

# Biotecnología agropecuaria aplicada

Leandris Argentel-Martínez  
Ofelda Peñuelas-Rubio  
Lucila Perales-Aguilar  
Ugur Azizoglu  
Editores



Pantanal Editora

2024

**Leandris Argentel-Martínez**  
**Ofelda Peñuelas-Rubio**  
**Lucila Perales-Aguilar**  
**Ugur Azizoglu**  
Editores

# **Biotecnología agropecuaria aplicada**



Pantanal Editora

2024

Copyright© Pantanal Editora

**Editor Jefe:** Dr. Alan Mario Zuffo

**Editores Ejecutivos:** Dr. Jorge González Aguilera y Dr. Bruno Rodrigues de Oliveira

**Diseño:** El editor. **Diseño y arte:** el editor. Imágenes de portada y contraportada: Canva.com. **Reseña:** Autor(es), organizador(es) y editor.

### Consejo editorial

#### Grado académico y nombre

Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos  
Profa. MSc. Adriana Flávia Neu  
Profa. Dra. Allys Ferrer Dubois  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior  
Profa. MSc. Aris Verdecia Peña  
Profa. Arisleidis Chapman Verdecia  
Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva  
Prof. Dr. Bruno Gomes de Araújo  
Prof. Dr. Caio Cesar Enside de Abreu  
Prof. Dr. Carlos Nick  
Prof. Dr. Claudio Silveira Maia  
Prof. Dr. Cleberton Correia Santos  
Prof. Dr. Cristiano Pereira da Silva  
Profa. Ma. Dayse Rodrigues dos Santos  
Prof. MSc. David Chacon Alvarez  
Prof. Dr. Denis Silva Nogueira  
Profa. Dra. Denise Silva Nogueira  
Profa. Dra. Dennyura Oliveira Galvão  
Prof. Dr. Elias Rocha Gonçalves  
Prof. Me. Ernane Rosa Martins  
Prof. Dr. Fábio Steiner  
Prof. Dr. Fabiano dos Santos Souza  
Prof. Dr. Gabriel Andres Tafur Gomez  
Prof. Dr. Hebert Hernán Soto Gonzáles  
Prof. Dr. Hudson do Vale de Oliveira  
Prof. MSc. Javier Revilla Armesto  
Prof. MSc. João Camilo Sevilla  
Prof. Dr. José Luis Soto Gonzales  
Prof. Dr. Julio Cezar Uzinski  
Prof. MSc. Lucas R. Oliveira  
Prof. Dr. Luciano Façanha Marques  
Profa. Dra. Keyla Christina Almeida Portela  
Prof. Dr. Leandro Argentel-Martínez  
Profa. MSc. Lidiene Jaqueline de Souza Costa Marchesan  
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann  
Prof. MSc. Marcos Pisarski Júnior  
Prof. Dr. Marcos Pereira dos Santos  
Prof. Dr. Mario Rodrigo Esparza Mantilla  
Profa. MSc. Mary Jose Almeida Pereira  
Profa. MSc. Núbia Flávia Oliveira Mendes  
Profa. MSc. Nila Luciana Vilhena Madureira  
Profa. Dra. Patrícia Maurer  
Profa. Dra. Queila Pahim da Silva  
Prof. Dr. Rafael Chapman Auty  
Prof. Dr. Rafael Felipe Ratke  
Prof. Dr. Raphael Reis da Silva  
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes  
Prof. Dr. Ricardo Alves de Araújo (*In Memoriam*)  
Profa. Dra. Sylvana Karla da Silva de Lemos Santos  
MSc. Tayronne de Almeida Rodrigues  
Prof. Dr. Wéverson Lima Fonseca  
Prof. MSc. Wesclen Vilar Nogueira  
Profa. Dra. Yilan Fung Boix  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme

#### Institución

OAB/PB  
Mun. Faxinal Soturno e Tupanciretã  
UO (Cuba)  
IF SUDESTE MG  
Facultad de Medicina (Cuba)  
ISCM (Cuba)  
UFESSPA  
UEA  
UNEMAT  
UFV  
AJES  
UFGD  
UEMS  
IFPA  
UNICENTRO  
IFMT  
UFMG  
URCA  
ISEPAM-FAETEC  
IFG  
UEMS  
UFF  
(Colômbia)  
UNAM (Peru)  
IFRR  
UCG (México)  
Rede Municipal de Niterói (RJ)  
UNMSM (Peru)  
UFMT  
SED Mato Grosso do Sul  
UEMA  
IFPR  
Tec-NM (México)  
Consultório em Santa Maria  
UFJF  
UEG  
FAQ  
UNAM (Peru)  
SEDUC/PA  
IFB  
IFPA  
UNIPAMPA  
IFB  
UO (Cuba)  
UFMS  
UFPI  
UFG  
UEMA  
IFB  
UFPI  
FURG  
UO (Cuba)  
UFT

Consejo Científico Técnico  
- Esp. Joacir Mário Zuffo Júnior  
- Esp. Maurício Amormino Júnior  
- Lda. Rosalina Eufrausino Lustosa Zuffo

Hoja de catálogo

**Catalogación en publicación**  
**Preparado por Bibliotecario Janaina Ramos – CRB-8/9166**

B616

Biotecnología agropecuaria aplicada / Edición de Leandris ArgenteL-Martínez, Ofelda Peñuelas-Rubio, Lucila Perales-Aguilar, Ugur Azizoglu. – Nova Xavantina-MT: Pantanal, 2024.  
203p. ; il.

Reserva en PDF

ISBN 978-65-85756-36-5

DOI <https://doi.org/10.46420/9786585756365>

1. Biotecnología en la agricultura. 2. Microorganismos. I. ArgenteL-Martínez, Leandris (Editores). II. Peñuelas-Rubio, Ofelda (Editores). III. Lucila Perales-Aguilar (Editores). IV. Azizoglu, Ugur (Editores). V. Título.

CDD 631.52

Índice del catálogo sistemático

I. Biotecnología en la agricultura



Nuestros libros electrónicos son gratuitos y se permite el acceso público, la descarga y el intercambio, pero solicitamos que se dé el debido crédito a Pantanal Editora y también a los organizadores y autores. Sin embargo, no se permite el uso de libros electrónicos con fines comerciales, salvo autorización expresa de los autores y acuerdo de Pantanal Editora.

**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000.  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil.  
Telefone (66) 99682-4165 (Whatsapp).  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)

## **Presentación**

Sin duda, la biotecnología representa una de las áreas científicas de mayor avance y aplicación en la actualidad. Aun cuando sus inicios fueron hace miles de años, con la obtención de cerveza y queso, gracias al avance científico-tecnológico en las ciencias relacionadas con la biología, se ha potenciado la rama agropecuaria.

En México, considerando que las actividades de producción agrícola y pecuaria son primordiales para el desarrollo del país, existe gran interés de la comunidad científica para buscar alternativas que den solución a los problemas más relevantes que limitan la producción de alimentos.

El presente compendio científico “**Biología agropecuaria aplicada**” aborda temas relevantes del área agropecuaria. Se hace énfasis en el aprovechamiento de microorganismos bacterianos y fúngicos y su potencial uso en los agroecosistemas. Estas aplicaciones con la finalidad de promover prácticas sustentables de producción, desde la promoción del crecimiento vegetal en condiciones ambientales adversas, el biocontrol de fitopatógenos y malezas, así como la biorremediación. También se exploran metodologías novedosas para la obtención de compuestos antioxidantes y antifúngicos. Además, se presentan avances en la elaboración de nuevos alimentos para la producción acuícola, como alternativas para la nutrición efectiva.

Los trabajos aquí presentados constituyen evidencias de los pasos sólidos que dan los diferentes grupos de investigación nacionales e internacionales del área de la biología agropecuaria. Se agradece la participación de los autores que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNI-CONACYT) de los Estados Unidos Mexicanos.

**Los Autores**

## Resumen

<b>Presentación</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo 1</b>	<b>6</b>
Perspectivas de la aplicación del microbioma bacteriano de <i>Parkinsonia aculeata</i> en suelos salinos	6
<b>Capítulo 2</b>	<b>17</b>
Microorganismos promotores del crecimiento vegetal y yeso agrícola en el cultivo de uva industrial variedad <i>Cabernet sauvignon</i> , Valle del Yaqui	17
<b>Capítulo 3</b>	<b>26</b>
Efecto de pulsos ultrasónicos en la extracción de compuestos antioxidantes y antifúngicos en <i>Euphorbia prostrata</i> (golondrina)	26
<b>Capítulo 4</b>	<b>36</b>
Evaluación de la sustitución parcial de harina de pescado por harina de <i>Amaranthus hybridus</i> para cultivo de tilapia ( <i>Oreochromis aureus</i> )	36
<b>Capítulo 5</b>	<b>48</b>
Potencial del género <i>Pleurotus</i> como agente biorremediador en la eliminación de metales pesados de suelos: un enfoque biotecnológico para la agricultura sostenible	48
<b>Capítulo 6</b>	<b>59</b>
El papel de las bacterias quitinolíticas en interacciones planta-patógeno y su potencial empleo biotecnológico en la agricultura	59
<b>Capítulo 7</b>	<b>71</b>
Avances en el desarrollo de micoherbicidas para el manejo agroecológico de la correhuela ( <i>Convolvulus arvensis</i> L.) en la agricultura	71
<b>Capítulo 8</b>	<b>84</b>
Caracterización fisicoquímica parcial de la harina de grillo domestico <i>Acheta domesticus</i> como ingrediente novedoso en formulaciones	84
<b>Capítulo 9</b>	<b>93</b>
El género <i>Bacillus</i> como aliado en la agricultura sostenible	93
<b>Capítulo 10</b>	<b>114</b>
<i>Trichoderma</i> , bioinsumo para la agricultura sustentable y protegida	114
<b>Capítulo 11</b>	<b>135</b>
El papel de la Agrobiotecnología en la Agricultura	135
<b>Capítulo 12</b>	<b>148</b>
Cromatografía: Una técnica esencial en la Biotecnología Agropecuaria	148
<b>Capítulo 13</b>	<b>186</b>
Propagación <i>in vitro</i> de Cactáceas y Agaváceas tolerantes a metales pesados en el suelo	186
<b>Índice Remissivo</b>	<b>202</b>
<b>Editores</b>	<b>203</b>

## El papel de la Agrobiotecnología en la Agricultura

Recibido en: 31/06/2024

Aprobado en: 02/07/2024

 10.46420/9786585756365cap11

Olga Lidia Rivera-Dávila 

Ernesto González-Gaona 

Karla Vanessa De Lira-Ramos 

Lucila Perales-Aguilar 

Roberto Sánchez-Lucio 

Catarino Perales-Segovia 

Mario Alberto Miranda Salcedo 

### RESUMEN

La biotecnología ha transformado la agricultura de muy diversas formas dentro de las que destacan el cultivo de plantas in vitro, producción de plantas transgénicas, determinación de los semioquímicos involucrados en las interacciones insecto-insecto y planta-insecto, así como el empleo de extractos de plantas. Se presentan ejemplos de algunos de los usos de estas herramientas biotecnológicas con plagas y enfermedades en cultivos de Aguascalientes.

### INTRODUCCIÓN

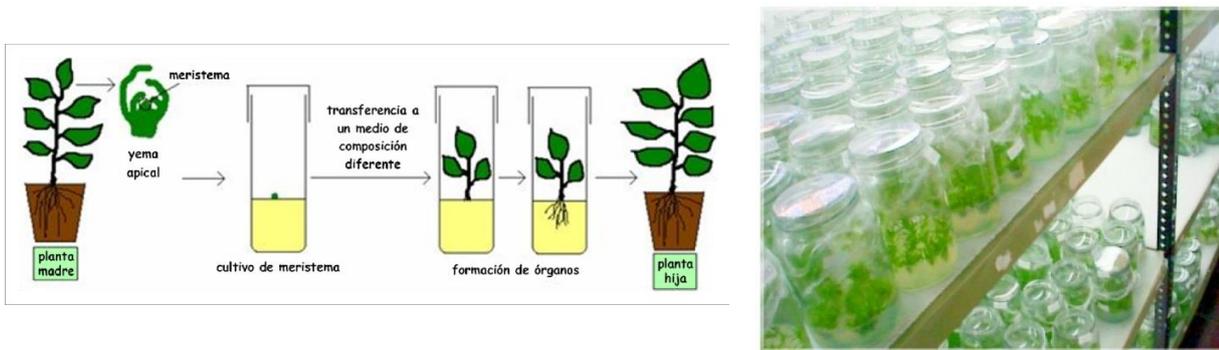
La biotecnología ha transformado la agricultura de muy diversas formas; en algunos casos se ha podido cultivar, incrementar y conservar plantas en laboratorio, que se les ha denominado como cultivo “in vitro”, en otras ocasiones se ha logrado insertar genes de interés en una planta aún y cuando procedan de especies alejadas filogenéticamente, a estas se les llama plantas transgénicas u organismos genéticamente modificados (Valera & Silos, 2010), ejemplos de estas son los maíces que tienen insertado el gen BT de *Bacillus thuringiensis* para control de lepidópteros o plantas que son resistentes a un determinado herbicida; se estima una superficie sembrada con transgénicos de 68.4 millones de ha, preferentemente con cultivos de maíz, algodón, arroz y soya (Huesing & English, 2004). Ahora en la descripción de una nueva especie se solicita al descriptor que además de la descripción morfológica se agregue un estudio molecular donde se muestre la identidad genética y la relación con otras especies cercanas.

Con la biotecnología se han podido determinar los semioquímicos involucrados en la comunicación y relaciones entre organismos, cuando son de la misma especie se les llama feromonas (sexuales, de marcaje, de agrupación, etc) y cuando son de diferente especie alomonas, sinomonas y kairomonas dependiendo de cuál sea la especie beneficiada, el emisor o el receptor (Price, 1984). El uso de metabolitos secundarios para el manejo de plagas cae dentro de la biotecnología ya que identifica los

compuestos que están actuando contra las plagas. En este escrito se mostrarán algunos ejemplos de los principales usos de la biotecnología en la agricultura.

## PRODUCCIÓN DE PLANTAS *IN VITRO*

Este uso tal vez sea el más conocido de la biotecnología, ya que es común observar que se venden plantas en frascos pequeños en las ferias de las Universidades, donde se enseña una materia cercana a la biología molecular (Figura 1). Sin embargo, el empleo básico es el rescate de germoplasma nativo que está en peligro, por el saqueo de plantas en las áreas naturales, como sucede con los cactus, biznagas y nopales. Aunque existen bancos de germoplasma como el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG- INIFAP) (Rojas, 2021) que albergan gran parte de este germoplasma ya que la forma más práctica de conservarlos en laboratorio es mediante el cultivo *in vitro*.



**Figura 1.** Esquema de la producción *in vitro* de una planta y aspecto de la propagación *in vitro* de una planta en laboratorio.

Se han realizado diversos estudios de micropropagación del guayabo con base en organogénesis directa o indirecta a partir de explantes de meristemas y hojas jóvenes. Pero no han sido exitosos ya que muestran altos índices de contaminación, y oxidación que han evitado establecer *in vitro* el guayabo (Portal et al., 2003).

El primer paso es seleccionar el material que se desea propagar y realizar una desinfección en campo de la planta con insecticidas y fungicidas para obtener material libre de contaminantes

Perales y colaboradores (2016) determinaron que en guayabo el mejor tratamiento para desinfección fue la combinación de Benomyl 2.0 g L<sup>-1</sup>, Carbendazim 2.0 g L<sup>-1</sup> y oxicloruro de cobre 1.0 g L<sup>-1</sup>. Mientras que los antioxidantes y desinfectantes fueron PVP 0.5%, cloro 5% y 3 gotas de tween 20. Para el cultivo inicial se propone MS + PVP 0.75 g L<sup>-1</sup> y carbón activado 2.0 g L<sup>-1</sup>. Para multiplicación *in vitro*, el mejor tratamiento fue: segmento nodal uno en MS + 0.5 mg L<sup>-1</sup> BAP + 0.1 mg L<sup>-1</sup> IBA, con brotes de 1.48 cm y tres hojas por brote. Las condiciones ambientales del cuarto de incubación fueron una temperatura de 25 ± 2 °C, fotoperiodo de 16 h luz y 8 h oscuridad y una intensidad lumínica de 2000 lux.

A nivel comercial se producen plantas *in vitro* uniformes para sembrar cultivos clonales con las mismas características que el material original; sin embargo, si el material provino de semillas el material que se obtiene puede disgregarse, esto pasó con el cultivo *in vitro* de la guayaba enana roja cubana en Zacatecas donde se obtuvieron plantas con las características de la enana roja cubana pero también se produjeron plantas con frutos de pulpa blanca y algunas sin semilla, aunque esto no es deseable en la propagación *in vitro* se realizó un mejoramiento genético a partir de este material, se espera que los materiales segregantes, sean igual de productivos que el material original.

## TRANSFORMACIÓN GENÉTICA

Durante la transformación genética se introducen genes ajenos a la planta que pueden ser utilizados para defender a la planta del ataque de plagas, tolerar herbicidas o introducir un virus con fines de mejoramiento genético entre otros. La transformación se realiza usando preferentemente a la bacteria fitopatógena *Agrobacterium* que contienen un plásmido denominado Ti (tumor-inducing) o Ri (root-inducing), según su capacidad de inducir en el hospedante la formación de agallas en la zona del cuello o la corona o la proliferación de raíces en cabellera, respectivamente. La virulencia está determinada por diferentes regiones presentes en estos plásmidos; estas incluyen el ADN de transferencia (T-DNA) y los genes de virulencia (*vir*) (Gelvin, 2010). Las cepas virulentas de *A. tumefaciens* y *A. rhizogenes* provocan tumores en las agallas de la corona y "raíces peludas", respectivamente, en tejidos de plantas infectadas y son el resultado de la expresión de información genética, los T-DNA del plásmido Ti o Ri, transferidos de la bacteria a las células del huésped (Chilton et al., 1982; Gheysen et al., 1985; Hooykaas & Schilperoort, 1984).

El plásmido Ti (inductor de tumores) que contiene *A. tumefaciens* puede infectar 140 géneros en más de 90 familias de plantas, con mayor frecuencia en frutas de hueso, zarzas y plantas ornamentales (Md et al., 2013). Las bacterias de la agalla de la corona ingresan a la planta a través de heridas (Gelvin, 2000). Poco después de la infección, las bacterias inducen a las células de la planta a proliferar formando sobrecrecimientos nudosos (Gelvin, 2000).

La capacidad de *Agrobacterium* para integrar su propio ADN en el genoma del huésped está determinada predominantemente por el plásmido grande Ti (inductor de tumores) (Gelvin, 2000).

Actualmente De Lira y colaboradores están determinando la presencia de germoplasma resistente a los virus transmitidos por mosquitos blancos (huasteco de la vena amarilla PHYVV y mosaico dorado PepGMV) en Chile mediante la técnica de agroinfiltración con *Agrobacterium* con inserto de los virus citados esta técnica usando la biotecnología es más rápida y se puede evaluar una mayor cantidad de germoplasma de Chile que con el método tradicional con cría del insecto.

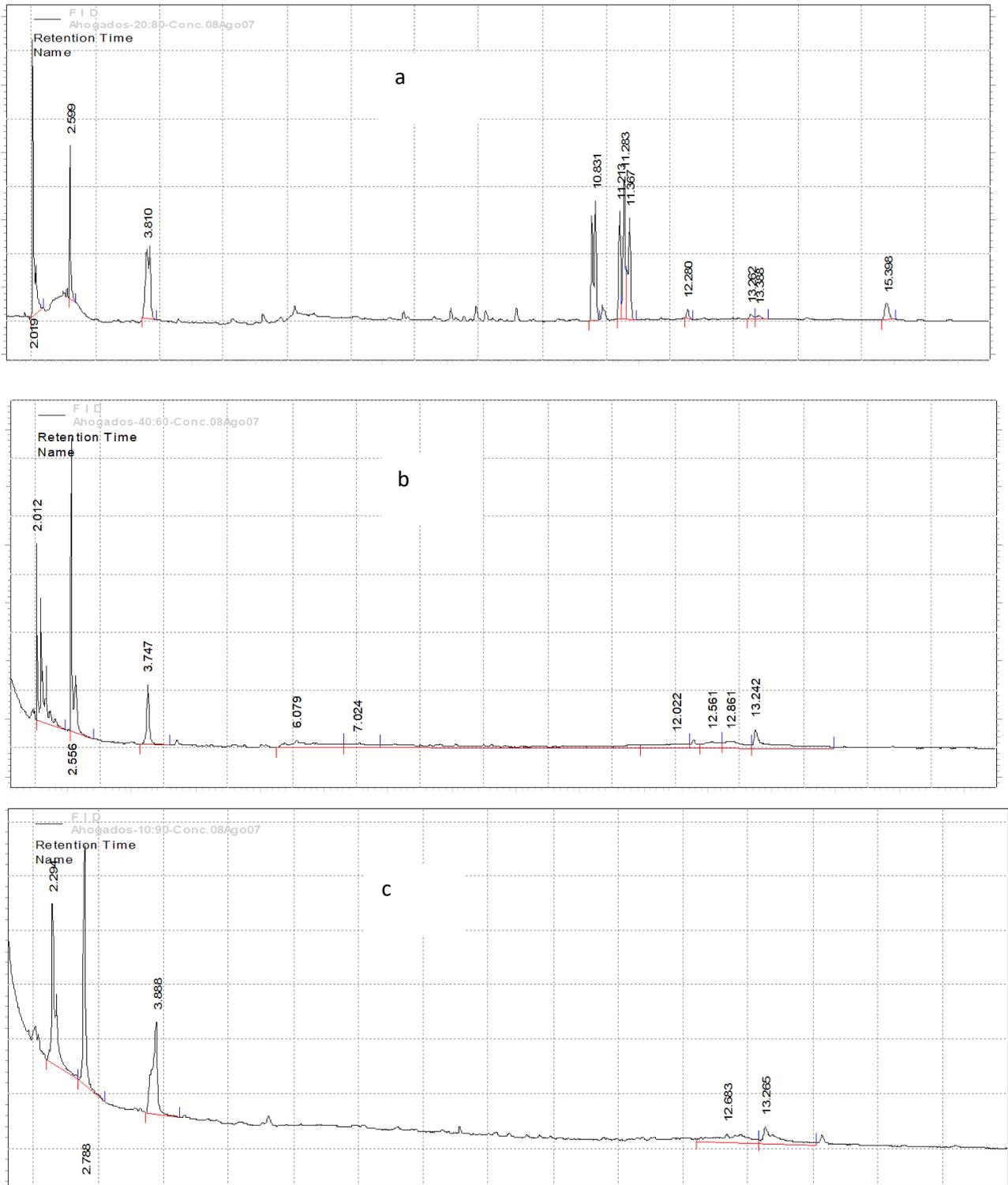
## SEMIOQUÍMICOS

Cualquier químico involucrado en la interacción química entre organismos se le denomina semioquímico y de acuerdo al tipo de comunicación involucrado se les separa como feromonas si intervienen en la interacción intraespecífica y como aleloquímicos si es a nivel interespecífico (Price, 1984). Dentro de las feromonas, se les denomina de acuerdo a la función que desempeñan, las más conocidas son las sexuales; sin embargo, existen de marcaje, alarma, y de agregación entre otras. Mientras que los aleloquímicos se dividen en allomonas que son preferentemente químicos defensivos o benéficos para el emisor, kairomonas que son emitidos por un nivel trófico pero son utilizados por otro nivel trófico superior usualmente para detectar alimentos, en este caso se considera que es beneficioso para el receptor pero no para el emisor (planta-herbívoro), sinomonas que se utiliza cuando tanto el emisor como el receptor se benefician (planta-depredador o parasitoide) y apneumonas que son químicos liberados por sustancias no vivas que son benéficas para el receptor, pero perjudiciales a otro organismo en la sustancia en este término, se ejemplifica el caso de un parasitoide como *Dachasmimorpha longicaudata* que encuentra a las larvas de mosca de la fruta, por los productos de fermentación del fruto en descomposición (Price, 1984).

Para la extracción se emplean básicamente dos técnicas 1) la inmersión del tejido (planta o insecto) en un solvente por un determinado tiempo o bien extraerse mediante un soxhlet, en algunos casos el tiempo puede ser de minutos o prolongarse por horas o días, los solventes pueden ser metanol, hexano o cloruro de metileno ya sea frío o caliente (Malo-Rivera y Rojas, 2012). En el caso de picudo de la guayaba buscando una feromona de alarma se ahogaron adultos en diferentes combinaciones de agua-alcohol y después se determinaron los componentes liberados concluyéndose que la mejor combinación para obtener volátiles asociados fue 20:80 (Figura 2).

2) la captura de los volátiles en su fase gaseosa, pudiendo ser aireación dinámica que consiste en pasar un flujo de aire para arrastrar los volátiles emitidos por el organismo que se encuentra dentro de un recipiente y existe un material absorbente como Porapak Q, Super Q, Tenax y Carbón activado. Estos sistemas pueden ser cerrados (Seidelman et al., 2000) o abiertos (Tholl et al., 2006) y análisis por desadsorción térmica y purga trampa (Drijfhout et al., 2000)

Los compuestos en fase gaseosa pueden ser detectados de manera estática, ya sea mediante una jeringa que muestrea los volátiles presentes en el espacio de un frasco cerrado o mediante la microextracción en fase sólida (MEFS) donde se capturan los volátiles mediante una jeringa de gases modificada que contiene una fibra de sílica cubierta de un polímero que es introducida a través de un septo en el recipiente que contiene la muestra para capturar los volátiles contenidos en el aire (Figura 3) y después la fibra se introduce directamente en el inyector de un cromatógrafo de gases (Malo-Rivera y Rojas, 2012).



**Figura 2.** Detección de volátiles asociados a *Conotrachelus dimidiatus* mediante la inmersión de adultos en combinaciones de agua alcohol a) 20:80, b) 40:60, c) 10:90.

Una vez capturados los volátiles, el siguiente paso es identificar los compuestos presentes en la muestra, lo anterior se logra mediante un cromatógrafo de gases unido a un espectrómetro de masas (Figura 4). En forma posterior se buscan los compuestos en un banco de datos de productos químicos ([www.pherobase.com](http://www.pherobase.com)); de los cuales se buscan cuáles se han reportado que presentan actividad en la comunicación de insectos o como volátiles emitidos por alguna familia de plantas. En forma posterior se

evalúa si presentan o no una respuesta positiva en un olfatómetro (túnel de aire impregnado con volátiles) y/o en un antenógrafo (Figura 5). Los volátiles que muestren efecto a los compuestos son evaluados en campo en forma individual o en combinación, considerando que en pequeñas dosis funcionan como atrayentes y en dosis altas tienen el efecto contrario.



**Figura 3.** Sistema de detección de volátiles mediante la microextracción en fase solida (MEFS).

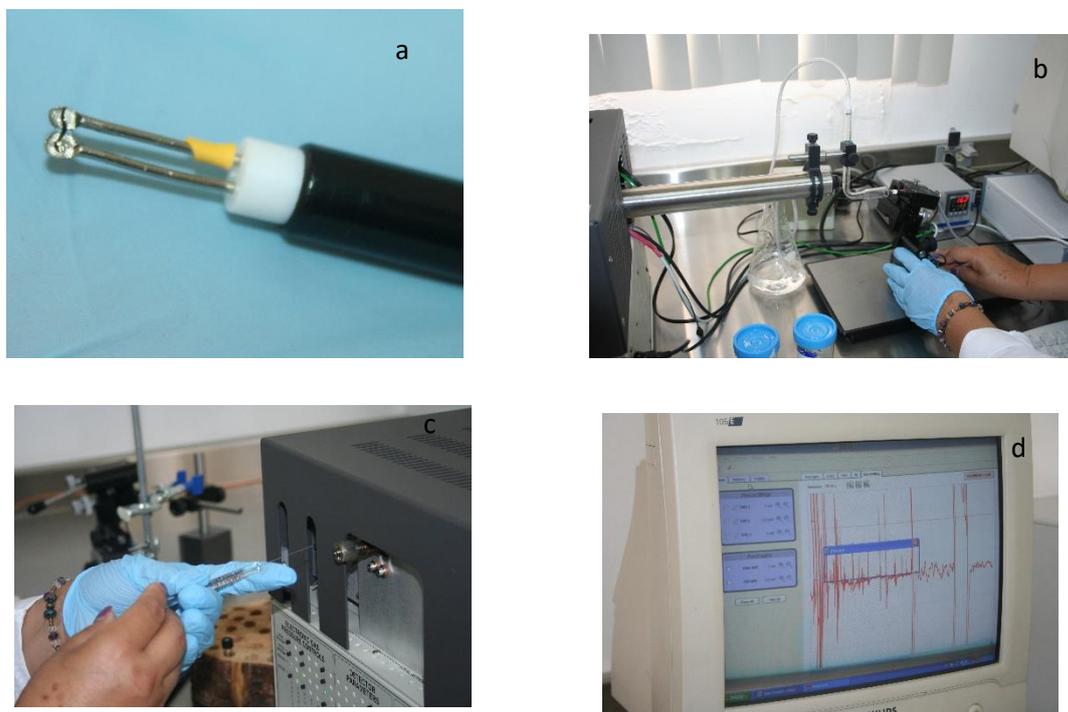


**Figura 4.** Cromatógrafo de gases acoplado a masas para la determinación de volátiles asociados a guayabas y adultos de picudo de la guayaba y detalle de la inyección de la microfibras de extracción.

En el caso de picudo de la guayaba *Conotrachelus dimidiatus* se identificaron compuestos volátiles asociados a los adultos de *Conotrachelus dimidiatus* Champ., y del fruto de la guayaba (*Psidium guajava* L.) por medio de cromatografía de gases-espectrometría de masas. Los compuestos de mayor concentración en los volátiles asociados a frutos de 2.0 cm de diámetro fueron beta-cariofileno, selineno, alfa-humuleno, beta-cadineno, naftaleno, y gamma curcumeno. De los volátiles asociados a los insectos machos los más importantes fueron 10s, 11 Himachala-3 (12), 4 diene, D-limoneno, cariofileno, y alfa-copaeno. Se detectó un volátil no reportado el 2-Oxabicyclo (2,2,2) octan-6-one 1,3,3 trimetil, de estructura similar al papayanol. Este trabajo incrementa el número de compuestos volátiles asociados a los insectos adultos y al fruto hospedero los cuales pueden permitir diseñar un atrayente más específico para la captura de adultos de *C. dimidiatus* (González et al., 2019).

La hembra de *Conotrachelus dimidiatus* oviposita en frutos inmaduros de guayaba (*Psidium guajava* L.) dejando una marca de señalización para asegurar el recurso alimenticio de su descendencia y evitar la

competencia intraespecífica. Aquí se estudiaron los compuestos químicos volátiles asociados a frutos ovipositados en campo y en condiciones controladas de laboratorio con daños de alimentación y oviposición a las 6, 24 y 48 horas después de ser aislados con hexano e identificados mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Los compuestos selineno, B cadineno, aromadendreno, Alfa copaeno, globulol y Gama-curcumeno presentaron una mayor concentración en los cromatogramas de frutos ovipositados por las hembras. Se detectaron también 2 hexenal y al thujopseno que son componentes reportados como repelentes de otros insectos. Se considera que el efecto individual o la combinación de algunos de los compuestos pudieran generar un efecto disuasivo de oviposición para las hembras de *C. dimidiatus* en huertos comerciales de guayaba (González et al 2021).



**Figura 5.** Aspecto del estudio de la respuesta del picudo de la guayaba a volátiles mediante antenografía. a) colocación de antenas en receptor, b) ubicación de la antena en el flujo de aire con los volátiles, c) inyección de los volátiles de prueba y d) antenograma en la pantalla de la computadora.

En otro estudio con el empleo de la biotecnología se determinó la residualidad de los principales plaguicidas de uso actual y prohibidos utilizados para controlar las plagas en frutos de guayaba en las principales áreas de producción en Calvillo, Aguascalientes; se realizaron muestreos en tres temporadas de producción (temprana, tardía y normal), se utilizó la técnica de micro extracción en fase sólida por inmersión directa (SPME-DI) y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC/MS). El plaguicida detectado en mayor cantidad fue el insecticida piretroide cipermetrina en septiembre (temporada normal) con concentraciones de 1.59 mg/Kg. El fungicida encontrado en mayor cantidad fue metalaxil en concentraciones de 0.798 mg/Kg. La concentración total más alta de plaguicidas se detectó en septiembre, así como también el promedio más alto de multiresiduos cuando se detectaron 8

de los 12 plaguicidas analizados. Se detectó la presencia del insecticida organoclorado endosulfán producto que ya salió del mercado. Los plaguicidas detectados con mayor frecuencia fueron los insecticidas organofosforados: malatión y paratión metílico, detectados en las tres temporadas analizadas. El insecticida malatión fue detectado con una frecuencia del 100% en muestras de las temporadas temprana y normal.

## **EXTRACTOS VEGETALES**

Todos los organismos vivos producen compuestos que no tienen una función conocida en los procesos básicos de crecimiento y desarrollo, a estos se le denomina metabolitos secundarios (García-Rodríguez et al., 2012), tan solo de extractos de plantas se han identificado más de 200 mil compuestos, debido a la riqueza en compuestos se les consideraba como desechos metabólicos o productos de desintoxicación (Gershenzon & Dudareva, 2007); sin embargo, debido a que las rutas para su biosíntesis son complicadas y requieren alto consumo de energía se considera que no son debido a mutaciones neutrales, sino que han surgido de un proceso de selección natural o coevolución con sus enemigos naturales y sus mutualistas (Iason et al., 2011).

La presión de selección diferencial ejercida por los enemigos naturales que se alimentan de la planta ocasiona la aparición de mutaciones que originan la aparición de un nuevo metabolito secundario tóxico que las libera de sus herbívoros, de esta manera las plantas con el nuevo metabolito pueden diversificarse produciendo nuevas especies en un ambiente libre de enemigos; sin embargo, se produce una contra defensa en los herbívoros que pueden ahora anular al metabolito produciéndose ahora una diversificación en los herbívoros sobre las nuevas especies de plantas. A este proceso se le ha denominado como “coevolución de escape y radiación” (Erlich & Raven, 1964), que explica la aparición de nuevos metabolitos tóxicos en las plantas; sin embargo, su mantenimiento y diversificación son debido a que las poblaciones de plantas son expuestas a distintas comunidades de herbívoros y patógenos (Espinosa-García, 2001) las contra defensas pueden ser cambios en la conducta del herbívoro, cambios en el blanco del metabolito y desintoxicación (respuesta bioquímica, transformación y secuestro), mientras que las contra defensas de las plantas incluyen nuevos metabolitos, saturación de enzimas y metabolitos más competitivos entre otros (García-Rodríguez et al., 2012).

Las funciones de los metabolitos secundarios en las plantas son muy diversas, entre ellas se incluyen:

Atrayentes para la dispersión tanto de polen como de semillas; los volátiles liberados por las flores (terpenos, antocianinas y carotenoides) sirven en la atracción de polinizadores, mientras que cambios en las concentraciones de carotenoides, flavonoides, taninos, alcaloides y triterpenos durante la maduración de frutos sirven para la atracción de los agentes de dispersión de los frutos tales como aves y murciélagos (Berenbaum, 2001; Gershenzon & Dudareva, 2007).

Adaptaciones a estrés abiótico; las plantas producen compuestos al ser expuestas a altitudes elevadas, frío, sequía deficiencias de nutrientes, radiación ultravioleta (Korkina, 2007), etc que mantienen los sistemas enzimáticos en un estado que permita la rápida activación al regresar las condiciones favorables o sirvan para la movilización y transporte de nitrógeno tóxico (alcaloides y péptidos como lectinas e inhibidores de proteasas) (Wink, 1998; Thompson et al., 2007).

Efecto antioxidante; durante la fotosíntesis y respiración se requiere el transporte de electrones, cuando este mecanismo no es eficiente se producen compuestos dañinos llamados especies reactivas de oxígeno, las plantas producen fenoles, alcaloides y terpenos que los transforman en otros menos dañinos (Hadacek et al., 2011).

Efectos alelopáticos; la alelopatía es el efecto perjudicial de los metabolitos secundarios de una planta sobre las otras. Los principales compuestos son terpenoides (monoterpenos, sesquiterpenos y lactonas sesquiterpénicas) y fenoles (ácidos fenólicos, derivados del ácido cinámico, cumarina, flavonoides, quinonas y taninos) (Anaya & Cruz-Ortega, 2001).

Protección contra microorganismos; los metabolitos secundarios evitan el ataque de hongos y bacterias, entre ellos se encuentran compuestos fenólicos, taninos, aceites esenciales y saponinas (Gershenzon & Dudareva, 2007).

Efectos contra herbívoros; los metabolitos secundarios pueden ocasionar una disuasión del ataque, afectar la tasa de crecimiento, desarrollo, supervivencia y reproducción de los insectos que se alimentan de las plantas que los contienen (Anaya & Cruz-Ortega, 2001).

Las plantas liberan el carbono asimilado en la fotosíntesis en forma de compuestos volátiles orgánicos que pueden ser emitidos por hojas, flores, frutos y raíces. A la fecha se han descrito alrededor de 1,700 compuestos volátiles en más de 90 familias (Maffei et al., 2011). Estos se clasifican en 1) terpenos o isoprenoides, 2) fenil propanoides/benzenoides y 3) derivados de ácidos grasos, aunque se reconocen otros grupos como, las índoles y los isotiocianatos (Bautista-Lozada et al., 2012). Cuando se descomponen las crucíferas se liberan isotiocianolatos que tienen efecto fungicida y nematocida, esta estrategia se evaluó en el control de guayabo con problemas radicales, llamándosele solarización y crucíferas (Valle, 1994).

La emisión de volátiles emitidos por una planta sana se denomina como emisión constitutiva, mientras que la emitida después de que la planta sufre estrés abiótico o biótico se le llama inducida pudiendo ser local o sistémica (Bautista Lozada et al., 2012). Se considera que la síntesis y emisión de volátiles presenta una ventaja para la planta y debido a que su emisión puede modificar el comportamiento, fisiología de los organismos receptores y sus interacciones con otros organismos también se les llama emisiones biogénicas.

Los factores bióticos que modifican la emisión de volátiles son: luz, temperatura, disponibilidad de agua, el ozono y el CO<sub>2</sub>, mientras que de los biótico se encuentra la misma variabilidad de las plantas (el aguacate Hass no emite volátiles en forma perceptible mientras que la variedad *Persea americana* var

*drymifolia* es notoria la emisión (Bravo-Monzón & Espinosa-García, 2008), el efecto de la herbivoría que abre la ruta metabólica de los ocatdecanoides (ácido jasmonico y terpenos) (Bautista-Lozada et al., 2012); se menciona que los masticadores inducen la vía del ácido jasmónico y los chupadores la del ácido salicílico (Smith & Boyko, 2007).

La primera respuesta de la planta al ataque de un patógeno es una respuesta de hipersensibilidad y en ella intervienen alcaloides, terpenoides y los fenilpropanoides, participan activamente matando directamente al microorganismo patógeno o restringiendo su invasión al resto de la planta. Al mismo tiempo, otros metabolitos secundarios contribuyen a destruir las especies reactivas de oxígeno que son tóxicas para la misma célula vegetal. Los conjugados de fenilpropanoides con aminas se incorporan a la pared celular vegetal para aumentar su rigidez y reducir su digestibilidad por insectos y vertebrados herbívoros. Así mismo, algunos alcaloides son neurotóxicos a insectos y vertebrados herbívoros (Sepulveda et al., 2003). En la actualidad se reconocen más de 1,600 especies de plantas con propiedades insecticidas, atrayentes, repelentes, estimulantes o inhibidoras de la oviposición y la alimentación y como confusores sexuales (Silva et al., 2002).

En guayaba para el control de la enfermedad clavo de la guayaba ocasionada por *Pestalotiopsis clavispora* se emplearon extractos elaborados por maceración alcohólica de plantas nativas del agroecosistema de guayaba de Calvillo, Aguascalientes, observándose que los extractos de jaral (*Cistus* sp.), aceitilla (*Bidens odorata* Cav.), mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.), paraíso (*Melia azedarach* L.), olivo (*Olea europaea* L.), trompillo (*Solanum eleagnifolium* Cav.), lantana (*Lantana* sp.), romero (*Rosmarinus* sp.), ruda (*Ruta graveolens* L.), venadilla (*Bursera simaruba* (L.) SARG.), lengua de vaca (*Rumex crispus* L.) y eucalipto australiano (*Corymbia* (=Eucalyptus) *gummifera* (Gaertn.) Hill & Johnson) mostraron en laboratorio reducciones del crecimiento del hongo, superiores al 90%. En evaluación en campo los extractos de plantas de eucalipto rojo (*Eucalyptus camaldulensis*) y eucalipto australiano (*Corymbia gummifera*) mostraron porcentajes de daños similares al Malatión y menores que lo fungicidas de síntesis química evaluados (González et al., 2020).

## CONCLUSIONES

Los usos de la biotecnología en la agricultura son muy diversos y ampliamente empleados tanto en la producción de plantas clonales como en la protección contra plagas y enfermedades o en la determinación de semioquímicos empleados en la interacción planta-insecto, insecto-insecto, así como en el mejoramiento genético y rescate y salvaguarda germoplasma nativo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anaya, A. L., & Cruz-Ortega, R. (2001). La alelopatía: algunos estudios de caso y posibles aplicaciones. In: Anaya, A. L., Espinosa-García, F., Cruz-Ortega, R. (eds.) Interacciones químicas entre organismos: aspectos básicos y perspectivas de aplicación. UNAM pp. 33-67.
- Bautista-Lozada, A., F. Parra-Rondinel, & F. J. Espinosa-García. (2012). Efectos de la domesticación de plantas en la diversidad fitoquímica. In: J. C. Rojas y E. A. Malo (eds.). Temas selectos en ecología química de insectos. El Colegio de la frontera Sur, México. pp. 253-267.
- Berenbaum, M. R. (2001). Relaciones entre frugívoros y plantas: intermediación química en la dispersión de frutos. In: Anaya, A. L., F. J. Espinosa-García, & Cruz-Ortega, R. (eds.) Interacciones químicas entre organismos: aspectos básicos y perspectivas de aplicación. UNAM pp. 377-399.
- Bravo-Monzón, A. E., & Espinosa-García, F. J. (2008). Volatile emissions in *Persea americana* in response to the stem borer *Coptorus aguacatae* attack. Allelopathy J. 21: 165-174.
- Chilton, M. D., Tepfer, D. A., Petit, A., Casse-Delbart, F., & Tempe, J. (1982). *Agrobacterium rhizogenes* inserts T DNA into the genomes of host plant root cells. Nature 295:432-34.
- Drijfhout, F. P., Van Beek, T. A., Visser, J. H., & De Groot, A. (2000). On-line thermal desorption-gas chromatography of intact insects for pheromone analysis. J. Chem. Ecol. 1383-1392.
- Erlich, P. R., & Raven, P. H. (1964). Butterflies and plants: a study in Coevolution. Evolution 18: 586-608.
- Espinosa-García, F. J. (2001). La diversidad de los metabolitos secundarios y la teoría de la defensa vegetal. In: Anaya, A. L., F. J. Espinosa-García & Cruz-Ortega, R. (eds.). Interacciones químicas entre organismos: aspectos básicos y perspectivas de aplicación. UNAM pp. 231-249.
- García-Rodríguez, Y., A. Bravo-Monzón, Y. Martínez-Díaz, G. Torres-García, & F. J. Espinosa-García. (2012). Variación fitoquímica defensiva en ecosistemas terrestres. In: J. C. Rojas y E. A. Malo (eds.). Temas selectos en ecología química de insectos. El Colegio de la frontera Sur, México. pp. 217-252.
- Gelvin, S. B. (2000). *Agrobacterium* and plant genes involved in T-DNA transfer and integration. Annual Review of Plant Biology, 51(1), pp.223-256.
- Gelvin, S. B. (2010). *Agrobacterium* and plant genes involved in T DNA transfer and integration. Annual Rev Plant Physiol Plant Mol Biol. 51: 223-56.
- Gheysen, G., Dhaese, P., Van Monta, Gu, M., & Schell, J. (1985). DNA flux across genetic barriers: the crown gall phenomenon. In Advances in Plant Gene Research, ed. B. Hohn , E. S. Dennis, 2:1 1-47. Vienna: Springer-Verlag.
- Gershenzon, J., & Dudareva, N. (2007). The function of terpene natural products in the natural world. Nat. Chem. Biol. 3: 408-414.

- González, G. E., H. Silos, E., J. S. Padilla, R., G. Sánchez, M., J. C. Carrillo, R., F. Tafoya, K. V. De Lira R., C. Serrano, G., & C. Perales, S. (2019). Compuestos volátiles del picudo de la guayaba *Conotrachelus dimidiatus* Champion y su fruto hospedero. *Southwestern Entomologist* vol 44(3): 733-742.
- González, G. E., H. Silos, E., C. Perales, S., J. S. Padilla, R., I. G. López, M. E., & Acosta, D. (2020). Control de clavo de la guayaba con extractos de plantas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol 11(2): 365-376.
- González, G. E., H. Silos, E., J. S. Padilla, R., F. Tafoya, K. V. De Lira, R., R. Sánchez, L., L. Perales, A., M. A. Miranda, S. C., & Perales, S. (2021). Identificación de volátiles de frutos de guayaba ovipositados por el picudo de la guayaba (*Conotrachelus dimidiatus* Champion). *Southwestern Entomologist* vol 46 (4):1001-1009.
- Hadacek, F., Bachmann, G., Engelmeier, D., Chobot, V. (2011). Hormesis and chemical raison d'être for secondary plant metabolites. *Dose Response* 9: 79-116.
- Hooykaas, P. J. J., Schilperoort, R. A. (1984). The molecular genetics of crown gall tumorigenesis. *Adv. Genet.* 22:21.
- Huesing, J., & English, L. (2004). The impact of bt crops on the developing world. *AgBioForum*, 7:84-95.
- Iason, G. R., O'Reilly-Wapstra, J. M. Brewer, M. J. Summers, R. W., & Moore, B. D. (2011). Do multiple herbivores maintain chemical diversity of scots pine monoterpenes. *Phil. Trans. Roy. Soc. B* 366: 1337-1345.
- Korkina, L. G. (2007). Phenylpropanoids as naturally occurring antioxidants from plants defense to human health cell. *Mol Biol* 53: 15-25.
- Maffei, M., Gertsch, J., & Appendino, G. (2011). Plant volatiles: Production, function and pharmacology. *Nat. Prod. Rep.* 28:1359-1380.
- Malo-Rivera, E. A., & Rojas, J. C. (2012). Métodos de Investigación en Semioquímicos. In: J. C. Rojas y E. A. Malo (eds.). *Temas selectos en ecología química de insectos*. El Colegio de la frontera Sur, México. pp. 17-45.
- Md, S. I., Most, M. A., Jahangir, M. A., Pasquapina, C., & Firoz, A. (2013). The *Agrobacterium tumefaciens* is a Potential Tool for Anti-tumor Study. Chandi, C. R. (Ed.), *Microbiology Applications*. 135-151. Har Krishan Bhalla & Sons
- Perales, A. L., H. Silos E., L. L. Valera, M., C. Perales S., & S. Flores, B. (2016). Propagación in vitro de guayaba (*Psidium guajava* L.) a partir de segmentos nodales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* vol 7 (2):375-386. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263145278013>.
- Portal, N., Carabaloso, I., Alvarado, Y., & Leyva, M. (2003). Bacterias contaminantes en la fase de establecimiento in vitro del guayabo. *Cuba. Biotecnología vegetal*. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. 2(2):169-172.

- Price, W. P. (1984). *Insect Ecology*. A Wiley-Interscience Publication. John Wiley and Sons. New York. 607 p.
- Rojas, A. E. (2021). La conservación de Recursos Genéticos a 10 años de la creación del Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP. Libro Técnico Num 1. INIFAP-JICA-AMEXCID. 213 p.
- Seidelmann, K., Luber, K., & J. Ferenz, H. (2000). Analysis of release and role of benzyl cyanide in male desert locusts *Schistocerca gregaria*. *J. Chem. Ecol.* 26: 1897-1910.
- Sepulveda, J. G., Porta, D. H. M., & Rocha, S. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología* vol 21(3):355-363.
- Silva, G., Lagunes, A., Rodríguez, T., J., & Rodríguez, D. (2002). Insecticidas vegetales: una vieja y una nueva alternativa para el manejo de plagas. *Manejo de Plagas y Agroecología* v66: 4-12.
- Smith, C. M., & Boyko, E. V. (2007). The molecular bases of plant resistance and defense responses to aphid feeding: current status. *Entomol. Exp. Appl.* 122: 1-16.
- Tholl, D., Boland, W., Hansel, A., Loreto, F., Rose, U. S. R., & Schmitzler J. P. (2006). Practical approaches to plant volatile analysis. *Plant J.* 45:540-560.
- Thompson, J. D., Gauthier, P., Amiot, J., Ehlers, B. K. Collin, C., Fossat, J., Barrios, V., Arnaud-Miramont, F., Keefover-Ring, K., & Linhart, Y. B. (2007). On going adaptations to mediterranean climate extremes in a chemically polymorphic plant. *Ecol. Mongr* 77: 421-439.
- Valera, M. L. L., & Silos E. H. (2010). Beneficios para México procedentes de la transformación de plantas. In: *Biotecnología para el semidesierto tópicos sobre el cultivo del nopal y maguey*. Silos, E. H., L. L. Valera, M., C. Perales, S., A. Nava, C., J. Méndez, G., A. Amante, O. D. Rossel, K. (eds.) ISBN 978-607-7533-47-4.
- Valle, G. P. (1994). Vigorización de árboles de guayabo afectados por nematodos (*Meloidogyne* sp.) mediante solarización e incorporación de residuos vegetales al suelo. *Rev. Inv. y Ciencia UAA, Ags., México* Vol. 13 p. 2-6.
- Wink, M. (1998). A short history of alkaloids In: Roberts, M. F. and Wink, K. M. (eds.) *Alkaloids: Biochemistry, Ecology and Medicinal Applications*. Plenum Press. New York pp. 11-44.

## Índice Remissivo

### A

agar, 194, 203  
agaváceas, 191, 192, 203  
Análisis proximal, 91

### B

Bahía de Lobos, 8, 9, 10, 13  
biofertilización, 6, 14

### C

cactáceas, 191, 192, 193, 194, 201, 203  
*Convolvulus arvensis*, 73, 74  
Cromatografía de gases, 168

### E

Extracción por arrastre de vapor, 28, 29  
Extracción por maceración, 29, 30  
extractos de plantas, 139, 146, 148

### F

feromonas, 139, 142  
fitoestabilización, 197, 203  
Formulación, 206

### I

in vitro, 139, 140, 141

### M

metales pesados, 191, 192, 193, 194, 195, 196,  
197, 198, 199, 200, 201, 202, 203  
México, 208

### P

*Parkinsonia aculeata*, 6, 8  
Pleurotus, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56  
Proteína cruda, 92  
Pulsos ultrasónicos, 32

### Q

Quitinasas, 63

### S

semi-desierto, 9  
semioquímicos, 139, 149

### T

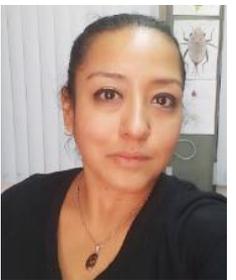
transgénicos, 139



**Dr. Leandris Argente-Martínez.** Profesor Investigador Titular C, del Tecnológico Nacional de México, Campus valle del Yaqui. Doctorado en Ciencias Biotecnológicas por el Instituto Tecnológico de Sonora. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) Nivel 1. Profesor Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, Líder del Cuerpo Académico ITVAYA-CA-3. Línea de investigación: Agricultura sustentable, Fisiología, Bioquímica, Biología Celular y Molecular del estrés.



**Dra. Ofelda Peñuelas-Rubio.** Profesora Investigadora Titular C, del Tecnológico Nacional de México, Campus valle del Yaqui Doctorado en Ciencias Biotecnológicas por el Instituto Tecnológico de Sonora. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) Nivel 1. Profesora Perfil Deseable (PRODEP) de la Secretaría de Educación Pública de México, Miembro del Cuerpo Académico ITVAYA-CA-3. Línea de investigación: Agricultura sustentable, Fisiología, Bioquímica, Biología Celular y Molecular de sistemas terrestres y costeros.



**Dra. Lucila Perales-Aguilar.** Profesora Investigadora del Tecnológico Nacional de México, miembro del S.N.I. candidata, con experiencia en biotecnología de plantas del semidesierto y remediación de suelos contaminados con metales pesados. Profesor con perfil deseable de la Secretaría de Educación Pública. Línea de investigación sobre Producción de Cactáceas y Agavaceas *in vitro* y remediación de suelos del semidesierto



**Dr. Ugur Azizoglu** es profesor asociado en el Departamento de Producción Agrícola y Animal de la Universidad de Kayseri y actualmente continúa su investigación en el Centro de Células Madre y Genoma de la Universidad Erciyes (GENKÖK), Türkiye. Se graduó de la Facultad de Ciencias y del Departamento de Biología de la Universidad Erciyes en julio de 2007 y obtuvo una Maestría en Ciencias en Biología en junio de 2009. Completó su doctorado en el Departamento de Biología de la Universidad Erciyes en 2014. El enfoque de sus estudios es la biotecnología microbiana, el control biológico, las bacterias genéticamente modificadas y las

bacterias promotoras del crecimiento de las plantas. El Dr. Azizoglu ha participado en numerosas conferencias y talleres y se ha desempeñado como revisor de revistas internacionales.



**E**l presente compendio científico “Biotecnología agropecuaria aplicada” aborda temas relevantes del área agropecuaria. Se hace énfasis en el aprovechamiento de microorganismos bacterianos y fúngicos y su potencial uso en los agroecosistemas. Estas aplicaciones con la finalidad de promover prácticas sustentables de producción, desde la promoción del crecimiento vegetal en condiciones ambientales adversas, el biocontrol de fitopatógenos y malezas, así como la biorremediación. También se exploran metodologías novedosas para la obtención de compuestos antioxidantes y antifúngicos. Además, se presentan avances en la elaboración de nuevos alimentos para la producción acuícola, como alternativas para la nutrición efectiva.

Los trabajos aquí presentados constituyen evidencias de los pasos sólidos que dan los diferentes grupos de investigación nacionales e internacionales del área de la biotecnología agropecuaria. Se agradece la participación de los autores que pertenecen al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII-CONAHCYT) de los Estados Unidos Mexicanos.



**Pantanal Editora**

Rua Abaete, 83, Sala B, Centro. CEP: 78690-000  
Nova Xavantina – Mato Grosso – Brasil  
Telefone (66) 9608-6133 (Whatsapp)  
<https://www.editorapantanal.com.br>  
[contato@editorapantanal.com.br](mailto:contato@editorapantanal.com.br)