos. Estos compuestos pueden interferir en los procedimientos estándar de extracción y purificación de ADN y ARN, afectando tanto la cantidad como la calidad del material genético recuperado. Sin embargo, existen técnicas especializadas que permiten superar estos desafíos y obtener ácidos nucleicos adecuados para su uso en estudios moleculares.

Importancia del Estudio del ADN y ARN en Tunas

El estudio del ADN y ARN en tunas ofrece oportunidades para el mejoramiento genético, la conservación de recursos genéticos y la comprensión de los mecanismos de adaptación de las plantas a condiciones de estrés. Las tunas han sido históricamente cultivadas por su capacidad para sobrevivir en entornos áridos y semiáridos, y su cultivo es de gran importancia en regiones propensas a la desertificación. A través de la investigación genética, se pueden identificar genes clave asociados con la tolerancia a la sequía, la salinidad y otros factores ambientales adversos. Esta información es crucial para el desarrollo de variedades mejoradas que puedan ser más productivas y resistentes en condiciones de cambio climático.

Además, el análisis del ARN permite estudiar los patrones de expresión génica en respuesta a diferentes estímulos. Esto es particularmente relevante en estudios de biotecnología vegetal, donde la identificación de genes que se expresan en respuesta a factores de estrés, como la falta de agua o la presencia de patógenos, puede abrir nuevas vías para la mejora de los cultivos. También es posible identificar genes responsables de la biosíntesis de metabolitos secundarios con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias o anticancerígenas, que son de gran interés en la industria farmacéutica y nutracéutica.

Desafíos en la Extracción de ADN y ARN en Tunas

La extracción de ADN y ARN en tunas plantea retos técnicos debido a la presencia de altos niveles de polisacáridos y compuestos fenólicos en sus tejidos. Los polisacáridos, también conocidos como mucílagos, son sustancias viscosas que pueden co-purificarse con el ADN y ARN, afectando la calidad de los ácidos nucleicos y su capacidad para ser amplificados en técnicas como la PCR. Los compuestos fenólicos, por su parte, pueden oxidarse durante la extracción y unirse covalentemente al ADN, lo que también afecta la pureza del material genético y dificulta su manipulación en estudios posteriores.

Además, las tunas contienen una gran cantidad de agua en sus tejidos, lo que puede dificultar el proceso de lisis celular y extracción de los ácidos nucleicos. Los metabolitos secundarios, como los alcaloides y flavonoides, también pueden interferir con la extracción de ADN y ARN, causando su degradación o inhibiendo las reacciones enzimáticas necesarias para su amplificación o secuenciación.

A pesar de estos desafíos, se han desarrollado diversos protocolos para la extracción eficiente de ADN y ARN en tunas, los cuales incluyen el uso de tampones especiales, la adición de antioxidantes y otros reactivos que ayudan a eliminar los polisacáridos y compuestos fenólicos, y el uso de técnicas de purificación avanzadas, como columnas de afinidad o electroforesis en gel.

Protocolo de Extracción de ADN y ARN en Tunas

El protocolo de extracción de ADN en tunas puede variar dependiendo del tejido a utilizar (cladodios o frutos), pero en general sigue los pasos descritos a continuación:

1. Recolección y Preparación del Tejido Vegetal

El primer paso para la extracción de ADN consiste en la recolección del tejido vegetal adecuado. En el caso de las tunas, se pueden utilizar tanto los cladodios (nopales) como los frutos (tunas). Es pre-

ferible utilizar tejidos jóvenes, ya que estos suelen contener mayor cantidad de ADN y menos metabolitos secundarios que los tejidos más viejos. Los cladodios jóvenes son una buena fuente de ADN, ya que están en activo crecimiento y presentan menos lignificación que los cladodios más viejos.

Una vez recolectado el tejido, se debe congelar inmediatamente en nitrógeno líquido para evitar la degradación del ADN por enzimas nucleasas presentes en el citoplasma. El tejido congelado se almacena a -80°C hasta su procesamiento. La congelación en nitrógeno líquido también facilita el posterior paso de molienda del tejido, ya que los tejidos vegetales se vuelven frágiles y más fáciles de triturar en estado congelado.

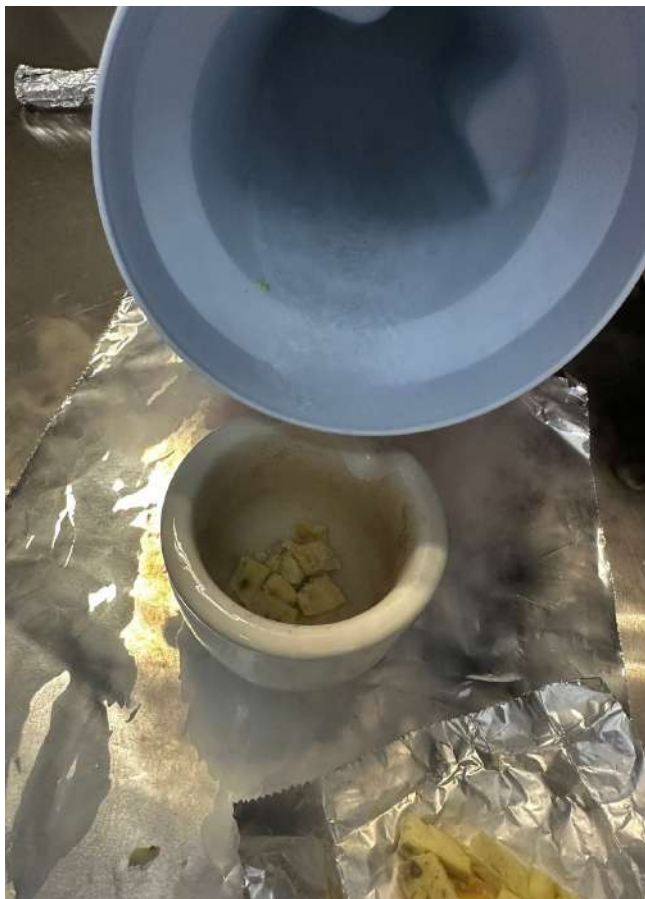


Imagen 2. Tuna congela en nitrógeno a -70°C , extrayéndola de dicha congelación. Imagen del autor.

2. Molienda del Tejido

El tejido congelado se tritura en un mortero previamente enfriado con nitrógeno líquido, hasta obtener un polvo fino. La molienda es un paso crucial para romper las paredes celulares de las células vegetales, permitiendo la liberación de los contenidos celulares, incluidos los ácidos nucleicos. Durante este paso, es importante evitar que el tejido se descongele, ya que la descongelación puede activar enzimas nucleasas que degradarían el ADN.



Imagen 3. Molienda de la tuna congelada para así poder tener un mejor manejo de esta. Imagen del autor.



3. Lisis Celular

El polvo de tejido obtenido tras la molienda se suspende en un tampón de lisis adecuado. El tampón más comúnmente utilizado es el tampón CTAB (bromuro de cetiltrimetilammonio), que es particularmente eficaz para plantas que contienen altos niveles de polisacáridos. El CTAB ayuda a disolver las membranas celulares y nucleares, permitiendo la liberación del ADN en la solución. Además, el CTAB se une a los polisacáridos y otros compuestos contaminantes, facilitando su separación del ADN en los pasos posteriores.

El tampón de lisis también contiene agentes quelantes como el EDTA, que secuestran los iones divalentes necesarios para la actividad de las nucleasas, inhibiendo así su acción y protegiendo el ADN de la degradación. Además, se pueden añadir antioxidantes como el ácido ascórbico o la polivinilpirrolidona (PVP) para prevenir la oxidación de los compuestos fenólicos, que de otro modo podrían dañar el ADN.

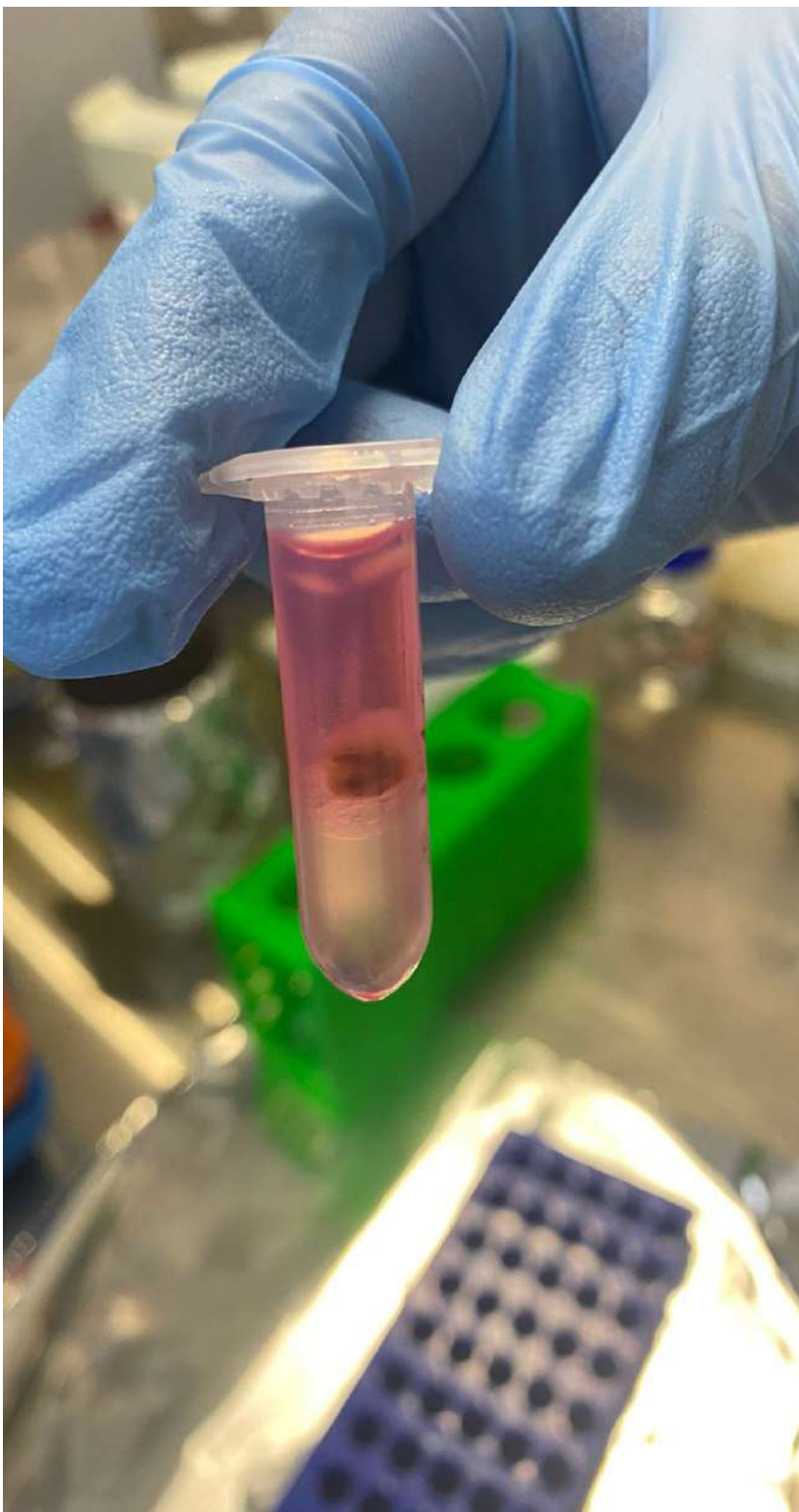


Imagen 4. Tuna dentro del tampón con sustancias divisoras del ADN y ARN. Imagen del autor.

4. Separación de Fases con Cloroformo

Tras la lisis celular, se añade cloroformo a la mezcla para inducir la separación de fases. El cloroformo es un solvente orgánico que facilita la eliminación de lípidos, proteínas y otros componentes no deseados del extracto celular. Después de la adición del cloroformo, la mezcla se centrifuga, lo que da lugar a la formación de tres fases: una fase acuosa superior que contiene el ADN, una interfase que contiene proteínas y residuos celulares, y una fase orgánica inferior que contiene lípidos.

La fase acuosa superior se recupera cuidadosamente utilizando una pipeta, evitando la interfase para evitar la contaminación con proteínas. Este paso es crucial para asegurar la pureza del ADN.



Imagen 5. Imagen del autor. ADN y ARN (parte líquida transparente superior), separa con cloroformo.

5. Precipitación del ADN

El ADN presente en la fase acuosa se precipita añadiendo isopropanol frío. El isopropanol reduce la solubilidad del ADN, lo que provoca que el ADN se agrupe en forma de un pellet visible. La mezcla se centrifuga nuevamente para recuperar el pellet de ADN, que luego se lava con etanol al 70% para eliminar contaminantes residuales. Después del lavado, el pellet de ADN se deja secar al aire para eliminar el exceso de etanol.

6. Re suspensión y Almacenamiento del ADN

El pellet seco de ADN se suspende en un volumen adecuado de agua destilada o en un tampón TE (Tris-EDTA), que estabiliza el ADN y lo protege de la degradación por nucleasas. El ADN obtenido se almacena a -20°C o -80°C , dependiendo del tiempo que se vaya a conservar antes de su uso.

Protocolo de Extracción de ARN y ADN en Tunas

El ARN es una molécula mucho más lábil que el ADN y es susceptible a la degradación por ribonucleasas presentes en los tejidos vegetales. Por esta razón, los protocolos de extracción de ARN deben incluir medidas adicionales para evitar la acción de estas enzimas y para preservar la integridad del ARN. El proceso general de extracción de ARN en tunas incluye los siguientes pasos:

1. Recolección y Congelación del Tejido

Al igual que en la extracción de ADN, el tejido destinado a la extracción de ARN debe recolectarse y congelarse rápidamente en nitrógeno líquido para evitar la activación de ribonucleasas. Además, todo el equipo utilizado (mortero, pinzas, espátulas, etc.) debe tratarse previamente con productos inhibidores de ribonucleasas, como el DEPC (dietilpírocarbonato), para asegurar la inactivación de estas enzimas.

2. Molienda del Tejido

El tejido vegetal congelado se tritura en un mortero con nitrógeno líquido hasta obtener un polvo fino, al igual que en el proceso de extracción de ADN. El polvo de tejido se mantiene congelado hasta su Re suspensión en el tampón de lisis.

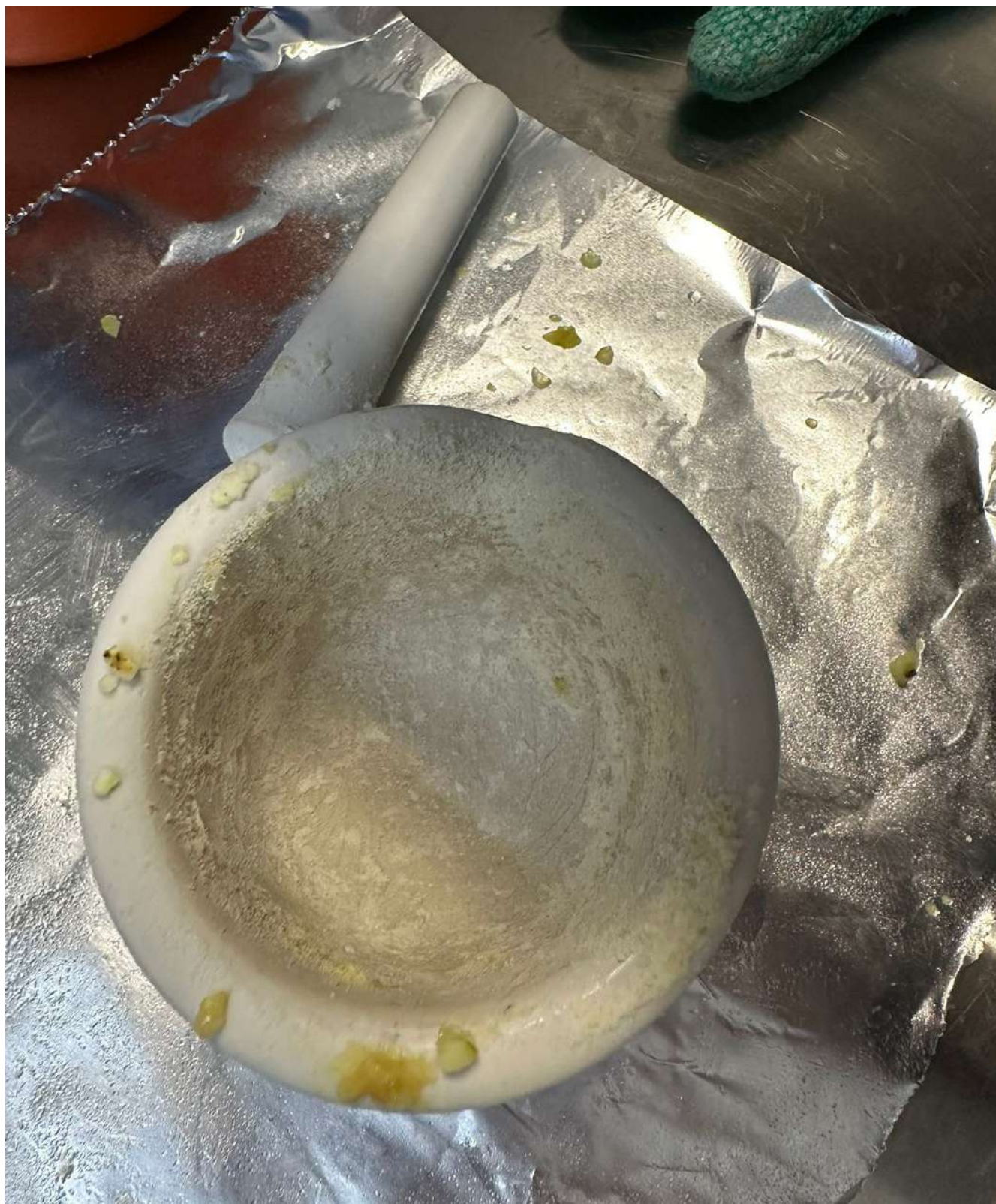


Imagen 6. Se molió la muestra congelada en nitrógeno. Imagen del autor.

3. Lisis Celular

La lisis celular para la extracción de ARN se realiza en un tampón de lisis que contiene detergentes fuertes, como el SDS (dodecil sulfato de sodio), para romper las membranas celulares y liberar el ARN. Es importante que el tampón de lisis también contenga agentes inhibidores de ribonucleasas, como el guanidinio isotiocianato, que inactiva estas enzimas y protege el ARN durante el proceso de extracción.

4. Separación de Fases con Fenol/Cloroformo

La separación de fases para la extracción de ARN se realiza utilizando una mezcla de fenol y cloroformo. El fenol desnaturaliza proteínas y disuelve lípidos, mientras que el cloroformo facilita la separación de las fases. Después de la centrifugación, se obtienen tres fases: una fase acuosa superior que contiene el ARN, una interfase con proteínas y una fase orgánica inferior.

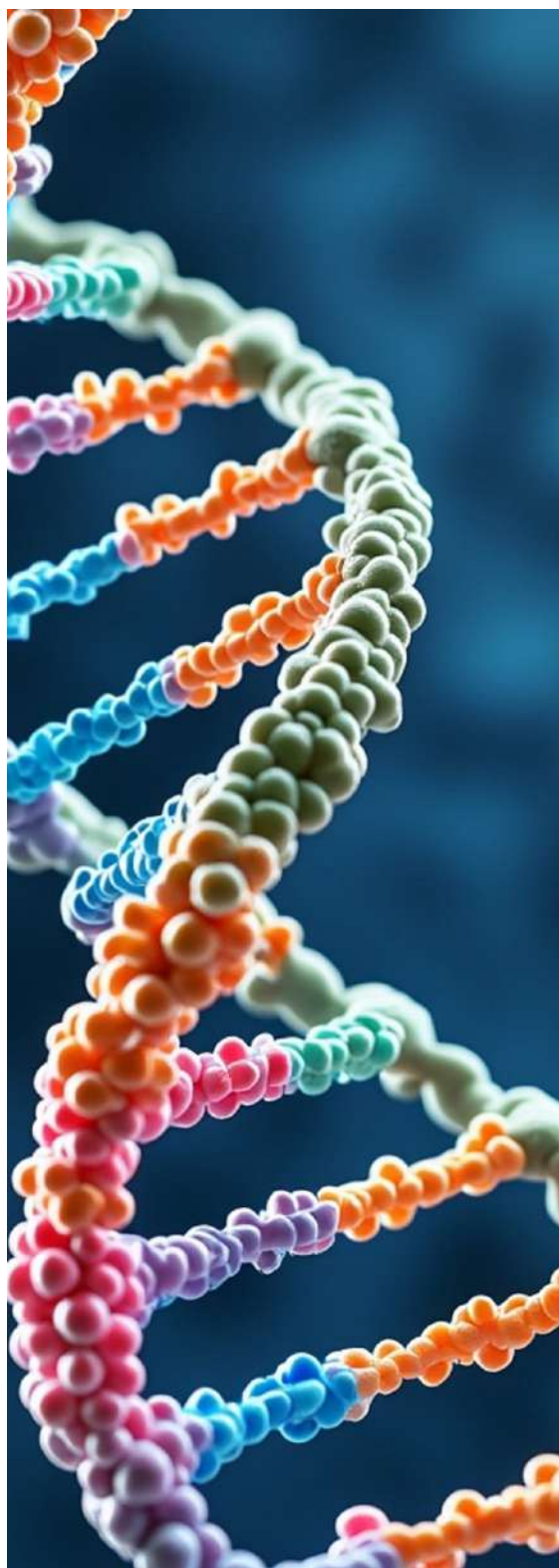
La fase acuosa superior se recupera cuidadosamente y se transfiere a un nuevo tubo, evitando la interfase para minimizar la contaminación con proteínas.

5. Precipitación del ARN

El ARN presente en la fase acuosa se precipita añadiendo etanol o isopropanol fríos. La mezcla se centrifuga para recuperar el ARN en forma de pellet. Este pellet se lava con etanol al 70%.



Imagen 7. Imagen del autor. Se centrifugó la muestra a 10,000 RPM durante 5 minutos.



Fotografía. Shutterstock.

6. Re suspensión y Almacenamiento del ARN

El pellet seco de ARN se suspende en agua libre de nucleasas o en un tampón especial para ARN. El ARN es más inestable que el ADN, por lo que debe almacenarse a temperaturas muy bajas (-80°C) y manipularse con cuidado para evitar su degradación.

Aplicaciones del ADN y ARN Extraído de Tunas

El ADN y ARN extraídos de tunas pueden ser utilizados en una amplia gama de estudios moleculares, algunos de los cuales incluyen:

- **Análisis de Diversidad Genética:** A través de técnicas como el uso de marcadores moleculares (RAPD, SSR, AFLP), se puede estudiar la variabilidad genética dentro de las poblaciones de tunas, lo cual es clave para programas de conservación y mejoramiento genético.
- **Secuenciación del Genoma:** La secuenciación del ADN permite la identificación de genes asociados a características deseables, como la resistencia a la sequía, lo que podría ser aprovechado en la mejora de cultivos.
- **Estudios de Expresión Génica:** El ARN extraído se utiliza para estudiar qué genes se expresan en respuesta a diferentes estímulos ambientales, como el estrés hídrico, y cómo esto afecta el metabolismo de la planta.
- **Transformación Genética:** El ADN puede ser utilizado en experimentos de transformación genética, donde se introducen genes de interés en las tunas para mejorar sus características agronómicas o productivas.

El proceso de extracción de ADN y ARN de tunas, aunque desafiante debido a la composición particular de sus tejidos, es esencial para la investigación en genética y biotecnología de esta planta. Técnicas adecuadas permiten obtener ácidos nucleicos de alta calidad que pueden ser utilizados en estudios moleculares, mejoramiento genético y biotecnología vegetal. La investigación en tunas tiene un potencial enorme para mejorar la productividad y resistencia de los cultivos frente a condiciones adversas, así como para el desarrollo de productos con aplicaciones industriales, alimentarias y medicinales.

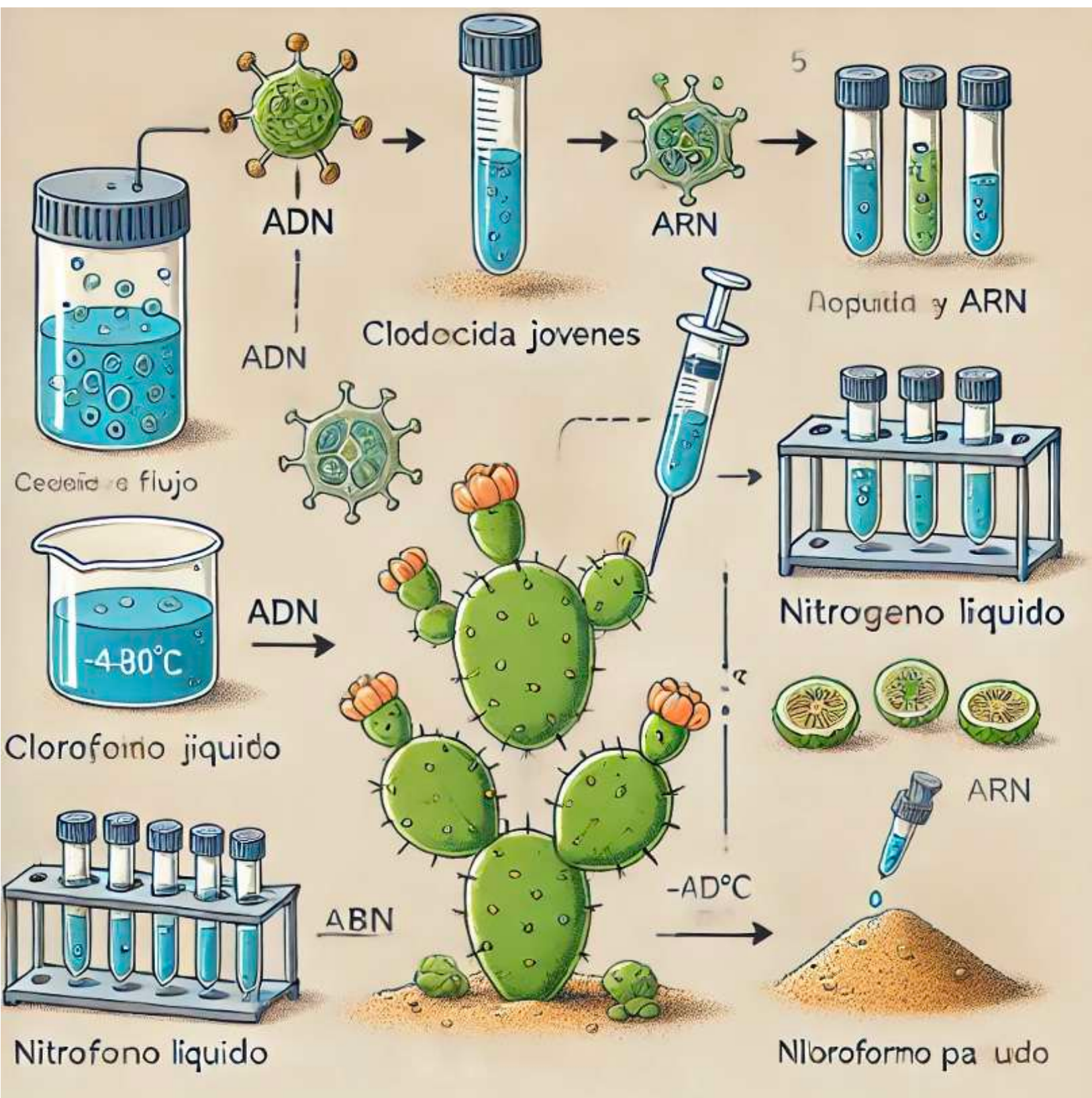


Imagen 7. Propia del autor.

MAESTRÍA EN

Agronegocios



POS
GRÁ
DOS



La Universidad La Salle Bajío,

a través de sus programas de Posgrado, te permite desarrollar competencias profesionales mediante una oferta académica pertinente, amplia y de vanguardia. Nuestra planta docente está conformada por profesionales en la materia, que se distinguen por su perfil académico y experiencia profesional.

Agronegocios

Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios: Campus Campestre SEP No. 2007590.
Programa registrado ante la Dirección General de Profesiones.

Objetivo general

Formar profesionistas que diseñen, ejecuten y controlen modelos de negocios, a través del análisis de los factores productivos para el desarrollo y fomento de las organizaciones involucradas en la cadena agropecuaria y rural, a nivel nacional y global.

Dirigido a

Egresados de Ingeniería en Agronomía, Veterinaria, Mercadotecnia, Administración de Empresas, Contaduría Pública, Comercio Internacional, Relaciones Industriales e Ingeniería Industrial, así como a personas con experiencia profesional en el sector agropecuario.

Horario de clases

Viernes de 18:00 a 21:00 y sábado de 8:00 a 14:00 h
Horario sujeto a variación según disponibilidad de docentes.



1er CUATRIMESTRE

Introducción al Modelo de Negocio Agropecuario
Economía en los Agronegocios
Gestión de Información Administrativa en los Agronegocios

2o CUATRIMESTRE

Logística de la Producción Agropecuaria
Análisis y Estrategias de Mercado en los Agronegocios
Administración Financiera de los Agronegocios

3er CUATRIMESTRE

Calidad e Inocuidad Agroalimentaria
Fuentes de Financiamiento y Apoyos de Gobierno
Investigación aplicada a los Agronegocios

4o CUATRIMESTRE

Administración de Operaciones para Agronegocios
Decisiones Globales en los Agronegocios
Planeación Estratégica en los Agronegocios

5o CUATRIMESTRE

Habilidades Directivas y Desarrollo Organizacional para los Agronegocios
Proyectos de Inversión en el Sector Agropecuario
Marco Normativo de los Agronegocios

PLAN DE ESTUDIOS

Campus Campestre

c_magronegocios@lasallebajio.edu.mx
Tel. (477) 710 85 00, ext. 2300



Para conocer toda la oferta académica de Posgrado consulta
lasallebajio.edu.mx



HACIA UNA PRODUCCIÓN SOSTENIBLE DE CAÑA DE AZÚCAR EN MÉXICO:

**USO DE PGPR Y
CARACTERIZACIÓN DE
PATÓGENOS ASOCIADOS
A LA SEMILLA**



Ismael Fernando Chávez Díaz

Dr. en Fitosanidad-Fitopatología
Investigador Titular
Centro Nacional de Recursos Genéticos INIFAP



Lily Xochilt Zelaya Molina

Dra. en Ciencias Químico Biológicas
Investigadora Titular
Centro Nacional de Recursos Genéticos



Juan Patishtan Pérez

Dr. en Biología Molecular
Investigador Titular
Campo Experimental las Huastecas INIFAP



Nelly Ethel Cortéz Martínez

Dra. en Biociencias
Profesora-Investigadora
Universidad Regional de los Altos

Fotografía. Propia del autor.



MUNDO DE RECURSOS GENÉTICOS

El cultivo de caña azucarera (*Saccharum officinarum* L.) es de gran importancia para la agroindustria a nivel mundial. Esta radica en su alta capacidad para generar biomasa y la versatilidad de su uso (SADER, 2018, 2018). Entre sus características, la planta de caña azucarera tiene la capacidad de almacenar niveles elevados de sacarosa en su tallo, por lo que se utiliza para la producción de diferentes tipos de azúcares. Según la ISO (International Sugar Organization), en 2023, a nivel mundial se presentó una producción de alrededor de 179,270 millones de toneladas, ocupando un área de 24 millones de ha cultivadas (ISO, 2024). Actualmente México destaca como el 6° país productor de caña de azúcar con 56,672,829 toneladas y una exportación del 6,07% del total mundial (ISO, 2024; SADER, 2018).

En la actualidad el cultivo de caña enfrenta diversas problemáticas que impactan su rendimiento y producción. Al ser un cultivo que genera altas cantidades de biomasa, requiere de volúmenes elevados de nutrientes para cumplir con la alta demanda que exige la industria. Esto ha conducido a una dependencia a los fertilizantes químicos, lo que propicia y agrava la problemática, ya que el uso continuo y elevado da paso a la contaminación de suelos, mantos fríaticos, aire y pérdida de la biodiversidad en los ecosistemas. De esta manera, se altera el equilibrio biológico de los ecosistemas y consecuentemente la salud humana (Jáquez-Matas *et al.*, 2022).

Con base en las necesidades del cultivo y bajo la necesidad de búsqueda de nuevas alternativas sostenibles, se sugiere la implementación de esquemas de nutrición vegetal en los que se incluyan microorganismos benéficos asociados a suelo de caña, con capacidad de fijación de nitrógeno y promoción de la nutrición y desarrollo vegetal. Las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR, por sus siglas en inglés) son capaces de actuar como un biofertilizante, por lo que sugieren ser una tecnología capaz de satisfacer las necesidades del cultivo al presente y conservar la capa-

cidad productiva de los suelos a futuro (Poliana Aparecida, 2022).

Dado que el cultivo de caña de azúcar contribuye fuertemente a la economía del país, el estado Mexicano ha reforzado los esfuerzos en la investigación para impulsar la producción de dicho cultivo. Entre las prioridades, se han explorado diversas variedades de caña azucarera con alto potencial para incrementar la producción. No obstante, es necesario desarrollar los paquetes tecnológicos que han de acompañar el manejo del cultivo sin afectar la estabilidad de los ecosistemas. Entre las alternativas sostenibles que permitan generar una producción más limpia de caña de azúcar sin perder de vista el rendimiento y la conservación de los recursos, suelo, agua y biodiversidad, las bacterias promotoras de crecimiento vegetal suponen una excelente alternativa para suplir las necesidades nutricionales del cultivo.

Además de las necesidades nutricionales, la salud del cultivo de caña se ve afectada por el ataque de microorganismos que causan enfermedades. Entre los diversos tipos de microorganismos, los hongos fitopatógenos representan una amenaza directa a la producción de caña de azúcar, que se traduce en riesgos económicos para el productor. En respuesta a las necesidades del gremio cañero mexicano, los investigadores del Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP, como participantes del Proyecto Nacional de Caña “Generación, validación y transferencia de tecnología para la producción sustentable de caña de azúcar en México” aislaron e identificaron a los hongos asociados a semilla agronómica de caña que afectan la sanidad del cultivo. Adicionalmente, evaluaron el potencial agrobiotecnológico de PGPRs nativas de caña aisladas previamente con la finalidad de definir si estas podrían ostentar potencial agrobiotecnológico que podría dirigirse a la generación de una tecnología.

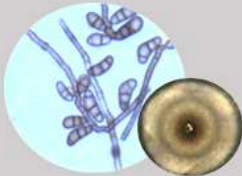
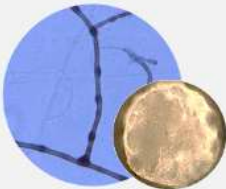
Bajo este contexto, el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG), como respuesta a la presente

necesidad ha propuesto generar una colección de microorganismos con alto potencial agrobiotecnológico que expresen capacidades dirigidas a coadyuvar la nutrición y sanidad vegetal. Así mismo, como parte de la colección, se pretende conservar a los fitopatógenos que afectan a la semilla agronómica de caña con la finalidad de contar con referentes que permitan desarrollar estrategias de manejo.

Con la finalidad de avanzar en la investigación de caña azucarera en México, los investigadores del

CNRG-INIFAP realizaron una búsqueda de los fitopatógenos que causan decaimiento en semilla agronómica de caña y utilizaron bacterias aisladas del cultivo previamente para determinar cuales de estas eran capaces de promover crecimiento vegetal.

A partir del aislamiento de tejido infectado, mismo que mostraba manchas rojizas en el tallo de las plantas de caña recién emergidas usadas como semilla agronómica, se aislaron principalmente tres hongos (cuadro 1).

Género	Microscopía y Colonia	Descripción
<i>Curvularia</i> sp.		Se observaron colonias de crecimiento abundante, con textura floculada y anillos concéntricos marrón amaderado, mientras que el micelio predominante fue negro oliva. Las cepas de <i>Curvularia</i> sp. presentaron micelio septado con conidióforos melanizados, en su mayoría simples y con crecimiento simpodial. Los conidios, también melanizados, fueron en su mayoría inequiláteros, con 3 a 5 células y la tercera célula visiblemente hinchada.
<i>Bipolaris</i> sp.		La colonia presentó crecimiento abundante, textura algodonosa, elevación planoconvexa, borde definido y color burro marrón (RGB: 65%, 58%, 46%). Los aislamientos de <i>Bipolaris</i> sp. mostraron micelio septado y altamente melanizado. Se observaron conidios desprendidos, grandes, con forma de fragmosporas, de 4 a 6 células, con pared gruesa y pigmentación intensa. Mostraban un extremo angosto con la cicatriz de unión, y otro redondeado.
<i>Rhizoctonia</i> sp.		La colonia presentó crecimiento irregular, textura algodonosa, bordes ondulados, micelio blanco con pigmentación oliva gris (RGB: 73%, 67%, 58%) y elevación acuminada. <i>Rhizoctonia</i> sp. mostró micelio de hialino a oscuro, con células largas y septos distantes de las hifas principales. No se observaron estructuras asexuales ni conidios, pero sí cuerpos similares a esporodiquitos y células semejantes a clamidosporas.
Las imágenes y descripciones corresponden al consenso de al menos 5 repeticiones, (Barnett y Hunter, 1955).		

Cuadro 1. Hongos fitopatógenos aislados de síntomas de enfermedad en semillas agronómicas de caña de azúcar.



MUNDO DE RECURSOS GENÉTICOS

Por otra parte, las bacterias de caña previamente aisladas, caracterizadas y conservadas en la colección de microorganismos del Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP correspondieron a los géneros *Paenibacillus* sp. PBE2T.4.2, *Pseudarthrobacter* sp. TETI.4.1, *Priestia* sp. PBE2T-4.1, *Bacillus* sp. TETI.4.3, *Microbacterium* sp. SE3A.5.1, las cuales mostraron capacidades diferenciales para la fijación de nitrógeno, solubilización de fósforo y potasio, movilización de zinc, producción de sideróforos y de ácido indol acético, de tal manera que se intuía su capacidad promotora de crecimiento.

Al inocular las plantas de caña de la variedad Col-Mex 94, los investigadores dedujeron que efectivamente estas bacterias tienen la capacidad de asociarse satisfactoriamente a la caña, ya que en todas las plantas inoculadas se observó una mejora en la arquitectura de la caña y en su actividad fotosintética, en comparación con las plantas que no fueron inoculadas. Así mediante la aplicación de formulas matemáticas los investigadores calcularon el radio de respuesta porcentual, es decir,

como se comportaron las cañas ante la presencia de las bacterias en comparación con las plantas que no fueron inoculadas. Los resultados mostraron que las cañas inoculadas con las bacterias *Pseudarthrobacter* sp. TETI.4.1 y las inoculadas con *Priestia* sp. PBE2T.4.2, lograron incrementar hasta un 50% la altura de las cañas en comparación a las plantas control. Aunque estas bacterias también incrementaron el diámetro de las plantas en las que se inocularon, la bacteria *Microbacterium* sp. SE3A.5.1 sobresalió numéricamente al incrementar hasta un 15% el diámetro de la planta de caña. Por último, como evidencia de que las bacterias son capaces de incrementar la actividad fisiológica de las plantas de caña, se midió la capacidad fotosintética a través de la medición de clorofila expresado como unidades SPAD, en donde las plantas inoculadas con las mismas tres bacterias mencionadas mostraron un mejor color verde en las hojas y un mayor contenido de clorofila, el cual incrementó hasta un 26% en total, con relación a las plantas no inoculadas.

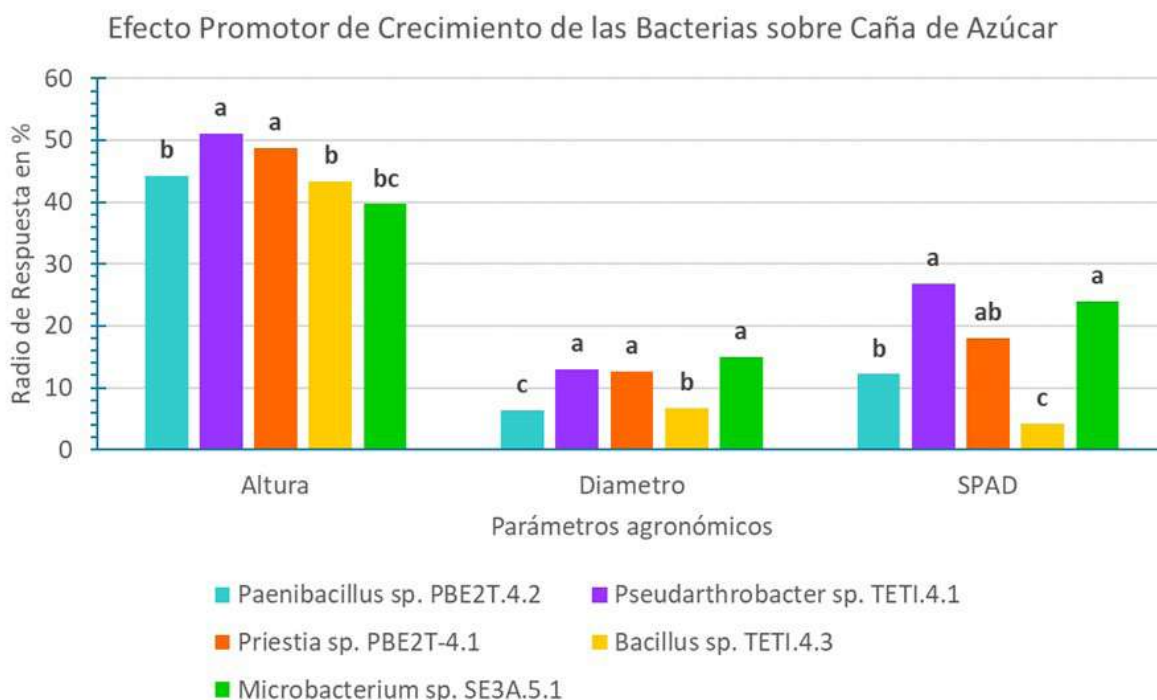


Figura 1. Respuestas agronómicas como efecto de la interacción entre las plantas de caña de azúcar y las bacterias promotoras de crecimiento vegetal. Las columnas representan la media de 4 repeticiones, las columnas señaladas con letras similares son estadísticamente iguales (Tukey $p \leq 0.01$).



Fotografía. Propia del autor.



Fotografía. Propia del autor.



Fotografía. Propia del autor.



MUNDO DE RECURSOS GENÉTICOS

Fotografía. Propia del autor.

Las presentes aportaciones al sector de caña azucarera de México suponen avances en el conocimiento del cultivo que permitirán la toma de decisiones para los comercializadores de semilla y para los agricultores.

Por una parte, el conocimiento de hongos capaces de merma la producción de semilla de caña azucarera, también podrían estar relacionados con un bajo rendimiento en campo, por lo que la determinación de los géneros específicos permitirá una toma de decisiones acertada en la aplicación de acciones preventivas que limiten el actuar de estos géneros fúngicos.

Por otra parte, las evidencias aquí mostradas de la capacidad agrobiotecnológica de las bacterias y las respuestas que tuvieron las plantas de caña a la presencia de las mismas, permiten vislumbrar la factibilidad del uso de estos microorganismos benéficos como biofertilizantes que promuevan una buena nutrición y sanidad vegetal en el cultivo.

Es necesario redoblar los esfuerzos por parte de los investigadores para diseñar tecnologías que permitan el uso de estos microorganismos en el campo, no obstante, actualmente se ha avanzado a la aplicación de las ciencias omicas para analizar de manera más detallada como que es que las plantas responden a la presencia de estas bacterias.





Referencias

Barnett, H.L., 1955. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Burgess Publishing Company.

ISO, C.N. para el D.S. de la C. de, 2024. Balance Mundial de Azúcar [WWW Document]. gob.mx. URL <http://www.gob.mx/conadesuca/articulos/balance-mundial-de-azucar> (accessed 11.19.24).

Jáquez-Matas, S.V., Pérez-Santiago, G., Márquez-Linares, M.A., Pérez-Verdín, G., Jáquez-Matas, S.V., Pérez-Santiago, G., Márquez-Linares, M.A., Pérez-Verdín, G., 2022. IMPACTOS ECONÓMICOS Y AMBIENTALES DE LOS PLAGUICIDAS EN CULTIVOS DE MAÍZ, ALFALFA Y NOGAL EN DURANGO, MÉXICO. Revista internacional de contaminación ambiental 38. <https://doi.org/10.20937/rica.54169>

Poliana Aparecida, L.R., 2022. Inoculation with Plant Growth-Promoting Bacteria to Reduce Phosphate Fertilization Requirement and Enhance Technological Quality and Yield of Sugarcane [WWW Document]. URL <https://www.mdpi.com/2076-2607/10/11/192> (accessed 11.19.24).

SADER, R.A., 2018. La caña de azúcar y su importancia para la industria azucarera [WWW Document]. gob.mx. URL <http://www.gob.mx/agricultura/nayarit/articulos/la-cana-de-azucar-y-su-importancia-para-la-industria-azucarera?idiom=es> (accessed 11.19.24).

SADER, R.A.S.L., 2018. La caña de azúcar cultivo agrícola más importante [WWW Document]. gob.mx. URL <http://www.gob.mx/agricultura/%7Csanluispositosi/articulos/la-cana-de-azucar-cultivo-agricola-mas-importante> (accessed 11.19.24).



METALÓFOROS MICROBIANOS EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS AGROECOSISTEMAS

En los últimos años, entre las nuevas estrategias implementadas para mitigar los efectos negativos de los agroquímicos en el suelo, agua y la salud humana, el desarrollo de bioproductos basados en microorganismos beneficiosos ha ganado atención significativa en los sectores académico, industrial y gubernamental (Anjaria, & Vaghela, 2024). Las bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV) y los hongos promotores de crecimiento vegetal (HPCV) establecen relaciones simbióticas en la rizósfera, la episfera o la endósfera de la planta (Pedraza *et al.*, 2010), y promueven el crecimiento y el rendimiento de los cultivos a través de mecanismos directos e indirectos. En ambos tipos de mecanismos, la capacidad de producir sideróforos es una característica clave de muchas cepas efectivas de PGPB y PGPF, que se pueden utilizar para el desarrollo de biofertilizantes o biofungicidas (Verma *et al.*, 2019).

Los iones metálicos como el cobre, el hierro, el manganeso, el molibdeno, el níquel, el vanadio y el zinc son oligoelementos esenciales necesarios para el funcionamiento enzimático de los microorganismos y las plantas (Johnston, 2005). Sin embargo, estos metales a menudo están presentes en bajas concentraciones en el suelo y pueden ser insolubles o biológicamente no disponibles. Las arqueas, bacterias, hongos y plantas han desarrollado mecanismos para capturar estos metales mediante la secreción de agentes quelantes llamados metalóforos, que secuestran iones metálicos de otras especies químicas, generalmente del suelo (Callahan *et al.*, 2006). Una vez transportados a las células, los iones metálicos se liberan de los metalóforos, volviéndose biodisponibles. Los metalóforos son moléculas orgánicas de baja masa molecular que facilitan la complejación y movilización de iones metálicos (Pesch *et al.*, 2013). Su bio-



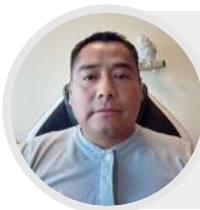
Lily X. Zelaya-Molina

Dra. en Ciencias Quimicobiológicas
Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP
zelaya.lily@inifap.gob.mx



I. Fernando Chávez-Díaz

Dr. en Fitopatología
Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP
chavez.fernando@inifap.gob.mx



José A. Urrieta-Velázquez

Dr. en Ciencias en Edafología
RASPA-INIFAP
urrieta.jose@inifap.gob.mx



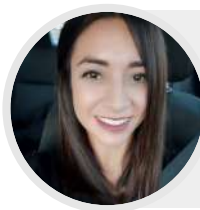
Mario Blanco-Camarillo

M. en C. en Ciencias en Edafología
Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo
marioc.s@hotmail.com



Zoe Resendiz-Venado

Lic. en Químico Farmacéutico Biotecnólogo
CULagos-Universidad de Guadalajara
zoevenadorez@gmail.com



Esmeralda Plascencia-Ulloa

Lic en Biología
CUCosta-Universidad de Guadalajara
esmeraldaplascenciaulloa@gmail.com

síntesis y exudación dependen de las concentraciones internas de iones metálicos del organismo (Ghssein *et al.*, 2018). Los sideróforos, los metalóforos más conocidos y extensamente estudiados, participan principalmente en la adquisición de hierro. Estos compuestos, que consisten en aproximadamente 500 quelantes diferentes que varían de 400 a 1500 Da, exhiben una alta afinidad por el Fe³⁺ pero también pueden quelar otros micronutrientes metálicos o iones tóxicos, formando



MUNDO DE RECURSOS GENÉTICOS

complejos estables con elementos como aluminio, cadmio, cobre, galio, indio, plomo y zinc (Kramer et al., 2020). Los sideróforos más conocidos son la pioverdina, la piochelina y la piocianina de cepas de *Pseudomonas*, así como la enterobactina de *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* (Ghssein et al., 2022). Los sideróforos reportados de hongos incluyen el ácido dimerum, la fusigena, la coprogena y la ferricrocina de especies de *Trichoderma* (Lehner et al., 2013); la ferrirubina de *Paecilomyces variotii* (Hollinsworth & Martin, 2009); el ferricromo de *Ustilago sphaerogena* y la fusarinina C de *Fusarium roseum* (Saharan & Nehra, 2011). Otros metalóforos incluyen la estafilopina, que absorbe un amplio espectro de metales (Ghssein et al., 2016), la pseudopalina, específica para níquel y zinc (Lhospice et al., 2017), y la yersiniabactina, que quela hierro y níquel (Robinson et al., 2018). Investigaciones recientes también han comenzado a explorar metalóforos como los calcóforos (metalóforos de cobre), molibdóforos, vanadóforos y zincóforos (Bellenger et al., 2008). Además, se han reportado metalóforos específicos para cobalto, oro y lantánidos (Cotruvo et al., 2019).

En las comunidades microbianas, las interacciones microbianas se rigen en gran medida por metabolitos secundarios, incluidos los metalóforos, que median la cooperación, la explotación y la competencia entre poblaciones y comunidades microbianas. Por ejemplo, los sideróforos pueden ser adquiridos por células de la misma especie o de diferentes especies que poseen los receptores correspondientes, distribuyendo los costos y beneficios de la producción de los sideróforos entre los individuos. Sin embargo, los sideróforos también pueden inducir la inanición de hierro en células que carecen de estos receptores específicos (Cordero et al., 2012). Por lo tanto, en las comunidades microbianas, los sideróforos pueden compartirse cooperativamente o ser explotados por células “tramposas” no productoras (MacLean, 2008).

Los metalóforos desempeñan un papel crucial en el ciclo de metales esenciales en el medio ambiente; varios de estos iones metálicos son indispensables para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por

ejemplo, se ha demostrado que cepas productoras de sideróforos como *Pseudomonas* sp. GRP3A y PRS aumentan las tasas de germinación y promueven el crecimiento de las plantas en el maíz (Sharma & Johri, 2003). Además, los sideróforos bacterianos pueden impactar significativamente la expresión génica de las plantas. En *A. thaliana* la apo-pioverdina producida por *Pseudomonas fluorescens* C7R12 regula positivamente los genes relacionados con el desarrollo y la adquisición de hierro, mientras que regula negativamente los genes relacionados con defensa (Trapet et al., 2016). Los sideróforos también desempeñan un papel crucial en la adaptación de las bacterias de la filósfera, como lo demuestra su papel en la promoción del crecimiento de la población de agentes de biocontrol como *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* 22d/93 contra el fitopatógeno *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* (Wensing et al., 2010).

Los metalóforos microbianos también desempeñan un papel crítico en la supresión de enfermedades de las plantas. En la rizósfera, las comunidades microbianas compiten con los patógenos de las plantas por el espacio y el acceso a los depósitos de iones metálicos. Además, los sideróforos contribuyen a la supresión de enfermedades a través de diversos mecanismos, incluyendo la producción de compuestos antibióticos, la síntesis de enzimas líticas y la inducción de resistencia sistémica adquirida (Loper & Buyer, 1991). Por ejemplo, el sideróforo enantio-piochelina producido por *Pseudomonas protegens* CS1 exhibe actividad antagonista contra *Xanthomonas citri* subsp. *citri* al generar especies reactivas de oxígeno (ROS) a partir de la piochelina. Además, ciertas cepas productoras de sideróforos mejoran el crecimiento y desarrollo de las plantas al tiempo que desempeñan un papel crucial en el control biológico. Por ejemplo, los sideróforos de *Rhizobium meliloti* funcionan como agentes de biocontrol contra *Macrophomina phaseolina* en *Mucuna pruriens*, mientras que simultáneamente aumentan la biomasa de las plántulas y la formación de nódulos frescos (Arora et al., 2001).

En el contexto de la agricultura, los metalóforos microbianos desempeñan un papel crucial en la promoción de la salud y la productividad de las plantas (Figura 1). Varios biofertilizantes, bioestimulantes e inoculantes del suelo incorporan cepas microbianas productoras de metalóforos que mejoran el rendimiento de los cultivos. Los metalóforos microbianos mejoran la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas; estas moléculas reducen la necesidad de fertilizantes sintéticos y mejoran la disponibilidad de nutrientes. Al mismo tiempo, los metalóforos microbianos estimulan el crecimiento de microorganismos benéficos del suelo que mejoran la estructura y la fertilidad del suelo, y contribuyen a una mejor salud del suelo. El uso de metalóforos en el ciclo de nutrientes puede desarrollar estrategias de fertilización dirigidas, reducir los insumos de fertilizantes y minimizar los impactos ambientales. Por ejemplo, en estos momentos diversos estudios se están desarrollando para encontrar cepas productoras de metalóforos que puedan emplearse como auxiliares en sistemas de producción específicos donde la disponibilidad de iones de metales pesados involucrados en la nutrición vegetal sea limitada.

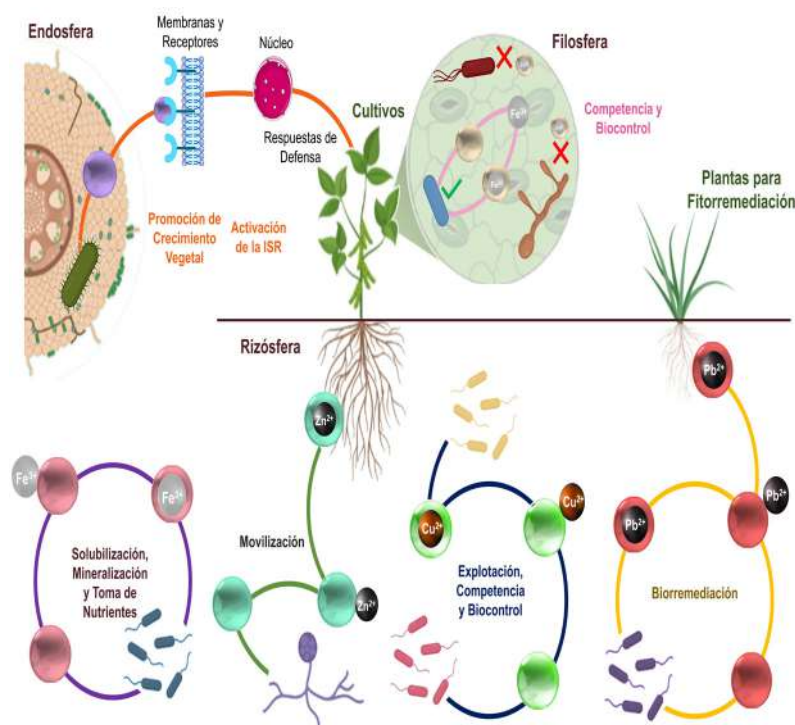


Figura 1. Papel de los metalóforos en las interacciones microbianas y vegetales. Los metalóforos son moléculas que permiten a los microorganismos interactuar con su entorno, otros microorganismos y las plantas. En el suelo, contribuyen a la mineralización y solubilización, facilitando la absorción de iones esenciales (Tomado de Zelaya-Molina et al., 2025).

Los metalóforos microbianos también ofrecen un enfoque sostenible y respetuoso con el medio ambiente para mitigar la contaminación por metales pesados en los suelos agrícolas (Figura 2). Por ejemplo, la producción de sideróforos con diversas propiedades químicas permite a los microorganismos secuestrar hierro en diferentes condiciones ambientales o realizar funciones complementarias, lo que los hace ideales para la biorremediación de ecosistemas; además, al reducir el estrés por metales, los metalóforos protegen indirectamente los cultivos de los estreses bióticos y abióticos (Ahmed & Holmström, 2014). Por lo tanto, los metalóforos contribuyen a los esfuerzos de biorremediación al limpiar suelos y vías fluviales contaminados y mejorar los procesos de fitorremediación ya que inmovilizan los metales pesados y evitan su absorción, protegiendo a las plantas del estrés oxidativo, la inhibición del crecimiento y otros efectos nocivos (Laschat et al., 2017). Además, los metalóforos microbianos producidos por la comunidad microbiana asociada con plantas hiperacumuladoras permiten a esas plantas tolerar concentraciones más altas de metales en sus tejidos.



MUNDO DE RECURSOS GENÉTICOS



Figura 2. Aplicaciones actuales y potenciales de los metalóforos en los sectores industrial, médico y agrícola (Tomado de Zelaya-Molina *et al.*, 2025).

Grandes esfuerzos se están llevando a cabo para el uso de los metalóforos en la industria, la medicina y el medioambiente debería reflejarse en la estabilidad de los agroecosistemas (Figura 2). Por ejemplo, en el sector médico, los sideróforos se han utilizado como un “caballo de Troya” para simplificar el manejo de cepas multirresistentes, prevenir la aparición de nuevas resistencias a los antibióticos y reducir los impactos ecológicos y ambientales (Córdova-Albores *et al.*, 2021). En el sector industrial, los avances en la investigación de metalóforos pueden impactar significativamente las prácticas agrícolas. La biorremediación, que utiliza metalóforos para eliminar metales pesados de los residuos industriales y los sitios contaminados, es crucial para la agricultura, ya que previene la contaminación de las tierras agrícolas y las fuentes de agua, lo que garantiza la salud y la productividad a largo plazo de los ecosistemas agrícolas (Timofeeva *et al.*, 2022). Además, los procesos de recuperación

de recursos facilitados por los metalóforos pueden extraer eficientemente metales valiosos de las corrientes de residuos industriales. Esto reduce la necesidad de minería y minimiza el impacto ambiental asociado con la extracción de recursos, promoviendo así prácticas agrícolas sostenibles (Laschat *et al.*, 2017). De esta manera, las aplicaciones industriales de la investigación de metalóforos pueden contribuir significativamente a la estabilidad y la sostenibilidad a largo plazo de los agroecosistemas. Es necesario abordar varios desafíos para permitir la aplicación generalizada de metalóforos microbianos (Figura 2). Se pueden utilizar técnicas ómicas avanzadas, como la genómica, la transcriptómica y la proteómica, para identificar nuevos metalóforos y dilucidar sus mecanismos reguladores. Estos esfuerzos incluyen la búsqueda de metalóforos con una alta especificidad para los metales objetivo y la ampliación de su producción para satisfacer las demandas agrícolas.

References

- Ahmed, E., Holmström, S.J. 2014. Siderophores in environmental research: Roles and applications. *Microb. Biotechnol.* 7, 196-208. <https://doi.org/10.1111/1751-7915.12117>
- Anjaria, P., Vaghela, S. 2024. Toxicity of agrochemicals: Impact on environment and human health. *J. Toxicol. Stud.* 2, 250. <https://doi.org/10.59400/jts.v2i1.250>
- Arora, N., Kang, S., Maheshwari, D. 2001. Isolation of siderophore-producing strains of *Rhizobium meliloti* and their biocontrol potential against *Macrophomina phaseolina* that causes charcoal rot of groundnut. *Curr. Sci.* 81, 673-677.
- Bellenger, J.P., Wichard, T., Kraepiel, A.M.L. 2008. Vanadium requirements and uptake kinetics in the dinitrogen-fixing bacterium *Azotobacter vinelandii*. *Appl. Environ. Microbiol.* 74, 1478-1484. <https://doi.org/10.1128/AEM.02236-07>
- Callahan, D.L., Baker, A.J., Kolev, S.D., Wedd, A.G. 2006. Metal ion ligands in hyperaccumulating plants. *J. Biol. Inorg. Chem.* 11, 2-12. <https://doi.org/10.1007/s00775-005-0056-7>
- Cordero, O.X., Ventouras, L.A., DeLong, E.F., Polz, M.F. 2012. Public good dynamics drive evolution of iron acquisition strategies in natural bacterioplankton populations. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 109, 20059-20064. <https://doi.org/10.1073/pnas.1213344109>
- Córdova-Albores, L.C., Zelaya-Molina, L.X., Ávila-Alistac, N., Valenzuela-Ruiz, V., Cortés-Martínez, N.E., Parra-Cota, F.I., Burgos-Canul, Y.Y., Chávez-Díaz, I.F., Fajardo-Franco, M.L., de los Santos-Villalobos, S. 2021. Omics sciences potential on bioprospecting of biological control microbial agents: The case of Mexican agro-biotechnology. *Mex. J. Phytopathol.* 39, 147-184. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2009-3>
- Cotruvo, J.A.. 2019. The chemistry of lanthanides in biology: Recent discoveries, emerging principles, and technological applications. *ACS Cent. Sci.* 5, 1496-1506. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.9b00642>
- Ghssein, G., Brutesco, C., Ouerdane, L., Fojcik, C., Izaute, A., Wang, S., Hajjar, C., Lobinski, R., Lemaire, D., Richaud, P., Voulhoux, R., Es-paillat, A., Cava, F., Pignol, D., Borezée-Durant, E., Arnoux, P. 2016. Biosynthesis of a broad-spectrum nicotianamine-like metallophore in *Staphylococcus aureus*. *Science* 352, 1105-1109. <https://doi.org/10.1126/science.aaf1018>
- Ghssein, G., Ezzeddine, Z. 2022. A review of *Pseudomonas aeruginosa* metallophores: Pyoverdine, pyochelin and pseudopaline. *Biology* 11, 1711. <https://doi.org/10.3390/biology11121711>
- Ghssein, G., Matar, S.F. 2018. Chelating mechanisms of transition metals by bacterial metallophores "pseudopaline and staphylopine": A quantum chemical assessment. *Computation* 6, 56. <https://doi.org/10.3390/computation6040056>
- Holinsworth, B.; Martin, J.D. 2009. Siderophore production by marine derived fungi. *BioMetals* 22, 625-632. <https://doi.org/10.1007/s10534-009-9239-y>
- Johnston, A.E. 2005. Trace elements in soil: Status and management. En: *Essential Trace Elements for Plants, Animals and Humans*; Thorvaldsson, G., Jónsdóttir, R.S., Eds.; Nordic Association of Agricultural Scientists: Reykjavík, Iceland, pp. 7-14.
- Kramer, J., Özkaya, Ö., Kümmerli, R. 2020. Bacterial siderophores in community and host interactions. *Nat. Rev. Microbiol.* 18, 152-163. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0284-4>
- Laschat, S., Bilitewski, U., Blodgett, J., Duhme-Klair, A.K., Dallavalle, S., Routledge, A., Schobert, R. 2017. Chemical and biological aspects of nutritional immunity-perspectives for new anti-infectives targeting iron uptake systems. *Angew. Chem. Int. Ed.* 56, 14360. <https://doi.org/10.1002/anie.201701586>
- Lehner, S.M., Atanasova, L., Neumann, N.K., Krska, R., Lemmens, M., Druzhinina, I.S., Schuhmacher, R. 2013. Isotope-assisted screening for iron-containing metabolites reveals a high degree of diversity among known and unknown siderophores produced by *Trichoderma* spp. *Appl. Environ. Microbiol.* 79, 18-31. <https://doi.org/10.1128/AEM.02339-12>
- Lhospace, S., Gomez, N.O., Ouerdane, L., Brutesco, C., Ghssein, G., Hajjar, C., Liratni, A., Wang, S., Richaud, P., Bleves, S., Ball, G., Borezée-Durant, E., Lobinski, R., Pignol, D., Arnoux, P., Voulhoux, R. 2017. *Pseudomonas aeruginosa* zinc uptake in chelating environment is primarily mediated by the metallophore pseudopaline. *Sci. Rep.* 7, 17132. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-16765-9>
- Loper, J.E., Buyer, J.S. 1991. Siderophores in microbial interactions on plant surfaces. *Mol. Plant Microbe Interact.* 4, 5-13. <https://doi.org/10.1094/MPMI-4-005>
- MacLean, R.C. 2008. The tragedy of the commons in microbial populations: Insights from theoretical, comparative and experimental studies. *Heredity* 100, 471-477. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6801073x>
- Pedraza, R.O., Teixeira, K.R.S., Fernández-Scavino, A., García-de Salamone, I., Baca, B.E., Azcón, R., Baldani, V.L.D., Bonilla, R. 2010. Microorganisms that enhance plant growth and soil quality. *Review. Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 11, 155-164.
- Pesch, M.L., Hoffmann, M., Christl, I., Kraemer, S.M., Kretzschmar, R. 2013. Competitive ligand exchange between Cu-humic acid complexes and methanobactin. *Geobiology* 11, 44-54. <https://doi.org/10.1111/gbi.12010>
- Robinson, A.E., Lowe, J.E., Koh, E.I., Henderson, J.P. 2018. Uropathogenic enterobacteria use the yersiniabactin metallophore system to acquire nickel. *J. Biol. Chem.* 293, 14953-14961. <https://doi.org/10.1074/jbc.RA118.004483>
- Saharan, B.S., Nehra, V. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria: A critical review. *Life Sci. Med. Res.* 21, 1-30.
- Sharma, A., Johri, B. 2003. Growth promoting influence of siderophore-producing *Pseudomonas* strains GRP3A and PRS9 in maize (*Zea mays* L.) under iron limiting conditions. *Microbiol. Res.* 158, 243-248. <https://doi.org/10.1078/0944-5013-00197>
- Timofeeva, A.M., Galyamova, M.R., Sedykh, S.E. 2022. Bacterial siderophores: Classification, biosynthesis, perspectives of use in agriculture. *Plants* 11, 3065. <https://doi.org/10.3390/plants11223065>
- Trapet, P., Avoscan, L., Klinguer, A., Pateyron, S., Citerne, S., Chervin, C., Mazurier, S., Lemanceau, P., Wendehenne, D., Besson-Bard, A. 2016. The *Pseudomonas fluorescens* siderophore pyoverdine weakens *Arabidopsis thaliana* defense in favor of growth in iron-deficient conditions. *Plant Physiol.* 171, 675-693. <https://doi.org/10.1104/pp.15.01537>
- Verma, P.P., Shelake, R.M., Das, S., Sharma, P., Kim, J.Y. 2019. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and fungi (PGPF): Potential biological control agents of diseases and pests. En: *Microbial Interventions in Agriculture and Environment*; Singh, D.P., Kumar-Gupta, V., Prabha, R., Eds.; Springer Nature: Singapore, pp. 281-311. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8391-5_11
- Wensing, A., Braun, S.D., Büttner, P., Expert, D., Völksch, B., Ullrich, M.S., Weingart, H. 2010. Impact of siderophore production by *Pseudomonas syringae* pv. *syringae* 22d/93 on epiphytic fitness and biocontrol activity against *Pseudomonas syringae* pv. *glycinea* 1a/96. *Appl. Environ. Microbiol.* 76, 2704-2711. <https://doi.org/10.1128/AEM.02979-09>
- Zelaya-Molina, L.X., Chávez-Díaz, I.F., Urrieta-Velázquez, J.A., Aragón-Magadan, M.A., Puente-Valenzuela, C.O., Blanco-Camarillo, M., de los Santos-Villalobos, S., Ramos-Garza, J. 2025. Microbial metallophores in the productivity of agroecosystems. *Microbiol. Res.* 16, 67. <https://doi.org/10.3390/microbiolres16030067>



MUNDO DE RECURSOS GENÉTICOS

Fotografía: Technobulka en Pexels.



ENFOQUE DE REDES FARMACOLÓGICAS PARA EL ESTUDIO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE ORIGEN AGRÍCOLA CON POTENCIAL BIOMÉDICO



MUNDO DE RECURSOS GENÉTICOS



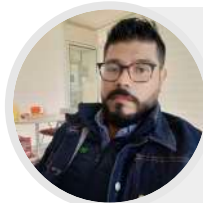
Fernando Martínez-Esquivias

Dr. en Biociencias

Profesor-Investigador Asociado A

Centro Universitario de los Altos, Universidad de Guadalajara

fernando.mesquivias@academicos.udg.mx



I. Fernando Chávez-Díaz

Dr. en Fitosanidad-Fitopatología

Investigador Titular

Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP

Chavez.fernando@inifap.gob.mx



Laura Elena Iñiguez Muñoz

Dra. en Procesos Biotecnológicos

Profesora-Investigadora Titular A

Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara

laura.iniguez@academicos.udg.mx



La agricultura es, por excelencia, la fuente de alimento para la humanidad. No obstante, históricamente ha sido una fuente primordial de compuestos bioactivos con aplicaciones terapéuticas. Entre los compuestos bioactivos el 6-gingerol, un componente fenólico principal del jengibre (*Zingiber officinale*), ha captado la atención de la comunidad científica por sus propiedades anticancerígenas (Mao *et al.*, 2019). Estudios recientes han explorado su potencial en la prevención y tratamiento del cáncer, así como las metodologías empleadas para desentrañar sus mecanismos de acción, destacando el papel de las redes farmacológicas en este contexto.

El 6-gingerol es reconocido por una variedad de propiedades biológicas, incluyendo actividades antiinflamatorias, antioxidantes y anticancerígenas. Investigaciones han demostrado que este compuesto puede inducir apoptosis (muerte celular programada) en células cancerosas, inhibir la proliferación celular y suprimir la metástasis en diversos tipos de cáncer, como el de mama, ovario y pulmón (Zivarpour *et al.*, 2021). Como muestra de ello, un estudio evidenció que el 6-gingerol inhibe el crecimiento de células de cáncer de pulmón mediante la supresión de la expresión de la peptidasa específica de ubiquitina 14 (USP14), lo que a su vez regula la ferroptosis dependiente de la autofagia. El 6-gingerol ha sido objeto de múltiples estudios que evidencian su capacidad para inhibir la proliferación de células cancerosas, inducir la apoptosis (muerte celular programada) y detener el ciclo celular en diversas líneas celulares tumorales. Por ejemplo, investigaciones han demostrado que este compuesto puede inducir daño en el ADN de células de cáncer de pulmón de células no pequeñas (NSCLC), llevando a la detención del ciclo celular y apoptosis a través de la vía mitocondrial intrínseca. Además, el 6-gingerol ha mostrado eficacia en la modulación de diversas vías de señalización celular relacionadas con el cáncer, incluyendo NF- κ B, STAT3 y MAPK, lo que sugiere su potencial como agente terapéutico multifuncional en la oncología (Lin *et al.*, 2012).

Las redes farmacológicas representan un enfoque interdisciplinario que combina la farmacología, la

bioinformática y la biología de sistemas para comprender las interacciones complejas entre fármacos, objetivos moleculares y vías biológicas. Este enfoque permite identificar múltiples objetivos terapéuticos y entender cómo un compuesto puede influir en diversas rutas metabólicas y señalización celular. Al analizar estas interacciones en red, es posible predecir efectos terapéuticos, efectos secundarios y posibles sinergias entre compuestos (Yuan *et al.*, 2022).

Las redes farmacológicas representan un enfoque innovador en la investigación de tratamientos contra el cáncer. Este enfoque se centra en comprender las interacciones complejas entre múltiples componentes bioactivos y sus objetivos moleculares dentro de las redes biológicas del organismo. A diferencia de la farmacología tradicional, que suele enfocarse en la interacción de un solo fármaco con un único objetivo, las redes farmacológicas permiten analizar cómo diversos compuestos pueden influir en múltiples rutas y procesos biológicos simultáneamente (Noor *et al.*, 2022).

Un grupo de investigadores de la Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de los Altos (CU Altos), se enfocó en explorar el potencial anticancerígeno del 6-gingerol frente al cáncer cervicouterino (CC), utilizando un enfoque de farmacología en red y herramientas de bioinformática computacional. El objetivo principal de la investigación fue comprender los mecanismos moleculares mediante los cuales el 6-gingerol podría ejercer efectos terapéuticos sobre el CC, uno de los tipos de cáncer más frecuentes en mujeres a nivel mundial. Para ello, los autores diseñaron una metodología que se fundamenta en datos computarizados, que les permitiera identificar dianas moleculares, rutas metabólicas, interacciones proteicas y posibles blancos terapéuticos.

El primer paso consistió en la recolección de información sobre la estructura química del 6-gingerol y su relación con potenciales dianas terapéuticas humanas. Esta información fue obtenida de bases de datos especializadas como PubChem, SwissTargetPrediction, CTD (Comparative Toxicogenomics Database) y TCMSP (Traditional Chinese Medicine



MUNDO DE RECURSOS GENÉTICOS

Systems Pharmacology Database and Analysis Platform). De estas fuentes se extrajeron todos los genes humanos conocidos como blancos potenciales del 6-gingerol. Paralelamente, se consultó la base de datos MalaCards para identificar genes asociados específicamente al cáncer cervicouterino. Al cruzar ambas listas, los investigadores identificaron un conjunto de 26 genes en común, considerados como posibles mediadores de la acción terapéutica del compuesto.

A continuación, se realizó un análisis de ontología génica y rutas de señalización mediante herramientas como ShinyGO y DAVID. Este paso permitió determinar que los genes identificados estaban implicados en procesos biológicos clave, como la apoptosis (muerte celular programada), la regulación del ciclo celular, y la actividad de proteínas quinasas. Asimismo, se encontraron asociaciones con componentes celulares como las mitocondrias y la membrana plasmática. En cuanto a las rutas de señalización, destacaron la vía del p53, la señalización de MAPK, y las rutas relacionadas con la infección por el virus del papiloma humano (VPH), lo que resulta altamente relevante considerando la etiología viral del CC.

Con los genes identificados, los investigadores construyeron una red de interacción proteína-proteína (PPI, por sus siglas en inglés) utilizando la base de datos STRING y la plataforma Cytoscape. Esta red reveló las relaciones funcionales entre las proteínas codificadas por los genes comunes, permitiendo identificar 12 genes centrales o “hub genes”. Entre ellos se encontraban TP53, CASP3, AKT1, CCNB1 y CTNNB1, todos ellos relacionados con funciones cruciales en la regulación del crecimiento celular, la progresión del ciclo celular y la inducción de la muerte celular. Estos genes fueron seleccionados como candidatos prioritarios para evaluaciones posteriores.

Los autores llevaron a cabo un análisis de infiltración inmunitaria y su asociación con los genes centrales mediante la plataforma TISIDB. Se observó, por ejemplo, que el gen CTNNB1 tenía una corre-

lación negativa con los linfocitos T CD8+, lo que sugiere que su inhibición podría favorecer la actividad inmunitaria antitumoral. Sin embargo, no se encontró una asociación directa entre estos genes y la tasa de supervivencia de las pacientes con CC, según datos extraídos de GEPIA (Gene Expression Profiling Interactive Analysis).

Para confirmar la afinidad entre el 6-gingerol y las proteínas codificadas por los genes prioritarios, se realizaron estudios de acoplamiento molecular (molecular docking). Los resultados mostraron valores de energía de acoplamiento negativos para todas las proteínas analizadas, lo que indica una interacción espontánea y favorable entre el compuesto y los blancos moleculares. En particular, se seleccionaron tres proteínas con las mejores puntuaciones de acoplamiento: AKT1, CCNB1 y CTNNB1. Como paso final, se llevaron a cabo simulaciones de dinámica molecular para validar la estabilidad de las interacciones entre el 6-gingerol y estas tres proteínas. Las simulaciones, ejecutadas a lo largo de 100 nanosegundos, demostraron que los complejos formados eran estables en el tiempo, reforzando la hipótesis de que estas proteínas son blancos terapéuticos viables para el tratamiento del cáncer cervicouterino con 6-gingerol.

Tomando como base los aciertos generados por este flujo de trabajo, los investigadores dedujeron que el 6-gingerol aumenta las concentraciones de p53, lo que provoca la liberación de citocromo c en las mitocondrias y un aumento de la expresión de la proteína apoptótica Bax y de ROS. El citocromo c activa las caspasas 8 y 9, lo que conduce a la activación de la caspasa efectora 3 y, con ello, a la inducción de la apoptosis en células de cáncer cervicouterino. Por otro lado, el 6-gingerol desempeña un papel importante en la detención del ciclo celular. El 6-gingerol inhibe la cascada de señalización del receptor EGFR, lo que afecta la expresión de genes relacionados con el ciclo celular (Figura 1). Las predicciones generadas mediante este flujo de trabajo, permiten vislumbrar las potenciales aplicaciones del 6-gingerol en el tratamiento del CC, no obstante, es necesaria la conducción de experimentos que permitan corroborar dicha información.

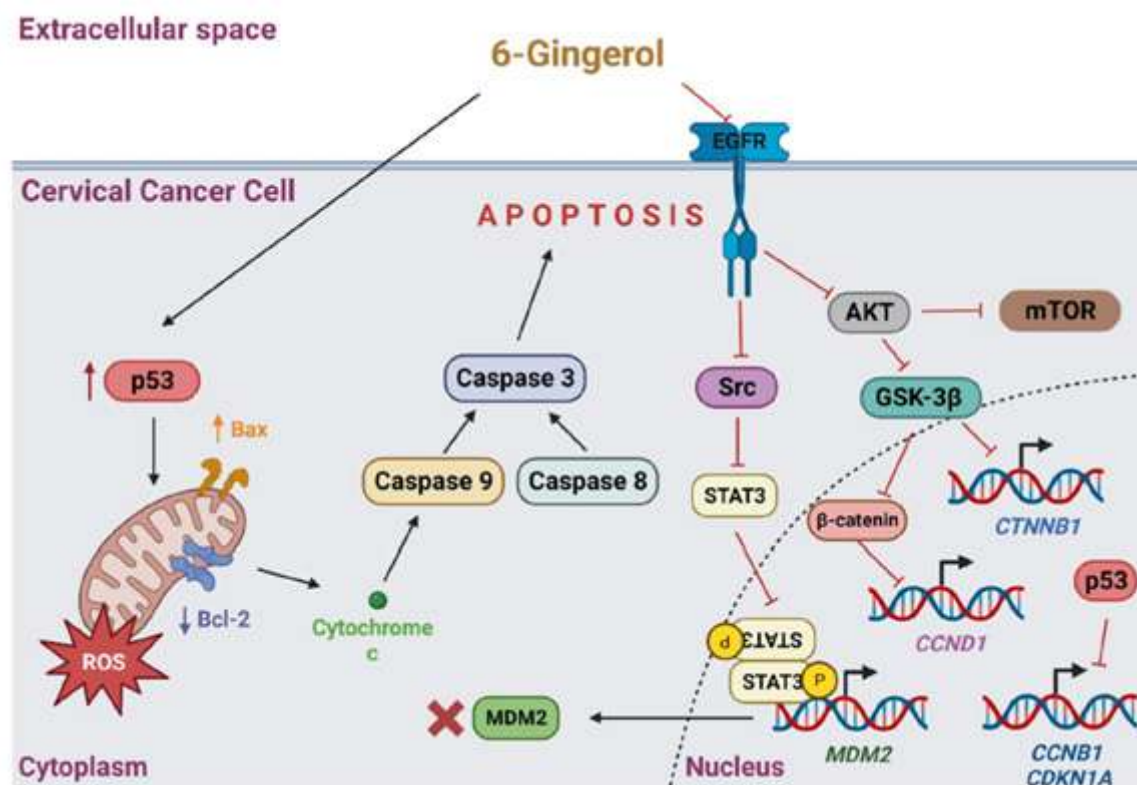


Figura 1. Efecto anticancerígeno del 6-gingerol. (Tomado de Martínez-Esquivias 2023).

En conjunto, el estudio realizado por los investigadores de CU Altos ofrece una visión integral del potencial del 6-gingerol como agente anticancerígeno. Estos hallazgos resaltan su capacidad para modular múltiples vías celulares implicadas en la progresión del cáncer cervicouterino. A través del uso de enfoques computacionales de farmacología en red, los autores identificaron posibles mecanismos de acción y validaron interacciones clave mediante acoplamiento y dinámica molecular. Así mismo, estos hallazgos proporcionan una base sólida para futuras investigaciones experimentales *in vitro* e *in vivo*, y abren nuevas posibilidades para el desarrollo de terapias más seguras, económicas y basadas en compuestos naturales derivados de productos agrícolas.

Referencias

- Noor, F., Tahir Ul Qamar, M., Ashfaq, U. A., Albutti, A., Alwashmi, A. S. S., & Aljasir, M. A. (2022). Network Pharmacology Approach for Medicinal Plants: Review and Assessment. *Pharmaceuticals* (Basel, Switzerland), 15(5), 572. <https://doi.org/10.3390/ph15050572>
- Mao, Q.-Q., Xu, X.-Y., Cao, S.-Y., Gan, R.-Y., Corke, H., Beta, T., & Li, H.-B. (2019). Bioactive Compounds and Bioactivities of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Foods* (Basel, Switzerland), 8(6), 185. <https://doi.org/10.3390/foods8060185>

- Zivarpour, P., Nikkhah, E., Maleki Dana, P., Asemi, Z., & Hallajzadeh, J. (2021). Molecular and biological functions of gingerol as a natural effective therapeutic drug for cervical cancer. *Journal of Ovarian Research*, 14(1), 43. <https://doi.org/10.1186/s13048-021-00789-x>
- Martínez-Esquivias F., Guzmán-Flores JM., Chávez-Díaz IF., Iñiguez-Muñoz LE., Reyes-Chaparro A. 2023. Pharmacological networks study on the effect of 6-gingerol on cervical cancer using computerized databases. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*. 42(21):11750-11761. <https://doi.org/10.1080/07391102.2023.2264943>.
- Lin, C.-B., Lin, C.-C., & Tsay, G. J. (2012). 6-gingerol inhibits growth of colon cancer cell LoVo via Induction of G2/M arrest. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine : eCAM*, 2012, 326096. <https://doi.org/10.1155/2012/326096>
- Yuan, Z., Pan, Y., Leng, T., Chu, Y., Zhang, H., Ma, J., & Ma, X. (2022). Progress and Prospects of Research Ideas and Methods in the Network Pharmacology of Traditional Chinese Medicine. *Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences : a Publication of the Canadian Society for Pharmaceutical Sciences, Societe Canadienne Des Sciences Pharmaceutiques*, 25, 218–226. <https://doi.org/10.18433/jpps32911>

ESPECIALIDAD EN

Nutrición Vegetal



POS
GRÁ
DOS

La Universidad La Salle Bajío,

a través de sus programas de Posgrado, te permite desarrollar competencias profesionales mediante una oferta académica pertinente, amplia y de vanguardia. Nuestra planta docente está conformada por profesionales en la materia, que se distinguen por su perfil académico y experiencia profesional.

Nutrición Vegetal

Reconocimiento de Validez Oficial de Estudios: Campus Campestre SEP No. 2023092.
Programa registrado ante la Dirección General de Profesiones.

Objetivo general

Capacitar especialistas que diseñen sistemas de nutrición vegetal a través del manejo adecuado de suelo, agua y plagas, para incrementar la producción de cultivos inocuos y de alta calidad con un enfoque sustentable.

Dirigido a

Egresados de las licenciaturas en Agronomía, Veterinaria y Zootecnia, Ingeniería Agroindustrial, Ingeniería en Sistemas de Producción Agropecuaria, Ingeniería en Administración Agropecuaria, Ingeniería Empresarial Agropecuaria, Biología, o área afines.

Horario de clases

Viernes de 18:00 a 21:00 y sábados de 8:00 a 14:00 h
Horario sujeto a variación según disponibilidad de docentes.



PLAN DE ESTUDIOS

1er CUATRIMESTRE

Metabolismo y Fisiología Vegetal
Análisis de Agua, Suelo y Extracto Celular e Interpretación
Edafología y Sustratos

2o CUATRIMESTRE

Sistemas de Nutrición Vegetal
Fertirriego e Hidroponía
Diagnóstico y Recomendación en Sitios de Producción

3er CUATRIMESTRE

Agricultura Orgánica
Fisiopatías
Manejo Integrado de Enfermedades
Seminario de Investigación

Campus Campestre
c_magricultura@lasallebajio.edu.mx
Tel. (477) 710 85 00, ext. 2300



Para conocer toda la oferta académica de Posgrado consulta

lasallebajio.edu.mx



3^{er}



Día de campo abierto a la Comunidad

Centro Agropecuario de Experimentación La Salle
(CADELS) San Miguel



17 mayo
10:00 a 15:00 h
Los Ramírez, León, Gto.

- Módulo parcelas comerciales
- Módulo de cultivos básicos
- Producción de plantas medicinales y ornamentales

Taller de confitería y cosmética apícola
(mazapanes y jabones a base de miel)
De 11:00 a 12:00 h y de 12:00 a 13:00 h
Cupo limitado a 20 personas

Previo registro:
c_agronomia@lasallebajio.edu.mx
tel. 477-7108500 ext. 2300

Taller de propagación de plantas
De 11:00 a 12:00 h y de 12:00 a 13:00 h
Cupo limitado a 25 personas

Previo registro:
c_agronomia@lasallebajio.edu.mx
tel. 477-7108500 ext. 2300

Se realizarán diversas
actividades como son:



Elotada



Tacos de barbacoa



Recorrido por
instalaciones



Recorrido por
parcelas agrícolas



Estación de
maquinaria agrícola

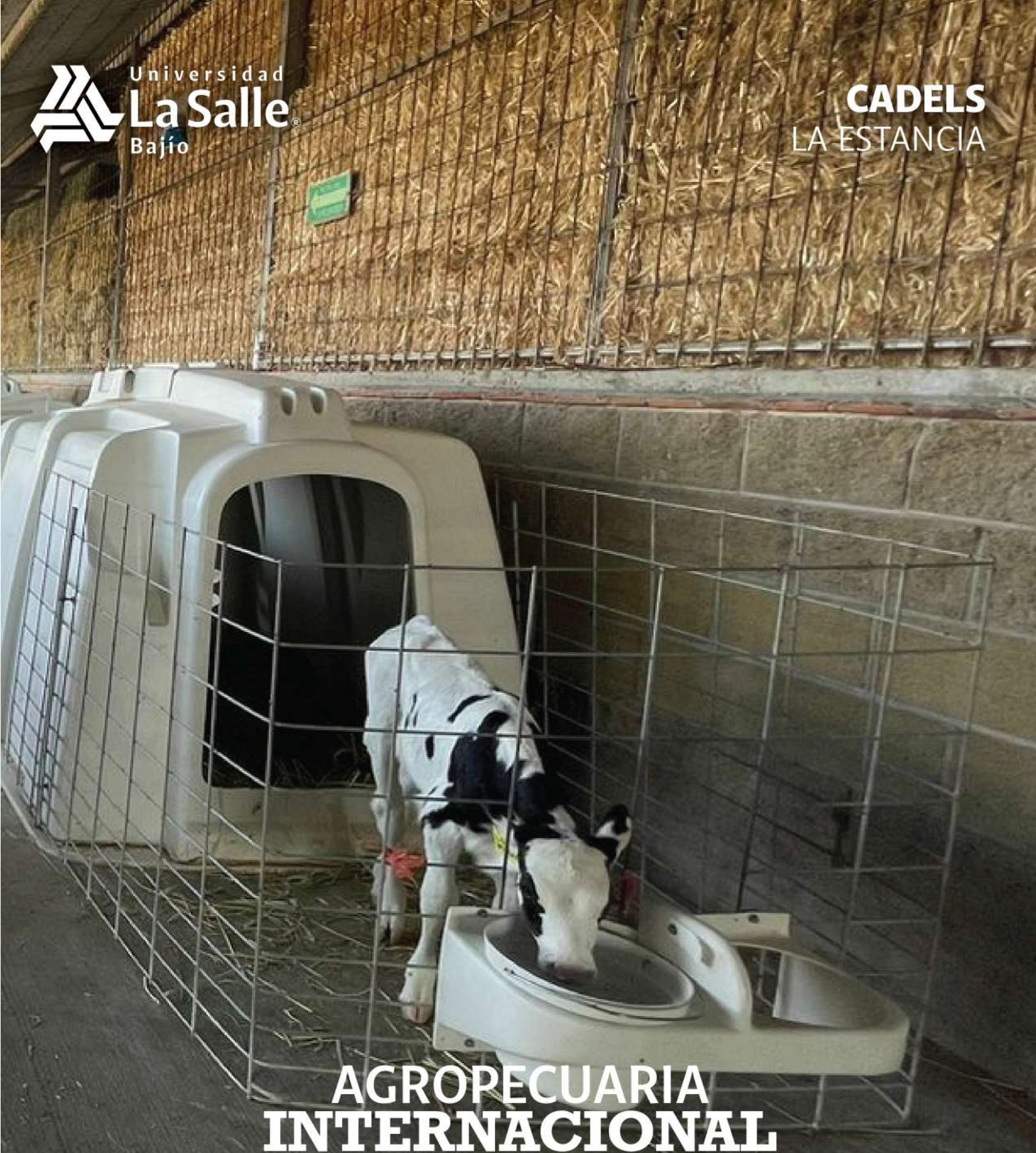
Ubicación





Universidad
La Salle
Bajío

CADELS
LA ESTANCIA



AGROPECUARIA INTERNACIONAL

UNIVERSIDAD LA SALLE BAJÍO
ESCUELA DE AGRONOMÍA
(+52) 477 710 8582
c_agronomia@lasallebajio.edu.mx