

EL AGUACATE

(*Persea americana* Mill.),
una especie muy mexicana

CARACTERIZACIÓN SOCIAL Y TÉCNICA DEL CULTIVO DE LA **PIÑA CRIOLLA** (*Ananas comosus* (L) Merr.)

BIOFERTILIZANTES a base de micorriza-arbuscular y su aplicación en la agricultura

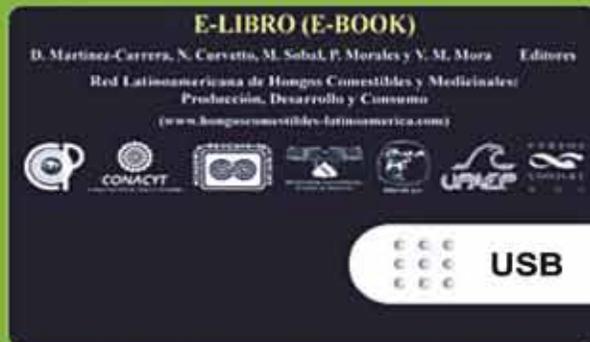
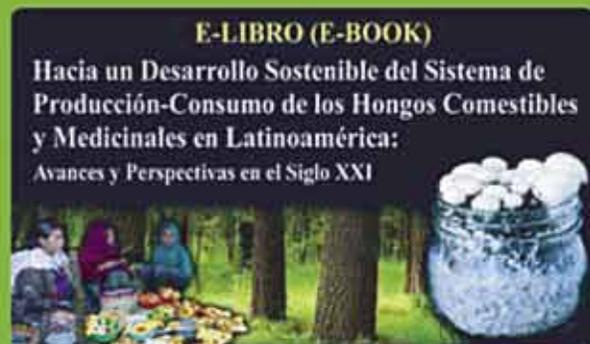
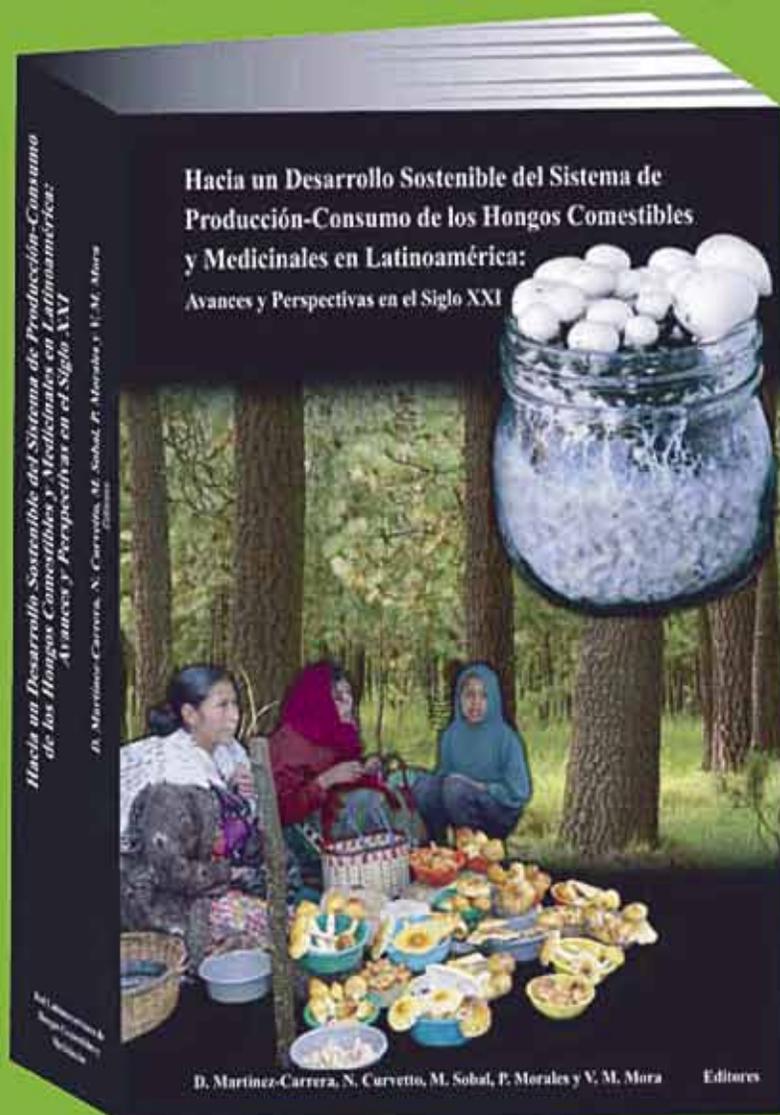
El proceso de fermentación del **CACAO** (*Theobroma cacao* L.)

BIBLIOTECA BÁSICA DE AGRICULTURA

**La Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales
presenta el primer libro sobre el sector emergente de los hongos en Latinoamérica**

Hacia un Desarrollo Sostenible del Sistema de Producción-Consumo de los Hongos Comestibles y Medicinales en Latinoamérica: Avances y Perspectivas en el Siglo XXI. D. Martínez-Carrera, N. Curvetto, M. Sobal, P. Morales y V. M. Mora (Eds). 2010. Red Latinoamericana de Hongos Comestibles y Medicinales-COLPOS-UNS-CONACYT-AMC-UAEM-UPAEP-IMINAP, Puebla. 648 p. 221 Figuras y 92 Tablas. ISBN 970-9752-01-4.

Un libro excepcional que trata de manera integral todos los aspectos del sistema de producción-consumo de los hongos comestibles, funcionales y medicinales en los países latinoamericanos, cubriendo no tan sólo investigaciones básicas, aplicadas y socioeconómicas, sino también experiencias comerciales a pequeña y gran escala. En sus 31 capítulos se discute ampliamente el creciente potencial de los hongos en una región con enorme diversidad cultural, biológica y ecológica. Asimismo, se discuten experiencias seleccionadas de otras regiones del mundo. Cada capítulo incluye un resumen en inglés.



Para mayor información sobre las diferentes versiones del libro (pasta dura, pasta blanda, e-libro), por favor contactar a:
Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (COLPOS), Campus Puebla, Biotecnología de Hongos Comestibles, Funcionales y Medicinales, Puebla 72001, Puebla, México.
Tel.: (52) 222-2852162. Correo electrónico: dcarrera@colpos.mx
Página de internet: www.hongoscomestibles-latinoamerica.com



3 CARACTERIZACIÓN SOCIAL Y TÉCNICA DEL CULTIVO DE LA PIÑA CRIOLLA (*Ananas comosus* (L.)Merr.)

12 BIOFERTILIZANTES A BASE DE MICORRIZA-ARBUSCULAR Y SU APLICACIÓN EN LA AGRICULTURA

20 EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.)

27 EL AGUACATE (*Persea americana* Mill.), UNA ESPECIE MUY MEXICANA

36 NOTICIAS

38 BIBLIOTECA BÁSICA DE AGRICULTURA

44 FACTORES DE CONVERSIÓN



Corrección de estilo: Hannah Infante
Diseño: KROW S.C. / www.krow-sc.com
Suscripciones, ventas, publicidad,
contribuciones de autores:

Guerrero 9, esq. Avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México.

t. 01 (595) 928 4013 / agroproductividad@colpos.mx

Impresión 3000 ejemplares.

© Agroproductividad, publicación respaldada por el Colegio de Postgraduados. Derechos Reservados.

Certificado de Licitud de Título Núm. 0000. Licitud de Contenido 0000 y Reserva de Derechos Exclusivos

del Título Núm. 0000. Editorial del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México,

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Núm. 036.

Directorio

Said Infante Gil
Editor General del Colegio de Postgraduados

Rafael Rodríguez Montessoro[†]
Director Fundador

Jorge Cadena Iñiguez
Director de Agroproductividad

Comité Técnico-Científico
Colegio de Postgraduados

Fernando Clemente S.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Fauna Silvestre

Ma. de Lourdes de la Isla
Dr. Ing. Agr. Catedrática Aereopollución

Ángel Lagunes T.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Entomología

Enrique Palacios V.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Hidrociencias

Jorge Rodríguez A.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Fruticultura

Colegio de Postgraduados Puebla
Manuel R. Villa Issa
Dr. Ing. Agr. Economía Agrícola

Instituto de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Pedro Cadena I.
Dr. Ing. Agr. Transferencia de Tecnología

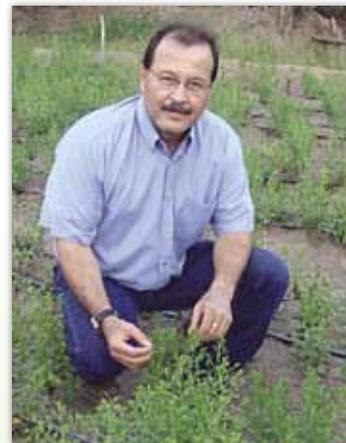
Luis Reyes M.
Dr. Ing. Agr. Director de promoción y divulgación

Confederación Nacional Campesina
Jesús Muñoz V.
Dr. Ing. Agr. Agronegocios

Instituto Interamericano de Cooperación
para la Agricultura
Victor Villalobos A.
Dr. Ing. Agr. Biotecnología



RAFAEL RODRÍGUEZ MONTESSORO[†]



DR. JORGE CADENA IÑIGUEZ

ENERO - MARZO 2011, AÑO 4 / NÚMERO 1.

El director fundador de Agroproductividad, Rafael Rodríguez Montessoro, falleció hace algunos meses. Esa es la única razón para la extemporaneidad de esta entrega de la revista. Después de un proceso exhaustivo de búsqueda, se decidió que el esfuerzo lo continuara Jorge Cadena Iñiguez, quien ha emprendido la tarea con el entusiasmo que muchos le reconocemos. Para finales de este año la revista deberá estar al día: ese es un reto para Jorge.

Creo que Agroproductividad complementa los objetivos de nuestras otras dos revistas: Agrociencia (dedicada principalmente a las ciencias experimentales) y Agricultura, Sociedad y Desarrollo (más inclinada hacia las ciencias sociales). Tenemos por delante el reto de publicar en ella artículos con un lenguaje llano, accesible a los técnicos de campo y a los productores. El desafío no es trivial: la divulgación científica es una actividad muy compleja; pero intentaremos hacerla con el único límite de nuestras capacidades.

Saludos cordiales.

EL EDITOR GENERAL DEL COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Said Infante Gil

Colaboradores

CARACTERIZACIÓN SOCIAL Y TÉCNICA DEL CULTIVO DE LA PIÑA CRIOLLA. N. Espinosa-Paz, P. Cadena-Iñiguez, F.R. De la Cruz-Morales, I. Fernández-González, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias México, Av. Progreso No. 5. Santa Catarina, Coyoacán, D.F. CP. 04010 México. G. Sánchez-Grajales Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Centro Regional Chiapas. Autor responsable e-mail: cadena.pedro@inifap.gob.mx

BIOFERTILIZANTES A BASE DE MICORRIZA-ARBUSCULAR Y SU APLICACIÓN EN LA AGRICULTURA. Juan F. Aguirre-Cadena Grupo interdisciplinario de Investigación en Sechium edule en México, (GISeM), Agustín Melgar 10, C.P. 56108 Texcoco, Estado de México. Juan F. Aguirre-Medina Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Coyoacán, D.F. México CP 04010. Autor responsable e-mail: juaguirre86@hotmail.com

EL PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL CACAO. Ma. C. López-Navarrete, E. Hernández-Gómez, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Coyoacán, D.F. México CP 04010.

EL AGUACATE UNA ESPECIE MUY MEXICANA. E. Campos-Rojas Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, km 38.5 carretera México-Tezcoco. CP 56230, Chapingo, Estado de México, México.

G. Hernández-Barbosa Departamento de Fruticultura, SEDARH, Gobierno de San Luis Potosí. Autor responsable e-mail: educamro@yahoo.com.mx

CARACTERIZACIÓN SOCIAL Y TÉCNICA DEL CULTIVO DE LA PIÑA CRIOLLA (*Ananas comosus* (L) Merr.)

N. Espinosa-Paz, P. Cadena-Iñiguez, F.R. De la Cruz-Morales, I. Fernández-González,
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias México, Av. Progreso No. 5. Santa Catarina, Coyoacán, D.F. CP. 04010 México
G. Sánchez-Grajales
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Centro Regional Chiapas. Autor responsable e-mail: cadena.pedro@inifap.gob.mx

RESUMEN

Una alternativa para el aprovechamiento de laderas y el incremento de ingresos para minifundistas de las localidades de la depresión central del estado de Chiapas es el cultivo de la piña criolla (*Ananas comosus*), cuyas características bromatológicas le confieren una diferenciación en el gusto del consumidor regional. Sin embargo, existen limitantes de orden técnico, social y de comercialización que evitan el crecimiento de las áreas de cultivo, por lo que se realizó un diagnóstico con el fin de identificarlas y promover su rescate. Para incrementar la calidad del fruto es necesario aplicar algún paquete tecnológico, brindar acompañamiento técnico y aplicar un modelo de organización de productores; asimismo, ampliar el segmento de mercado, quizás reorientándolo al mercado orgánico, y crear centros de acopio. La edad de los productores oscila entre 22 y 75 años, prevaleciendo una mayoría de entre 54 y 61 años. El 57.14% de los productores tienen de entre 15 a 21 años practicando este cultivo; 12.5%, de 1 a 7 años; y 1.79% más de 36 años.

Palabras clave: piña de azúcar, piña Chiapas, verde coita.

INTRODUCCIÓN

La piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) es uno de los frutos tropicales más preciados para el consumo en fresco y procesado (INIFAP, 1998). En la actualidad la piña se produce en ocho estados del país (Veracruz, Oaxaca, Tabasco, Nayarit, Jalisco, Guerrero, Tamaulipas y México) (SIAP, 2009). Su sabor y aroma le han permitido 11% en crecimiento de su oferta en los últimos tres años (SIAP, 2009). México se ubica en el décimo lugar en el mundo en la producción de piña con 28,126 hectáreas en 2009, distribuidas en Veracruz, con 22,225; Oaxaca, 2,663 ha; Nayarit, 1,293.75 ha; Tabasco, 1,283 ha; Chiapas, 341 ha; Jalisco, 147 ha; Guerrero, 97 ha; Colima, 21 ha; Tamaulipas, 16 ha; y Yucatán, 5.50 ha, con una producción total de 749,395.58 toneladas. La producción mundial es de 16.9 millones de toneladas de fruta fresca (FAO, 2004), con Brasil y Tailandia a la cabeza.

De acuerdo con SIAP (2009), Chiapas ocupa el quinto lugar nacional en superficie sembrada de piña, con 341 ha, y el sexto en producción con un total de 4,855 toneladas, distribuidas de la siguiente forma: Las Margaritas, 170 ha; Maravilla Tenejapa, 116 ha; Frontera Hidalgo, 40 ha; y Mazatán, 15 ha. Aun cuando el municipio de Ocozocoautla no aparece en las estadísticas nacionales de producción, es un municipio que se caracteriza por producir piña *Ananas comosus* (L.) Merr., con un alto contenido de azúcar, la cual es conocida popularmente en la región como “piña de azúcar” o “piña de coita”, y entre los productores como piña criolla es muy atractiva tanto para los consumidores locales como para los regionales (Figura 1).



Figura 1. Frutos de piña criolla (*Ananas comosus* (L.) Merr.)

Tradicionalmente la piña criolla se ha producido en la región desde hace más de 60 años en los municipios de Ocozocoautla y Berriozábal; sin embargo, en los últimos años se ha observado una disminución de dicho cultivo, lo que ha provocado un decremento en su producción, lo que pone en riesgo que dicho fruto, caracterizado por su aroma, sabor y dulzura (14-17 °Brix), desaparezca. El tamaño de la piña criolla le permite un futuro posicionamiento en los

mercados de las grandes ciudades, debido a la tendencia del consumidor a adquirir frutas que le representen pequeñas porciones. Asimismo, debido a que se trata de un genotipo adaptado a las condiciones agroclimáticas de la región de Ocozocoautla para productores en pequeño, se consideró relevante realizar un acercamiento de caracterización al sistema de producción y perfil de productores de piña criolla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica del cultivo

En el estado de Chiapas la piña se cultiva en los municipios de Frontera Hidalgo, Maravilla Tenejapa, Las Margaritas y Mazatán (SIAP, 2009). Aun cuando no se reporta la producción de piña en los municipios de Ocozocoautla y Berriozábal, el estudio se realizó en las localidades de Ocuilapa de Juárez, El Jardín (municipio de Ocozocoautla), Benito Quezada y las Camelias (municipio de Berriozábal), debido a que en esta microrregión se cultiva especialmente el genotipo criollo (Figura 2).

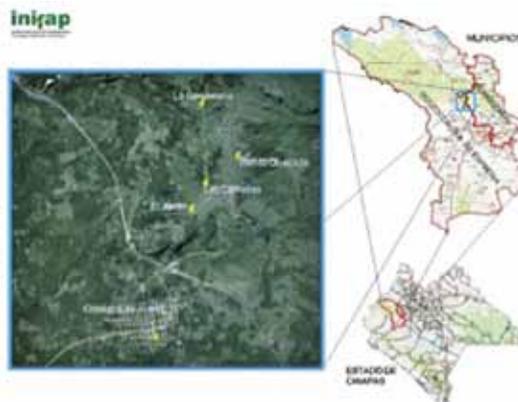


Figura 2. Localidades productoras de piña criolla en el Centro del estado de Chiapas

Ocozocoautla está ubicado en la parte Occidental del estado de Chiapas, entre los 16° 45' N y 93° 22' O. La cabecera municipal se ubica a 820 msnm. Cuenta con una extensión territorial de 2,476 km², colinda al norte con los municipios de Tecpatán y Berriozábal, al sur con Tuxtla Gutiérrez y Suchiapa, y al occidente con Jiquipilas, Cintalapa y Villaflores. Se realizó una caracterización social de los productores y la tecnología que emplean para el cultivo de piña criolla, aplicando un instrumento de encuesta en una muestra de la población de productores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el estudio realizado se observa que de 56 productores encuestados, 37% habita en Ocuilapa de Juárez, 17% en Las Camelias, 30% en La Candelaria, 5% en El Jardín, y 9% en Benito Quezada. De esta muestra, la zona de mayor producción correspondió a la localidad de La Candelaria, con 67.9% de las parcelas, y tan sólo 5.4% en El Jardín (Cuadro 1). Históricamente, El Jardín fue la principal zona de alta producción de piña.

En esta región el clima dominante es cálido húmedo (Aw) lo cual indica que se presentan, con temperaturas superiores a los 18°C, lluvias muy abundantes en verano y otoño. Con una precipitación media anual que fluctúa entre 900 y 2000 mm, en los meses de mayo a octubre y en el periodo de noviembre-abril, la precipitación media va de 25 a 700 mm (Anónimo, 2008).

Cuadro 1. Localidades y municipios donde se encuentra la producción de piña criolla

Municipio	Localidad	Frecuencia (n)	%
Ocozocoautla de Espinosa	La Candelaria	17	30.4
	Ocuilapa de Juárez	21	37.5
	El Jardín	3	5.4
Subtotal		41	73.2
Berriozábal	Benito Quezada	5	8.9
	Las Camelias	10	17.9
Subtotal		15	26.8
Total		56	100

Características de la zona de producción

En conjunto poseen una superficie de 424 hectáreas, de las cuales 301.2 se ocupan para producción agrícola y 58.5 para ganadería. La superficie destinada para la producción agrícola está dividida en 51.8 hectáreas de cultivo de piña (*Ananas comosus*), 110.25 de maíz (*Zea mays*), Frijol (*Phaseolus vulgaris*), y 108 de café (*Coffea arabica*) como principales actividades, además de una superficie menor entre árboles frutales, tales como plátano (*Musa paradisiaca*), naranjo (*Citrus aurantium L.*), limonero (*Citrus medica L.*), durazno (*Pirus comunis L.*) y, dentro de las flores, la gardenia (*Gardenia brighamii*), gladiolo (*Gladiolus klattianus*), jazmín (*Jasminum fruticans*), y rosal (*Rosa spp.*)

De acuerdo con el primer acercamiento, el cultivo de piña se ubicó en tercer lugar de prioridad para el productor, pero no por ello pierde importancia. La mayor parte de los productores poseen parcelas de propiedad social (82%), mientras que 18% corresponde a pequeña propiedad. La mayoría de los terrenos tienen pendientes del tipo ladera suave (57%), 19.6% son de superficie plana y el resto caminos y linderos (Figura 3).



Figura 3. Plantaciones de piña criolla (*Ananas comosus*) en laderas suaves y parcelas planas.

Características de los productores de piña

La edad de los productores de piña de la región osciló entre los 22 y los 75 años, prevaleciendo una mayoría de entre 54 a 61 años, nada extraño **en México donde el promedio de la población dedicada a las actividades agropecuarias es de 55 años**, lo cual es alarmante ya que no se observa mucha población joven que se identifique como relevo intergeneracional, lo que puede provocar que con el tiempo, al no existir interés, el germoplasma quede en mayor riesgo. En el mismo contexto se encontró que 57.14% de los productores de piña de 15 a 21 años practicando este cultivo, mientras que 12.5% tienen de 1 a 7 años y únicamente 1.79% más de 36 años.

Caracterización del sistema de producción

La piña criolla de Ocozocoautla es una fruta que se cultiva desde hace más de 60 años. Los productores han transmitido el conocimiento y el proceso de producción de manera oral; el manejo del suelo lo practican de manera manual (no utilizan ningún tipo de maquinaria, debido a la topografía del terreno), dado que la mayoría de las áreas de producción se encuentran ubicadas en terrenos con pendientes suaves.



Figura 5. Productores de piña (*Ananas comosus*) en la región de Ocozocoautla, Chiapas.

Superficie de piña sembrada

Los productores manifestaron que la superficie de cultivo de piña de 2005 a la fecha ha aumentado 43%. Actualmente se cuenta con un total de 51.8 ha sembradas de piña divididas en 56 parcelas, de las cuales 39.3% mide 0.5 ha, 25% son de 1 ha, y tan sólo 1.79% es de 10 ha. Es aquí donde se puede apreciar claramente que las parcelas son relativamente pequeñas, ya que los productores le dan mayor importancia a otros cultivos, como maíz, frijol y café, que a la piña; sin embargo, es notable que la superficie vaya en aumento, ya que 25% de las plantaciones son recientes y su tiempo de plantación va de uno a dos años y aún no están en producción.

Material genético utilizado

Para el establecimiento de las parcelas de piña los productores utilizan generalmente material vegetativo y de éste 80% utiliza “gallitos” y 12% hijuelos basales (Figura 6) (Cuadro 2).



CORONAS



GALLOS



HIJUELOS

Figura 6. Material vegetativo para la propagación de piña criolla (*Ananas comosus*) usada por productores minifundistas de la microrregión de Ocozocoautla, Chiapas

Eligen los gallitos como material de siembra (78.6%) ya que consideran que el fruto se obtiene en menor tiempo; asimismo, la experiencia les dice que es el material que genera plantas con mayor tiempo en producción y frutos de mayor tamaño.

Cuadro 2. Características del material que se utiliza para siembra

Variable	Tipo	Frecuencia	Porcentaje
Material genético sembrado	Hijuelos basales	7	12.5
	Gallitos	44	78.6
	Clavos	2	3.6
	Hijuelos basales y gallitos	2	3.6
	Otro	1	1.8
	Total	56	100.0
Selección de hijuelos	Característica		
	Por su tamaño	27	48.2
	Por lo derecho del hijuelo	6	10.7
	Ambas	19	33.9
	No las selecciona	4	7.1
	Total	56	100.0
Periodo de siembra	Mes		
	junio-julio	3	5.4
	Julio-agosto	9	16.1
	Agosto-septiembre	31	55.4
	septiembre-octubre	8	14.3
	Octubre-noviembre	5	8.9
	Total	56	100.0

Método de siembra

Los productores no aplican insecticida alguno al material de propagación antes de su siembra, lo cual lo hace vulnerable a contaminación por hongos y bacterias. Si bien los hijuelos se dejan alrededor de dos semanas expuestos al sol para que las lesiones que les provoca el desprendimiento de la planta cicatricen, esto es insuficiente para evitar que los microorganismos patógenos los contaminen (Figura 7).



Figura 7. Sembrado de hijuelos de piña criolla después de cicatrizar por exposición al sol, y labor manual de control de malezas.

De los productores, 70% resiembra las plantas que van muriendo, por lo que 55.36% afirma que el periodo idóneo para sembrar piña es durante agosto-septiembre, ya que son los meses en los que hay gallitos, mientras que 16% dice que el mejor periodo es julio-agosto.

Control de malezas, plagas y enfermedades

Según 87% de los productores sus parcelas son afectadas por múltiples malezas, mismas que controlan de manera manual porque afirman que los herbicidas modifican el sabor del fruto. Asimismo, 33.9% de los productores realizan tres limpiezas al año; la primera en el mes de abril, la segunda en junio y la tercera en noviembre. Éstas se realizan generalmente con coa (Figura 7).

Otro problema que presenta este cultivo es el ataque por los organismos plaga, entre los que destacan principalmente las chinches (*Cimex Lectularius*) y aves como la “Pea” (*Synalaxispaxi* spp.), que causan 35-37% del daño, mientras que para otros productores la “Pea” ocupa el segundo lugar y el Tlacuache (*Didelphis virginiana*) el tercero, con un 14.3% de incidencia o daño al fruto y al follaje, lo que ocasiona pérdidas de entre 25% y 50%.

De los 56 productores encuestados sólo 18 aplican insecticidas a sus parcelas. El agroquímico más común es el paratión metílico y la Lambda-cyhalothrina 25% (Karate®), con dosis de aplicación de 250 ml hasta 500 ml.ha⁻¹. El resto de los productores deja que las lluvias maten a las plagas como control. En lo que respecta a las enfermedades, 76% tuvieron problemas y 23.26% de ellos reportaron la presencia de coloración amarilla y manchas negras en el fruto, así como pudrición de toda la planta. Al igual que con las plagas, los productores no aplican ningún control para combatir dichas enfermedades, lo que ocasiona pérdidas importantes.

Fertilización de la piña

En las parcelas donde se cultiva piña criolla no se aplica fertilizante; 12 de 56 productores aplican abonos orgánicos que ellos mismos producen y 100% de ellos regresan los residuos generados de las cosechas de piña, para de esta manera incorporarlos al suelo en forma de abono verde.

Manejo postcosecha

Una característica importante que hay que cuidar es el grado de maduración de la piña al momento del corte, ya que si se corta a una edad muy temprana no desarrolla todas las características organolépticas que la hacen atractiva al consumidor. De los productores encuestados, 41% se percata de la madurez fisiológica observando el cambio de coloración; es decir, cuando ésta se torna de verde a amarillo; 82% de los productores cosechan cortando cada pieza con la ayuda de machetes afilados, ya que la cantidad de hojas aserradas (cortantes) de la piña no permite hacerlo con herramientas menores.



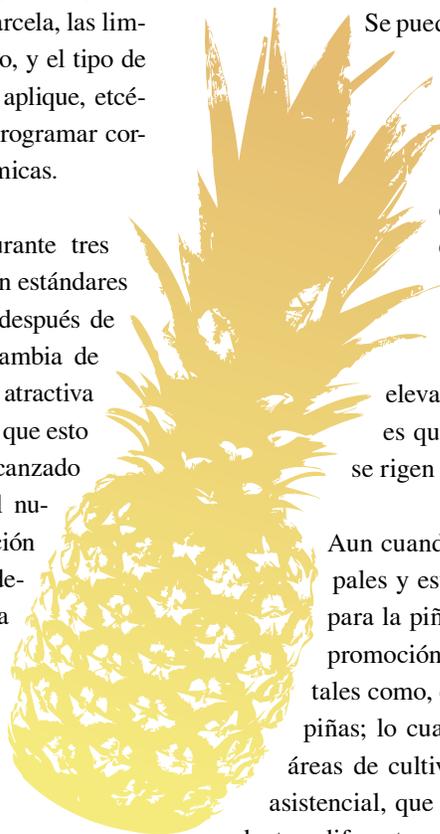
Figura 8. A: Cambio de coloración de verde (madurez fisiológica) a amarillo (madurez de consumo) en el fruto de la piña, como indicador de cosecha. B: Hojas aserradas de la piña criolla.

En promedio se realizan cinco cortes de fruta en el año; para cosecharla los productores ocupan en promedio 7.9 jornales para esta actividad por cada ciclo, obteniendo en promedio 2,372.15 piezas, lo cual da un rendimiento de 1838.87 piezas totales por hectárea. El tamaño de las piñas depende en gran medida de la edad de la plantación, ya que una piña de una planta joven puede llegar a pesar hasta 3 kg, siempre y cuando la parcela tenga entre dos y cuatro años de haber sido establecida. Se encontró también que las piñas grandes los productores las venden en \$6.00, mientras que las pequeñas llegan a venderse hasta en \$3.00.

Problemática encontrada

Los productores son principalmente adultos mayores de 50 años, por lo que presentan renuencia a la adopción de nuevas formas de cultivo; por ejemplo, no desinfectan los propágulos de siembra, lo que provoca pérdidas por enfermedades fungosas. La morfología de las hojas de piña (hojas aserradas) hace que los productores no quieran reducir el espacio de siembra ya que ello dificulta las labores de limpieza manual, generando bajas densidades del cultivo (4,414 plantas. ha⁻¹). En otras regiones tienen el sistema de doble hilera, con lo que logran una densidad de más de 30,000 plantas. ha⁻¹. Aunado a esto, las plagas son un factor muy importante en la producción de piña, así como también en la calidad de la misma. Los productores no saben cómo combatirlos ni qué tratamientos darles, o desconocen el manejo agronómico de ellas, lo que provoca que los rendimientos y la producción disminuyan. Las piñas que se producen son de distintos tamaños, de 0.5 hasta 3 o 4 kg; el rango es amplio ya que va de acuerdo con la edad de la parcela, las limpias que se le den por cada año, y el tipo de abono o fertilizante que se le aplique, etcétera, por lo que es necesario programar correctamente las labores agronómicas.

Las plantaciones de piña durante tres años producen fruto grande con estándares de mercado local y regional; después de ese lapso la fruta obtenida cambia de apariencia, volviéndose poco atractiva para el consumidor. Es posible que esto se deba a que la planta ha alcanzado la senectud o a un bajo nivel nutricional. La comercialización se hace sólo mediante revendedores, quienes compran la pieza entre \$3 y \$6.00 para ofertarla al consumidor final entre \$10 y 15.00. La salida de la piña coincide con la de otras regiones, lo que repercute negativamente en los precios locales.



Aun cuando el cultivo de piña se establece en terrenos con pendientes superiores a 15%, es una valiosa alternativa de aprovechamiento de las laderas donde el maíz y café no alcanzan producciones rentables, siendo una excelente vía de reconversión productiva de las áreas donde no existen condiciones de suelo favorables para otros cultivos, resaltando que para que lo anterior sea sostenible, deberá estar acompañado de asistencia técnica y paquete tecnológico que permita superar los rendimientos actuales y mejorar la calidad, además de tener acceso al crédito, de tal forma que todo en su conjunto incremente la rentabilidad y permita alcanzar precios diferenciales en comparación con otros tipos de piña, facilitando la conservación del germoplasma de la piña criolla.

El material genético que usan los productores proviene de la misma parcela o de otras aledañas, dado que la renovación de sus plantaciones es a través de gallitos, lo cual parece ser la principal causa de que el material genético no se pierda o erosione genéticamente, dado que aún conserva algunas de sus principales cualidades: el sabor y el tamaño. El potencial productivo para la zona en estudio es de aproximadamente 2,000 hectáreas (depresión central del estado), con un estimado de 20 a 25 ton. ha, generando un promedio de 50 jornales por hectárea en forma directa. Aun cuando los productores en muestra no opinaron sobre la posibilidad de establecer una agroindustria regional para la extracción de jugos y la elaboración de almíbares y bebidas fermentadas como productos secundarios, se considera una valiosa alternativa.

Se puede decir que la problemática social y de comercialización de la piña están íntimamente ligadas dado que los productores cultivan otras especies de corto plazo como flores, maíz y frijol, además de aguacate. El perfil de los productores no dista mucho del promedio general de la zona; sin embargo, es conveniente destacar la experiencia que tienen con la piña (más de 15 años), lo cual los hace susceptibles a acceder a un programa de capacitación en técnicas que reduzcan costos y sean eficientes para incrementar la rentabilidad del cultivo elevando el rendimiento. Otro de los problemas principales es que no existen precios referenciados en el mercado; éstos se rigen por la oferta y la demanda.

Aun cuando se han iniciado campañas gubernamentales (municipales y estatales) para registrar la marca colectiva “Verde Coita” para la piña criolla, los productores consideran insuficiente dicha promoción, ya que no se han divulgado las cualidades de la piña, tales como, el menor tamaño y sabor dulce respecto a otros tipos de piñas; lo cual consideran como una limitante para incrementar las áreas de cultivo y su participación en programas públicos de apoyo asistencial, que les facilite incursionar en la derivación de nuevos productos, diferentes al consumo en fresco.

De acuerdo con la metodología del marco lógico (Figura 9), se presenta el árbol de problemas donde se registran las causas y los efectos que pueden acelerar la pérdida del material genético de la piña criolla, a lo cual se puede encontrar una solución. En la Figura 10 se muestra el árbol con las acciones que podrían atenuar el problema.



Figura 9. Árbol de problema que resumen las principales causas y efectos en el cultivo de la piña criolla en Ocozocoautla, Chiapas.

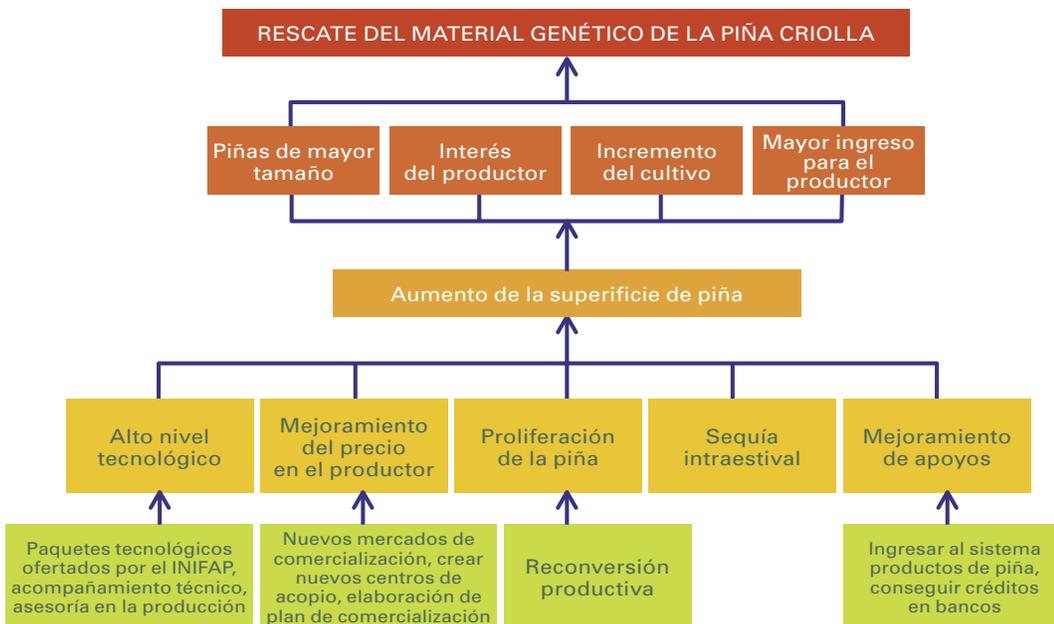


Figura 10. Árbol de soluciones que resume las principales estrategias acerca del cultivo de la piña criolla en Ocozocoautla, Chiapas.

Para incrementar la calidad de los frutos es necesario aplicar algún paquete tecnológico, a través del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), además de brindar asesoría y acompañamiento técnico en todo el ciclo del cultivo, y al menos un modelo de organización de productores, con el fin de que participen en convocatorias públicas de forma agrupada. De igual forma, se requiere ampliar el segmento de mercado, quizás reorientando la venta hacia el mercado orgánico y mediante la creación de centros de acopio para la comercialización de la piña a otros estados, destacando sus características bromatológicas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis proximal de la piña criolla en comparación con otros cultivos.

Variable	Piña criolla	Cayena lisa	Piña perola	Piña de México	Piña manzana
Humedad (%)	89.99	81.2-86.2	85.1	89.2	86
M. orgánica (%)	97.39				
Cenizas (%)	1.08	0.3-0.42	0.1	0.4	
Fósforo (%)	0.08		0.01	7	
Nitrógeno (%)	0.35	0.045-0.115			
Proteína (%) 1.15	0.181	0.1	0.4	1	
Grasa (%)	0.40	13.5	13.5	0.4	0.1
Fibra (%)	1.76	0.30-0.61	0.56	0.4	2
°Brix	14-17	10.8-17.5	13.25	9.6	13.83
Acidez (A. cítrico)	0.33	0.58	0.52		
K (%)	0.33	0.097			
Ca (%)	0.22	0.0084			
Mg (%)	0.09	0.14			
FE (mg Kg-1)	97.91	4			
Mn (mg Kg-1)	16.97	4			
Zn (mg Kg-1)	5.88				
Cu (mg Kg-1)	5.19				
Na (mg Kg-1)	276.19	20			

CONCLUSIONES

En lo que respecta a la competencia por el mismo terreno para cultivos de subsistencia, una alternativa es solicitar apoyo a las autoridades municipales para que los productores de piña puedan obtener un incentivo para seguir cultivándola; asimismo, es necesario plantear la producción de piña como un cultivo no tradicional que se debe rescatar, empleando como estrategia que los productores, ingresen al Sistema Producto Piña para facilitar el acceso a las políticas asistenciales. Comparando la piña criolla de Ocozocoautla con otras variedades como la Cayena lisa, Perola, México y Manzana, resalta su mayor cantidad de °Brix, proteína, nitrógeno, fibra y su menor acidez, la que le da menor astringencia en comparación con la más sembrada (cayena lisa), lo que hace que esta variedad sea una excelente opción para consumo en fresco.

LITERATURA CITADA

Anónimo. 2008. H. Ayuntamiento Municipal de Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Retrieved from: <http://www.ocozocoautla.chiapas.gob.mx/>

Bayer, Cropscience. 2010. Piña, agricultura protegida. Retrieved from: <http://www.bayer.com.mx/bayer/cropscience/bcsmexico.nsf>

Pérez-Maza C.J. 2007. Respuesta de la piña (*Ananas comosus* L.) a tres factores de manejo agronómico en Ocozocoautla, Chiapas. Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. Tesis.

Rebolledo M.A., Uriza A.D.E., Rebolledo, M.L. 1998. Tecnología para la Producción de piña en México. INIFAP-CIRGOC. Campo Experimental Papaloapan. Folleto Técnico Núm. 20. Veracruz, México. 159 p.

SIAP. 2010. Producción de piña en México. Retrieved from: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351, Propuesta de Oaxaca, Un ícono de Información. (2010, agosto 10). Crece producción de piña en México. Retrieved from: <http://propuestaoaxaca.com/index.php/sobresalientes/item/848-crece-produccion-de-pi%C3%B1a-en-m%C3%A9xico-oaxaca-supera-las-58-mil-toneladas>

BIOFERTILIZANTES

a base de micorriza-arbuscular y su aplicación en la agricultura

Juan F. Aguirre-Cadena

Grupo interdisciplinario de Investigación en *Sechium edule* en México, (GISeM), Agustín Melgar 10, C.P. 56108 Texcoco, Estado de México.

Juan F. Aguirre-Medina

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Coyoacán, D.F. México CP 04010.

Autor responsable e-mail: juaguirre86@hotmail.com

RESUMEN

La asociación de microorganismos con especies vegetales es un proceso sucesivo de intercambios de sustancias nutritivas y de metabolitos considerada como una asociación multifuncional cuyos beneficios van más allá de los aspectos nutrimentales; ya que se han registrado aumentos en la superficie absorbente del sistema radical mediante el incremento en la raíz, absorción de nutrientes del suelo y su transporte a la parte aérea, además de proporcionar cierta protección contra patógenos. En este trabajo se resalta la importancia del uso del Hongo Micorriza-Arbuscular (HMA) aplicado en forma de "biofertilizante" a especies vegetales de importancia económica, para favorecer su nutrición en un entorno de reducción de costos financieros y efectos negativos al ambiente por el uso de fertilizantes de origen inorgánico. Se describe brevemente su aplicación manual y sus beneficios en la productividad de diferentes cultivos de ciclo anual y perenne.

INTRODUCCIÓN

Los hongos micorrízicos-arbusculares (HMA) forman asociaciones simbióticas con la mayoría de las plantas. Se encuentran presentes en casi todos los ecosistemas y han sido un importante soporte de la evolución de las plantas en el sistema radical (Remy *et al.*, 1994). Su asociación es un proceso sucesivo de intercambios de sustancias nutritivas y de metabolitos (Trappe, 1987), la creación de nuevas estructuras (Hayman, 1983) y la síntesis de hormonas (Allen, 1982). Este tipo de asociación está regida fundamentalmente por los genomas de la planta y el hongo y modelada, a su vez, por el ambiente (Gianinazzi-Pearson y Gianinazzi, 1989).

La relación planta-HMA es una asociación multifuncional ya que sus beneficios van más allá de los aspectos nutrimentales; aumenta la superficie absorbente del sistema radical mediante el incremento en la raíz (Bowen y Rovira, 1999), como en maíz, sorgo y cebada (Irizar-Garza *et al.*, 2003), aunque ello

no ocurre en todas las plantas, como es el caso del frijol y el café (Aguirre-Medina y Kohashi, 2002; Aguirre-Medina *et al.*, 2011). En esta asociación el HMA genera hifas externas que absorben nutrientes del suelo y los transportan a la parte aérea (Crowley *et al.*, 1991), y también proporcionan cierta protección contra patógenos de la raíz (Van Peer *et al.*, 1991; Borowicz, 2001), como contra los nemátodos (De la Peña *et al.*, 2006), inhibiendo su crecimiento (Utkhede *et al.*, 1999). También mejoran la estructura del suelo mediante la producción de glomalina, que es una proteína que actúa como adherente y aglutina las partículas del suelo en agregados más estables (Rillig y Mummey, 2006) y; de esta forma, contribuyen a disminuir la erosión. Su amplio sistema de hifas favorece el mejor aprovechamiento del agua y le permite a las plantas mayor tolerancia a la sequía por reducción de la resistencia al transporte del agua en éstas (Augé *et al.*, 2001; Aguirre-Medina *et al.*, 2005).

Cuando se introducen en los cultivos junto con otros microorganismos, expresan interacción sinérgica (Bashan *et al.*, 1996), como la interacción con *Rhizobium* spp. y *Azospirillum brasillensis*, para promover el desarrollo vegetal de diversos cultivos anuales y perennes (Aguirre-Medina y Velasco-Zebadúa 1994; Aguirre-Medina, 2009a).

Además de estas bondades de la asociación, el principal nutriente que se transporta a la planta es el fósforo y con la biofertilización de los cultivos con micorriza se pueden obtener grandes beneficios con este nutriente de baja movilidad en el suelo. Se ha registrado el transporte de otros nutrimentos del suelo a la planta, como el nitrógeno, que puede ser absorbido por las hifas y las raicillas micorrizadas en diferentes formas (Fernández *et al.*, 1996). Los hongos absorben NH_4^+ (amoníaco) a concentraciones más bajas que las raíces y lo asimilan más rápidamente (Baath y Spokes,

1989). Declerk (1993) cita que la simbiosis micorrízica incrementa la cantidad de K^+ en los brotes de plantas de plátano en comparación con las no micorrizadas. Habte y Aziz (1985) mencionan el aumento de la absorción de nutrientes tales como K^+ , S, Mg^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} y Zn^{2+} en plantas de *Sesbania grandiflora* inoculadas con *Glomus fasciculatum* y *Glomus mosseae*. Manjunath y Habte (1988) encontraron que los incrementos en la absorción de Cu^{2+} y Zn^{2+} con la inoculación micorrízica sólo se habían encontrado en *Leucaena leucocephala*. Aguirre-Medina *et al.* (2007, 2011) citan incrementos de N, P y Ca en plantas de cacao *Theobroma cacao* L. y en *Coffea arabica*. Las Figuras 1 y 2 muestran, por ejemplo, la materia seca de raíz y vástago de plantas de chayote (*Sechium edule*) crecidas en tres horizontes de suelo de tipo calcáreo; se observa también cómo los tratamientos con biofertilizantes (Micorrizas y Asospirillum) superaron al tratamiento testigo y la aplicación de minerales vía fertilización.

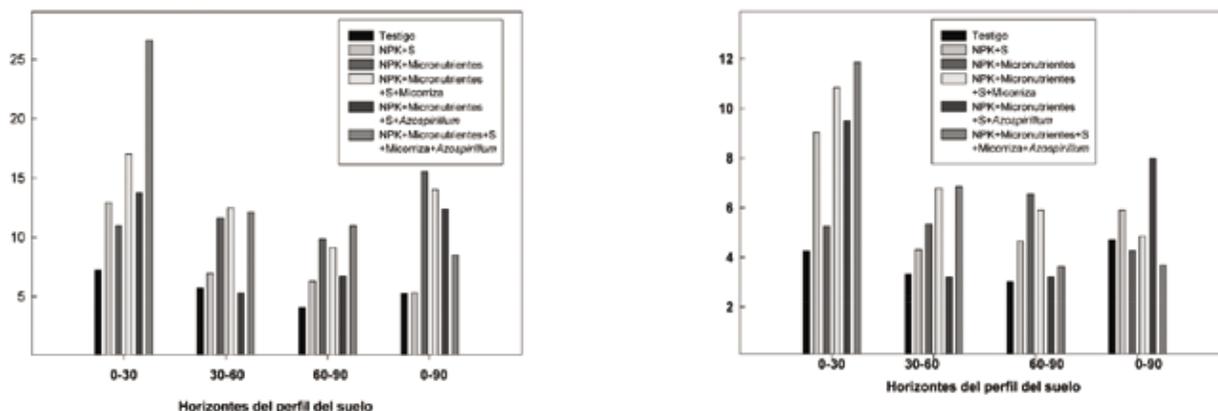


Figura 1. Producción de biomasa seca (vástago y raíz) de plantas de chayote (*Sechium edule*) crecidas en tres horizontes de suelo tipo calcáreo, bajo tratamientos con biofertilizantes a base de micorriza arbuscular (*Glomus intraradices* y *Azospirillum brasillense*) y la combinación de ambas en 40 g por planta.



Figura 2. Biomasa y longitud de raíz de plantas de chayote (*Sechium edule*), crecidas en suelo calcáreo y biofertilizadas. Los tratamientos H-3, H-4, H-5, recibieron micorriza arbuscular (*Glomus intraradices*) y *Azospirillum brasillense* y la combinación de ambas en 40 g por planta.

Las combinaciones de hongos y bacterias en diferentes plantas tienen efecto sinérgico en la nutrición de la planta huésped y un beneficio concomitante en el desarrollo vegetativo y reproductivo, como es el caso de la simbiosis doble con *Rhizobium-Glomus* en *Leucaena leucocephala* (Aguirre-Medina y Velazco-Zebadúa 1994), *Azospirillum-Glomus* en cacao (Aguirre-Medina *et al.*, 2007), *Azospirillum-Glomus*, *Rhizobium-Glomus* en diversos cultivos anuales o la simbiosis triple *Rhizobium-Glomus-Azospirillum* en frijol (Irizar-Garza *et al.*, 2003; Aguirre-Medina, 2006). La interdependencia entre la nodulación y la micorrización de leguminosas parece contribuir a alcanzar alto grado de micotrofismo de ese grupo de plantas, especialmente en los trópicos (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Respuesta de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) y café (*Coffea arabica*) a la aplicación de biofertilizantes a base de micorrizas y *Azospirillum*.

Los productos que se comercializan en la actualidad tienen diferentes presentaciones, como líquidos o sólidos (suelo o turba). El más común tiene como base el suelo estéril y presenta un molido fino que puede incorporarse fácilmente a las semillas de siembra, o bien, en algunos casos, aplicarse en el material vegetal antes de la siembra, como en el caso de las estacas enraizadas o los estolones de algunas plantas forrajeras tropicales.



Figura 4. Respuesta en crecimiento de plantas de "primavera" (*Cybistax donnell-smithii*) en condiciones de vivero, a la aplicación de biofertilizantes a base de micorrizas y *Azospirillum*.

Las aplicaciones de micorriza-arbuscular en el campo mexicano tuvieron su mayor impulso a partir del programa masivo desarrollado en 1999 por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en Colaboración con la Fundación Mexicana para la Investigación Agropecuaria y Forestal (FUMIAF), A.C. a través del Programa Alianza para el campo (SAGARPA). Este programa se desarrolló en respuesta a los costos crecientes de los fertilizantes de origen inorgánico (químicos) y a la necesidad de incrementar la producción de alimentos con menor efecto residual negativo en los suelos.

Esta tecnología ha permitido reducir los costos de producción, por disminución del uso de fertilizantes químicos, sin los efectos negativos en el ambiente (suelo y agua) y, en muchos casos, con incrementos en la producción bajo condiciones similares de fertilización química.

Este producto no tiene caducidad inmediata, puede durar almacenado en condiciones frescas por tres años o más y tiene además la ventaja de transportarse sin refrigeración, a diferencia de los biofertilizantes a base exclusiva de bacterias, los cuales tienen una caducidad promedio de seis meses y deben ser refrigerados preferentemente.

Formas de aplicación y cantidades

La Micorriza-arbuscular puede aplicarse a la semilla, al material vegetativo o al suelo. La forma más precisa de introducirlos es mediante su adhesión a las semillas. Los biofertilizantes que tienen como sustrato el suelo o la turba vienen acompañados de un adherente. Uno de los más comunes es el carboximetil celulosa. El procedimiento general para impregnar las semillas del adherente consiste en dos operaciones sencillas; la primera se relaciona con la dilución del adherente en agua. Si viene en presentación líquida, se le agregan 250 ml de agua limpia y se mezclan (esta cantidad es la equivalente a una botella de refresco pequeña). Si la presentación es sólida, lo mejor es diluirlo una noche antes en la misma cantidad de agua. Si no se realizó esta práctica, se recomienda depositar el producto en la botella limpia con agua, al momento que se necesita, y agitar por 4 a 5 minutos para diluir la mayor cantidad de carboximetil celulosa.

La segunda parte consiste en la aplicación del adherente a la semilla. Para tal fin se sugiere extender la semilla en un plástico, depositarla en una carretilla para facilitar su traslado al sitio de siembra; o bien, en una revolvedora, dependiendo de la cantidad de semilla a biofertilizar, y asperjar o rociar el adherente sobre la semilla y mezclar (Figura 5).



Figura 5. Aplicación de adherente y biofertilizante a base de micorriza arbuscular a semillas antes de su siembra.

La mezcla puede hacerse con la mano si es poca la semilla, o con una pala si la cantidad es superior a 40 kg. Es importante verificar que toda la semilla quede "pegajosa"; si no es así, se puede mejorar si se agrega agua con azúcar. Se ponen cuatro cucharadas soperas de azúcar en un vaso de agua mediano y se agita. Una vez realizada la operación del adherente, se agrega el biofertilizante y se mezcla.



Figura 6. Aplicación de adherente y biofertilizante a base de micorriza arbuscular en raíces desnudas de estacas enraizadas de cafeto (*Coffea arabica*).

En el caso de la inoculación a material vegetativo, tales como estacas enraizadas de café y cacao (*Coffea arabica* L., *Coffea canephora*, *Theobroma cacao* L.), o a gramíneas forrajeras tropicales que se reproducen por estolones, como estrella de África (*Cynodon plectostachyus* (K. Schum) Pilger), o las del género *Brachiaria* spp., *Griseb* spp. y *Digitaria* spp, entre otras, el adherente se rocía sobre el material vegetativo. En todos los casos se debe agregar inmediatamente el biofertilizante después del adherente. Si es aplicado a las estacas enraizadas, se pone sobre la raíz desnuda y si son estolones o tallos, se asperja de preferencia en los nudos de las plantas (Figura 6).

En algunos cultivos, como los pastos del género *Pennisetum* spp. o la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), se ha aplicado directamente a los tallos reproductivos cuando están distribuidos sobre el surco y encima de éstos; para ello se usa una fertilizadora y se tapa con suelo. También, en condiciones menos favorables se usa una botella de plástico a la que se le hacen pequeñas perforaciones en la base, dirigiendo el biofertilizante sólido al nudo del tallo, sin adherente; únicamente se tapa cuidadosamente la aplicación con suelo o basura vegetal lo más pronto posible.

En términos generales la presentación de los biofertilizantes a base de Micorriza arbuscular es de 1 kg, y contiene la cantidad de microorganismos suficientes para aplicarse en una hectárea de cultivo que tenga semillas de tamaño mediano, como maíz y frijol a razón de 20 a 25 kg.ha⁻¹. En regiones de México, como el Norte de Tamaulipas, los productores utilizan presentaciones de 25 y 50 kg.ha⁻¹ para aplicarlas en sorgo, y en el caso de semillas pequeñas como trigo, cebada y avena, se recomienda utilizar tres bolsas de 1 kg.ha⁻¹ de cada microorganismo.

En semillas para viveros o semilleros como jitomate, chile o cebolla, la máxima cantidad de producto es de medio kilo y siempre se debe cuidar que la semilla quede cubierta con el adherente y el biofertilizante. En otros cultivos que requieren etapas de vivero o semillero; como cacao, cafeto, mango o rambután, la cantidad de biofertilizante por aplicar es variable y depende del número de semillas a biofertilizar. En todos los casos se debe cubrir la superficie de la semilla con el biofertilizante, y al momento de depositarlas en la bolsa se recomienda agregar en el fondo del hoyo de siembra hasta 5 gramos del biofertilizante, que puede ser de un microorganismo o la mezcla de dos o más.

En el caso de las aplicaciones al suelo, o bien al material vegetal de caña de azúcar, las cantidades del producto se incrementan notablemente. En promedio, en una hectárea con siembras a 1.50 m de separación entre surcos se recomiendan 65 kg.ha⁻¹. Como una recomendación general, se puede considerar una proporción de biofertilizante a base de suelo estéril correspondiente a entre 6 y 8% del peso de la semilla, mientras que si el biofertilizante es en base de turba, hasta 4 %.

En cultivos anuales los beneficios de la simbiosis se expresan entre 20 a 30 días después de la biofertilización, y en cultivos perennes en la fase de vivero hasta después de tres meses (Aguirre-Medina, 2009 b).

En condiciones especiales, como en el caso de suelos ácidos del trópico es posible adicionar, además del biofertilizante a la semilla algún mejorador del suelo, como puede ser el carbonato de calcio (cal agrícola, al menos 45 días antes de la siembra), que se aplica para proteger a los microorganismos en la etapa inicial de colonización radical.

Experiencias en campos de productores

El biofertilizante denominado Micorriza INIFAP se ha aplicado a diferentes cultivos en condiciones de campo; en general ha sido utilizado solo y en combinación con algún otro microorganismo, como *Azospirillum brasilense* o *Rhizobium etli*, además de alguna dosis de fertilización.

En frijol (*P. vulgaris*), en el Pacífico Sur, en los estados de Chiapas, Guerrero y Oaxaca, se desarrollaron nueve sitios de validación en terrenos de productores con rendimientos de 910 kg.ha⁻¹ del testigo y 1335 kg.ha⁻¹ cuando se aplicó *Glomus intraradices* (Camas, 2000; Cruzaley, 2000; Arredondo y Luévanos, 2000).

En la Región Central de Chiapas, Cruz-Chávez (2009) estableció cuatro sitios de validación con frijol en condiciones de humedad residual durante el ciclo otoño-invierno y obtuvo un rendimiento medio de 370 kg.ha⁻¹ para el testigo y 413 kg.ha⁻¹ para el tratamiento con micorriza (*Glomus intraradices*), con una diferencia de 11 %.

En la Región Selva y Centro de Chiapas Cruz-Chávez (2010), registró en diez sitios de validación de frijol biofertilizado con *Glomus intraradices* y sin aplicación de fertilizantes inorgánicos, un incremento para el tratamiento micorrizado de 9% en el rendimiento.

Román-Reyes (2010) estableció dos sitios con frijol en Tabasco (condiciones de temporal) y siete en Veracruz (otoño-invierno), usando los mismos tratamientos (testigo, fertilización 46-46-00; el hongo micorrízico más fertilización 46-23-00). Los rendimientos fueron de 860 kg.ha⁻¹ para el testigo y 1,493 kg.ha⁻¹ para el tratamiento micorrizado, y para los sitios en Veracruz el promedio fue 762 kg.ha⁻¹ para el testigo y 1,007 kg.ha⁻¹ para el tratamiento con micorriza, con una diferencia de 32% en el rendimiento.

En maíz (*Zea mays*), durante los ciclos agrícolas primavera-verano 1999 y 2000, a nivel nacional se sembraron 29 parcelas de validación con maíces criollos comparando el tratamiento testigo con *Glomus intraradices*. Los rendimientos medios fueron de 1,534 kg.ha⁻¹ para el testigo y 1875 kg.ha⁻¹ para la micorriza. En este caso la diferencia fue de 22%.

La combinación de microorganismos también resulta benéfica; por ejemplo, *Glomus intraradices* + *Azospirillum brasilense* produjo 1,891 kg.ha⁻¹ (Aguirre-Medina, 2006). En Oaxaca, Arredondo *et al.* (2003) obtuvieron incrementos de 11% en el rendimiento de grano de maíz con la biofertilización a base de *A. brasilense* + *Glomus intraradices* en comparación con el testigo.

En el estado de Guerrero, González-Camarillo (2010) estableció dos sitios de validación con el híbrido de maíz H 565 y la dosis de fertilización de 90-60-00 aplicada al testigo y al tratamiento con Micorriza INIFAP. Reportó rendimientos promedio de 6.9 ton.ha⁻¹ para el testigo y 7.7 ton.ha⁻¹ para el tratamiento con micorriza y la diferencia representó 11% en rendimiento.

Román-Reyes (2010), evaluando maíz en el ciclo otoño-invierno en Tabasco y Puebla, aplicando en ambos casos tratamientos testigo más fertilización de 146-46-00, así como el tratamiento micorrizado (*Glomus intraradices*) más fertilización de 138-23-00, obtuvo rendimientos promedio de 4,263 kg.ha⁻¹ para el testigo y 4,941 kg.ha⁻¹ para el tratamiento con micorriza en Tabasco; mientras tanto, en el estado de Puebla el rendimiento para el testigo fue de 4,051 kg.ha⁻¹ y el tratamiento con micorriza de 4,452 kg.ha⁻¹. Este mismo autor cita resultados de 11 sitios de validación desarrollados en Veracruz con los tratamientos anteriores para el ciclo primavera-verano, con rendimientos promedio de 4,095 kg.ha⁻¹ en el testigo y de 5,201 kg.ha⁻¹ para los tratamientos biofertilizados con micorriza, con diferencias de 27%.

En otros cultivos, como sorgo (*Sorghum bicolor*) en Guanajuato, Grageda-Cabrera (2008) estableció dos sitios de validación bajo riego con reportes en rendimientos de 9,357 kg.ha⁻¹ para el testigo y 9,738 kg.ha⁻¹ con micorriza para el sitio Celaya, mientras que en el sitio Salamanca el rendimiento del testigo fue de 5,988 kg.ha⁻¹ y 6,347 kg.ha⁻¹ para los biofertilizados, con una diferencia de 6%.

En arroz (*Oryza sativa*), Román-Reyes (2010) estableció un sitio de validación en Veracruz con los tratamientos testigo más fertilización de 198-46-00, y otro con la Micorriza INIFAP más fertilización de 138-23-00, obteniendo rendimientos de 3,695 kg.ha⁻¹ en el testigo y de 4,250 kg.ha⁻¹ con Micorriza INIFAP.

En el cultivo de soya (*Glycine max*) var. Huasteca-100, en el ejido J.M. Gutiérrez, en el estado de Chiapas, aplicando diferentes tratamientos de fertilización química y *Glomus intraradices*, se logró mayor rendimiento (2.4 ton.ha⁻¹) en comparación con el testigo (2.2 Ton.ha⁻¹) (Alonso y Aguirre-Medina, 2002).

Las experiencias anteriores sugieren que la disminución de diferentes dosis de fertilizantes químicos más la aplicación de *G. intraradices* y *A. brasilense* resulta exitosa. En este contexto, Irizar-Garza et al. (2003) reporta para el Valle de México, en maíz H-40, la disminución de fertilizantes de 140-60-00 a 46-20-00 + microorganismos con rendimientos semejantes. Aguirre-Medina reporta resultados similares con maíz en la región del Soconusco, Chiapas, donde el Testigo + 100-40-00, y Micorriza INIFAP + 50-20-00 tuvieron rendimientos promedio de 3,330 kg.ha⁻¹ para el testigo y 3,866 kg.ha⁻¹ para el micorrizado, con una diferencia en rendimiento de 15% y una disminución de los costos por fertilización química de hasta 50%.

En frijol (*P. vulgaris*) tipo “Negro INIFAP” bajo condiciones de otoño-invierno en Veracruz, Durán-Prado (2000) obtuvo una respuesta semejante con la simbiosis de *Glomus intraradices* + *Rhizobium etli* y la dosis 13-13-00 en comparación con la dosis 40-40-00 sin microorganismos. La mayor respuesta (en crecimiento y reproductiva) se registró en las plantas micorrizadas, atribuyéndolo al crecimiento externo del micelio, el cual actúa como una extensión de la superficie de absorción de la raíz y facilita el transporte de nutrimentos y agua a la planta.

Además de los cultivos anuales, los biofertilizantes a base de Micorriza-Arbuscular han sido aplicados a diversos cultivos en invernadero o vivero con especies perennes como cacao (*Theobroma cacao* L.), café (*Coffea arabica* y *C. canephora*), mango (*Mangifera indica*), rambután (*Nephelium lappaceum*), vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews), primavera (*Cyrtanthus donnell-smithii*) y otras.

Conclusiones y Perspectivas

Los resultados de la investigación y los encontrados en las parcelas de productores sugieren que la simbiosis planta-micorriza favorece la nutrición de los cultivos. En combinación con dosis bajas de fertilización se induce mayor rendimiento en cultivos anuales, mientras que en perennes se induce una respuesta diferencial en el desarrollo y asignación de materia seca de los componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina, J. F. 2006. Biofertilizantes microbianos: Experiencias agronómicas del programa nacional del INIFAP en México. Libro Técnico Núm. 2. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigaciones Regionales Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. 201 p.
- Aguirre-Medina, J.F. 2009a. Rendimiento y desarrollo de cultivos anuales y perennes con biofertilizantes en campos de productores. In: seminario los Biofertilizantes y su importancia en la agricultura y el medio ambiente. Realizado en la Cd. De México del 20 al 21 de mayo. Organizado por la Coordinadora de Fundaciones Produce (COFUPRO).
- Aguirre-Medina, J. F. 2009b. Rendimiento y desarrollo de cultivos anuales y perennes con biofertilizantes microbianos en Chiapas. In: Cadena I.P., B. W. López, y G. M. Morales (Eds). Primer encuentro Estatal de Productores Exitosos. Publicación especial No. 4. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas, Ocozocuatla de Espinosa, Chiapas, México. 160 p. (18 págs y 61 citas).
- Aguirre-Medina, J. F. y E. Velazco-Zebadúa, 1994. Componentes morfológicos y fisiológicos del rendimiento en *Leucaena leucocephala* al inocularse con micorriza VA y/o *Rhizobium loti*. Agr. Téc. Méx. 20: 43-45.
- Aguirre-Medina, J. F. y J. Kohashi-Shibata, 2002. Dinámica de la colonización micorrizica y su efecto sobre los componentes del rendimiento y el contenido de fósforo en frijol común. Agr. Téc. Méx. 28: 23-33.
- Aguirre-Medina, J. F., J. Kohashi-Shibata, C. Trejo-López, J.A. Acosta-Gallegos y J. Cadena-Iñiguez, 2005. La inoculación de *Phaseolus vulgaris* L. con tres microorganismos y su efecto en la tolerancia a la sequía. Agr. Téc. Méx. 31: 125-137.
- Aguirre-Medina, J. F., A. Mendoza-López, J. Cadena-Iñiguez y C. Avendaño-Arrazate, 2007. La Biofertilización del cacao (*Theobroma cacao*) L. en vivero con (*Azospirillum brasilense*) Tarrand, Krieg et Döbereiner y (*Glomus intraradices*) Schenk et Smith. Inter ciencia. 32 (8): 1-6.
- Aguirre-Medina, J. F., D. M. Moroyoqui-Ovilla, A. Mendoza-López, J. Cadena-Iñiguez, C.H. Avendaño-Arrazate y J.F. Aguirre-Cadena, 2011. Aplicación de *A. brasilense* y *G. intraradices* a *Coffea arabica* en vivero. Agronomía Mesoamericana. Vol (22) 1: 1-10.
- Allen, M. F. 1982. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on water movement through *Bouteloua gracilis* (H.B.K.) Lag ex steud. The New Phytol. 91 (2): 191-196.
- Alonso, B. M. y J. F. Aguirre-Medina, 2002. Respuesta de la fertilización química y la biofertilización de la soya *Glycine max* L. Merr var. Huasteca 100 en el Soconusco, Chiapas. Informe de labores del programa de soya del Campo Experimental Rosario Izapa. Centro de Investigación regional del Pacífico Sur. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 15 p.
- Arredondo V., C. y A. Luévanos. 2000. Inoculación con *Azospirillum brasilense* y *Glomus intraradices* en maíz de temporal en los Valles Centrales de Oaxaca. In: Memoria XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. p. 151.
- Augé, R. M., A.J. Stadola, J.E. Tims and M. Saxton, 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. Plant and Soil 230: 87-97.
- Baath, E. and Spokes, J. 1989. The effect of added nitrogen and phosphorus on mycorrhizal growth response and infection in *Allium schoenoprasum*. Can. J. Bot. 67:3221-3232.
- Bashan, Y., G. Holguin y R. Ferrera-Cerrato, 1996. Interacciones entre plantas y microorganismos beneficiosos. I. *Azospirillum*. Terra. 14: 159-194.
- Borowicz V. A. 2001. Do arbuscular mycorrhizal fungi alter plant-pathogen relations? Ecology 82:3057-3068.
- Bowen, G. D. and A. D. Rovira, 1999. The Rhizosphere and its management to improve plant growth. Advances in agronomy 66: 1-102.
- Camas, G. R. 2000. Programa de Validación de Biofertilizantes en Chiapas. Informe anual de labores PV 1999, OI 1999-2000 del Campo Experimental Centro de Chiapas. Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 10 págs.
- Crowley, D.E., Y.C. Wang, C. P. Reid, and P.J. Szanislo, 1991. Mechanisms of iron acquisition from siderophores by microorganisms and plants. Plant and soil 130: 179-198.
- Cruz-Chávez, F. J. 2009. Informe Final del Proyecto Validación de Productos Orgánicos en Módulos en la Región Sur Sureste de Mexico. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional de Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas. 15 p.
- Cruz-Chávez, F. J. 2010. Informe del Proyecto transferencia de Tecnología en Biofertilizantes-SAGARPA-FIRCO. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional de Pacífico Sur. Campo Experimental Centro de Chiapas. 10 p.
- Cruzaley, S. R. 2000. Validación de Biofertilizantes en cultivos básicos en el Estado de Guerrero. Informe anual de labores de la Dirección de Vinculación del INIFAP en el Estado de Guerrero. Campo Experimental Chilpancingo. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. P. 3
- Declerck, S. 1993. Comparative effects of two strain of VAM on growth and nutrition of micropropagated banana plants (*Musa acuminata colla* C.V Giant Cavendish).) 9th North American Conference on Mycorrhizae,1993.
- De la Peña, E., S. Rodríguez Echeverría, W. H. van der Putten, H. Freitas and M. Moens 2006. Mechanism of control of root-feeding nematodes by mycorrhizal fungi in the dune grass *Ammophila arenaria*. New Phytol. 169: 829-840
- Fernández, F, J.M. Dell-Amico, K. Fernández, I de LA. Providencia, Y. Rodríguez, 1996. Funcionamiento de un inoculante líquido a base del hongo micorrizico arbuscular *Glomus* sp (INCAM-4) en arroz (Oriza sativa VAR. J-104) en un suelo salino. *Cultivos Tropicales* 27(2):27-33
- Gianinazzi-Pearson, V. and S. Gianinazzi, 1989. Cellular and Genetics aspects of interaction between host and fungal symbionts in mycorrhizae. Genome. 31: 336-341.
- González--Camarillo, M. 2010. Informe del Proyecto transferencia de Tecnología en Biofertilizantes-SAGARPA-FIRCO. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Pacífico Sur. Campo Experimental Iguala. 10 p.
- Grajeda-Cabrera, O. 2008. Desarrollo de manejo de suelo y prácticas de conservación para la producción agrícola sostenible y protección del ambiente. Informe anual de Labores del Programa de Biofertilizantes. Campo Experimental Bajío. Centro de Investigación Regional del Centro. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. México. 10 p.
- Habte, M. and T. Aziz, 1985. Responses of *Sesbania grandiflora* to inoculated of soil with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Appl. Environ. Microbiol. p. 701-703.
- Hayman, D. S. 1983. The physiology of vesicular-arbuscular endomycorrhizal symbiosis. Canadian Journal of Botany 50:944-963.
- Irizar-Garza, M. B. G., P. Vargas-Vázquez, D. Garza-García, C. Tut y Couoh, I. Rojas-Martinez, A. Trujillo-Campos, R. García-Silva, D. Aguirre-Montoya, J. C. Martínez-González, S. Alvarado-Mendoza, O. Grajeda-Cabrera, J. Valero-Garza, y J. F. Aguirre-Medina, 2003. Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. Agr. Téc. Méx. 29: 213-225.
- Manjunath A. and M. Habte, 1988. Development of vesicular-arbuscular mycorrhizal infection and the uptake of immobile nutrient in *Leucaena leucocephala*. Plant and Soil. 106:97-103.
- Román-Reyes, J. 2010. Informe Final del Proyecto Validación de Productos Orgánicos en Módulos en la Región Sur Sureste de México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Rosario Cotaxtla. 90 págs.
- Remy, W., T. N. Taylor, H. Hass and H. Kerp, 1994. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhiza. Proc. Natl. Acad. Sci., USA., 91: 11841-11843.
- Rillig M. C., y D. L. Mummey, 2006. Mycorrhizas and soil structure. New Phytol 171: 41-53.
- Trappe, J. M. 1987. Phylogenetic and ecologic aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. In: Safir, G.R. (Ed) Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants. CRC Press. Boca Raton. p 5-25.
- Utkhede, R.S., C.A. Koch and J.G. Menzies, 1999. Rhizobacterial growth and yield promotion of cucumber plants inoculated with *Phytium aphanidermatum*. Can. J. Plant Pathol 21: 265-271
- Van Peer, R., G. J. Niemann, and B. Schippers, 1991. Induced resistance and phytoalexin accumulation in biological control of Fusarium wilt of a carnation by *Pseudomonas* sp. Strain WCS417r. Phytopathol 81: 728-734.

El proceso de fermentación del CACAO

(Theobroma cacao L.)

Ma. C. López-Navarrete, E. Hernández-Gómez
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias,
Coyoacán, D.F. México CP 04010.

RESUMEN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es una especie originaria de América tropical y se considera domesticada por la cultura Maya. Las semillas o almendras se usan desde tiempos precolombinos para la elaboración de diversos productos alimentarios. Uno de los factores claves para obtener la mejor calidad del producto final es el proceso de fermentación de las almendras, que favorece cambios físicos y bioquímicos precursores de las cualidades sensoriales características del cacao. Se explican de forma simple y gráfica los pasos mínimos necesarios para alcanzar alta calidad; partiendo del momento de selección y corte de los frutos, su almacenamiento temporal, desgrane y cuidados en el proceso.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L), es una especie originaria de América, y ha estado ligada al desarrollo de diversas culturas indígenas en las regiones tropicales húmedas. Su semilla se utiliza para la elaboración de alimentos, bebidas y golosinas, y su demanda se ha incrementado cuando se cultiva sin agroquímicos; fue domesticado por los Mayas y su fruto simbolizó riqueza, poder y origen divino. Actualmente en México existen plantaciones cacaoteras en las que predominan los materiales tipo forastero, los cuales se explotan solos o asociados con diversas especies maderables, frutales u ornamentales (Aguirre-Medina *et al.*, 2007) (Figura 1).



A Figura 1. Árbol del cacaotero (*Theobroma cacao* L.) en plantaciones comerciales

Para alcanzar la mejor calidad comercial en el cacao se requiere de un manejo postcosecha adecuado, resaltando el proceso de fermentación como una de las etapas de mayor importancia, ya que en ésta ocurren las transformaciones bioquímicas que ayudan a la disminución del amargor y astringencia de las almendras (semillas). En esta práctica postcosecha se genera una fermentación microbiana de la pulpa, la cual contribuye a eliminar el mucílago presente alrededor de las almendras, así como un conjunto de reacciones bioquímicas internas en las almendras que llevan a una profunda modificación de la composición fenólica y a la formación de los precursores del aroma, sabor y formación de la fracción volátil (alcoholes, ácidos, ésteres y aldehídos), la cual confiere a las almendras (si el proceso

de fermentación es adecuado), indicadores de calidad hasta diez veces más elevados en relación con las almendras no fermentadas (Torres *et al.*, 2004; Voigt *et al.*, 1994; Portillo *et al.*, 2005).

La adecuada fermentación de las almendras de cacao es, por tanto, el factor clave para el desarrollo de las características sensoriales de las almendras y una etapa determinante en la calidad final de los productos elaborados. Por el contrario una inadecuada fermentación, o bien, la ausencia de esta práctica postcosecha, demeritan el producto final de manera notable. Por ello, el propósito del presente trabajo es describir el proceso de fermentación de cacao y los factores que influyen en esta etapa.

Proceso de fermentación del cacao

Existen varios factores que condicionan la calidad de las almendras fermentadas y que tienen participación en el desarrollo de las características sensoriales; éstos son: estado de madurez del fruto, tipo de cacao (criollo de almendra blanca, tipos forastero, trinitario de almendra violácea) (Figura 2), tiempo de almacenamiento del fruto antes de la apertura y desgrane, tipo de fermentador empleado, tiempo del proceso, frecuencia de remoción de las almendras, volumen de la masa, y condiciones ambientales.



A Figura 2. Frutos (“mazorcas”) de diferentes tipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivados en plantaciones comerciales (Fotos Avendaño-Arrazate, C.H. 2010).

Por ello la importancia de realizar, y de manera correcta, la fermentación, para proporcionar al mercado almendras con atractiva calidad agroindustrial que representen una oportunidad para la diversificación y reorientación de las metas de producción, lo cual ayuda a la consolidación de nuevos mercados y productos con un valor agregado. A continuación se describe el proceso de fermentación en almendras de cacao.

Cosecha de frutos (“mazorcas”)

Cosechar únicamente los frutos maduros del árbol, ya que en las inmaduras las sustancias azucaradas que recubren el grano no se encuentran en condiciones óptimas para el desarrollo de los procesos bioquímicos que ocurrirán durante la fermentación, originando con ello almendras amargas, con fuerte astringencia, de menor peso, y de forma aplanada. Los índices de cosecha utilizados están basados en el cambio de coloración externa, el cual es característico del tipo de cacao (Figuras 2 y 3).

Figura 3. Frutos de cacao maduros y forma de romperlo para extraer el grano



Para el proceso de fermentación no deben emplearse almendras germinadas o provenientes de mazorcas con daño (pájaros, insectos, hogos y bacterias) (Figura 4).



Figura 4. Frutos de cacao con daños diversos, no aptos para la fermentación de sus almendras.

Quiebre de “mazorcas” y desgrane

El quiebre de las mazorcas se realiza comúnmente con machete o con mazos de madera. En ocasiones, previo al quiebre y desgrane, se realiza la actividad de almacenamiento o “aguante” de la mazorca, la cual acelera el proceso de fermentación debido a que la temperatura interior del fruto se eleva rápidamente; sin embargo, esta práctica puede ocasionar problemas de germinación de las almendras, o bien pérdida de frutos por contaminación por hongos. A medida que se incrementa el tiempo entre la cosecha de las mazorcas y el desgrane, aumenta la posibilidad de que exista una sobrefermentación, lo que resulta desfavorable para la calidad de las almendras (Figura 5).



Figura 5. Almendras de cacao en diferentes condiciones: A: contaminadas por hongos; B: manchadas por almacenamiento prolongado; C: limpias y sanas desgranadas a tiempo.

El desgrane se realiza deslizando los dedos de la mano a lo largo de la vena central de la mazorca (Figura 6), evitando extraerla para no mezclarla con las almendras de cacao. Si esto sucede, se debe retirar ya que se trata de impurezas que afectan la calidad del producto final.



Figura 6. Extracción de las almendras de cacao (“desgrane”), eliminando la vena central.



Tipo de fermentadores

Las almendras extraídas de la mazorca se depositan en fermentadores que se cubren (con plástico y una lona de material grueso y opaco) para evitar las pérdidas de calor y desecación de la superficie de la masa durante la fermentación. Existen diferentes tipos de fermentadores, de los cuales se considera al denominado “caja de madera” como el más adecuado (Figura 7), debido a que este tipo de diseño influye de manera positiva sobre las características físicas y químicas de las almendras fermentadas. Se recomienda que los fermentadores se construyan con madera inodora, que se usen pasadores de madera y no clavos metálicos, con orificios en el fondo para facilitar la salida de los líquidos, debiéndose colocar el fermentador, a entre 10 y 15 cm sobre el nivel del suelo para facilitar el drenaje de los líquidos, los cuales deben ser recolectados.

Figura 7. A: fermentador de almendras de cacao en escala comercial; B: fermentador construido de madera usado tradicionalmente por productores independientes o artesanales; C: proceso de fermentación mecanizado.

V



Fermentación de las almendras de cacao

La fermentación es un proceso de transformación externa, llevada a cabo en la pulpa o mucílago, en donde ocurre una fermentación microbiológica; sin embargo, también es un proceso de transformación interna del cotiledón donde se efectúan las reacciones bioquímicas que determinan los cambios físicos y sensoriales de la almendra.

Este proceso va acompañado de un incremento de la temperatura de la masa del cacao, la cual es atribuible al calor producido por la respiración de las almendras. El incremento de la temperatura se observa al segundo y tercer día de iniciada la fermentación, alcanzando valores desde 35°C hasta 47°C, dependiendo del volumen de grano fermentado; posteriormente la temperatura desciende.

Este proceso está correlacionado con la velocidad de muerte de la semilla, la cual es indispensable para que se produzcan las reacciones bioquímicas en el interior del grano, lo cual induce la disminución del amargor y astringencia, dando origen a los precursores del aroma y sabor típicos del chocolate (Nogales *et al.*, 2006; Portillo *et al.*, 2005; Enríquez, 1985; Rohan, 1964).

Durante la fermentación generalmente la pulpa de la almendra es descompuesta por acción microbiana, lo que ocasiona ruptura de las células y desprendimiento

de líquidos durante el primer y segundo día de fermentación; el líquido o exudado son extremadamente ácidos, con valores que oscilan entre 2 y 3.5 de pH. También se desencadenan diversas transformaciones bioquímicas en el interior del cotiledón; por ejemplo, ocurre la desaparición del color púrpura (violáceo) de los cotiledones, que es el color característico de los tipos de cacao forastero y trinitario; disminuye la “hinchazón” (turgencia) de los cotiledones de la almendra; y se presenta una disminución de la acidez (menos ácido) en la pulpa-testa y los cotiledones.

El tiempo de fermentación generalmente es de entre cinco y seis días. La duración de este proceso depende de las condiciones ambientales (principalmente temperatura), así como del tipo de cacao que se fermenta, ya que a mayor cantidad de pigmentos (color púrpura o violáceo) presentes en las almendras frescas el proceso será más largo, de allí que los cacaos criollos (almendra blanca) de poca a nula pigmentación fermenten más rápido; es decir, de 3 a 4 días.

Conforme transcurre el proceso de fermentación se presenta un cambio de coloración externa de las almendras. Aparece un color café claro característico de un cacao bien fermentado, por lo que dicho cambio funciona como indicativo del término del proceso (Figura 8).



A Figura 8. Cambios de coloración externa de las almendras de cacao con diferentes días de fermentación. A, B, C: almendra fresca de 0-2 días de fermentación, D, E, F: almendras fermentadas con color café claro característico.

Remoción o “meneado” de las almendras de cacao

La frecuencia de remoción (meneado) de las almendras que se fermentan influye sobre los precursores del sabor. Al remover la masa fermentable la temperatura se eleva y la remoción permite su aireación, evitando además que las almendras se aglomeren, y con ello el desarrollo de hongos en la superficie y esquina de las cajas fermentadoras.

La remoción frecuente durante el proceso de fermentado permite obtener un producto con buenas características sensoriales. Los productores que fermentan el cacao en forma artesanal realizan esta acción entre las primeras

24 y 48 horas de iniciado el proceso; otros sugieren realizarlo entre 24 y 72 horas, dependiendo de la temperatura ambiente del día u ocasión. Sin embargo, los expertos recomiendan que lo mejor es remover la masa de fermentación cada 24 horas. Al finalizar ésta, el grano queda con un contenido de humedad de aproximadamente 60%, el cual debe ser reducido a través del secado hasta alcanzar un valor cercano a 8% (Figura 9) para evitar el desarrollo de hongos que deterioran la calidad; además para facilitar el almacenamiento, transporte y comercialización.

Las almendras que han pasado por una correcta fermentación y secado presentan un agrietamiento pronunciado en el cotiledón, comúnmente llamado “grano arrañado”, con aroma y sabor agradable, mediana astringencia y amargor, mientras que con una fermentación incompleta se obtienen almendras o granos relativamente aplanados, duros, difícil de moler, con escaso aroma y mayor astringencia y amargor. Cuando ocurre una sobrefermentación, las almendras toman un color negro o café oscuro; en el caso de las almendras sin fermentar, éstas se identifican por su forma aplanada y por ser muy compactas, sin sabor, con poco aroma, fuerte astringencia y amargor.



A Figura 9. Almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) fermentadas y secadas correctamente. A: color café oscuro característico del almacenamiento; B: color café claro, característico de almendra nueva.

La calidad en la huerta

La calidad y rendimiento de los agroproductos como el cacao se inicia en los trabajos agronómicos que se le realizan a la planta en la huerta, tales como nutrición, sanidad, riego y podas aplicadas de manera oportuna. Lamentablemente, las huertas cacaoteras de México enfrentan dos grandes limitantes para lograr lo anterior: el envejecimiento de las huertas y la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) (Aguirre-Medina *et al.*, 2007). Una de las acciones que se han venido realizando para atenuar estos problemas es la rehabilitación de huertos a partir de la identificación y evaluación de materiales resistentes a esta enfermedad, y que tengan características de producción aceptable. Iniciativas como el programa de mejoramiento participativo con productores, la generación de jardines clonales, así como la propagación masiva vía injertación con estas cualidades son parte de los esfuerzos que se realizan en el campo agrícola experimental Rosario Izapa-INIFAP-Chiapas y en la región del Soconusco, Chiapas (Figura 10).



A Figura 10. A-B: árboles de cacao en edad reproductiva y frutos enfermos. C: productor cooperante en el programa de identificación de genotipos resistentes en la región del Soconusco, Chiapas (Fotos Avendaño-Arrazate, C.H., 2010).

CONCLUSIONES

Es importante considerar que los procesos para obtener la calidad del cacao esperada por los mercados, no son aislados; requieren de una planeación cuidadosa, técnicamente bien llevada y, sobre todo, en la que se cuente con la participación de los actores rurales que tienen los medios de producción y de las instituciones responsables de mejorar los procesos a través de la investigación-vinculación (I+V).

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Medina, J.F.; J. Mendoza-López, J. Cadena-Iñiguez, C.H. Avendaño-Arrazate, 2007. La biofertilización del cacao (*Theobroma cacao* L.) en vivero con *Azospirillum brasilense* (Tarrand, Drieg et Dobereiner), y *Glomus intrarradices* (Schenk et Smith). *Journal of Science and Technology of the Americas*. 32 (8) 541-546
- Enriquez, G. 1985. Curso sobre el cultivo del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. Costa Rica. 239 p.
- Nogales, J.; F. L. Graziani y B. L. Ortiz, 2006. Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera. *Agronomía Tropical* 56: 5-20.
- Portillo, E.; F. L. Graziani y E. Betancourt, 2005. Efecto de los tratamientos postcosecha sobre la temperatura y el índice de fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L) en el sur del Lago Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía* 22: 388-399.
- Rohan, T. 1964. El beneficio del cacao bruto destinado al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. 223 p.
- Torres, O.; L. Graziani-De Fariñas, L. Ortiz-De Bertorelli y A. Trujillo, 2004. Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre características del grano en fermentación. *Agronomía tropical* 54: 1-12.
- Voigt, J.; H. Heinrichs, G. Voigt and B. Biehl, 1994. Cocoa specific aroma precursors are generated by proteolytic digestion of the vincillin-like globulin of cocoa seeds. *Food Chemistry* 50: 177-184.

EL AGUACATE

(*Persea americana* Mill.),
una especie muy mexicana

E. Campos-Rojas

Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo,
km 38.5 carretera México-Texcoco. CP 56230, Chapingo, Estado de México, México.

G. Hernández-Barbosa

Departamento de Fruticultura, SEDARH, Gobierno de San Luis Potosí. Autor responsable e-mail: educamro@yahoo.com.mx

RESUMEN

Desde la época precolombina el aguacate (*Persea* spp.) ha sido parte fundamental de la dieta de muchas culturas de América, y en la actualidad genera divisas muy importantes para México. En el presente estudio se resumen los avances de investigación respecto a las relaciones filogenéticas del género con base en estudios realizados sobre biodiversidad, y se hace referencia específica a la raza mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*) y a su parentesco con otras razas principales del género *Persea* spp. y subgénero *Eriodaphne* ssp. que representan a los aguacates modernos y a los parientes silvestres. Se hace especial énfasis en una breve descripción morfológica con los principales rasgos distintivos del aguacate, con el fin de socializar su conocimiento y promover su uso, consumo y conservación.

Palabras clave: aguacates, razas, parientes silvestres

INTRODUCCIÓN

El aguacatero (*Persea americana* Mill.) es una especie frutal que tiene su origen en las tierras altas de México a través de Guatemala hasta las costas del Pacífico en Centroamérica. Aunque algunas especies del género al que pertenece el aguacate se distribuyen desde el sureste de Estados Unidos, norte de México, las Antillas, hasta Centro y Sudamérica, su distribución y evidencias taxonómicas sugieren como su centro de origen la zona centro sur de México. El género *Persea* spp. cuenta con cerca de 200 especies, distribuidas principalmente en zonas tropicales y subtropicales de América; está ausente en África y Oceanía en forma natural. En América tropical se registran aproximadamente 85 especies, de las cuales 20 se distribuyen en México, y de éstas entre 10 y 12 son consideradas originarias del país, lo cual lo ubica como el país con la mayor diversidad de aguacates silvestres, abundantes éstos en los bosques donde predomina la vegetación de pino-encino. Los ancestros silvestres de los aguacates que se cultivan hoy en día en el mundo deben haber tenido su origen en el sur de México y Centro América (Figura 1).



Figura 1. Posible centro de origen del género *Persea* spp., en América



“ahuacatlán”

Antes de la conquista española el aguacate debió haber tenido un proceso de selección por los pobladores locales. Por ello, y debido también a su posible centro de origen y domesticación, se distinguen tres variedades que han sido denominadas ordinariamente como: *antillana*, *guatemalteca* y *mexicana*. En el Códice Florentino (Figura 2) se mencionan tres tipos, descritos como: “*aoacatl*”, que podría tratarse de *P. americana* var. *drymifolia* (raza mexicana); “*tlacacolaocatl*”, como *P. americana* var. *americana* (raza antillana); y “*quilaoacatl*”, posiblemente *P. americana* var. *guatemalensis* (raza guatemalteca).

Figura 2. Cédula de representación del pueblo de Aguacatlán, que muestra el árbol de “aguacatl” y el “calli” en la lista de tributos al imperio Azteca (Códice Florentino).

La mayor parte de los miembros reconocidos de *Persea* spp. se encuentran distribuidos en la misma región, desde la parte central de México, a través de Guatemala, hasta gran parte de Centroamérica. Otra evidencia de su origen son los hallazgos de aguacates silvestres desde la Sierra Madre Oriental en el estado de Nuevo León, México, hasta Costa Rica, en Centroamérica; lo que apoyaría la suposición de que se trata de un centro de origen del género *Persea* spp., y probablemente de todo el subgénero *Persea* ssp. Esta área general coincide en gran parte con la descripción del llamado centro principal de origen VII, que incluye a México, Centroamérica y El Caribe, y se considera que el aguacatero se dispersó desde este centro de origen hacia Norteamérica por la vertiente del Golfo de México hasta el sudeste de los Estados Unidos de América; hacia Las Antillas, toda Centroamérica y gran parte de Sudamérica. Esta amplia dispersión a través de las áreas de desarrollo de civilizaciones antiguas se explica por la alta estima que los pobladores tenían por este fruto carnoso, nutritivo y de sabor único (Figura 3). Por tanto desde tiempos antiguos, antes de la conquista española, los pobladores locales llevaban a cabo un proceso de selección.

A pesar de lo anterior, el origen de las formas actuales del aguacatero es incierto, debido a su estrecha conexión con representantes de civilizaciones muy antiguas del área México-Guatemala-Honduras, quienes valoraban mucho sus frutos, razón por la cual se argumenta que no hay una clara distinción botánica, etnobotánica o ecológica entre aguacates cultivados y silvestres procedentes de bosques naturales. Ello hace que la diferenciación entre formas silvestres y cultivadas sea una tarea muy difícil.



Figura 3. Movimiento del aguacatero (*Persea* spp.) desde el centro hacia el sureste de México.



Figura 4. Frutos de aguacate “mexicano” (*Persea americana* var. *drimifolia*) México.



Las evidencias más antiguas del consumo de aguacate fueron encontradas en una cueva de Coxcatlán en la región de Tehuacán, Puebla, México, las cuales se ubican en los años 10,000 a.C. Estudios posteriores determinaron que el aguacate conocido actualmente como aguacate mexicano (*P. americana* var. *drimifolia*; Figura 4) se distribuía en los estados de Oaxaca y Chiapas, así como en el Valle de Tehuacán, Puebla, en los años 7000 a 8000 A.C., y se presume que estaba sujeto a un proceso de selección por tamaño de fruto.



Figura 5. Frutos de aguacate guatemalteco (*Persea americana* var. *guatemalensis*)

Figura 6. Frutos de aguacate antillano (*P. americana* var. *americana*).

Por otra parte, sólo se cuenta con especulaciones en cuanto al origen de las razas guatemalteca (*P. americana* var. *guatemalensis*), (Figura 5) y antillana (*P. americana* var. *americana*) (Figura 6).

Desafortunadamente no se dispone de evidencias arqueológicas del tiempo y ancestro de origen, y mucho menos de información sobre el uso al que pudieran haber sido sometidos estos frutos antes de la conquista de México y Guatemala. Se propone como posible ancestro de la raza antillana a la raza mexicana (*P. americana* var. *drymifolia*), teniendo su origen por selección de tamaño de fruto (grande y semilla pequeña), y además porque debido a su traslado se desarrolló a lo largo de las montañas y tierras del sureste de México hasta Costa Rica. Los autores de este estudio estiman que la raza antillana evolucionó entre los años 4,000 a 5,000 a.C.

Evidencias arqueológicas señalan que el aguacate ha sido consumido por los pueblos nativos de la parte central de México desde hace casi 10,000 años. Se estima que su cultivo

se inició hace unos 6,000 años. Si bien no se sabe con precisión en qué momento se inició una selección dirigida del aguacate en busca de una mejor calidad de fruto para su propagación, las pocas evidencias indican que éste ocurrió probablemente hacia el año 900 a.C.

Además del uso alimentario que se le ha dado, el aguacate se ha utilizado también en la medicina y la cosmetología tradicional, así como en forma de leña, construcción de viviendas, elaboración de herramientas; como árbol de sombra y ornato, como alimento de animales domésticos, y como base de la alimentación de aves como el quetzal, que se alimenta de un pariente silvestre del aguacate, sobre lo cual ya tenían conocimiento los mayas (Figura 7). Otros usos más recientes incluyen la elaboración de té, vinos, aceites, cosméticos y productos para la industria farmacéutica.

El género *Persea* spp. siempre fue incluido en dos subgéneros; el *Persea*, considerado como el grupo de los verdaderos aguacates, que incluye varias “especies” cuestionables y otros tipos de aguacate a los que sería mejor considerar como subespecies de *P. americana*, entre las que se encuentran *P. floccosa* y *P. nubigena*, *P. schiedeana*. El otro subgénero, *Eriodaphne*, que incluye las especies con frutos pequeños similares a una aceituna o un chícharo (menor a dos centímetros de diámetro). La importancia que tienen algunas de las especies de este subgénero es su inmunidad a la “tristeza del aguacate”, principal enfermedad del cultivo, causada por el hongo *Phytophthora cinnamomi*.



Figura 7. Representación de la cultura maya de la alimentación del ave quetzal, de un tipo de aguacate silvestre.

Actualmente se reconoce que *Persea* spp. se subdivide en tres subgéneros: *Persea*, sólo en América, caracterizado por la presencia de tépalos iguales, y que agrupa pocas especies estrechamente relacionadas entre sí, incluyendo a *P. americana* Mill., reconocida como el aguacate comercial; además, se encuentran en este grupo *P. nubigena* (aguacate de monte), *P. steyermarkii* (aguacate de montaña), *P. schiedeana* (chinini, chinene, chenene, yas, hib), *P. floccosa* (aguacate cimarrón), *P. parvifolia* (aguacatillo de Veracruz, México) y *P. primatogena* (guaslipe de Nicaragua).

Otro de los subgéneros es *Eriodaphne*, sólo en América (Figura 8), con tépalos desiguales y persistentes en el fruto; bastante numeroso, variable y claramente diferenciado; contiene especies que tienen resistencia variable a la pudrición de la raíz del aguacatero, causada por *Phytophthora cinnamomi* Rhans. Finalmente, el tercer subgénero es *Machilus*, sólo en Asia, con tépalos iguales, persistentes y reflejos en el fruto. Recientemente varias especies neotropicales de *Persea* (subgénero *Eriodaphne*) se han transferido al nuevo género *Multisiopersea* spp., el cual se ha caracterizado por la presencia de tépalos persistentes.



Figura 8. Frutos del aguacatillo del subgénero *Eriodaphne* spp

AGUACATE

La distinción principal entre *Persea* y *Eriodaphne* es la pubescencia de la cara interior de los sépalos; *Persea* tiene ambas caras pubescentes y en *Eriodaphne* la cara interna es glabra, con la excepción de *Persea pallida*, *P. rigens* y *P. cinerascens*.



Figura 9. A-B: Flor y frutos de *Persea cinerascens* *eriodaphne*, C: frutos de *Persea floccosa*.

No se puede asegurar que las antiguas civilizaciones de México o Mesoamérica que participaron en el proceso de domesticación del aguacate hayan contribuido de alguna manera a la diferenciación de *P. americana* en subespecies, pero es evidente que se dieron tipos divergentes que se desarrollaron en un aislamiento geográfico que finalmente dieron lugar a variantes botánicas.

Actualmente, tres de estas formas que son conocidas a nivel mundial como razas de *Persea americana*: *P. americana* var. *americana*, *P. americana* var. *drymifolia*, y *P. americana* var. *guatemalensis* y *P. costarricensis*, se diferencian de las otras razas debido a que su fruto es más pequeño que los de la antillana y la guatemalteca. Su epidermis es muy parecida a la de los materiales antillanos (color verde claro); su semilla se asemeja a los criollos guatemaltecos y presenta olor a anís como los criollos mexicanos. Estas razas son distinguibles en términos básicos de caracteres morfológicos, fisiológicos y hortícolas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Comparación de las cuatro razas de aguacatero

Carácter	Raza Mexicana	Raza Guatemalteca	Raza Costarricense	Raza Antillana
Clima	Subtropical *a templado	Subtropical	Subtropical	Tropical
Altitud (m)	sobre 2000	1000- 2000	800-1500	≤1000
Resistencia a salinidad	menor	menor	¿?	mayor
Resistencia a frío	mayor	intermedia	menor	menor
Hojas				
Tamaño	menor	intermedio	menor	mayor
Color	verse oscuro	verde oscuro	verde oscuro	verde pálido
Olor	anís	sin olor a anís	sin olor a anís	sin olor a anís
Flor				
Pubescencia	más	menos	¿?	menos
Tallo				
Brotos jóvenes	verde pálido	rojizos	verde pálido	verde pálido
Corteza tronco	no acanalada	no acanalada	no acanalada	acanalada
Fruto				
Tamaño	tiende a pequeño	intermedios	pequeños	tiende a grande
Pedicelo	cilíndrico y grosor mediano	cónico y grosor voluminoso	cilíndrico y grosor regular	forma de cabeza de clavo, grosor variable
Persistencia del Perianto en fruto	mayor	menor	menor	menor
Cáscara	delgada, lisa y suave	gruesa, quebradiza-rugosa	grosor mediano, flexible-suave	grosor mediano, flexible-suave
Semilla	adherida, suelta, cotiledones lisos o ligeramente rugosos	adherida y cotiledones lisos	adherida y cotiledones lisos	suelta y cotiledones rugosos
Cubiertas De semilla	delgada	delgada	delgada	mediana a gruesa, membranosa
Aceite	alto	mediano	¿?	bajo
Sabor	a especia y anisado	ligero, en ocasiones "nogado"	ligero, sin sabor específico	ligero, frecuentemente dulce, con ligero amargor al final
Fibra en pulpa	común	no común	no común	no común
Meses: flor-fruto	6-9	10-16	6-9	5-9
Tamaño de árbol hábito-crecimiento	medianos abiertos	altos y erectos	medianos y abiertos	altos y medianos, abiertos y erectos

Raza antillana

(*Persea americana* var. *Americana* mill.)

La hibridación entre estas razas y especies ocurre con facilidad debido a que tienen un genoma muy parecido y sus descendientes obtienen características agronómicas ventajosas como la adaptación climática y mejores características de fruto, entre otras. El orden de adaptación tropical de las tres razas, de mayor a menor, es antillana, guatemalteca y mexicana.

Existen dos subtipos de aguacate antillano, el de Centroamérica y el de México. El origen y distribución de esta raza es todavía una interrogante. Presenta una gran diversidad debido a su amplia distribución. En El Salvador se han encontrado formas silvestres de la misma. Se le encuentra a lo largo de las tierras bajas del litoral del Océano Pacífico entre 82 ° y 92 ° O a una altitud desde el nivel del mar hasta 1000 m. Lo anterior es soportado por evidencias tales como que los colonizadores de estas tierras no conocían

el aguacate y lo apropiaron al introducirlo desde México; que no hay evidencias en crónicas botánicas del aguacate en la historia de las indias del oeste; y que no se han reportado ancestros del aguacate antillano en regiones tropicales de Sudamérica. Sin embargo, se han reportado formas primitivas de la raza antillana en tierras bajas de Colombia, lo que sitúa a esta región como la principal área de origen y principal centro de domesticación e introducción, y que proviene de la raza mexicana. Sus árboles son de hasta 30 m de altura, con ramificaciones ligeramente pubescentes; hojas coriáceas, de forma elíptica a sub-abobada, de 10 a 30 cm de longitud y 3 a 19 cm de ancho, ápice agudo a acuminado, superficie adaxial pubescente; inflorescencia axilar, subterminal o múltiple, densamente pubescente; flores de 3 a 6 mm de longitud y 2 a 3 mm de ancho, de color verde; de 1 a 3 frutos por racimo terminal, de 10 a 25 cm de longitud, de forma piriforme, exocarpio brillante, verde oscuro a café a púrpura; semilla ovada, variable en tamaño con superficie lisa (Figura 6).

Raza costarricensis

(*Persea americana* var. *costarricensis*)

El área de la costa del Pacífico, y especialmente Costa Rica, se ha considerado como su centro de origen, y es un posible ancestro de la raza antillana. Se adapta a condiciones tropicales y subtropicales a altitudes de 1200 a 2000 m. En Costa Rica se le conoce como “aguacate de monte, aguacate de montaña o “aguacatillo”. El árbol es grande y la mayoría de sus características son típicas del aguacatero. Sus hojas son variadas y presentan semejanza con las de las razas antillana y guatemalteca; tienen un aroma anisado, como la raza mexicana. Su floración se presenta en los meses de noviembre a diciembre, y el fruto está maduro en septiembre, su forma es de redonda a piriforme y es pequeño (4 cm de diámetro); de baja calidad para su consumo y de sabor amargo, su epidermis es de color verde brillante y es fácil de remover; la semilla, que es redonda, rugosa y de color rosado a rojo, se emplea para la obtención de portainjertos.

Raza mexicana

(*Persea americana* var. *drymifolia*)

(Schlechtendahl+ Chamisso)

Esta raza representa a las especies cultivadas de aguacates conocidos como criollos mexicanos (Figura 10). En su hábitat natural se distribuye en las faldas de la Región Este de las tierras altas del centro de México y en el sur de la faja volcánica transmexicana, a altitudes mayores a 1000 m, en climas húmedos cálidos a semiáridos. Se han encontrado especímenes creciendo mezclados con los bosques de coníferas en el norte de Guatemala y México, en asociación con materiales criollos guatemaltecos. Sus árboles alcanzan los 15 m de altura, de ramas ligeramente pubescentes y hojas de color verde oscuro intenso, aromáticas como su corteza y madera; ápice agudo y superficie adaxial glauca; inflorescencia subterminal, múltiple, pubescente o no; flores regulares; de 3 a 6 frutos por racimo terminal, de 4 a 12 cm de longitud, de forma ovoide o ligeramente piriformes; exocarpio delgado color verde oscuro, café, negro o púrpura; mesocarpio con olor anisado y semilla larga, ovada de superficie lisa.



Figura 10. Frutos típicos de la raza criollo mexicana *Persea americana* var. *drymifolia*

Raza guatemalteca

(*Persea americana* var. *guatemalensis*)

Crece en áreas de clima cálido húmedo de los bosques lluviosos del trópico, aunque también se le encuentra en el trópico seco a altitudes de 100 a 2300 m, en suelos ácidos y de baja fertilidad. Se considera que la raza guatemalteca se originó de la variedad *P. nubigena*, aunque también se ha sugerido que deriva de la variedad *P. steyermarkii*. Se ha reportado que las variedades *P. steyermarkii*, *P. nubigena*, *P. tolimanensis* y *P. zentmyerii* son los ancestros de los criollos guatemaltecos. Esta raza, cuyo fruto posee las mejores cualidades desde el punto de vista hortícola, son árboles con alturas de 30 m; presentan hojas subcoriáceas, de 8 a 20 cm de longitud, y 10 a 24 cm de ancho, ovadas, ovoides u oblongas, ápice acuminado, obtuso o redondeado, superficie abaxial pubescente; inflorescencia subterminal, moderadamente tomentosa; flores de 3 a 7 mm de longitud; de 2 a 4 frutos por racimo terminal, de 10 a 18 cm de longitud, que van de ovados a ligeramente piriformes, de 4 mm de grosor en su mesocarpio, de color verde a café o negro en la madurez, y cáscara coriácea. La semilla usualmente es pequeña y de redonda a esférica y pequeña (Figura 11).



Figura 11. Frutos comerciales de *Persea americana* var. *guatemalensis*.

CONCLUSIONES

La riqueza genética del género *Persea* spp permite identificar el contacto con los grupos sociales americanos quienes, de forma consciente e inconsciente, generaron los tipos modernos de aguacate y han permitido la conservación de los parientes silvestres. Podría sugerirse, con base en los lazos filogenéticos, la ruta de domesticación del género *Persea* spp., partiendo de la raza mexicana en la parte norte de Mesoamérica hacia los límites con la actual Sudamérica. Dadas las constantes acciones de explotación comercial de algunos de los exponentes del género, y la identificación de nuevas enfermedades, es importante considerar el retorno hacia los parientes silvestres como agentes importantes del reservorio genético en la búsqueda de cualidades de resistencia.

FUENTES CONSULTADAS

- Campos R.E., Rodríguez. A.J.P., Espíndola B.M.C. 2001. Mejoramiento Genético del Aguacatero por selección Masal e Hibridación. Fundación Salvador Sánchez Colín, CITAMEX, S. C. Coatepec Harinas.
- Campos R.E, Terrazas, T., López-Mata. L. 2007. *Persea* (Avocados) Phylogenetic Analysis Base on Morphological Characters: Hypothesis of Species Relationships Genetic Resources and Crop Evolution. Genetic resources crop evolution 54:279-258.
- Campos R.E., Espíndola B.M.C., Mijares-Oviedo, P. 2009. Diversidad del Género *Persea* y sus Usos. Folleto Técnico No. 25. Fundación Salvador Sánchez Colín, CITAMEX, S. C. Coatepec Harinas.
- Popenoe W., Zentmyer G.A., Shieber E. 1997. The avocado has many names. Cal. Avo. Soc. Yrbk 81: 155-162.
- Storey B., Bergh B.O., Zentmyer G.A. 1986. The origin indigenous range, and dissemination of the avocado. Cal. Avoc. Soc. Yrbk. 70:127-133.
- Williams L.O. 1977. The avocados, a synopsis of the genus *Persea*, subg. *Persea*. Economic Botany 31: 315-320
- Zentmyer A. George. 1992. Early *Persea* collections beginning of a 40 years. Cal. Avo. Soc Yrbk. p. 85.



COLEGIO DE
POSTGRADUADOS
Subdirección de Investigación

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA EN INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS



THOMSON REUTERS

EDITORIAL CP Y THOMSON REUTERS



En fechas recientes la Editorial del Colegio de Postgraduados, en colaboración con la empresa Thomson Reuters (que ahora maneja la base de datos del Institute for scientific Information - ISI) llevaron al cabo actividades en todos los campus del CP. Por parte de Thomsson Reuters el Ing. Luis Serrano impartió pláticas sobre el uso de información de la Web of Science, mientras que el Editor General del CP, Said Infante Gil, dictó la conferencia titulada “**COMO (NO) ESCRIBIR UN ARTÍCULO CIENTÍFICO**”. Se presentan algunos testimonios.

ISI

Institute for Scientific Information®

“EMPRESA THOMSON REUTER Y EL DR.SAID INFANTE GIL”.



Agroecología y enfermedades de la raíz en cultivos agrícolas

Roberto García Espinosa

En esta obra Roberto García Espinosa presenta un enfoque revolucionario para el estudio de las enfermedades de la raíz en los cultivos agrícolas, ubicándolo por niveles de acuerdo con la Teoría General de Sistemas, y mostrando su utilidad en la organización del conocimiento relacionado con la estructura y el comportamiento de los patosistemas edáficos.

Se maneja aquí un enfoque holístico y ecológico para lograr una mayor comprensión y, por ende, un mejor manejo que el actual, de los problemas inducidos por enfermedades con origen en el suelo, apartándonos del enfoque cartesiano, que ha pretendido diseccionar subsistemas de muy elevada complejidad y estudiar y manejar sus componentes individuales: este enfoque reduccionista nos ha impedido tener una visión integradora, así como un acercamiento permanente y sustentable a los graves retos que nos presentan las enfermedades de la raíz. El concepto de Agroecología es novedoso y seguramente enriquecerá la visión del mundo de los estudiosos de estos temas.



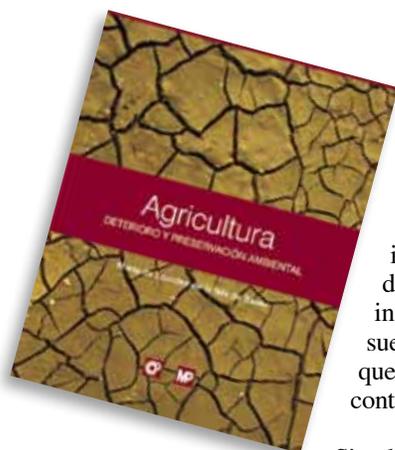
Agricultura: deterioro y preservación ambiental

María de Lourdes de la Isla de Bauer

En esta obra la autora, una de las primeras profesionales de la Agronomía en México, examina el impacto ambiental y demográfico de la agricultura a través de milenios. El descubrimiento de cómo producir alimentos sin considerar a las plantas como creación intocable de los Dioses tuvo consecuencias trascendentales: un incremento poblacional desmesurado en los últimos 10,000 años y, en consecuencia, la necesidad de tener una alta producción de alimentos; esto se intentó resolver en el siglo pasado con la llamada Revolución Verde, que contribuyó a abastecer de trigo y maíz a México y a evitar hambrunas en diversos países de África. Sin embargo, algunos insumos necesarios para estos sistemas de producción ocasionaron contaminación del aire, agua y suelo, y deterioro de los recursos naturales. Ante este escenario surge un movimiento conservacionista que trata de preservar los recursos naturales aún disponibles, aunque este enfoque frecuentemente se contrapone con la eficiencia productiva.

Sin duda la polémica persiste, y por ello la autora propone varios tópicos de debate. Entre otros: *contaminación ambiental, uso de agroquímicos, efecto invernadero y cambio climático global.*

Este es un libro indispensable para estudiantes y profesores de Agronomía, Biología, Ciencias Ambientales, y para cualquier persona interesada en el tema de la producción racional de alimentos destinada a la población humana del siglo XXI y subsecuentes.



Casos de control biológico en México

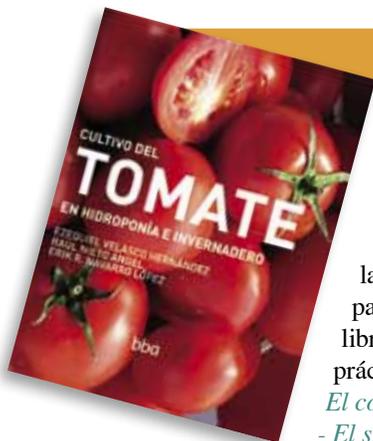
Hugo C. Arredondo Bernal y Luis A. Rodríguez del Bosque

El control biológico de plagas agrícolas es una tecnología que derivó del reconocimiento del balance de la naturaleza que ocurre en los ecosistemas naturales. En el ámbito agrícola, el control biológico es una manifestación de la ecología aplicada que ha contribuido al desarrollo de la agricultura de México y de muchos países. Este libro reúne la destacada participación de expertos que ofrecen sus experiencias y conocimientos que permiten mostrar la naturaleza de una tecnología noble que ofrece, al mismo tiempo, beneficios a la economía de los agricultores, protección del ambiente y salud de los consumidores.

El presente libro incluye 34 capítulos sobre el control biológico de plagas de cultivos básicos, cultivos industriales, hortalizas, frutales y recursos naturales. En todos los capítulos se describen las plagas y se analiza el conocimiento actual sobre su biología, ecología, enemigos naturales y las acciones sobre control biológico, con énfasis en México. Todos los casos discuten además los retos y perspectivas sobre el uso de agentes de control biológico en los contextos nacional e internacional.



NOVEDAD



Cultivo del tomate en hidroponía e invernadero

Ezequiel Velázco Hernández, Raul Nieto Ángel, Erik R. Nanárrro López

El uso de invernaderos y de la hidroponía para el cultivo comercial de diferentes especies hortícolas se ha incrementado aceleradamente en los últimos quince años. El conocimiento sobre las especies o variedades más rentables, y el manejo de los factores que influyen en la producción, se han ido desarrollando hasta integrar los paquetes tecnológicos más adecuados para las diferentes condiciones ambientales y económicas de producción. Los autores del presente libro, además de dominar los fundamentos de la Fisiología Vegetal, poseen una amplia experiencia práctica en el manejo del cultivo de tomate (tomate rojo o jitomate) bajo esta condición ambiental.

El contenido del libro se presenta en forma lógica y gradual e incluye los siguientes temas:

- El sistema de cultivo en invernadero: ventajas y desventajas
- Factores que influyen significativamente en la producción

- Nutrición mineral y riego
- Preparación de la solución nutritiva
- Plagas, enfermedades, y desórdenes fisiológicos
- Maduración fisiológica para cosecha
- Uso de portainjertos

El texto guía al productor, desde la definición del material vegetal y todo el proceso de producción, hasta las nuevas tecnologías más eficientes para que el tomate exprese su máximo potencial.

El Camino Real de Tierra Adentro

Tomás Martínez Saldaña

Este libro encierra en sus páginas una narrativa fascinante. Describe la saga de una ruta entrañable: El Camino Real de Tierra Adentro, senda proverbial para viandantes que la han recorrido durante siglos; sendero vital entre el norte de México y el suroeste de los EE.UU. El camino real de tierra adentro comenzó como un sendero de indecisas huellas, de mercaderes nativos, frailes incautos, gambusinos osados y esperanzados labradores y pastores. Con el tiempo se formaron a su vera importantes poblaciones como Querétaro, San Luis Potosí, Aguascalientes, Zacatecas, Fresnillo, Sombrerete, Durango, Paso del Norte, Socorro, Alburquerque y Santa Fe.

A lo largo del camino, y de la mano de una lectura atenta, descubriremos la antigua ruta que va de Zacatecas a Paso del Norte, y de allí hasta Santa Fe del Nuevo México. El contraste con las supercarreteras es alucinante. Aquí se narra el nacimiento del moderno norte novohispano.



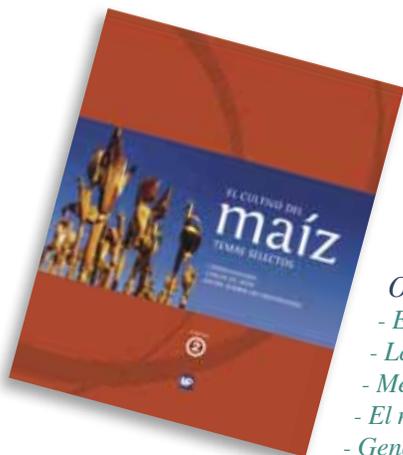
El cultivo del maíz / Temas selectos

Rafael Rodríguez Montessoro y Carlos de León

Este segundo volumen de temas selectos del cultivo del maíz incluye una gran diversidad de temas: desde los más tradicionales como su iconografía en Mesoamérica, hasta su utilización para producir biocombustibles, pasando por los posibles efectos deletéreos de los transgenes en otras plantas cultivadas. Seguramente esta nueva obra recibirá la misma favorable acogida que su predecesora.

Otros temas que conviene destacar son:

- El maíz y sus usos estratégicos
- La importancia del riego
- Mecanización del cultivo
- El maíz en la bioeconomía
- Genotecnia convencional y moderna del maíz.





El libro de los Bovinos Criollos de América

Jorge de Alba Martínez

Hace cinco siglos comenzó la conquista y colonización del Continente Americano, que trajo consigo plantas y animales exóticos que invadieron el ambiente original; entre ellos el ganado bovino, que se reprodujo y extendió ampliamente en tierras templadas, tropicales y desérticas del nuevo mundo. Comenzó así el proceso descrito por Darwin como la evolución bajo domesticación a través del tiempo.

Un científico mexicano, el Dr. Jorge de Alba, encontró núcleos de vacas criollas lecheras en Centroamérica y posteriormente en Suramérica. Estos hatos tenían detrás quinientos años de historia y desafiaban con éxito todos los problemas y retos que limitan drásticamente la producción y la vida misma de esos animales, mejor adaptados a lugares templados, cuando son llevados a climas más adversos.

El Dr. de Alba, maestro e investigador en Turrialba, Costa Rica, se percató de que esas vacas criollas eran un tesoro genético para la producción de leche en los trópicos del mundo. Los siguientes sesenta años de su vida los dedicó a localizar hatos, y a conservar y mejorar la productividad de esas vacas mediante la investigación y la transferencia.

En este libro póstumo Don Jorge relata, con lenguaje claro y preciso, la historia completa de los viajes, descubrimientos, los resultados de los proyectos de investigación y los colaboradores participantes. La saga culmina con la creación de una asociación de productores de ganado criollo lechero y para carne con base en México, que se extiende a Mesoamérica. Se describen más de veinte razas criollas supervivientes: desde Argentina hasta la costa este de EEUU.

Herbolaria mexicana

F. Alberto Jiménez Merino

El conocimiento y uso de las plantas medicinales para mantener o recuperar la salud es tan antiguo como la existencia del hombre. La herbolaria ha sido practicada por la mayoría de las civilizaciones; fue ampliamente difundida por griegos y romanos como Galeno e Hipócrates, cuya enseñanza médica rigió al mundo hasta la Edad Media.

Recientemente ha resurgido el interés por las plantas medicinales. Muchos de los medicamentos de la industria farmacéutica contienen derivados de ellas. Según la herbolaria china existe una planta para casi cualquier trastorno de la salud. Por otra parte, también debemos tomar en cuenta el carácter preventivo que tiene el consumo de las plantas para muchas enfermedades.

En esta obra se caracterizan 457 plantas y productos como una contribución al estudio de la herbolaria, destacando el papel que pueden jugar en la economía de las comunidades rurales, debido a la creciente industria de productos herbales farmacéuticos. Se previene también sobre la recolección excesiva de algunas especies, varias de ellas en peligro de extinción.



NOVEDAD SEGUNDA EDICIÓN

Las ciencias agrícolas mexicanas y sus protagonistas

Eduardo Casas y Gregorio Martínez

El prólogo de Norman Borlaug que honra este volumen presenta un vívido recuento de los trabajos y los días de los pioneros de la investigación agrícola en México: de Edmundo Taboada a Basilio Rojas Martínez pasando por una lista de epónimos que el lector puede revisar en la portada. Los 14 protagonistas de esta saga son tan notables que destacar a algunos sería una injusticia histórica. Sin duda, los más de 100,000 agrónomos mexicanos encontrarán en esta obra de Eduardo Casas Díaz y Gregorio Martínez Valdés una referencia histórica y, los más afortunados, alguna alusión personal: directa o indirecta.



Los transgénicos / Oportunidades y amenazas

Víctor M. Villalobos A.

Los transgénicos son organismos (vegetales o animales) usados en la agricultura, medicina o industria, mejorados genéticamente para conferirles habilidades novedosas que no hubiesen podido adquirir en condiciones naturales, y han sido resultado de la investigación científica, principalmente en la Ingeniería Genética, la Biología Molecular y la Agronomía.

Una de las aplicaciones más avanzadas sobre este tema en la agricultura son los cultivos transgénicos, que han trascendido el ámbito del laboratorio científico y del campo experimental para cultivarse comercialmente desde 1996 en campos agrícolas del mundo, como una forma novedosa de producción de granos y oleaginosas; más eficiente, con menor impacto negativo al ambiente, y con ahorros económicos directos para más de diez millones de agricultores que los cultivan en 22 países.



Manejo de Fertilizantes Químicos y Orgánicos

Editores: Sergio Salgado García y Roberto Nuñez Escobar

En este siglo la población del mundo podría duplicarse, lo que requerirá incrementar en la misma medida la capacidad de producir alimentos. Los fertilizantes son uno de los principales insumos necesarios para mantener e incrementar los rendimientos de los cultivos. Los fertilizantes químicos de mayor uso se elaboran a partir del petróleo, lo que encarece su costo y reduce su disponibilidad en regiones de extrema pobreza. Por ello, en este libro se proponen soluciones para producir alimentos con alternativas más sustentables de fertilización del suelo. Los diferentes capítulos de esta obra se centran en los siguientes tópicos:

Importancia de los fertilizantes

El suelo y la nutrición de los cultivos

Los fertilizantes químicos

Fertilizantes de liberación lenta

Micronutrientes

Recomendaciones de fertilización

Los fertilizantes y la fertirrigación

Los abonos orgánicos



Este libro será una referencia útil para estudiantes y profesores de agronomía, así como para agricultores, estudiosos de la fertilidad del suelo y para técnicos asesores en fertilización de cultivos.

Manual práctico de ArcView GIS 3.2 / Temas selectos

Coordinador: Enrique Mejía Sáenz

ArcView® es un Sistema de Información Geográfica (SIG) de escritorio desarrollado por Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI); el nombre, software y logotipos de ArcView® nombrados y mostrados en este libro son propiedad exclusiva de ESRI, y se hace referencia a ellos con un solo objetivo, el de mostrar la facilidad y conveniencia del uso del SIG ArcView®. <http://www.esri.com>



Moscas blancas / Temas selectos sobre su manejo

Editora: Laura Delia Ortega Arenas

Cuando las moscas blancas empezaron a ser una plaga de importancia en la agricultura, la aspersión oportuna de insecticidas permitía controlarlas con un balance económico favorable para el productor. Sin embargo, el uso indiscriminado de productos químicos y el desconocimiento de la biología del insecto causaron resistencia a los insecticidas, contaminación del ambiente, daño a la salud de productores y consumidores, desaparición de sus enemigos naturales, incremento en los costos de producción y efectos sociales indeseables.

Este libro sobre moscas blancas es resultado de la preocupación de un grupo de investigadores mexicanos y brasileños por la creciente amenaza de este insecto en muchas regiones del mundo. No es un manual de recomendaciones, pero sí una guía para que los lectores encuentren estrategias para enfrentar la plaga. Está dirigido a productores, técnicos, estudiantes, investigadores, extensionistas y, en general, a las personas interesadas en este fenómeno ecológico.



Una lista resumida de tópicos abordados:

- Bioecología • Taxonomía y diagnosis • Interacción con arvenses • Fertilización nitrogenada
- Resistencia vegetal • Distribución espacial y muestreo • Resistencia a insecticidas
- Parasitoides y depredadores • Substancias vegetales • Control microbiano • Manejo integrado

NOVEDAD SEGUNDA EDICIÓN

Nutrición de cultivos

Editores: Gabriel Alcántar González y Libia I. Trejo Téllez

En la obra *Nutrición de cultivos* los autores, todos ellos reconocidos investigadores especialistas en el tema, plasman las experiencias y conocimientos adquiridos en sus destacadas trayectorias académicas. El texto está dirigido principalmente a estudiantes de licenciatura en ciencias biológicas y agronomía (suelos, fitotecnia, horticultura...), pero será también de gran utilidad para investigadores, técnicos, estudiantes de postgrado y productores agrícolas relacionados con la materia.

Algunos tópicos cubiertos son:

- Desarrollo histórico de la disciplina - Nutrimientos y elementos benéficos - Diagnóstico de la condición nutrimental - Concentración de elementos en el tejido vegetal - Fertilización - Hidroponía y Fertirriego

Plagas del Suelo

Editores: Luis A. Rodríguez del Bosque y Miguel Ángel Morón

El estudio de los insectos subterráneos es importante a nivel mundial debido a los daños que causan a numerosas especies vegetales. En México existen muchas especies de insectos que viven en el suelo, particularmente de los órdenes Coleóptera y Lepidóptera, que causan perjuicios considerables a los cultivos, por alimentarse de las partes subterráneas y la base del tallo de las plantas. Las pérdidas en rendimiento y calidad varían de acuerdo con la plaga, cultivo, manejo agronómico y la región.

El libro tiene 24 capítulos agrupados en tres secciones. En la primera, *Fundamentos*, se describe la importancia, métodos de estudio, diversidad, biología y ecología de las plagas del suelo. La segunda, *Manejo*, contiene las principales estrategias para su combate, entre ellas las prácticas culturales, control microbiano, tolerancia varietal, control químico y manejo sustentable. La tercera, *Estudios de Caso*, incluye experiencias en las regiones con la mayor problemática, así como el análisis particular de algunas plagas.



Producción de árboles y arbustos de uso múltiple

Luis Pimentel Bribiesca

La producción de árboles y arbustos de uso múltiple ha tomado especial relevancia en las décadas recientes en México y en muchos países del mundo. La investigación sobre semillas forestales, viveros y reforestación ha sido impulsada por el auge de las plantaciones forestales. En esta obra el autor, con más de 40 años de experiencia como docente e investigador en la Universidad Autónoma Chapingo y el Colegio de Postgraduados, examina temas como la recolecta de semillas, la biología de la germinación, las distintas tecnologías de producción, y el transporte de la planta.

Esta obra está dirigida a maestros e investigadores en el campo forestal, como texto para el aula o como libro de consulta. Seguramente otros usuarios serán los recolectores de semillas, viveristas, reforestadores, Arboricultores, y todas las personas interesadas en la reproducción y propagación de árboles y arbustos.



¿Qué hacemos con el Campo Mexicano? 2ª. Edición

Manuel R. Villa Issa

El campo fue una de las causas más importantes del inicio de la Revolución de 1910, primer movimiento social del Siglo XX. Al terminar la lucha armada, se inicia el proceso de reconstrucción del país y, como parte de estas acciones, el Estado Mexicano hace un pacto social con los productores del campo; se crean instituciones y se desarrolla una política para aumentar fuertemente la producción, elevar el nivel de bienestar de la población rural y abastecer de alimentos a la población.

Como consecuencia de esta política, el campo se transforma en el sector más poderoso de la economía mexicana, de tal forma que entre 1940 y 1972, el campo fue capaz de producir alimentos para toda la población a precios bajos, generar las divisas necesarias para la industrialización del país y transferir los recursos para el proceso de urbanización de México.

Así, finalmente, en 1995 se da el gran parteaguas en el campo: el Estado Mexicano decidió dar por terminado el pacto social que tenía con los productores y deja en manos del mercado la suerte de la población rural y la producción y abasto de alimentos al país. Esta situación se puede observar claramente cuando el índice de "Apoyo Total Estimado" (TSE por sus siglas en inglés), elaborado por la OCDE, cae de 34.1% en 1994 a 0.0% en 1995; en otras palabras, el Estado Mexicano se retiró prácticamente por completo del campo. Mientras tanto, este índice mostraba valores de 35.7% y 45.9% para Estados Unidos y Canadá. En estas condiciones entraron los productores mexicanos al TLCAN.

Es urgente dar un golpe de timón a este rumbo; generar una política de Estado de largo plazo que aproveche los recursos que tiene el campo para producir, aumentar el bienestar de la gente en el campo y ofrecer alimentos a precios adecuados a la población urbana.



Riegos ancestrales en Iberoamérica

Editor general: Tomás Martínez;

editores regionales: Jacinta Palerm, Milka Castro y Luis Pereira

Los estudios que en esta obra se nos presentan pretenden demostrar que la eficiencia de la gestión ancestral del agua está basada en técnicas vernáculas adaptadas a condiciones locales y además lograda por el control y gestión comunal de los recursos productivos. La primera parte de la antología rescata ejemplos de técnicas de gestión del agua en Latinoamérica, España y Portugal. Es relevante que éstas son implementadas por poblaciones locales que poseen conocimiento vernáculo de la técnica adaptada a un medio específico. La segunda parte abunda en este tema desde el punto de vista de la organización social que hace posible el funcionamiento de las mismas. De este modo recuerda que en la gestión comunal son frecuentes las instituciones, organizaciones y manifestaciones con un fuerte sentido de vida colectiva, de solidaridad vecinal y de cohesión social que poseen profundas raíces históricas.



PARA CONVERTIR LOS VALORES DE LA COLUMNA 1 A LOS DE LA COLUMNA 2, MULTIPLIQUE POR A.
PARA CONVERTIR LOS VALORES DE LA COLUMNA 2 A LOS DE LA COLUMNA 1, MULTIPLIQUE POR B.

A	1	2	B
LONGITUD			
0.621	kilómetros, km	millas, mi	1.609
1.094	metros, m	yardas, yd	0.914
3.28	metros, m	pies, ft	0.304
1.0	micrómetros, μm	micras, μ	1.0
0.0394	milímetros, mm	pulgadas, in	25.4
10	nanómetros, nm	Ángstrom, Å	0.1

A	1	2	B
ÁREA			
2.47	hectáreas, ha	acres, acre	0.405
2.47	kilómetros ² , km ²	acres, acre	0.00405
0.386	kilómetros ² , km ²	millas ² , mi ²	2,590
2.47×10^{-4}	metros ² , m ²	acres, acre	4.05×10^3
10.76	metros ² , m ²	pies ² , ft ²	9.29×10^{-2}
1.55×10^{-3}	milímetros ² , mm ²	pulgadas ² , in ²	645

A	1	2	B
VOLUMEN			
6.10×10^4	metros ³ , m ³	pulgada ³ , in ³	1.64×10^{-5}
9.73×10^{-3}	metros ³ , m ³	acre-pulgada	102.8
35.3	metros ³ , m ³	pies ³ , ft ³	2.83×10^2
2.84×10^{-2}	litros, L	bushels, bu	35.24
1.057	litros, L	cuartos, qt	0.946
3.53×10^{-2}	litros, L	pies ³ , ft ³	28.3
0.265	litros, L	galones, gallon	3.78
33.78	litros, L	onza fluida, oz	2.96×10^{-2}
2.11	litros, L	pinta fluida, pt	0.473
0.034	mililitros, ml	onza fluida, oz	29.574

A	1	2	B
MASA			
2.20×10^{-3}	gramos, g	libras, lb	454
3.52×10^{-2}	gramos, g	onzas, oz	28.4
2.205	kilogramos, kg	libras, lb	0.454
10^{-2}	kilogramos, kg	quintal, q	1.0 ²
1.10×10^{-3}	kilogramos, kg	toneladas, ton	907
1.102	toneladas, t	toneladas, ton	0.907
0.022	kilogramos, kg	hundredweight, cwt, 112 lb	45.359
0.0197	kilogramos, kg	hundredweight, cwt, 112 lb	50.783

A	1	2	B
RENDIMIENTO			
0.893	kg/ha	lb/acre	1.12
1.49×10^{-2}	kg/ha	bu/acre, 60 lb	67.19
1.59×10^{-2}	kg/ha	bu/acre, 60 lb	62.71
1.86×10^{-2}	kg/ha	bu/acre, 60 lb	53.75
8.9×10^{-3}	kg/ha	cwt/acre, 60 lb	111.99
7.98×10^{-3}	kg/ha	cwt/acre, 60 lb	125.23
893	t/ha	lb/acre, 60 lb	1.12×10^{-3}
0.446	t/ha	ton/acre, 60 lb	2.24

A	1	2	B
PRESIÓN			
9.90	Megapascales, Mpa	atmósferas	0.101
10	Mpa	bar	0.1
1.00	Mpa	g/cm ³	1.00
2.09×10^{-2}	t/m ³	lb/ft ²	47.9
1.45×10^{-4}	Pa	lb/in ²	6.90×10^3

A	1	2	B
TEMPERATURA			
1.00 (k-273)	Kelvin, K	Celsius, °C	1.00 (°C+273)
(9/5°C)+32	Celsius, C	Fahrenheit, °F	5/9 (°F-32)

A	1	2	B
ENERGÍA, TRABAJO, CALOR			
9.52×10^{-4}	Joule, J	British thermal, U, BTU	1.50×10^3
0.239	Joule, J	caloría, cal	4.19
10^7	Joule, J	erg	10^{-7}
0.735	Joule, J	pie-libra, ft-lb	1.36
2.387×10^{-5}	J/m ²	cal/cm ²	4.19×10^4
10^5	Newton, N	Dynas	10^{-5}
1.43×10^{-3}	Watts/m ²	cal/cm ² /min	698

A	1	2	B
TRANSPIRACIÓN Y FOTOSÍNTESIS			
3.60×10^{-2}	mg/m ² /s	g/dm ² /hora	27.8
5.56×10^{-3}	mg(H ₂ O)m ² /s	$\mu\text{mol}^2/\text{cm}^2/\text{s}$	180

A	1	2	B
CONDUCTIVIDAD E			
10	Siemens/m	mmho/cm	0.1

A	1	2	B
DISPERSIÓN			
0.107	litros/hectárea	galones/acre	9.35
0.893	kilogramos/hectárea	libras/acre	1.12

A	1	2	B
VELOCIDAD			
2.24	metros/segundo	millas/hora	0.447
0.621	kilómetros/hora	millas/hora	1.609

A	1	2	B
CONCENTRACIÓN			
1.000	mg/L	ppm	1.0
2.00	ppm	lb/AFS*	0.5
0.449	kg/ha	ppm	2.227
0.898	kg/ha	lb/AFS*	1.114

*AFS = Acre Furrow Slice

OTRAS EQUIVALENCIAS ÚTILES			
FITOMASA			
1g de materia seca por metro cuadrado = 0.01 t/ha			
1 t/ha = 100g/m ²			
1g de materia seca org. es casi igual a 0.45g de C y 1.5g de CO ₂			
1g de C es casi equivalente a 2.2g de materia seca org. y 2.7 de CO ₂			
1g de CO ₂ es casi equivalente a 0.67g de materia seca org. y 0.37g de C			

GUÍA PARA AUTORES

ESTRUCTURA

Agroproductividad es una revista de divulgación, auspiciada por el Colegio de Postgraduados para entregar los resultados obtenidos por los investigadores en ciencias agrícolas y afines a los técnicos y productores. En ella se podrá publicar información relevante al desarrollo agrícola en los formatos de artículo, nota o ensayo. Las contribuciones serán arbitradas y la publicación final se hará en idioma español.

La contribución tendrá una extensión máxima de diez cuartillas, incluyendo las ilustraciones. Deberá estar escrita en Word a doble espacio empleando el tipo Arial a 12 puntos y márgenes de 2.5 cm. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos.

Las ilustraciones serán de calidad suficiente para su impresión en offset a colores, y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW y el tamaño, dependiendo de la imagen y su importancia de acuerdo con la siguiente tabla comparativa:

Centímetros	Pixeles	Pulgadas
21.59 x 27.94	2550 x 3300	8.5 x 11
18.5 x 11.5	2185 x 1358	7.3 x 4.5
18.5 x 5.55	2158 x 656	7.3 x 2.2
12.2 x 11.5	1441 x 1358	4.8 x 4.5
12.2 x 5.55	1441 x 656	4.8 x 2.2
5.85 x 5.55	691 x 656	2.3 x 2.2
9 x 11.5	1063 x 1358	3.5 x 4.5
9 x 5.55	1063 x 656	3.5 x 2.2

La estructura de la contribución será la siguiente:

1) **Artículos:** una estructura clásica definida por los capítulos: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones y Literatura Citada;

2) **Notas o Ensayos:** deben tener una secuencia lógica de las ideas, exponiendo claramente las técnicas o metodologías que se transmiten en lenguaje llano, con un uso mínimo de términos técnicos especializados.

FORMATO

Título. Debe ser breve y reflejar claramente el contenido. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en itálicas.

Autor o Autores. Se escribirán él o los nombres completos, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Al pie de la primera página se indicará el nombre de la institución a la que pertenece el autor y la dirección oficial, incluyendo el correo electrónico.

Cuadros. Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Los cuadros deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Cuadro 1. Título), y se colocarán en la parte superior. Al pie del cuadro se incluirán las aclaraciones a las que se hace mención mediante un índice en el texto incluido en el cuadro.

Figuras. Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Las fotografías deben ser de preferencia a colores. Se debe proporcionar originales en tamaño postal, anotando al reverso con un lápiz suave el número y el lugar que le corresponda en el texto. Los títulos de las fotografías deben mecanografiarse en hoja aparte. La calidad de las imágenes digitales debe ceñirse a lo indicado en la tabla comparativa al inicio.

Unidades. Las unidades de pesos y medidas usadas serán las aceptadas en el Sistema Internacional.

Nota. Con objeto de dar a conocer al autor o autores, se deberá proporcionar una fotografía reciente de campo o laboratorio de carácter informal.

AGRO PRODUCTIVIDAD

El presente número significa un parteaguas en la edición de Agroproductividad, que responde al cambio interno de nuestra estructura. Hemos decidido acompañar esta nueva tendencia con un cambio en la imagen de la revista, para reflejar con mayor relevancia la innovación que nuestros lectores encontrarán en los contenidos, estudios y propuestas que presentaremos de ahora en adelante.

Agroproductividad se presenta como una revista fresca, que brinda información oportuna y accesible para contribuir decididamente al desarrollo agrícola de nuestro país.

Contacto: 01 (595) 928 4013
01 (595) 952 0200
ext.68105
agropro@colpos.mx

