



# AGRICULTURA MIGRATORIA EN ÁREAS TROPICALES DE LADERA: UN ANÁLISIS HISTÓRICO-ECOLÓGICO

DOMESTICACIÓN DE PLANTAS MEDICINALES

**CALIDAD AGROINDUSTRIAL DE INSUMOS BIOENERGÉTICOS  
PARA LA PRODUCCIÓN DE BODIESEL EN MÉXICO**

**LA MALANGA** (*Colocasia esculenta* (L.) Schott)  
bajo un enfoque de investigación-desarrollo

BIBLIOTECA BÁSICA DE AGRICULTURA

AÑO 4 / VOLUMEN 4 / NÚMERO 4 / OCTUBRE - DICIEMBRE 2011

ISSN-0188-7394

PRECIO AL PÚBLICO \$75.00 PESOS





# AGRO PRODUCTIVIDAD

La revista Agroproductividad se está convirtiendo rápidamente en una de las revistas más importantes relacionadas con el medio agrícola en México.

Los artículos que publicamos son cuidadosamente seleccionados con la finalidad de aportar ideas, estudios o propuestas capaces de impulsar el desarrollo agrícola.

Invitamos a todos nuestros lectores a participar de manera directa, ya sea como autores, anunciantes o suscriptores, y de esta manera contribuir a nuestro esfuerzo por ubicar la agroproductividad en el horizonte futuro.

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

2 CARTA EDITORIAL

3 DOMESTICACIÓN  
DE PLANTAS  
MEDICINALES

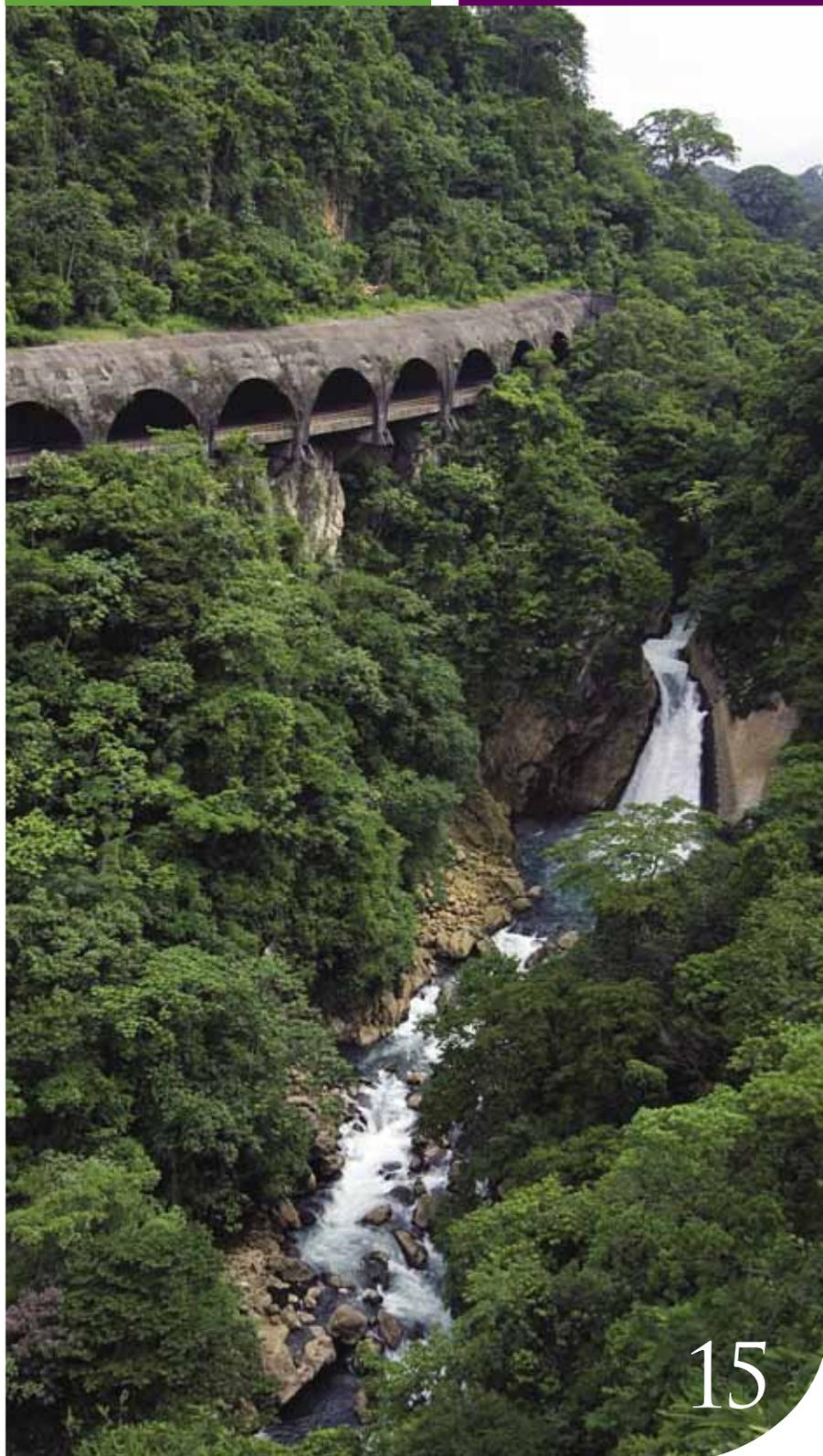
8 CALIDAD AGROINDUSTRIAL  
DE INSUMOS BIOENERGÉTICOS  
PARA LA PRODUCCIÓN DE  
BIODIESEL EN MÉXICO

15 AGRICULTURA MIGRATORIA  
EN ÁREAS TROPICALES  
DE LADERA: UN ANÁLISIS  
HISTÓRICO-ECOLÓGICO

26 LA MALANGA (*Colocasia esculenta*  
(L.) Schott) BAJO UN ENFOQUE DE  
INVESTIGACIÓN-DESARROLLO

34 NOTICIAS

35 BIBLIOTECA BÁSICA  
DE AGRICULTURA



15



Corrección de estilo: Hannah Infante  
Diseño: KROW S.C. / [www.krow-sc.com](http://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](mailto: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<sup>†</sup>  
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



DR. JORGE CADENA IÑIGUEZ

## OCTUBRE - DICIEMBRE 2011, AÑO 4 / NÚMERO 4.

En esta ocasión **AGROPRODUCTIVIDAD** retoma el tema de la tumba, roza y quema, a través de un enfoque histórico-ecológico como agricultura migratoria en laderas tropicales, además de abordar especies semidomesticadas en huertos familiares, y el segmento de los cultivos no tradicionales de reciente incorporación al interés económico, mismos que están representando áreas de oportunidad para el sector rural. El estudio de la malanga desde un enfoque de investigación+desarrollo ha contribuido a la generación de conocimiento, formación de talentos humanos y asociación de productores con el acompañamiento de investigadores del Colegio de Postgraduados. El tema acerca del biodiesel, resalta los resultados de estandarización de insumos para la industria de los biocombustibles a través de la caracterización química de aceites vegetales procedentes de especies no tradicionales como el piñón e higuera, que han cobrado importancia en el campo de los bioenergéticos potenciales para su producción con estándares internacionales.

Gracias.

*Jorge Cadena Iñiguez*

DIRECTOR DE AGROPRODUCTIVIDAD

### Colaboradores

DOMESTICACIÓN DE PLANTAS MEDICINALES. Martínez-Arévalo J.V. Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Autor responsable: Josevm2000@yahoo.com

CALIDAD AGROINDUSTRIAL DE INSUMOS BIOENERGÉTICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN MÉXICO. Martínez-Valencia B.B.<sup>1</sup>, Solís-Bonilla J.L.<sup>1</sup> y Zamarripa-Colmenero A.<sup>1</sup>. <sup>1</sup>Campo Agrícola Experimental Rosario Izapa; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; Av. Progreso No. 5. Santa Catarina, Coyoacán, D.F. CP. 04010 México. Autor responsable e-mail: martinez.biaani@inifap.gob.mx

AGRICULTURA MIGRATORIA EN ÁREAS TROPICALES DE LADERA: UN ANÁLISIS HISTÓRICO-ECOLÓGICO. Díaz-Hernández B.G.<sup>1,5</sup>, Díaz-Fuentes V.H.<sup>2,5</sup>, Ruíz-Cruz P.A.<sup>3,5</sup> y Aguirre-Medina J.F.<sup>4,5</sup>. <sup>1</sup>Red de Bioenergía del Campo Experimental Cotaxtla-CIRGOC; <sup>2</sup>Campo Experimental Rosario Izapa-CIRPAS; <sup>3</sup>Red de Bioenergía del Campo Experimental Rosario Izapa; <sup>4</sup>Red Biofertilizantes del Campo Experimental Rosario Izapa-CIRPAS. <sup>5</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias México, Av. Progreso No. 5. Santa Catarina, Coyoacán, D.F. CP. 04010 México Autor responsable e-mail: Aguirre.juan@inifap.gob.mx

LA MALANGA (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) BAJO UN ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN-DESARROLLO. Olguín-Palacios, C.<sup>1</sup> Álvarez-Ávila, M. del C.<sup>1</sup>. <sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, México. Dirección: Km. 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz. A.P. 421, C.P. 91700. Veracruz, México



# DOMESTICACIÓN DE PLANTAS MEDICINALES

Martínez-Arévalo J.V.

Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Autor responsable:  
Josevm2000@yahoo.com

## RESUMEN

**S**e presentan conceptos básicos acerca del proceso de domesticación en plantas medicinales, con especial énfasis en los pasos que se pueden seguir, de acuerdo con diferentes autores, para iniciar o dar continuidad a dicho proceso. La domesticación es un proceso dinámico en el cual se puede encontrar una gama de gradientes que permiten diferenciar los eventos entre el humano y las plantas, y que le confieren un estatus diferente. Resalta la importancia de la domesticación como el paso que permite mejorar las propiedades de las plantas a través del mejoramiento genético como fuente de principios activos para la farmacéutica, y como ejemplos de especies nativas de América en actual proceso de domesticación se menciona al boldo (*Peumus boldus*) en Chile, al ginseng brasileño (*Pfaffia glomerata*) y a la quebra pedra (*Phyllanthus niruri*) en Brasil, al hombre grande (*Quassia amara*) en Costa Rica, y Zarparrilla (*Smilax domingensis*), Calahuala (*Phlebodium pseudoaureum*), Orégano (*Lippia graveolens*), Pericón (*Tagetes lucida*) y Valeriana (*Valeriana prionophylla*).

Palabras clave: medicinal, fitoquímica, biomoléculas

## INTRODUCCIÓN

La utilización de plantas para el tratamiento de enfermedades de diversa índole es una actividad muy antigua que se remonta probablemente a los inicios de la humanidad y sus ancestros. En este proceso de uso inconsciente de las plantas con fines alimenticios y medicinales podría decirse que inició la domesticación (Harlan, 1992). De acuerdo con Debouck (1987), la domesticación es una acción cuyo agente es el ser humano y consiste en interferir en el ciclo biológico de los seres vivientes con la finalidad de distraer una parte de la producción de su ciclo, sea animal o vegetal, para el beneficio del agente. Esta definición implica interacciones dependientes; por ejemplo, entre el humano y las plantas, en cuyos grados de domesticación más avanzados se identifica una dependencia para la sobrevivencia de ambos. Por ejemplo, las semillas de maíz (*Zea mays* L.) puestas en el suelo sin ningún cuidado probablemente pueden germinar, pero en corto tiempo la planta morirá o no llegará a reproducirse porque ha perdido capacidad de adaptación y competitividad con otros organismos en estado silvestre. En este punto es importante aclarar que una planta cultivada no es sinónimo de planta domesticada ya que se puede cultivar sin que necesariamente lo esté; sin embargo, las plantas domesticadas sí requieren ser cultivadas.

### El proceso de domesticación

La domesticación es un proceso dinámico en el cual se puede encontrar una gama de gradientes que permiten diferenciar los eventos entre el humano y las plantas, y que le confieren un estatus diferente para cada caso, por ejemplo:

- Las especies utilizadas en su forma silvestre son extraídas de su hábitat.
- Las plantas toleradas, tales como las especies que se van dejando en las áreas cultivadas porque se piensa que pueden ser útiles.
- Las especies con manejo a las cuales se les facilita de alguna manera el ambiente para que puedan crecer y reproducirse mejor.
- Las especies cultivadas de las que el ser humano toma un propágulo, prepara el área para su siembra y le proporciona cuidados para obtener una producción.
- Especies mejoradas, referidas a plantas que han tenido manipulación de parte del ser humano para orientar su producción; por ejemplo, frutos más grandes, mayor cantidad de principios activos, etcétera.

Esta última anotación es la forma más simple de identificar la domesticación y se representa como un proceso continuo y dinámico ya que, por ejemplo, especies como maíz (*Zea mays* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) y otras consideradas como básicas para la alimentación humana, han tenido un mejoramiento genético desde hace miles de años y en la actualidad sigue realizándose a través de manipulación genética para obtener mejores características agronómicas, así como variantes de la especie original, tales como cultivares e híbridos. En la actualidad este proceso es más acelerado que en el pasado gracias al avance biotecnológico, como la reproducción masiva *in vitro* hasta el uso de genes específicos en el mejoramiento.

Hay especies de plantas medicinales, en especial europeas y asiáticas, como tomillo (*Thymus vulgaris*), fenogreco (*Trigonella foenum-graecum*), linaza (*Linum usitatissimum*), orégano europeo (*Origanum vulgare*), albahaca *Ocimum basilicum* etcétera, cuyo proceso de domesticación empezó hace miles de años, a tal grado que en albahaca, por ejemplo, se tienen variedades de diferentes aromas producto del mejoramiento genético; sin embargo, muchas especies medicinales, en especial las procedentes de áreas tropicales, están en categorías incipientes de domesticación. Se debe recordar que en el período colonial varias especies medicinales quedaron prohibidas para su uso y fueron sustituidas por plantas europeas y asiáticas, lo que probablemente sea indicativo de que en estas especies se detuvo el proceso de domesticación.

Franz (1993) indica que entre las especies de plantas medicinales con reciente inicio de domesticación (pocas décadas) están *Achillea millefolium*, para aceite esencial; *Arnica montana*, para sesquiterpenoles; *Costus speciosus*, para esteroides; *Equinacea* spp., para inmuoestimulantes; *Dioscorea* spp., para esteroides; *Rauvolfia* spp., para alcaloides; y *Valeriana edulis*, para iridoides, entre otras. Menciona también una lista de especies que se utilizan actualmente a partir de recolección, tales como *Baccharis* spp. y *Gnaphalium* spp., para uso antiinflamatorio; *Neurolaena lobata*, para antimaláricos;

*Tagetes lucida* y *Psidium guajava*, como espasmódicos; y *Phyllanthus niruri*, como antiséptico. Cabe mencionar que se están haciendo esfuerzos para acelerar su domesticación. Asimismo, muchas de éstas son actualmente fuente de principios activos de interés farmacológico. Según Franz (1993), la estrategia de domesticación de plantas con uso medicinal cuyo estatus actual es de plantas silvestres, debe incluir los siguientes pasos:

- Estudios en el hábitat natural que incluyan conocimiento botánico, suelo, clima, caracterización, distribución y propagación.
- Colección de propágulos (material vegetal, semilla) para el establecimiento de colecciones en bancos de semilla o de campo.
- Estudios de propagación vegetativa o por semilla (incluidos estudios de biotecnología, usando principalmente propagación *in vitro*) y establecimiento de siembras.
- Mejoramiento genético como estudios de variabilidad, selección, cruzamiento, investigación fitoquímica y técnicas biotecnológicas.
- Probar las mejores localidades, fertilización, manejo y técnicas de cultivo.
- Estudios de los problemas fitosanitarios: plagas (insectos, enfermedades, malezas).
- Duración del cultivo: cosecha, postcosecha, control de materia médica.
- Evaluación económica y cálculo de rentabilidad.

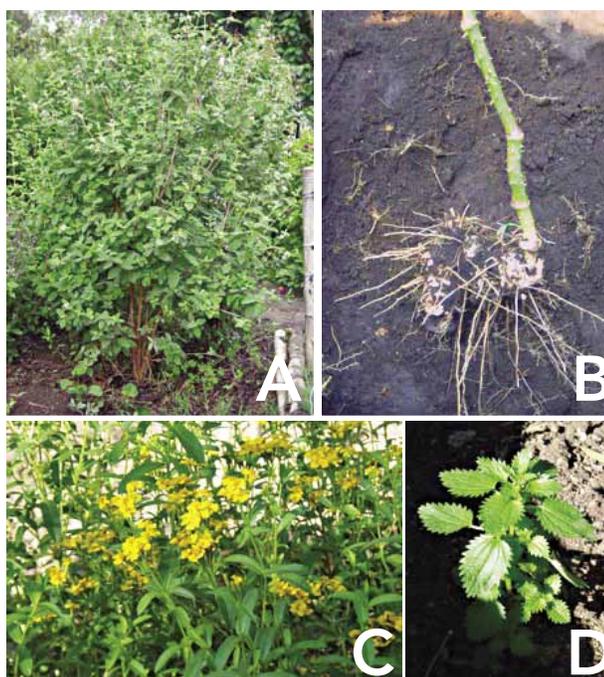


Figura 1. Especies de plantas medicinales cuyo estatus de domesticación es considerado en proceso en Guatemala: A: Orégano (*Lippia graveolens*), B: Zarzaparrilla (*Smilax domingensis*), C: Pericón (*Tagetes lucida*), D: Ortiga (*Urtica dioica*).

Las “Directrices sobre conservación de plantas medicinales” de la Organización Mundial de la Salud (OMS), Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y World Wide Fund for Nature (WWF, 1993) mencionan que para llevar a una especie medicinal de su estado silvestre a cultivo se deben cumplir las siguientes etapas:

- Recoger material de propagación del material genético más apropiado y mejorar genéticamente a la población, encontrando la mejor forma de propagación.
- Determinar las condiciones óptimas de cultivo, como suelo, clima, sombra y régimen de riego, definiendo los medios para proteger las plantas contra plagas y enfermedades, y desarrollar técnicas para eliminar las malezas.
- Elegir la época más apropiada de recolección.
- Examinar las posibilidades de mecanización.
- Elegir el mejor sistema para almacenar la cosecha.



## Consideraciones para la domesticación de plantas medicinales

A partir de Vogel (1999), se puede indicar que una misma especie presenta generalmente variabilidad genética, cuya expresión es modificada por factores ambientales (disponibilidad de agua, temperatura, fertilidad del suelo, etcétera) y que se ve reflejado, por ejemplo, en diferentes tasas de productividad vegetativa y concentraciones de principios activos. Los efectos ambientales no solo se manifiestan entre diferentes individuos, sino también dentro de una misma planta. De esta manera el individuo presenta diferentes concentraciones de compuestos activos a lo largo de las etapas de su desarrollo, como por ejemplo la fase juvenil, inducción de la floración, floración, fructificación, senescencia y receso, como en la mejor época de cosecha del “pericón” (*Tagetes lucida* Cav.), que es cuando las plantas están en plena floración, momento que coincide con un mayor contenido de aceite esencial.

La forma en que la especie se propaga naturalmente es indicio sobre la mejor manera de multiplicarla; por ejemplo, la zarzaparrilla (*Smilax aspera* L.), que es una planta con rizoma, ofrece un método fácil y seguro de multiplicarla vegetativamente. En el caso de la multiplicación por semilla sexual (botánica), germinan espontáneamente; sin embargo, otras especies que habitan en ambientes con condiciones agroclimáticas adversas presentan dificultades en la germinación debido a mecanismos propios de la planta que generalmente están asociados a la espera de condiciones óptimas para que prospere la nueva planta. Así, muchas especies adaptadas a áreas secas tienen semillas con testa muy dura o necesitan un estímulo hormonal para romper la latencia, de tal forma que parte de la domesticación implica encontrar la técnica más apropiada para lograr el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible.

En plantas perennes se estudia también la propagación vegetativa, eligiendo en primer lugar el órgano apropiado para este procedimiento. Cuando se utilizan estacas se debe buscar el mejor método para lograr un enraizamiento rápido. La formación de raíces puede depender de la época de propagación (receso o periodo de crecimiento), del material vegetal (leñoso o herbáceo, con o sin hojas), la ubicación de la estaca cosechada en la planta madre (estacas apicales o basales), tipo de corte realizado en la base de la estaca basal, aplicación de hormonas, temperatura durante el periodo de incubación, y tipo de sustrato. Una vez superadas estas etapas, la especie puede ser llevada a cultivo para investigar las condiciones específicas de manejo, las cuales pueden incluir riego, tipo de suelo, técnicas de fertilización, fechas de siembra, técnicas de protección, densidad óptima de plantación y manejo sanitario, evaluando siempre la producción de algún compuesto activo o algún componente del rendimiento.

**A**simismo, se debe determinar el mejor momento para realizar la cosecha con el fin de asegurar un alto rendimiento; **POR EJEMPLO, EN MATERIA SECA O ACEITE ESENCIAL, A LA PAR DE UN PRODUCTO DE MAYOR CALIDAD QUE SE TRADUCE, POR EJEMPLO, EN ALTA CONCENTRACIÓN DE PRINCIPIOS ACTIVOS.** Además, es importante desarrollar una técnica apropiada para no dañar a la planta y al mismo tiempo reducir tiempo y recursos, definiendo la altura y frecuencia óptima de corte para lograr los rendimientos esperados de material vegetal y compuestos deseados.

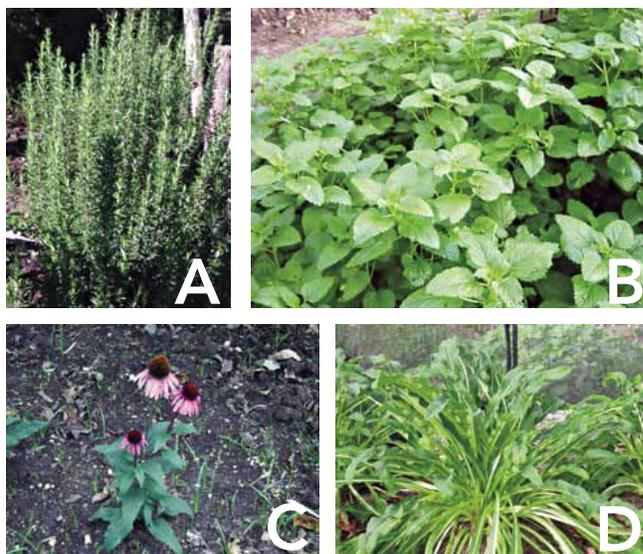


Figura 2. Especies de plantas medicinales cuyo estatus de domesticación es considerado en proceso en Guatemala: A: Romero (*Rosmarinus officinalis*), B: Melisa (*Melisa officinalis*), C: Equinasia (†) y D: Valeriana (*Valeriana prionophylla*).

En el mejoramiento genético se busca seleccionar plantas con la mayor variabilidad posible, considerando en primer lugar lo que existe en forma silvestre. A partir de cruzamientos entre plantas se pueden obtener nuevas combinaciones en sus descendencias. La duplicación del material hereditario da origen a individuos poliploides, los que en general poseen órganos más grandes y producen mayores rendimientos. A partir de esta variación se puede realizar selección de individuos con caracteres deseados para desarrollar nuevas variedades. En plantas medicinales se buscan altas concentraciones de principios activos, rendimientos altos, propiedades adecuadas para el procesamiento y resistencia a organismos fitopatógenos, y estrés ambiental. Como ejemplos de especies nativas de América en actual proceso de domesticación se pueden mencionar al boldo (*Peumus boldus*), en Chile; ginseng brasileño (*Pfaffia*

*glomerata*) y quebra pedra (*Phyllanthus niruri*), en Brasil; hombre grande (*Quassia amara*), en Costa Rica; y Zarparrilla (*Smilax domingensis*), Calahuala (*Phlebodium pseudoaureum*), Orégano (*Lippia graveolens*), Pericón (*Tagetes lucida*) y Valeriana (*Valeriana prionophylla*), en Guatemala (Martínez *et al.*, 2000).

## CONCLUSIONES

El uso de plantas con cualidades medicinales, atribuidas en principio de forma empírica por los usuarios, ha permitido iniciar (no siempre de forma consciente) el proceso de domesticación de las especies desde la antigüedad. Son muchas las especies silvestres y sus variantes biológicas semidomesticadas que en la actualidad se consideran fuente importante de principios activos para la industria farmacéutica.

## LITERATURA CITADA

- Debouck D.G. 1987. Problemática Reciente de la Domesticación del Frijol. Conferencia presentada en Chapingo México. 18 p.
- Franz Ch. 1993. Domestication of Wild Growing Medicinal Plants. *Plant Research and Development* 37:101-111.
- Harlan J.R. 1992. *Crops & Man*. USA. American Society of Agronomy, Inc. 283 p.
- Martínez J.V., Bernal, H.Y., Cáceres A. (Eds.). 2000. *Fundamentos de Agrotecnología de Cultivo de Plantas Medicinales Iberoamericanas*. Convenio Andrés Bello y Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). Santafé de Bogotá, D.C., Colombia. 524 p.
- Ocampo R.A., Martínez J.V, Cáceres A. 2006. *Manual de Agrotecnología de Plantas Medicinales nativas*. OEA. Guatemala. 140 p.
- Ocampo R., Villalobos R. 1994. *Experiencias técnicas sobre domesticación de plantas medicinales en Centroamérica*. Documentos del CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- OMS-UICN-WWF. 1993. *Directrices sobre Domesticación de Plantas Medicinales*. Gland, Suiza. 34 p
- Vogel H. 1999. *El Mejoramiento Genético de las Plantas Medicinales*. Primer Simposio Internacional y Tercero Nacional de Plantas Medicinales y Aromáticas. Palmira, Colombia.



## CALIDAD AGROINDUSTRIAL DE INSUMOS BIOENERGÉTICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL EN MÉXICO

Martínez-Valencia B.B.<sup>1</sup>  
Solís-Bonilla J.L.<sup>1</sup>  
Zamarripa-Colmenero A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Agrícola Experimental Rosario Izapa; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias; Av. Progreso No. 5. Santa Catarina, Coyoacán, D.F. CP. 04010 México. Autor responsable *e-mail: [martinez.biaani@inifap.gob.mx](mailto:martinez.biaani@inifap.gob.mx)*

### RESUMEN

E

El cambio climático es uno de los mayores desafíos a los que se enfrenta la humanidad en el presente siglo, por lo que es necesario buscar nuevas alternativas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provocados por los combustibles fósiles. La calidad del biodiesel debe garantizar el buen funcionamiento y la vida útil de los motores diesel, así como la satisfacción del consumidor. Diversos insumos bioenergéticos son potenciales como materia prima para la producción de biodiesel; sin embargo, la calidad del combustible puede ser afectada por las características fisicoquímicas que se encuentran en el aceite. El presente trabajo resalta la importancia de la calidad de diferentes insumos con potencial bioenergético que cumplan con los estándares internacionales y puedan ser alternativos para la producción de biodiesel.

Palabras clave: Aceite, biocombustible, higuera, piñoncillo.

## INTRODUCCIÓN

El calentamiento del planeta se deriva en parte del modelo energético como sistema abierto, donde la humanidad, a través de sus actividades, emite a la atmósfera elevadas cantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a un ritmo tal que la naturaleza es incapaz de reciclar dicho compuesto. Este CO<sub>2</sub> se incrementa por el cambio en el uso del suelo (deforestación) y emisiones por el uso de los combustibles fósiles, lo cual trae como consecuencia que la radiación térmica atraviese la atmósfera y alcance la superficie de la tierra con más facilidad que la radiación térmica transmitida de la tierra hacia el espacio, produciéndose así un calentamiento en el planeta conocido como "efecto

invernadero" (Avellaneda, 2010). En la actualidad diversos países han apoyado la utilización de biocombustibles con el fin de reducir la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) y diversificar las fuentes de su abastecimiento y el desarrollo de alternativas al uso del petróleo a largo plazo sin desplazamiento de tierras aptas al cultivo de alimentos. En este contexto los biocombustibles, entendidos éstos como los obtenidos a partir de la biomasa con capacidad para utilizarse en el sector transporte, así como las especies anuales y perennes que son cultivadas específicamente para la producción de materiales energéticos en forma sólida, líquida o gaseosa, son una valiosa alternativa de diversificación.

El protocolo de Kyoto, que aborda el acuerdo internacional para reducir las emisiones de GEI, conocido oficialmente como la Convención Marco de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobre Cambio Climático, cuya iniciativa surgida en 1997 entró en vigor el 16 de febrero de 2005, menciona que los países pertenecientes a la Unión Europea, Canadá, Japón, Nueva Zelanda y Rusia tienen el compromiso de reducir en 5.2% las emisiones de gases tóxicos entre 2008 y 2012, respecto de lo que generaban en 1990. De igual forma 106 naciones en vías de desarrollo, como México, están comprometidas a informar sobre las acciones para disminuir las emisiones de carbono y sus niveles de polución ante la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (Díaz, 2008).

En cumplimiento de estos compromisos, México aprobó la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos en febrero de 2008, la cual promueve la producción de insumos para bioenergéticos a partir de actividades agropecuarias, forestales, algas, procesos biotecnológicos y enzimáticos del campo mexicano sin poner en riesgo la seguridad

y soberanía alimentaria del país, además de procurar la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera y de GEI, utilizando para ello los instrumentos internacionales. Con base en lo anterior, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en México estableció un Programa Nacional de Innovación e Investigación en Bioenergéticos para generar conocimientos y desarrollar tecnologías en cultivos agrícolas con potencial para la producción de biocombustibles con énfasis en cultivos ricos en aceites, tales como el piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) (Figura 1) y la higuera (*Ricinus communis* L.) (Figura 2) para elaborar biodiesel, además de cultivos ricos en azúcares como el sorgo dulce (*Sorghum bicolor*) y la remolacha (*Beta vulgaris*) para la elaboración de etanol (Zamarripa et al., 2009).



Figura 1. Arbustos y frutos de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) en proceso de evaluación agronómica.

La calidad y la eficiencia del biodiesel dependen del proceso de transformación y sobre todo de la calidad del aceite generado por las especies; es decir, deben ser aceites con baja concentración de ácidos grasos libres y altos en ácidos grasos monoinsaturados, libres de gomas e impurezas, lo cual garantizará el buen funcionamiento y la vida útil de los equipos de inyección de combustible en los motores diesel, además de la satisfacción o rechazo de sus consumidores a largo plazo. Estas razones son las consideraciones principales que sugieren la realización de análisis permanentes de calidad de insumos con potencial bioenergético, como los aceites de *R. communis* y *J. curcas*, buscando que cumplan con las especificaciones internacionales de calidad y puedan ser una alternativa para la producción de biodiesel. En este contexto el INIFAP estableció el primer laboratorio de bioenergía en el Campo Experimental Rosario Izapa, municipio de Tuxtla Chico, Chiapas, México, con el objeto de realizar análisis de calidad de aceite y biodiesel para apoyar las actividades de investigación en este rubro, considerando la selección de variantes biológicas de estas dos especies, su introducción a condiciones de cultivo, y la evaluación de diez parámetros de calidad de aceite y 21 de calidad de biodiesel.

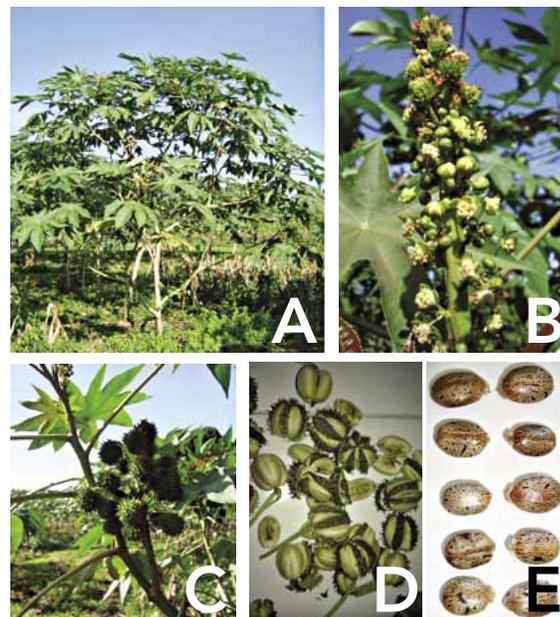


Figura 2. A: Hierba arbustiva de higuerrilla (*Ricinus communis* L.); B-C: Inflorescencia y racimo ("panoja") de frutos inmaduro; D-E: Cápsula dehiscente y semillas maduras.

## Biodiesel: una alternativa como fuente de energía renovable

El biodiesel se compone de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga, obtenidos mediante la transesterificación de aceites o grasas vegetales con un alcohol.

Los triglicéridos (principales componentes de los aceites vegetales o grasas animales) reaccionan con un alcohol de cadena corta en presencia de un catalizador usualmente ácido o básico para producir biodiesel y glicerina (Figura 3).



Figura 3. Formación de biodiesel y glicerina después de la transesterificación del aceite

El biodiesel, también llamado biocombustible, es una solución alternativa para el reemplazo parcial o total de aquellos combustibles derivados del petróleo; en forma líquida puede contribuir a la solución del problema energético. En la actualidad se definen como aquellos obtenidos a partir de biomasa que se encuentran en estado líquido en condiciones normales de presión y temperatura. Se emplean en calderas para la producción de calor, de electricidad, o en motores de combustión interna (Ballesteros, 2008). Además de provenir de una fuente renovable, el biodiesel puede ser almacenado en los mismos lugares donde se guarda el diesel de petróleo sin necesitar cambios de infraestructura; es un combustible más seguro y fácil de manipular debido a su alto punto de ignición (aproximadamente 150 °C) comparado con el diesel, que es de 60 °C aproximadamente (Van Gerpen, 2005).

Diversos factores influyen en la calidad del biodiesel, como son el tipo de aceite y la cantidad de alcohol utilizado, el tipo de catalizador usado, y las condiciones físicas del proceso como temperatura, agitación, presión y tiempo, así como la calidad del aceite empleado. En la actualidad se cuenta con normas estandarizadas que son documentos aprobados y reconocidos por un grupo de expertos de cada país para asegurar la alta calidad del biodiesel, tales como la Europea EN-14214 (European Committee for Standardization) y la estadounidense ASTM D6751 (American Standard Test Methods), basadas en una serie de parámetros físicos y químicos establecidos para medir sus propiedades y con ello permitir su comercialización.

## Insumos para la producción de biodiesel

El biodiesel (Figura 3) es un biocombustible obtenido inicialmente a partir de plantas oleaginosas convencionales tales como palma africana (*Elaeis guineensis*) (Tapanes *et al.*, 2008), soya (*Glycine max*) y colza (*Brassica napus*), o a partir de oleaginosas alternativas como piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) higuera (*Ricinus communis* L.), coco (*Cocos nucifera* L.) (Kumar y Sharma, 2008), cacahuete (*Arachis hypogaea*), algodón (*Gossypium* spp.) (Georgogianni *et al.*, 2008), mostaza (*Sinapis* spp.) y olivo (*Olea europaea*), así como los derivados de aceites de fritura usados, o bien, de algas, como pueden ser especies del género *Chlorella* spp. (Liu *et al.*, 2008; Xiong *et al.*, 2008) y *Dunaliella* spp. (Takagi *et al.*, 2006).

El aceite de las semillas de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) posee características agronómicas e industriales (Zamarripa *et al.*, 2009) y un alto contenido de lípidos y proteínas; la harina que se obtiene de la extracción del aceite puede usarse como alimento para animales una vez que se detoxifica (Kumar y Sharma, 2008; Martínez *et al.*, 2006). La higuera (*Ricinus communis* L.) es una planta oleaginosa que se encuentra ampliamente distribuida en México en condiciones ruderales, adaptada a las condiciones climáticas de diferentes ambientes, y posee un potencial productivo para la producción de aceite. El aceite de higuera no es considerado como comestible debido a la ricinina, producto activo en la semilla, altamente tóxica para el hombre y los animales; sin embargo, posee múltiples usos en las industrias automotriz, farmacéutica, cosmetológica, química, aeronáutica, médica, de fertilizantes y pesticidas y, actualmente, en la industria de los biocombustibles.

## Calidad de los aceites vegetales

La calidad del biodiesel depende de la pureza del aceite. Esta premisa obliga a realizar diferentes pruebas o controles de calidad en las etapas previas a la transesterificación, como es el análisis de las propiedades fisicoquímicas del aceite que influyen en la calidad del biodiesel, tales como:

**Bajo contenido de ácidos grasos libres:** simplifica el proceso de transesterificación, maximiza su eficiencia, rendimiento, y reduce pérdidas en forma de jabones. Para lograr lo anterior se considera dentro de los principales parámetros a modificar al contenido de ácidos grasos libres (% AG). Para poder realizar la transesterificación Van Gerpen (2005) recomienda que el porcentaje de AG debe ser inferior a 5%, mientras que Knothe *et al.* (2005) establecen que no debe superar el 2%. En ambos límites se depende del tipo de tecnología que se aplica en el proceso de producción del biodiesel. En fábricas continuas la acidez de la materia prima se especifica en menos de 0.1%, mientras que en las discontinuas se consideran como admisibles valores de 3 o 4% y puede producirse biodiesel cumpliendo los estándares de calidad.

**Bajo contenido de insaponificables:** referidos especialmente a gomas y fosfolípidos que pueden dar lugar a menores rendimientos en la producción de biodiesel y a la formación de impurezas y depósitos durante su combustión en el motor (Castro *et al.*, 2007).

**Bajo contenido de agua:** este problema puede existir cuando se trabaja con aceites usados, ya que el agua favorece la formación de ácidos grasos libres y de jabones (Castro *et al.*, 2007).

**Bajo contenido de fósforo:** es importante para evitar emulsiones durante el proceso de producción y purificación del biodiesel, así como de materiales insolubles que constituyen impurezas en el combustible (Castro *et al.*, 2007).

**Bajo índice de yodo:** siempre y cuando el clima del lugar donde será utilizado el biodiesel lo permita, ya que a menor índice de yodo mayor será la estabilidad del combustible y con estas características puede ser almacenado durante más tiempo, tanto antes de su uso como en el mismo motor, sin sufrir degradación. Sin embargo, si los valores de yodo son demasiado bajos, el combustible empezará a cristalizar (solidificar) a mayores temperaturas impidiendo su uso en climas fríos. Por esta razón se debe dar preferencia a los aceites con ácidos grasos monoinsaturados en lugar de utilizar los saturados.

**No se requiere obligatoriamente utilizar un aceite totalmente refinado:** Muchos de los pasos de la refinación del aceite para fines comestibles (como la desodorización o blanqueado) son innecesarios al momento de producir biodiesel y sólo añaden costo al combustible. Los procesos de refinamiento que sí son necesarios son los de refinación química, neutralización y desgomado del aceite (Matthys, 2003).

## Avances de investigación del INIFAP

El estudio realizado sobre la calidad del aceite de piñón mexicano se enmarca en la estrategia de investigación y desarrollo de biocombustibles del INIFAP, que considera como un elemento la caracterización bioquímica de los aceites de especies promisorias para la producción de biodiesel. En este estudio se evaluó el contenido de aceite y proteínas en semillas de 138 genotipos de piñón mexicano establecidos en el Banco Nacional de Germoplasma del INIFAP, ubicado en el estado de Chiapas, México, así como la composición de ácidos grasos y propiedades fisicoquímicas. Los resultados del análisis bioquímico de las semillas de *Jatropha curcas* L. mostraron valores de entre 23.3 y 59.8% en el contenido de aceite (Figura 4) y de 21.5 a 67% en el contenido de proteínas (Figura 5).

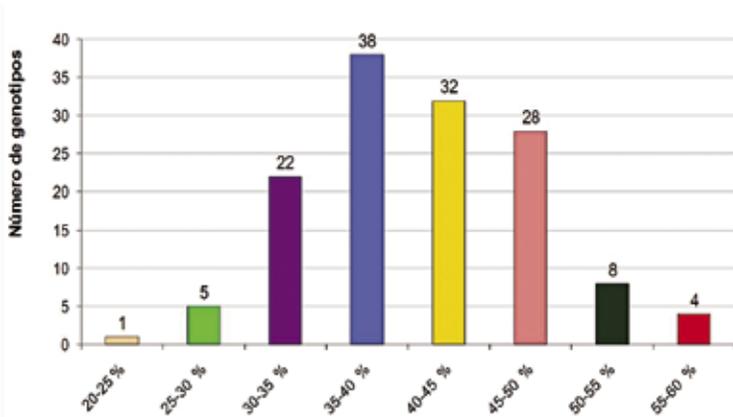


Figura 4. Contenido total de aceite en 138 genotipos de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.).

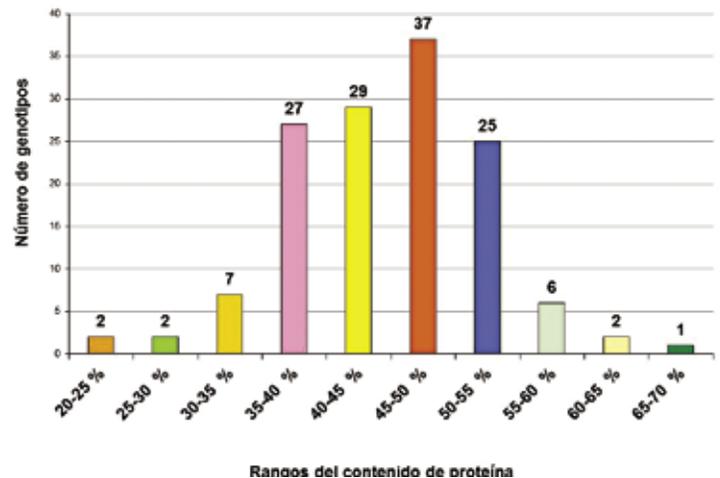


Figura 5. Frecuencia del contenido de proteínas en 138 genotipos de piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.).

Resaltan de lo anterior 12 de los 138 genotipos evaluados con contenidos de aceite superiores a 50%, y 40 genotipos con valores iguales o superiores a 45% que sugieren selecciones promisorias para la producción de biodiesel.

En el Cuadro 1 se resume las propiedades físicas y químicas del aceite de piñón mexicano evaluado en el Laboratorio de Bioenergía del INIFAP.

**CUADRO 1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE PIÑÓN MEXICANO (*Jatropha curcas*)**

Densidad (g. ml <sup>-1</sup> ) a 40 °C	Viscosidad (mm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> ) a 40 °C	Índice de acidez (%)	Índice de yodo (g I <sub>2</sub> .100 g <sup>-1</sup> aceite)	Índice de saponificación (mg KOH. g <sup>-1</sup> )	Estabilidad de oxidación (h) a 110 °C
0.89 ± 0.01 - 0.90 ± 0.02	27.22 ± 0.08 - 32.70 ± 0.16	2.90 ± 0.51 - 3.66 ± 0.16	96.85 ± 5.21 - 103.66 ± 1.58	248 ± 3.64 - 256 ± 1.98	9.94 ± 0.013
± Desviación estándar.					

Las pruebas de estabilidad de oxidación a 110 °C, como lo establece la Norma Europea EN14214, mostraron que el aceite de piñón mexicano puede estar almacenado hasta un máximo de siete meses a una temperatura de 30 °C. Después de ese tiempo se inicia su oxidación, lo que ocasiona que se torne rancio y despidan olor desagradable, disminuyendo así su calidad. Estudios realizados por diversos autores establecen que el porcentaje de ácidos grasos libres presentes en el aceite debe ser inferior a 5%; en la presente evaluación éstos fluctuaron entre 2.9 y 3.6%, lo que significa que están en el rango permisible (Cuadro 1) ya que ello puede simplificar el proceso de producción de biodiesel (transesterificación) y maximizar su eficiencia, rendimiento y reducción de pérdidas en forma de jabones.

Las características fisicoquímicas de los aceites vegetales varían dependiendo de su origen, como se puede observar en el Cuadro 2.

**CUADRO 2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE DIFERENTES ACEITES VEGETALES**

Tipos de aceite	V (mm <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> a 40° C)	D (gcm <sup>-3</sup> )	ÍA (%)	ÍY (g I <sub>2</sub> /100 g)	IS (mg KOH/g)	MI (%)	Referencia
Soya	33.1	0.914	1.5	121-143	190-194	1	Pinzi <i>et al.</i> , 2009; Canakci y Sanli, 2008
Colza	37.3	0.912	-	96-117	-	-	Pinzi <i>et al.</i> , 2009; Canakci <i>et al.</i> , 2008
Girasol	34.4	0.916	-	127-142	-	-	Pinzi <i>et al.</i> , 2009; Canakci <i>et al.</i> , 2008
Palma	39.6	0.918	4.95	53-57	196-206	0.3	Agarwal, 2007; Mittelbach y Remschmidt, 2004
Piñón mexicano	30.92	0.898	3.19	96-101	250	0.4	*Martínez <i>et al.</i> , 2011
Higuerilla	297	0.945	1.77	85	117-187	0.5	*Martínez <i>et al.</i> , 2011

Viscosidad (V), Densidad (D), Índice de acidez (IA), Índice de Yodo (IY), Saponificación (S), Material Insaponificable (MI).  
\*Resultados obtenidos en el laboratorio de biodiesel del INIFAP.

En el Cuadro 2 se observa que el aceite de palma africana tiene el mayor índice de acidez con 4.95%, lo que afecta el rendimiento de la reacción y produce pérdidas por refinamiento (Mittelbach y Remschmidt, 2004). De acuerdo con la norma europea, la concentración de índice de yodo no debe exceder el límite de 120 I<sub>2</sub>.100 g<sup>-1</sup>. Con respecto a estos valores, en el Cuadro 2 se observa que el aceite de piñón mexicano contiene entre 96 y 101 I<sub>2</sub>.100 g<sup>-1</sup> y el de higuerilla 85 I<sub>2</sub>.100 g<sup>-1</sup>, lo que significa que cumple con la norma internacional. Este parámetro indica que a menor índice de yodo, mayor estabilidad del combustible, y podrá ser almacenado durante más tiempo tanto antes de su uso como en el mismo motor sin sufrir degradación. Los principales ácidos grasos que se encontraron y cuantificaron en el aceite de piñón mexicano fueron ácido oléico (8.4 a 38.2%), ácido linoléico (10.2 a 42.3%), ácido palmítico (3.4 a 12.9%), ácido esteárico (1.2 a 4.8%), ácido linolénico (0 a 0.26%), ácido docosadienoico (2.8 a 29.4%) y ácido lignocérico (0.14 a 8.3%) (Figura 6).

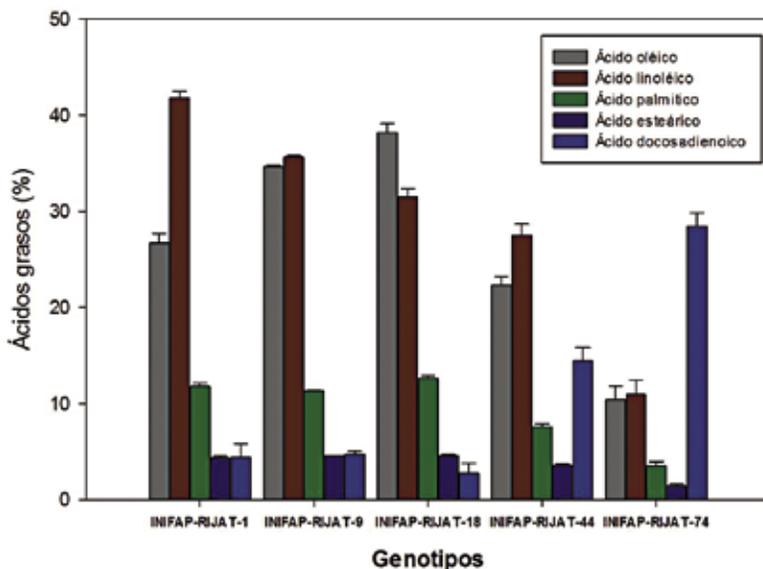


Figura 6. Principales ácidos grasos presentes en el aceite de cinco genotipos de piñón mexicano (*Jatropha curcas*).

Investigaciones del Programa Nacional de Bioenergía consideran que el aceite de semilla del piñón mexicano (*Jatropha curcas*) puede ser clasificado como aceite oléico-linoléico (Figuras 6 y 7), lo que lo ubica como un aceite vegetal ideal para biodiesel.

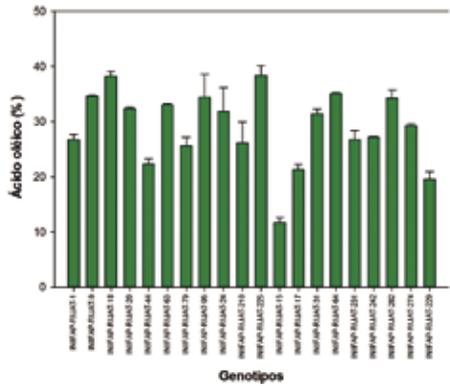


Figura 7. Ácido oléico presente en aceite de 20 genotipos de piñón mexicano (*Jatropha curcas*).

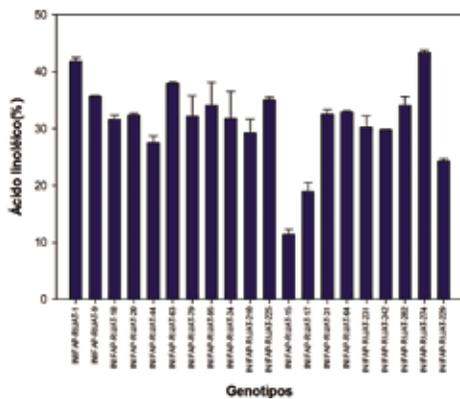


Figura 8. Ácido linoléico presente en el aceite de 20 genotipos de piñón mexicano (*Jatropha curcas*).

## LITERATURA CITADA

- Agarwal A.K. 2007. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science* 33(3): 233-271.
- Avellaneda V.F.A. 2010. Producción y caracterización de biodiesel de palma y de aceite reciclado mediante un proceso batch y un proceso continuo con un reactor helicoidal. Tesis. Universitat Rovira I Virgili. Medellín Colombia 244 p.
- Ballesteros, M. 2008. Los Biocarburantes: [http://imagenes.racc.es/pub/ficheros/adjuntos/adjuntos\\_mercedes\\_ballesteros\\_jzq\\_ed94ed27.pdf](http://imagenes.racc.es/pub/ficheros/adjuntos/adjuntos_mercedes_ballesteros_jzq_ed94ed27.pdf). (25 de noviembre de 2010).
- Canakci M., Sanli H. 2008. Biodiesel production from various feedstocks and their effects on the fuel properties. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*. 35 (5): 431-441.
- Castro P., Coello J., Castillo-Lima L. 2007. Opciones para la producción y uso del biodiesel en el Perú. 1° Edición. 93 p.
- Díaz B.A. 2008. Un análisis económico político para México del Protocolo de Kyoto. DELOS: Desarrollo local sostenible. <http://eumed.net/rev/delos/01/>. (14 junio 2011).
- Georgogianni K.G., Kontominas A.G., Pomonis P.J., Avlonitis D., Gergis V. 2008. Alkaline conventional and in situ transesterification of cottonseed oil for the production of biodiesel. *Energy & Fuels*. 22 (3):2110-2115.
- Knothe G., Krahl J., Van Gerpen J. 2005. The biodiesel handbook. USA: AOCSS Press. 98-157 pp
- Kumar A., Sharma S. 2008. An evaluation of multipurpose oil seed crop for industrial uses (*Jatropha curcas* L.): A review. *Industrial Crops and Products*. 2: 1-10.
- Liu Z.Y., Wang G.C., Zhou B.C. 2008. Effect of iron on growth and lipid accumulation in *Chlorella vulgaris*. *Bioresource Technology*. 99(11):4717-4722.
- Matthys D. 2003. Producing Biodiesel A Simple Affair. A Practical Guide To Read Before Building Your Plant. Ghent, Bélgica: American Soybean Association. 23 p.
- Martínez H.J., Siddhuraju P., Francis G., Dávila O., Becker K. 2006. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. *Food Chemistry*. 96: 80-89.
- Martínez-Valencia B.B., Zamarripa-Colmenero A., Goytia-Jiménez M.A., Solís-Bonilla J.L., López-Ángel L.J. 2011. Innovación tecnológica ante el cambio climático: desafío para la seguridad alimentaria. Memoria PCCMCA, El Salvador.
- Mittelbach M., Renschmidt C. 2004. Biodiesel-The comprehensive handbook. 1st ed. Graz: Mittelbach M.
- Pinzi S., García L.L., López-Jiménez J.L., De Castro M.D., Dorado G., Dorado P.M. 2009. The Ideal Vegetable Oil-based Biodiesel Composition: A Review of Social, Economical and Technical Implications. *Energy & Fuels*. 23: 2325-2341.
- Takagi M., Karseno S., Yoshida T. 2006. Effect of salt concentration on intracellular accumulation of lipids and triacylglyceride in marine microalgae *Dunaliella* cells. *J Biosci Bioengy*. 101(3):223-226.
- Tapanes N.C.O., Aranda D.A.G., Mesquita J.W., Antunes O.A.C. 2008. Transesterification of *Jatropha curcas* oil glycerides: Theoretical and experimental studies of biodiesel reaction. *Fuel*. 87, 2286-2295.
- Van-Gerpen J. 2005. Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology* 86 (10):1097-1107.
- Xiong W., Li X., Xiang J., Wu Q. 2008. High-density fermentation of microalga *Chlorella* protothecoides in bioreactor for microbio-diesel production. *Appl Microbiol Biotechnol*. 78(1):29-36.
- Zamarripa-Colmenero A., Ruiz-Cruz P., Solís-Bonilla J.L., Martínez-Herrera J., Olivera-De los Santos A., Martínez-Valencia B. 2009. Biocarburantes: Perspectivas de producción de biodiesel a partir de *Jatropha curcas* L. en el Trópico de México. Folleto Técnico núm. 12. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México.46 p.

Comparado con otros aceites vegetales, el de piñón mexicano presenta un contenido más elevado en oléico, superando al de girasol y de soya en 81 y 63%, respectivamente, por lo que se considera un aceite de mayor calidad para la producción de biodiesel. Por estas características fisicoquímicas, así como por su contenido de ácido linoléico (0 a 0.26%), cumple con la norma europea que indica que el contenido máximo debe ser de 12%.

## CONCLUSIONES

Los cultivos energéticos constituyen la base para la producción de biocombustibles, con la ventaja de poderse cultivar en cualquier parte del mundo. Representan parte de la solución en la búsqueda de la autosuficiencia energética de los países y la producción de biocombustibles a gran escala puede contribuir a minimizar la dependencia de los combustibles fósiles y los efectos del cambio climático.

En los cultivos agrícolas con potencial bioenergético es importante determinar la calidad de los aceites y del biodiesel con los estándares internacionales, con el fin de garantizar su eficiencia en los motores.

En virtud de la gran diversidad genética y bioquímica en cultivos bioenergéticos, como el piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) y la higuera (*Ricinus communis* L.), expresada tanto en contenido de aceites como en composición de ácidos grasos, es factible seleccionar materiales genéticos que cumplan con los estándares internacionales de calidad que se requieren.

# AGRICULTURA MIGRATORIA EN ÁREAS TROPICALES DE LADERA: UN ANÁLISIS HISTÓRICO-ECOLÓGICO

Díaz-Hernández B.G.<sup>1,5</sup>

Díaz-Fuentes V.H.<sup>2,5</sup>

Ruíz-Cruz P.A.<sup>3,5</sup>

Aguirre-Medina J.F.<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> Red de Bioenergía del Campo Experimental Cotaxtla-CIRGOC; <sup>2</sup> Campo Experimental Rosario Izapa-CIRPAS; <sup>3</sup> Red de Bioenergía del Campo Experimental Rosario Izapa; <sup>4</sup> Red Biofertilizantes del Campo Experimental Rosario Izapa-CIRPAS. <sup>5</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias México, Av. Progreso No. Santa Catarina, Coyoacán, D.F. CP. 04010 México Autor responsable e-mail: [Aguirre.juan@inifap.gob.mx](mailto:Aguirre.juan@inifap.gob.mx)

## RESUMEN

La agricultura migratoria es un sistema de producción caracterizado por la alternancia de un período corto de cultivo de uno a dos años y uno largo de descanso. Desde tiempos precolombinos esta práctica fue la base de la producción de alimentos; sin embargo, los cambios históricos posteriores a la conquista de México generaron modificaciones y desplazamientos de sus practicantes. Con el afán de dar respuesta a ciertas interrogantes, en este documento se describe y analiza el entorno socioeconómico en el que ha ocurrido históricamente el sistema de agricultura migratoria (AM) en México.

Palabras clave: Precolombino, mesoamérica, migratorio.

## INTRODUCCIÓN

Desde la antigüedad el territorio actualmente conocido como Mesoamérica fue ocupado por diversos grupos humanos, algunos de los cuales alcanzaron un alto desarrollo político, económico y social. En función de los hallazgos arqueológicos y los recientes estudios etnobotánicos se coincide en que la caza, la pesca y la recolección constituyeron las principales fuentes de alimentos de los grupos prehispánicos hasta antes del inicio de la práctica de la agricultura. Sin embargo, a partir del momento en que el hombre prehispánico aprendió a domesticar las plantas para usarlas en su beneficio (lo cual ocurrió aproximadamente entre 7000 y 5000 años antes de nuestra era, es decir, hace 9500 a 7000 años), la agricultura se convirtió en la fuente más importante de alimentos de dichos grupos. Con base en ella se sustentó el asombroso desarrollo tecnológico e intelectual de dichas culturas y así, gracias a esto, las poblaciones se establecieron en determinadas regiones en forma permanente. Disponer de alimentación permitió también el desarrollo de organizaciones sociales cada vez más complejas.

Existe consenso en que una forma de agricultura incipiente practicada en los mejores terrenos y complementada con la recolección, la caza y la pesca, constituyó la principal fuente de alimentos de los grupos prehispánicos, sobre todo de los establecidos en el área tropical de Mesoamérica. Posteriormente, y como lo han demostrado los últimos estudios arqueológicos y etnográficos, para sostener a una población estimada de entre 18 y 30 millones de individuos existentes a la llegada de los españoles (Romero, 1990) se requería de sistemas agrícolas intensivos para satisfacer las demandas alimenticias de dicha

población, tales como cultivos en terrazas, agricultura de riego, chinampera, y uso de campos elevados en áreas inundables. Dichos sistemas, junto con la AM a base de roza, tumba y quema, constituyeron los principales sistemas agrícolas prehispánicos. Sin embargo, a diferencia de los primeros sistemas, cuya práctica desapareció virtualmente (o sólo se realiza en la actualidad en pequeñas áreas) con el paso del tiempo, el sistema de roza tumba y quema aún persiste tal como se realizaba hace más de cinco siglos. La permanencia histórico-cultural de dicho sistema conlleva al planteamiento de las siguientes interrogantes:

¿Qué factores económicos, políticos y sociales han propiciado la supervivencia del sistema de agricultura migratoria en el devenir histórico del desarrollo agrícola de México?, ¿Cuál ha sido el impacto ecológico de dicho sistema en los recursos naturales del país?, ¿Cuáles son las perspectivas del mismo?

Para dar respuesta a dichas preguntas, en este documento se describe y analiza el entorno socioeconómico en el que ha ocurrido históricamente el sistema de AM en México. Es necesario destacar que aunque ha sido una práctica común tanto en el altiplano como en las áreas tropicales, dicho sistema se enfatiza en estas últimas por considerarse que en la actualidad es donde incluye mayor superficie e importancia socioeconómica y ecológica.

**S**e hace un análisis para cada una de las etapas históricas de México, partiendo de la época prehispánica, colonial, el Porfiriato y la época actual, con el fin de describir y analizar la evolución histórica del proceso productivo migratorio, tarea difícil que conlleva alto riesgo de omisiones y la tentación de caer en generalizaciones. No solamente por la amplitud temporal del período que abarca, sino además por las limitadas fuentes de información sobre el tema. Así, aunque para la época actual la información es abundante y profusa, no sucede lo mismo con el período que abarca de la conquista al movimiento revolucionario; de igual forma, la disponibilidad de información por regiones es bastante variable. Existe abundante información sobre la práctica del sistema en zonas específicas, como es el caso de la Península de Yucatán, México, pero es escasa para otras regiones geográficas tropicales. Por estas y otras razones muchas veces durante el análisis se argumenta de manera hipotética; sin embargo, se emprende esta tarea con el deseo de contribuir a ampliar la frontera del conocimiento sobre este tópico y coadyuvar a despejar, aunque sea de manera parcial, muchas de las lagunas de información existentes sobre el tema.

## DESCRIPCIÓN DE LA AGRICULTURA MIGRATORIA

Es un sistema de producción que se caracteriza por la alternancia de un período corto de cultivo de uno a dos años y uno largo de descanso. Durante el primero hay extracción de nutrientes y merma en la cantidad de materia orgánica, y durante el segundo se registra una recirculación de minerales entre el suelo, la biomasa vegetal y la reposición de la materia orgánica (Rutenberg, 1980). En la actualidad, aún y cuando dicho sistema exhibe algunas variantes regionales, la base técnica del mismo es similar en todas las zonas donde se utiliza. Las prácticas generales que se realizan consideran la selección del sitio, la tumba o corta de árboles, quema, siembra, deshierbe, dobla y cosecha.

Se selecciona una parte del bosque virgen o secundario que el campesino considere adecuado o que le haya sido asignado. La superficie es variable y obedece a diversos criterios. En la selección se toma en cuenta la fertilidad de los suelos, facilidad para labrarlos, topografía y desarrollo de la vegetación (sobre todo cuando se trata de especies secundarias), además de considerar la existencia de alguna fuente de agua en las proximidades, y distancia al lugar de residencia del productor. De acuerdo con Lamprecht (1990), para mantener a una familia se requieren de 1 a 3 hectáreas.

## Selección del sitio



Figura 1. A: Paisaje típico de un sitio destinado a agricultura migratoria de ladera en áreas tropicales de México. B: Selección del sitio inmediato.

## La roza

Durante la época de sequía se realiza la “corta” o “tala” de la vegetación, eliminando primero las especies de menor diámetro, como arbustos, bejucos, lianas y especies herbáceas del sotobosque mediante el uso del machete, y una horqueta que permite jalar la vegetación para ser recortada.

## La tumba

Posterior a la eliminación de las especies arbustivas y herbáceas se derriban los árboles con auxilio del hacha. Los árboles se cortan a una altura aproximada de 50 a 100 cm sin destroncar, para permitir de esta manera la repoblación futura de la parcela. En algunas regiones la vegetación que ha sido derribada se corta en pedazos más pequeños y se esparce por el terreno, mientras que especies arbóreas como el ramón (*Brosimum alicastrum*), nanche (*Byrsonima crassifolia*), zapote (*Manilkara zapota*) y algunas palmas son dejadas en pie, con frecuencia.



Figura 2. A: Sitio con tumba y roza. B: Sitio con quema sin destroconar, destinado a agricultura migratoria.

## La quema

Entre la roza y la quema deben pasar varios meses hasta lograr que los restos de la vegetación sequen bien y faciliten su combustión. Al final de la época seca y cuando se considera inminente la proximidad de las lluvias, el agricultor procede a la quema de la tumba; para ello escoge un día soleado e inicia la quema cuando la intensidad solar es mayor (cerca del mediodía). La dirección de los vientos es otro factor que condiciona la práctica de la quema y, a diferencia de lo que comúnmente se cree, ésta no reduce a cenizas todo el material vegetativo ya que muchos troncos y residuos son parcialmente carbonizados y persisten, lo que posteriormente puede influir en la fertilidad y disponibilidad de nutrientes del suelo.

## Siembra

Al principio de la temporada de lluvias se realiza el sembrado entre los restos de la quema empleando el espeque, también llamado “coa” o “palo sembrador”, y las principales especies cultivadas son maíz, frijol, calabaza y chile; en todos los casos el cultivo principal es el maíz.

## Deshierbe

Entre los 30 y 45 días después de la siembra, la competencia entre el cultivo y las plantas no deseadas se agudiza; para controlar el problema, se emplea un chapeo con auxilio de azadón.

## Dobla

Cuándo el maíz alcanza el estado de madurez, lo cual ocurre entre septiembre-octubre, se inicia el doblado de la milpa a la altura del entrenudo próximo inferior a la mazorca, con la finalidad de proteger a la mazorca del ataque de pájaros, evitar pudriciones por humedad, y acelerar el proceso de secado del grano; se tiene especial cuidado de no dejar la espiga muy cerca del suelo para evitar el daño por roedores y otros animales menores. También se realiza para favorecer la penetración de luz hacia los estratos inferiores donde se encuentran otras especies, como por ejemplo en caso de que el maíz se haya sembrado en asociación. El terreno así desmontado y cultivado se explota por un período llamado “de cultivo” y que oscila entre 2 a 5 años; después de éste, el terreno se abandona por un tiempo llamado período de barbecho (“descanso”) con el fin de que el suelo recupere su fertilidad natural y el agricultor elige otro terreno donde repite el proceso.

## Impacto ecológico de la AM

Los bosques tropicales constituyen uno de los ecosistemas tropicales más estables y más productivos en cuanto a biomasa se refiere. Dicha estabilidad y productividad son resultado de la alta diversidad de especies que los conforman y que confieren una variedad de caminos alternos de energía para las especies en cada nivel trófico; sin embargo, al eliminar con fines agrícolas la vegetación primaria del bosque, ocurren diversos cambios estructurales y funcionales en dicho ecosistema, los que se describen a continuación.

## Efectos del desmonte

Al desmontar un área de bosque tropical, su diversidad se reduce drásticamente y se reemplaza con un ecosistema más simple con menor número de especies, pero con un mayor número de individuos por especie. Si el área se siembra con maíz, el agroecosistema está conformado por una planta de sucesión temprana esencialmente evolucionada y con alta dependencia del hombre para reproducirse y sobrevivir, y su dominio sólo es posible mediante la interferencia del hombre a través de las prácticas de cultivo que incrementan su capacidad reproductiva (Dahlin, 1985).

La estructura vegetal simplificada, como en el caso de la siembra de maíz, tiene un efecto marcado sobre el suelo. En el bosque tropical clímax altamente diversificado, las altas temperaturas del suelo durante el año y la abundante humedad del mismo, así como los microorganismos del suelo e insectos, aceleran la degradación del follaje y otros restos vegetativos (frutos, ramas, etcétera). De esta forma, los nutrientes liberados durante el proceso de degradación de la materia orgánica son reciclados de inmediato por las raíces de las plantas y quedan “atrapados” en éstas más que en el suelo. Bajo estas condiciones el desarrollo del suelo tiende a ser lento y las plantas subsisten en gran parte gracias a sus propios desechos, a los de otras plantas adyacentes, y a la descomposición del horizonte orgánico, de tal forma que el bosque guarda un equilibrio dinámico entre el flujo de nutrientes y la vegetación. Por el contrario, en un área cultivada con maíz el sistema de reciclaje de nutrientes se ve impedido debido a que durante la cosecha los que son almacenados en las semillas no son devueltos al sistema; asimismo, mediante la cosecha se extraen muchos nutrientes del suelo, los cuales sólo pueden restituirse con largos periodos de barbecho o “descanso”.

## Efectos de la quema

Cuando se corta y quema una porción del bosque tropical se producen pérdidas de nitrógeno y azufre del suelo debido a la volatilización como resultado de la quema, y disminuye el contenido de materia orgánica del suelo (Sánchez, 1979). En contraste, el pH, el porcentaje de bases intercambiables y la disponibilidad del fósforo en el suelo aumentan inmediatamente a causa del contenido mineral de las calizas que se incorporan al suelo. Los cambios en los contenidos de nutrientes de los suelos en las parcelas bajo cultivos dependen de los cultivos involucrados, del manejo y del periodo de uso. Stalman, citado por Hernández (1985), indica que las ventajas que ofrece la quema son: a) un método rápido, fácil y económico de despojar el terreno de los residuos de la roza; b) el calor del fuego afloja al suelo como resultado de la formación de vapor por debajo de la superficie, facilitando la siembra sin previa roturación; c) el fuego destruye huevecillos, larvas y adultos de varios insectos

y evita la formación de nidos de predadores en el terreno; d) la potasa y otras sales minerales de la ceniza son fuente de fertilizante; e) el bióxido de carbono producto de la combustión puede ser absorbido por las raíces carbonizadas, formando ácido carbónico con las primeras lluvias y, por consiguiente, permite la solución de silicatos y caliza. Sin embargo, el mismo autor indica que las desventajas de la quema pueden ser: a) pérdida de nitrógeno y materia orgánica del suelo debido a la combustión de la vegetación desmontada; b) pérdida de elementos minerales del suelo en laderas debido a la lixiviación durante las lluvias intensas que ocurren inmediatamente después del período de quemas; c) laterificación de arcillas y vitrificación de las arenas por efecto del calor del suelo, ocasionando su eventual impermeabilidad; d) pérdida física del suelo debido a la erosión hídrica y eólica y e) la continua destrucción de microorganismos que transforman la materia orgánica en humus en el suelo.

## Efectos del barbecho o “descanso”

La función más importante del barbecho es el restablecimiento de la fertilidad natural del suelo después del ciclo de cultivo. Una vez que el área es abandonada se inicia una sucesión restructuradora con matorrales al bosque clímax, pasando por el estado sucesional de bosque secundario. El factor más importante es el restablecimiento de un nivel adecuado de materia orgánica y nutrientes minerales. En las primeras etapas de restablecimiento del bosque la aportación de follaje es abundante, el nivel de materia orgánica se eleva con rapidez (Montagnini, 1992) y, por medio del reciclaje de nutrientes, éstos se movilizan desde el subsuelo hacia las capas superiores a través de la absorción por las raíces, el traslado a la planta y finalmente la caída y descomposición de la hojarasca.

Paralelamente al incremento de humus en el suelo, la entrada de bioelementos desde la atmósfera, el enriquecimiento de nitrógeno por las leguminosas, el enraizamiento más profundo, y la fijación de nutrientes en la biomasa que impide mayores pérdidas de los mismos, conduce a la reestructuración de la fertilidad natural del suelo y restablece el ciclo cerrado de nutrientes roto durante el período de cultivo (Lamprecht, op. cit.). De esta manera, después de algunos años en barbecho, el potencial productivo permite otra fase de cultivos agrícolas.

### Efecto de la duración del período de barbecho

De acuerdo con lo anterior, se puede inferir que la agricultura de roza, tumba y quema constituye un sistema de uso de la tierra de ciclo cerrado. Dicho sistema puede ser sostenible y productivo sólo cuando los períodos de uso no involucran demasiado tiempo y los descansos ecológicamente indispensables son largos.

Cuando la fase de cultivos ha durado demasiado tiempo, la extracción de nutrientes ha sido tan grande o la erosión tan intensa, se produce una degradación irreversible del suelo. Lo

mismo ocurre al rozar, quemar y sembrar después de períodos de barbecho cortos. Así, en lugar de una sucesión progresiva se originan asociaciones permanentes de gramíneas “duras” (zacates) que impiden la regeneración y el establecimiento de especies leñosas. Por su resistencia al fuego, el pastizal se incrementa después de cada quema y período de cultivo (Lamprecht, op. cit.), por lo que lo ideal son ciclos de cultivo de uno a cinco años con períodos de barbecho de 10 a 25 años, resaltando que lapsos de esa magnitud sólo pueden ser mantenidos si: a) la superficie de terreno no es limitante, b) la densidad de población se mantiene estable.

## El problema de la erosión en el sistema de AM

Desde el punto de vista agroecológico es necesario destacar que al igual que en la mayoría de los ecosistemas tropicales el ambiente en áreas de ladera es sumamente frágil, sin restar importancia a otros de los muchos problemas de tipo agroecológico comentados y que prevalecen en las áreas tropicales explotadas mediante el sistema de AM, por lo que desde la óptica de muchos autores la erosión constituye uno de los problemas más importantes.

La desforestación intensa ocasiona que la regeneración de las especies arbóreas se torne cada vez más difícil por la limitada disponibilidad de fuentes de semilla a causa de la escasez de individuos de estas especies, además de la influencia que la topografía ejerce en el proceso erosivo del suelo. Asimismo, es del conocimiento general que las precipitaciones en los trópicos son más erosivas que las correspondientes a las zonas templadas por mayor frecuencia e intensidad pero, sin lugar a dudas, el manejo inadecuado de los suelos por parte del hombre es el factor que más contribuye a acelerar la erosión y degradación de los mismos en las áreas tropicales explotadas bajo AM.

Aun cuando en el pasado la AM constituyó un sistema de producción sostenible, en la actualidad ha dejado de serlo debido principalmente a la demanda cada vez mayor de tierra, como consecuencia del aumento poblacional que ocasiona reducción de los períodos de descanso, o bien, por ampliación de los períodos de cultivo. Lo anterior impide que la vegetación se restablezca adecuadamente y que el suelo recupere su fertilidad natural lo que, aunado a las pendientes y a las altas precipitaciones (que coinciden con los períodos en que el suelo se encuentra desprotegido), intensifican los procesos erosivos.

## DEVENIR HISTÓRICO DE LA AM EN MÉXICO

### Durante la época prehispánica

**E**n algún período entre 750 y 5000 años a. C. y en forma gradual se inició la domesticación de algunas de las especies que los grupos nómadas que ocupaban el territorio mesoamericano habían venido recolectando (Flannery, 1985). Las escasas evidencias obtenidas a la fecha no permiten determinar con precisión si la domesticación de las primeras plantas en Mesoamérica ocurrió en una sola región o si fue un acontecimiento múltiple y simultáneo con orígenes diversos que más tarde convergieron. Durante esta etapa, a la que los historiadores denominan protoagrícola o de agricultura incipiente, el cultivo de temporal fue el predominante; posiblemente las siembras se realizaban en nichos húmedos en las barrancas y vegas de los ríos (Rojas, 1990) y las primeras plantas domesticadas fueron presumiblemente aguacate (*Persea americana*), chile (*Capsicum annum*), diferentes especies de calabaza (*Cucurbita pepo*, *C. mixta*) y cola de zorra (*Setaria* spp.); también se consumían otras como maguey, mezquite y nopal (Flannery, op. cit.).

Es a partir del año de 1500 a. C. que en todo el territorio mesoamericano empezaron a surgir pequeños poblados de agricultores sedentarios. La necesidad de vigilar las siembras y de realizar las labores de cultivo los arraigó poco a poco al mismo suelo en que sembraban y cosechaban. No era suficiente con revisar ocasionalmente el estado de las plantas; había que estar más cerca de ellas para cuidarlas y vigilarlas. Por tanto, la aparición de aldeas permanentes tuvo lugar simultáneamente a la dedicación de sus habitantes a la práctica plena de la agricultura. A la fase de la historia en que esto ocurrió se le conoce como Preclásico Formativo u Horizonte temprano y abarca un período de 700 años (1500 al 800 a. C). En esta etapa la agricultura y la vida sedentaria eran ya elementos constitutivos de las sociedades. (Rojas, op. cit.).

Durante el Formativo se dan continuas mejoras en las técnicas agrícolas, se incrementa el número de las especies cultivadas, y la dependencia alimenticia de especies silvestres se reduce. El manejo de especies cultivadas se perfecciona y otras

actividades como la caza, pesca y recolección son desplazadas por la agricultura como fuente primaria de alimentos. Es posible que durante este período se haya iniciado el desarrollo de las prácticas que caracterizan el sistema de AM (Rojas, op. cit.). Hasta el momento de la llegada de los españoles la AM era uno de los sistemas agrícolas más importantes en el área mesoamericana, como lo confirman algunas de las fuentes que hacen referencia a dicha época; por ejemplo, el fraile Torquemada en el Siglo XVII señalaba que:

*“Todos los serranos que participan de tierras calientes hacían sus sementeras en las laderas y gargantas de las sierras, desmontando los árboles y breñas, para sembrar el grano. Y son tan fértiles las tierras, que después de haber hecho la roca (que así se llama) y quemado todo el sitio, lo siembran entre las cenizas que quedan”.*

Sin duda, este sistema fue practicado principalmente en áreas de ladera durante la época prehispánica y, a diferencia de lo que ocurre actualmente, en esa época los períodos de “descanso” del terreno eran lo suficientemente largos para que el suelo recuperara su fertilidad natural:

*“Las tierras pendientes no se sembraban todos los años, sino se dejaban reposar hasta criasen mucha breña la cual quemaban y con cenizas reparaban las sales que el agua había robado”* (Clavijero, citado por Romero, 1990).

*“Pero la tierra que se siembra un año, no se siembra más en aquéllos cuatro ni seis, hasta que otra vez han nacido breñas, y la cubren, con guía sombra se vuelve a humedecer la tierra y se reforma para otra siembra. Esto (como digo) es muy común en todas las tierras”* (Torquemada, 1969).

Las herramientas utilizadas en dicho sistema agrícola durante la época prehispánica son, salvo por algunas ligeras modificaciones, bastante similares a las usadas actualmente. Al respecto, Rojas (op. cit.) indica que para la siembra se utilizaba el palo o bastón plantador (uitzoctli en nahuatl) hoy llamado espeque, macana:

“Usaban (los antiguos mexicanos) hachas de cobre para rozar y para otras funciones de la agricultura; su hacha no se diferenciaba de la nuestra sino en el entrar en las nuestras el palo o mango en el anillo del hacha, y en aquélla por el contrario, el hacha en el mango” (Clavijero citado por Romero op.cit.)

No es aventurado suponer que dada su importancia como fuente de alimentos en la época prehispánica (y como sucede también en la actualidad), maíz, calabaza, chile y frijol fueron las principales especies cultivadas mediante el sistema referido. Las superficies cultivadas fueron pequeñas, toda vez que dado el carácter cíclico del sistema no se puede creer que las superficies desmontadas fueran grandes ya que, debido al tipo de herramientas utilizadas, ello implicaría demasiado esfuerzo físico. Este planteamiento es coincidente con lo señalado por Romero (op. cit.), quien considera que durante la época prehispánica y en gran parte de la colonia el sistema se practicaba quemando manchones pequeños de monte bajo, intercalados entre los bosques, resaltando que debió tener un menor efecto erosivo en el suelo.

## En la época colonial

En los años inmediatos a la conquista su impacto afectó todos los aspectos de la vida de las comunidades indígenas establecidas en el área de Mesoamérica (Flannery, op. cit.; Rojas, op. cit.). La agricultura tampoco fue ajena a esos cambios ya que, además de nuevas especies vegetales, los españoles introdujeron otro tipo de tecnología y herramientas. Se introdujeron instrumentos de hierro como azadas, azadones, hoces, palas y arado. Lo anterior contribuyó a la incorporación de mayores superficies de terreno a la agricultura; sin embargo, uno de los factores que mayor efecto tuvo sobre el paisaje mesoamericano fue la introducción del ganado, y no sólo los bueyes uncidos al arado afectaron la relación casi personal que el agricultor prehispánico había mantenido con las plantas por él cultivadas, sino que también el ganado generó la incorporación creciente de superficies a la ganadería (Flannery, op. cit.; Rojas, op. cit.).

Ambos sucesos (el desarrollo de una incipiente agricultura comercial y una ganadería extensiva hispana) condujeron a un despojo incontrolable de las tierras propiedad de los indígenas, por lo que éstos se vieron obligados a buscar refugio en áreas marginales como las laderas donde siguieron practicando el sistema de roza tumba y quema en la forma que lo habían venido haciendo (Flannery, op. cit.; Rojas, op. cit.). Cálculos aproximados consideran que hacia el año 1620 ya se había otorgado una tercera parte de las tierras a los españoles en el Valle de México. Similar es el punto de vista de Romero (op. cit.) quién señala que debido a la dificultad que implicaba su aprovechamiento las áreas

de ladera constituyeron una barrera para el desarrollo de los intereses españoles y un reducto de la cultura indígena y su agricultura.

Pero dentro de ese contexto, ¿que sucedió con el sistema de roza, tumba y quema practicado por los indígenas? Aunque siguió manteniendo su carácter tradicional, se incorporaron algunos componentes tecnológicos introducidos por los españoles como machete, hachas de metal y en algunas áreas el arado, lo que facilitó la realización de algunas de las prácticas de dicho sistema. Por ejemplo, en la mixteca alta se calcula que un sólo hombre podía sembrar trigo

al voleo en una parcela arada de 100 varas cuadradas en una hora de trabajo. Sembrar esa misma parcela de maíz con coa requería aproximadamente de seis días-hombre (Romero, op. cit.). Aún y cuando no se dispone de elementos de juicio para aseverar que durante este período se ejerció una mayor presión sobre las áreas de ladera explotadas mediante el sistema mencionado (lo cual implicaría una reducción en los períodos de barbecho), sí se puede suponer que la introducción de ganado y la mayor demanda de madera para la incipiente industria colonial incrementaron la deforestación y erosión de los suelos en dichas áreas.

## Después de la independencia y durante el porfiriato

A raíz del triunfo del movimiento independentista en México se dieron una serie de cambios sobre todo en el terreno político; sin embargo, durante los primeros años posteriores a dicho suceso, poco se modificaron las estructuras agrarias que se habían desarrollado durante la colonia; por ejemplo, la composición rural del país y la predominancia de la población dedicada al campo sobre la urbana (Lazcano y Sharrer, 1990), así como la desigual distribución de la tierra y de otros recursos naturales como agua, bosques, etcétera. De acuerdo con Mejía (1979), 10% de la población constituida por españoles era propietaria de 86% de la tierra cultivable. También la estructura de las unidades productivas bajo la forma de haciendas y ranchos se agudizó durante el porfiriato, incrementando las áreas destinadas a la producción de cultivos comerciales. En el caso de las haciendas localizadas en las zonas tropicales, cultivos como la caña de azúcar, arroz, algodón, henequén y plátano, entre otros, eran productos de exportación, por lo que incrementaron sus superficies y continuaron acaparando la escasa tierra disponible (Mejía, 1979).

En las áreas de ladera o montaña, el cultivo del café de reciente introducción incrementó su superficie porque dicho producto ofrecía muchas ventajas comerciales, ya que su rendimiento era elevado en comparación con el de los cafetales cubanos (Lazcano y Scharrer, op. cit.). Ante esa situación la demanda aceleró la

desforestación de mayores áreas, reduciendo aún más la superficie legal de los agricultores serranos, lo que a su vez derivó en la disminución de los periodos de descanso en la AM. Asimismo, y como había sucedido desde la época colonial, la creciente actividad ganadera practicada en las haciendas acaparó la tierra, confinando a los productores indígenas a la áreas montañosas.

Las comunidades indígenas continuaron dependiendo de maíz, frijol y chile como base de su alimentación. La producción de estas especies se llevaba a cabo dentro de la propiedad legal de las haciendas y ranchos para satisfacer los requerimientos de los trabajadores de las mismas, así como en áreas marginales de la sierra donde se producía un volumen considerable de dichas especies para el autoconsumo (Mejía, 1979; Lazcano y Sharrer, 1990).

El sistema de roza, tumba y quema sufrió pocos cambios durante el período posterior a la independencia y hasta el porfiriato. Se siguieron empleando las mismas prácticas e implementos de trabajo simples que se desarrollaron desde la época prehispánica y que, con ligeras modificaciones, se empleaban en la colonia. En el plano del impacto ecológico se puede suponer que al existir una mayor presión sobre la tierra derivada de una mayor población en las áreas explotadas bajo este sistema se aceleró la deforestación y, por ende, la erosión, aunque sin llegar aún a los estados alarmantes que se alcanzarían en los periodos posteriores.

## Época actual

Una vasta superficie de las tierras tropicales de México se localiza en áreas montañosas y se clasifican como “ladera” (terrenos con una pendiente mayor del 8%); ocupan aproximadamente 45% de la superficie total del país y concentran 15% de la población total nacional y 45% de la población rural (Posner y Mcpherson, 1980, INEGI, 2009). La actividad principal de dicha población es la agricultura mediante el sistema de roza, tumba y quema o una variante del mismo conocido como de “rozas y quemadas” y, a pesar de esto, la producción agrícola de laderas contribuye de manera importante a la producción nacional total estimada de entre 40 y 80% de los alimentos básicos (Posner y Macpherson, op. cit.).

Desde el punto de vista socioeconómico es necesario destacar que a pesar del papel tan importante que desempeñan los agricultores que practican la AM en México, sea esto como grupo social, productor de alimentos o como usufructuario de una superficie de las tierras, muchos de estos productores viven en condiciones de “pobreza absoluta”. Según datos del Banco Mundial (citados por Posner, op. cit.), 51% de las familias rurales de México se encuentran en un estado de pobreza absoluta y un porcentaje considerable corresponde a agricultores establecidos en áreas tropicales de ladera. (El Banco Mundial define como “pobreza absoluta” el nivel de ingreso que no es suficiente para tener acceso a una dieta nutricional mínima adecuada y poder comprar artículos no alimenticios esenciales).

La población rural en México es de cerca de 25 millones de habitantes (INEGI, 2010) y en el caso de las áreas de ladera se espera una presión social manifestada en la incorporación de nuevas tierras a la agricultura (muchas de ellas marginales o no apropiadas). Una u otra situación conducirá inevitablemente a la degradación del recurso suelo y al deterioro de la capacidad productiva, acentuando la pobreza extrema de los agricultores de dichas áreas. Espinoza (1986) señala que este tipo de agricultores “se encuentran inmersos en un círculo vicioso que incluye la degradación de las tierras de cultivo, la deforestación de nuevas tierras para sustituir los terrenos degradados, y una nueva degradación de éstos”.

En estrecha relación con el incremento poblacional se encuentra la fragmentación de la propiedad social, cuya resultante son las parcelas pequeñas. Esta fragmentación se debe entre otras razones al sistema de herencia en el que herederos masculinos tienen derecho, por lo menos, a parte de la propiedad paterna. Si aceptamos la aseveración de Novoa (1980) de que en la América tropical aproximadamente la mitad de las fincas se ubican en laderas con más de 20% de pendiente, resulta evidente que el reducido tamaño es característico de las áreas explotadas mediante el sistema de AM, con todas las implicaciones que esto conlleva.

Desde el punto de vista técnico-productivo es indispensable destacar en primer término que también la investigación agropecuaria ha ignorado los problemas de los agricultores que practican la AM en las áreas de ladera (excepto del cultivo de café). Hasta ahora la generación de nuevas tecnologías se ha enfocado primordialmente hacia áreas con topografía menos accidentada. En consecuencia la tecnología utilizada por los agricultores de roza, tumba y quema es tradicional. Díaz (1990) reporta que el uso de semillas criollas con bajo potencial de rendimiento, bajas densidades de población (20- 25 mil plantas.ha<sup>-1</sup>), nulo control de plagas y escaso e inadecuado uso de fertilizantes, son componentes característicos de la tecnología empleada en la AM; en consecuencia, los volúmenes de producción son bajos y se destinan en su mayoría al autoconsumo. Así, aunque existen algunas diferencias de opinión entre diversos autores, se coincide en que para el caso de México los rendimientos de maíz obtenidos en áreas explotadas bajo el sistema de AM no superan los 800 kg.ha<sup>-1</sup>.

Por otra parte, y aunque no existe información específica sobre las tasas de erosión en las áreas tropicales de ladera en México, los datos que se reportan a continuación evidencian la magnitud del problema a nivel nacional. Mason (1984) reportó que anualmente se pierden de 150 a 200 mil hectáreas de tierra arable, y destaca que en los últimos 30 años México ha perdido cinco veces más suelo que en toda su historia. Estrada y Ortiz (1982) estiman que, a principio de los años ochenta, 98% de los suelos del país ya manifestaban erosión acelerada. García-Lagos (1983) reportó 71%, y Geissert y Rossignol (1987), 86%. Aunque se observa discrepancia entre los autores citados, es evidente que en todos los casos el porcentaje reportado manifiesta la alarmante dimensión del problema de la erosión en México, especialmente aquella de naturaleza hídrica. Lo anterior sugiere que el sistema de AM puede ser autodestructivo y que sus consecuencias repercuten directamente sobre los agricultores pobres y los bosques tropicales, y resulta

evidente que al menos en el corto y mediano plazo, aunque practicado por un numeroso grupo de agricultores, la degradación de la base técnica que sostuvo dicho sistema en el pasado lo tornará insostenible. La carencia de tecnología apropiada agudizará aún más la pobreza de dicha población y, por consiguiente, existirá mayor degradación social como lo manifiesta Lamprecht (op. cit.) *“Al campesino de subsistencia que practica la agricultura migratoria se le puede aplicar el refrán que reza que la necesidad que emana de la pobreza, es el mayor enemigo de la naturaleza”.*



## CONCLUSIONES

- Aunque no fue el único sistema, la AM constituyó una de las más importantes fuentes de alimentos de las culturas prehispánicas.
- Desde el punto de vista ecológico y productivo dicho sistema fue altamente sostenible hasta antes de la colonia.
- El periodo de descanso o barbecho largo, favorecido por la amplia disponibilidad de tierra y baja densidad de población, fue la razón principal de dicha sostenibilidad.
- Debido a las limitantes sociales, económicas, tecnológicas y productivas que actualmente enfrenta la AM, así como a los impactos negativos derivados de su práctica, dicho sistema se ha vuelto autodestructivo.

## LITERATURA CITADA

- Díaz F.V.H. 1990. Informe de resultados y avances de investigación sobre agroforestería. Campo Experimental "EL PALMAR". CIRGOC. INIFAP. Documento de trabajo.
- Estrada J.W., Ortiz S.C. 1982. Plano de erosión hídrica del suelo en México. Revista Geografía Agrícola Vol 3: 23-27
- Espinoza P. 1986. El componente arbóreo en el sistema agroforestal. CATIE. Turrialba, Costa Rica. Revista El Chasquí 12: 17-22
- Flannery K.V. 1985. Los orígenes de la agricultura en México: las teorías y las evidencias. En: Rojas y Sanders Eds.). Historia de la agricultura, época Prehispánica-siglo XVI. INAH. México.
- García L.R. 1983. Diagnóstico sobre el estado actual de la erosión en México. Terra. Vol I núm. 1:11-14
- García C.A. 1985. Historia de la tecnología agrícola en el altiplano central desde el principio de la agricultura hasta el siglo XIII. en: (Rojas y Sanders Eds.). Historia de la agricultura, época Prehispánica-siglo XVI. INAH. México.
- Geissert D., Rossignol S.R. 1987. La morfoedafología en la ordenación de los paisajes rurales. Conceptos y primeras aplicaciones en México. INIREB. Xalapa, Ver. México.
- Hernández X.E. 1985. La agricultura en la península de Yucatán. Geografía Agrícola Xolocotzia Tomo I: 371-409
- Lamprecht H. 1990. Silvicultura en los trópicos. (Traducción Antonio Carrillo). Coop. Técnica R.F.A. Eschborn, R.F.A. 109 p.



# LA MALANGA

(*Colocasia esculenta* (L.) Schott)

## BAJO UN ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN-DESARROLLO



Olguín-Palacios, C. <sup>1</sup> Álvarez-Ávila, M. del C. <sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz, México. Dirección: Km. 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz. A.P. 421, C.P. 91700. Veracruz, México

### RESUMEN

**S**e resumen las acciones de investigación-desarrollo (*I+D*) realizadas en dos décadas para desarrollar el cultivo de malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) en sus aspectos técnicos, sociales y económicos en tierras bajas del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, así como las prácticas de difusión y capacitación necesarias para su adopción. El creciente desarrollo de este cultivo en la región veracruzana ha permitido mejorar el bienestar de muchas comunidades campesinas allí establecidas, elevando su nivel nutricional y económico, y contribuyendo además a la conservación de la base de recursos naturales de los agroecosistemas tropicales y a la disminución de la migración de pobladores rurales hacia los centros urbanos o al extranjero. La academia se ha incorporado al proceso investigación-desarrollo, contribuyendo a la generación del conocimiento y formación de talentos humanos, con el fin de tener acompañamiento científico y tecnológico.

Palabras clave: Alimentación, traspatio, hortaliza acuática

## INTRODUCCIÓN

En los estados del sureste de México existen amplias zonas bajas en las que con frecuencia se intercalan cuerpos someros de agua, con terrenos cuyas características edafológicas los hacen inapropiados para la práctica de la agricultura convencional. Ello ha propiciado no sólo la subutilización de estos ecosistemas, sino también el que sean considerados generalmente como obstáculos para el desarrollo rural. A pesar de que en estas áreas la naturaleza es rica en especies vegetales y animales, terrestres y acuáticas, nativas y exóticas, una parte de estas zonas se consideran deprimidas socialmente (Olguín *et al.*, 1992). Paradójicamente, estas tierras son las mismas en las que un recurso alimentario sub-explotado como la malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) puede desarrollarse como un cultivo rentable y de fácil incorporación a la dieta del poblador local. Tras un proceso de diagnóstico, experimentación, validación y transferencia, se logró definir los aspectos básicos en el manejo del agua, densidad de siembra, frecuencia de corte y selección de genotipos, evaluando la productividad (tanto en rendimiento como en términos nutricionales y económicos) de la malanga como hortaliza hidrófila hasta llegar actualmente a su establecimiento como cultivo comercial.

En ciertas regiones tropicales del mundo la malanga (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) ha sido un alimento tan importante para sus pobladores como podría serlo en otras el arroz (*Oryza sativa*) o el maíz (*Zea mays*). Su historia está asociada a las culturas neolíticas más primitivas y su centro de origen más reconocido es el Sudeste de Asia, entre la India e Indonesia, desde donde se desplazó hacia la Polinesia por el este y lentamente hacia el oeste por tierras de Oriente Medio y parte del África Tropical. Fueron los grupos esclavizados traídos de diversas regiones africanas quienes, pretendiendo aferrarse a sus prácticas y usos alimentarios ancestrales, la llevaron consigo a diversas partes de América Tropical, incluyendo México, durante el auge de las colonias española y portuguesa. Tan importante es aún hoy para cierto sector de la población que en países como Cuba, República Dominicana y otros de El Caribe representa el primer alimento que las madres campesinas (de origen Africano, mestizas o blancas) dan a sus pequeños como papilla después de la leche.

En México probablemente la malanga no constituyó un cultivo porque la cultura local indígena, incluyendo sus hábitos de alimentación, era amplia y muy variada, por lo que se presume

permaneció por cientos de años como una planta silvestre (malanga criolla), desarrollándose y reproduciéndose por sí misma en las riveras de ríos y arroyos, teniendo consumos esporádicos por parte de los habitantes locales. Fue en los últimos años de la década de los setenta que algunos genotipos mejorados de malanga de procedencia cubana se introdujeron a México a partir de investigadores del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) en Veracruz, para observar su desarrollo en campos experimentales (Figura 1).

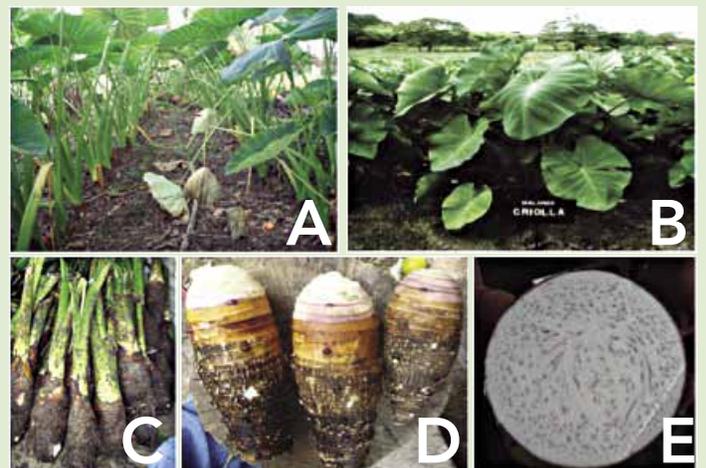


Figura 1. A-B: cultivo de malanga criolla (*Colocasia esculenta*) en los Campus Veracruz y Córdoba del Colegio de Postgraduados, México. C-D-E: cormo o cormelo de tamaño comercial para el mercado de exportación.

## EL ENFOQUE DE INVESTIGACION-DESARROLLO (I+D)

Desde 1980, en el ahora *Campus* Veracruz del Colegio de Postgraduados se iniciaron investigaciones tendientes a crear sistemas integrales, intensivos y autosuficientes para el manejo de recursos naturales en zonas bajas en las que el agua, la luz y los nutrientes son abundantes, pretendiendo que tales sistemas dependieran lo menos posible de otras fuentes de energía que no fueran las existentes de forma natural en el lugar.

Se pensó en incluir organismos productores primarios eficientes, como un elemento clave en tales sistemas; es decir, plantas con una tasa de conversión elevada para transformar los insumos de la fotosíntesis (luz, nutrientes y CO<sub>2</sub>) en productos ricos en compuestos reducidos del carbono como azúcares, almidones y fibras. La malanga se desarrolla bien en zonas húmedas y puede producir más de 50 t.ha<sup>-1</sup> de su fracción subterránea, que es un tallo modificado denominado botánicamente como cormo; una quinta parte del total de la biomasa que puede almacenar constituye materia seca, de la cual 80% son almidones de alta calidad digestiva para el hombre y algunas especies de interés zootécnico (Rodríguez, 2006, Onweme, I.C., 1978 en Ministerio de Agricultura de Cuba, 1984). Con la finalidad de insertar este recurso alimentario en un esquema de producción integral con enfoque familiar se seleccionaron diferentes organismos vegetales hidrófilos, entre ellos la malanga, como componentes de una primera propuesta de este manejo integrado (Figura 2). Módulos integrados de producción intensiva de cultivos piscícolas (tilapia) y agrícolas mediante hidroponía orgánica flotante. La base de nutrimentos es la vegetación acuática.

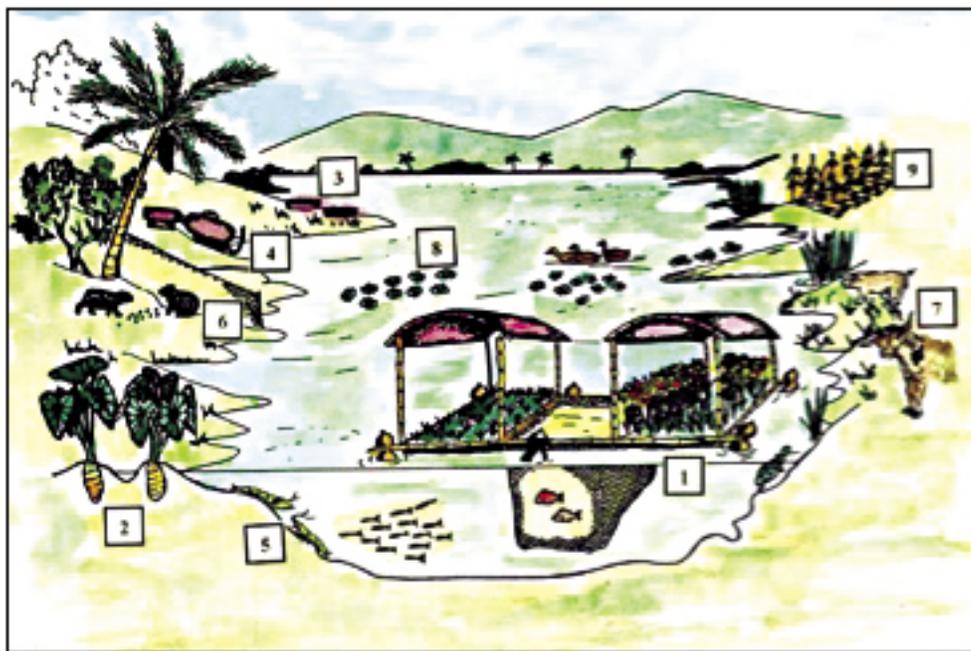


Figura 2. Esquema de integración de la malanga (*Colocasia esculenta*) como una hortaliza hidrófila en el agroecosistema tropical de tierras bajas en Veracruz, México.

1. Módulos integrados de producción intensiva de los cultivos piscícolas (tilapia) y agrícolas, mediante hidroponía orgánica flotante. La base de nutrimentos es la vegetación acuática.
2. Producción en los márgenes del cuerpo de agua de productos agrícolas no convencionales como malanga (*Colocasia esculenta*), espinaca de agua (*Ipomoea aquatica*) y *Azolla* sp., utilizados en la elaboración de alimentos de consumo animal (pollos, cerdos, peces y langostinos).
3. Estanques de reproducción y crecimiento de peces de importancia económica alimentados con ingredientes producidos en el sistema, prescindiendo de alimento comercial.

4. Digestores anaeróbicos que procesan las excretas animales generadas en el sistema, mezcladas con vegetación acuática para la obtención del bioabono utilizado en hidroponía orgánica (producción intensiva de ornamentales, especias, hortalizas y frutas).

5. Engorda de langostinos alimentados con ingredientes producidos en el sistema.

6. Cría de mamíferos nativos de las zonas bajas o sus alrededores, tales como cuaqueches (*Dasyprocta mexicana*) y tepescuintles (*Agouti paca*), alimentados con productos y subproductos agrícolas del sistema.

7. Explotación intensiva de bovinos, ovinos, porcinos y aves, suplementados con alimentos producidos en el sistema.

8. Cultivo y manejo de vegetación acuática, utilizada en alimentación animal y producción de abono orgánico.

9. Cultivo de productos básicos (maíz, frijol y calabaza) en suelos delgados de lomeríos colindantes con el cuerpo de agua, mejorados con la adición directa de la vegetación acuática.

La idea no ha sido desarrollar esta planta como monocultivo, sino como un elemento que interactúa con otros en un sistema. Se pretende así que siendo entrada de un subsistema pueda recibir las salidas de otro, tendiendo a optimizar el funcionamiento de todo el sistema con su presencia.

El esquema general bajo el que se trabajó la investigación en interacción continua con el desarrollo agrícola (Olguín, 1992) se expresa en la Figura 3.



Figura 3. Esquema Investigación-Desarrollo (I+D) a través del cual se insertan las actividades de investigación y transferencia tecnológica (Olguín y Álvarez, 2010).

El modelo de I+D se refiere a un proceso dinámico con fases diferenciadas de las cuales algunas, y en ocasiones todas, se repiten de forma cíclica, y cuyas metas se relacionan con el mejoramiento del nivel de vida en general de los pobladores de ciertas áreas de los trópicos húmedos y, en particular, con la ampliación cuantitativa y cualitativa de su base alimentaria (Álvarez y Horne, 1997) (Figura 4).



Figura 4. Monocultivo de malanga (*Colocasia esculenta*) y como cultivo asociado con espinaca de agua (*Ipomoea aquatica*) (Olguín et al., 1999).

En apego a la estrategia metodológica planteada, a continuación se describen y discuten, bajo un orden temático y cronológico, las investigaciones que desde 1980 iniciaron los primeros miembros del equipo interdisciplinario de investigadores del Campus Veracruz del Colegio de Postgraduados. Paralelamente, se han desarrollado las técnicas agronómicas específicas, bajo las particulares condiciones del área de trabajo, ya que “No se podrían utilizar las bondades de la malanga si no había malanga ni quien quisiese o supiese cultivarla”. Los trabajos, cuyos resultados permitieron avanzar en ese sentido, se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 1. AGROTÉCNICAS PARA EL CULTIVO DE MALANGA (*Colocasia esculenta*) PARA LAS ZONAS BAJAS DEL TRÓPICO HÚMEDO DE VERACRUZ, MÉXICO.

AÑO	TÍTULO
1989	Producción de malanga ( <i>Colocasia esculenta</i> (L) Schott) por sub-irrigación; una alternativa para el aprovechamiento de las zonas bajas inundables (Mendoza, 1989).
1992	Aprovechamiento de los recursos naturales de las zonas bajas tropicales. Cultivo intensivo de malanga y espinaca y agua.
1993	Manejo del manto freático en zonas de inundación temporal.
1993	Efecto de la densidad de siembra sobre la producción de malanga.
1995	Control manual de maleza en el cultivo de malanga.
1997	Manual para el cultivo de malanga.
1998	Observaciones preliminares sobre el comportamiento del frijol, arroz, <i>Vigna umbellata</i> , asociado con malanga, <i>Colocasia esculenta</i> .
1999	Malanga: Alternativa de producción para el sector rural.
2010	Malanga ( <i>colocasia esculenta</i> ); su evolución en Veracruz desde planta de colecta hasta cultivo de exportación (Olguín, 2010).



Bajo el enfoque y condiciones descritas anteriormente, y considerando la información condensada en el Cuadro 1, puede decirse que algunos de los primeros resultados publicados comprobaron una de las hipótesis iniciales: “En las regiones tropicales donde el manto freático permanece cerca de la superficie la mayor parte del año, no es conveniente el drenaje agrícola masivo e incontrolado como se ha hecho en la mayoría de las tierras tropicales en donde se han establecido sistemas de drenaje” (Barkín, 1978). Si el objetivo es desarrollar una tendencia hacia la sustentabilidad en el uso de los recursos, es preferible controlar los excesos y déficits de agua en el perfil del suelo mediante drenes y estructuras de control muy sencillas (donde existan condiciones apropiadas), estableciendo con esto una forma de riego y drenaje de cultivos que no requieran el uso

de máquinas ni combustibles, favoreciendo el sub-riego o sub-irrigación. De esta forma se pudo cultivar y subirrigar malanga exitosamente, evaluando además algunas características agronómicas de los diferentes genotipos incluidos en el sistema. Otros aspectos abordados en la investigación fueron las necesidades hídricas de la planta y el manejo del manto freático en las áreas de cultivo, en cuyo caso la estrategia de acción fue la interacción continua con el desarrollo agrícola.

La malanga o sus productos no comercializables se incorporaron exitosamente a raciones balanceadas (Acosta, 1988) para peces, langostinos, bovinos, ovinos y porcinos (Olguín *et al.*, 1986, 1990, 1995), de tal forma que se contribuyó a que la población aprendiera a alimentarse más y mejor con sus propios recursos con las acciones resumidas en el Cuadro 2.

CUADRO 2. USO DE LA MALANGA (*Colocasia esculenta*) COMO ALIMENTO INDIRECTO.

Año	Título
1986	Aprovechamiento de especies sub-explotadas en la elaboración de alimentos para consumo animal.
1990	Utilización de productos subexplotados de las Zonas Bajas Tropicales para suplementar novillos en engorda bajo forraje restringido en pasto pará ( <i>Brachiaria mutica</i> ).
1990	Utilización de ingredientes no convencionales ( <i>Azolla</i> sp), malanga ( <i>Colocasia esculenta</i> ) y pequeños peces nativos ( <i>Poecilia</i> sp) de las Zonas Bajas Tropicales en la elaboración de tres dietas para tilapia roja ( <i>Orochromis mossambicus</i> ).
1991	Alimentación de langostino (manos de cangrejo) <i>Macrobrachium acanthurus</i> (Weigman) utilizando recursos naturales no convencionales de las zonas bajas del trópico húmedo: malanga ( <i>Colocasia esculenta</i> ) y pequeños peces nativos ( <i>Poecilia</i> sp.) comparados con un alimento convencional.
1992	Aprovechamiento de los recursos naturales de las zonas bajas tropicales: elaboración y evaluación de alimentos para consumo de animales de interés zootécnico.
1995	Utilización de Malanga <i>Colocasia esculenta</i> y Espinaca de Agua <i>Ipomoea aquatica</i> como suplemento en la dieta de becerros en desarrollo.
1995	Utilización de Malanga ( <i>Colocasia esculenta</i> ) y Espinaca de agua ( <i>Ipomoea aquatica</i> ) en la elaboración de microsilos: evaluación físico-química.
1998	La malanga, <i>Colocasia esculenta</i> : una alternativa del manejo integral de los recursos naturales de las zonas bajas para la alimentación de los ovinos del trópico.
2011	Alimentación alternativa para el cultivo de tilapia en unidades de producción familiar (tesis de maestría en proceso).

CUADRO 3. COLABORACIÓN CON INSTITUCIONES DEDICADAS A LA TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS.

Año	Título
1989	Substitución de harina de trigo por harina de malanga para uso en panadería y repostería en una agroindustria rural artesanal.
1990	Utilización de hortalizas hidrófilas de alta calidad nutricional en la elaboración de alimentos para consumo humano.
1994	Propiedades reológicas de mezclas de harina de trigo y malanga mediante el uso de pruebas de tipo industrial. Modelación matemática del coeficiente efectivo de difusión de agua en malanga (Menes, 1994).
2006	Obtención y caracterización de almidones modificados de malanga ( <i>Colocasia esculenta</i> ) y trigo ( <i>Triticum sativum</i> ) y su aplicación en la fabricación de yogur.



Figura 5. Pellets elaborados a base de malanga (*Colocasia esculenta*) para alimentación de peces y galletas elaboradas con harina de malanga.

Por investigaciones subsecuentes en aspectos económicos y administrativos se determinó que la malanga puede substituir con ventajas al sorgo en raciones comerciales, proyectando una planta elaboradora de alimento balanceado (Cuadro 5) y su integración en un modelo de producción familiar (Figuras 6 y 7).

CUADRO 5. INVESTIGACIONES REALIZADAS ACERCA DE LOS USOS AGROINDUSTRIALES DE LA MALANGA (*Colocasia esculenta*).

Año	Título
1988	Viabilidad técnico-económica de la malanga ( <i>Colocasia esculenta</i> ) en la formulación de raciones balanceadas para cerdos.
1992	Establecimiento de una planta elaboradora de alimento balanceado para ganado bovino de engorda en el Ejido Santa Rosa, Mpio. de Tuxtepec, Oaxaca.
1996	Propuesta para el funcionamiento de una granja de borrego pelibuey alimentado con productos no convencionales de las zonas bajas tropicales.

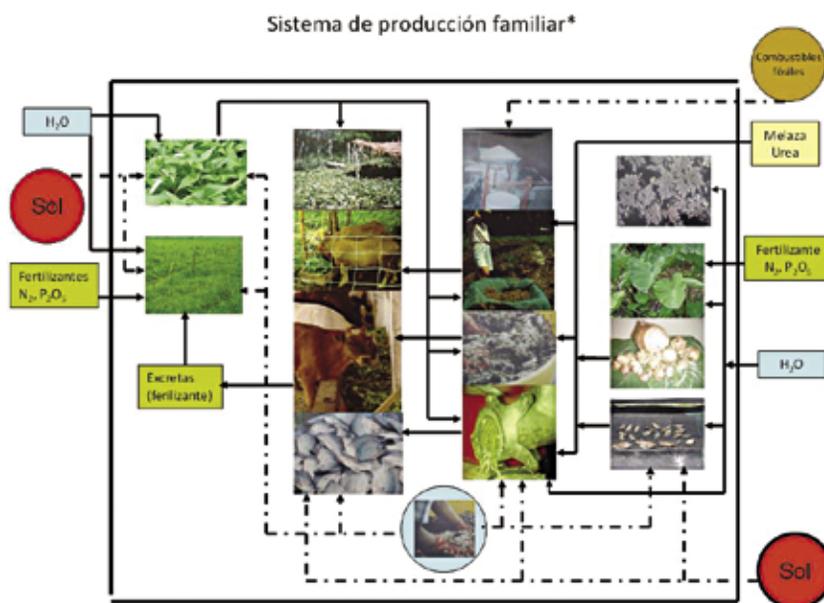


Figura 6. La malanga (*Colocasia esculenta*) como componente de un sistema de producción familiar.

A principios de 1990 se inician investigaciones sobre comercialización de malanga a nivel nacional codirigidas por Institutos de Investigación y Estudios Superiores regionales dedicados a esos temas, y a nivel internacional mediante una compañía privada especializada en el ramo. Se explora el mercado estadounidense, lo cual representó una opción muy importante para algunas regiones del sureste de México, pues los precios de la malanga en sus diferentes sectores llegan a variar de USD\$20.00 a USD\$40.00 por caja de 50 libras. El volumen total que importan los Estados Unidos fluctúa alrededor de 180,000 toneladas por año y otra cantidad considerable por parte de Canadá, debido a la gran cantidad de inmigrantes de origen asiático. De igual forma se realizaron estudios en mercados europeos y en particular en Francia con trabajos llevados a cabo por estudiantes franceses de agronomía y comercio internacional, orientados por los miembros del equipo de investigación-transferencia del Colegio de Postgraduados. Se concluyó que las perspectivas de introducción del producto en la industria alimenticia europea son altas; sin embargo, se requiere aún mucho trabajo de capacitación de productores y definición de vías de comercialización (Ekue *et al.*, 1997) (Cuadro 6).



Figura 7. Malanga (*Colocasia esculenta*) como componente del recurso alimentario e ingreso económico de familias en el medio rural, cultivada aprovechando escurrimientos naturales de agua en traspatios (Fotos Cadena-Iñiguez, 2011).

CUADRO 6. RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE COMERCIALIZACIÓN A MERCADOS DEL EXTERIOR DE MALANGA (*Colocasia esculenta*).

Año	Título del trabajo
1993	Proceso Investigación-Desarrollo en el cultivo, consumo y comercialización de Malanga ( <i>Colocasia esculenta</i> ).
1993	Malanga: Usos y Comercialización.
1994	Estudio preliminar de comercialización de malanga en el mercado de Estados Unidos. Empresa especializada.
1996	Estudio de mercado de la malanga en Francia. Escuela Superior de Comercio, Dijon, Francia.
1997	La transformación de la malanga: una perspectiva interesante...pero difícil de concretar. Escuela Superior de Ingenieros y Técnicos para la Agricultura, Francia.
2009	Experiencias interinstitucionales de creación de microempresas a lo largo de una década.

En cuanto a la difusión y aplicación de resultados, se estableció en 1992, en Tolome, municipio de Paso de Ovejas, Veracruz, una unidad semicomercial de malanga por sub-irrigación atendida por productores a los que se capacitó en el Manejo Integral de Recursos Naturales de Zonas Bajas Tropicales (Solís *et al.*, 1992). De estos trabajos surgieron resultados de utilización inmediata por productores de los ejidos Santa Rosa, San Bartolo y Santa Teresa en las cercanías de Tuxtepec, Oaxaca, a partir de donde se realizaron las primeras exportaciones a la Unión Americana con un volumen cercano a las 50 toneladas. La experiencia fue útil, aunque la administración del proyecto fue inconsistente por falta de capacidad organizativa y productiva; no obstante, se lograron apoyos gubernamentales para los primeros grupos de campesinos organizados por el grupo de investigadores-transferidores y líderes de comunidades para iniciar un proyecto productivo de malanga para exportación en una superficie de 100 hectáreas.

Un aspecto importante fue el manejo agronómico, determinando que la mejor densidad de siembra utilizando la variedad que ha tenido mayor aceptación en cierto sector del mercado estadounidense debe ser de 12,000 plantas.ha<sup>-1</sup>, y que en la primera fase del cultivo (hasta cierre de campo) la eliminación de malezas no incrementa el rendimiento final, con lo que se pudo afinar el costo de cultivo.

Se realizaron ensayos con productores de la zona de los Tuxtlas, Veracruz para observar el rendimiento comparativo de una variedad criolla y una cubana mejorada. En esta época se editó un recetario de cocina para malanga y espinaca de agua, y se continuó difundiendo su uso a través de la realización de múltiples talleres de nutrición humana y muestras gastronómicas donde se capacitaron grupos de

mujeres (rurales y urbanas) de los estados de Chiapas, Oaxaca y Veracruz en colaboración con instituciones del sector salud (IMSS, SSA) del sector social (INI, DIF) (Álvarez 199) y organizaciones no gubernamentales. Actualmente se trabaja con grupos de mujeres de comunidades rurales para difundir el cultivo en solares familiares y el uso de ésta y otras hortalizas hidrófilas para enriquecer la dieta diaria y su impacto sobre la nutrición infantil (Álvarez y Olguín, 2010).

Los trabajos de difusión han continuado mediante la edición de videos y su promoción en diferentes foros, lográndose que el personal capacitado de diferentes instituciones federales dedicadas a la atención médica y social capacite a su vez a sus derecho-habientes y usuarios bajo sus propios criterios y métodos. Es decir, el proceso de difusión y adopción de malanga en Veracruz continúa avanzando ya sin la participación directa del grupo inicial de investigadores-transferidores. La malanga se va incorporando en forma creciente a la dieta popular recomendada por nutricionistas regionales como un alimento valioso.

## CONCLUSIONES

El cultivo de malanga en el contexto que se ha descrito en este trabajo, como un componente del sistema integrado de manejo de recursos naturales, provee un alimento cuya demanda local ha sido promovida favorablemente desde su condición de planta silvestre hasta convertirse en cultivo no tradicional de exportación que puede sostener una cadena productiva. La experiencia acumulada hasta ahora indica que de continuar impulsándose pueden generar niveles significativos de empleo, pues es altamente demandante de mano de obra no especializada.



Con los costos de cultivo resultantes (seis veces menores que los de algunas zonas productoras del extranjero), así como con los precios que se han obtenido en los mercados internacionales, el cultivo constituye una actividad exitosa desde el punto de vista empresarial y factor importante para atenuar la migración rural.

Las posibilidades de utilización del producto en diferentes campos de la industria alimenticia, por la calidad y cantidad de sus almidones y por las características del mucílago que contiene, parecen ser vastas, pero se requiere desarrollar los programas de investigación pertinentes. Los trabajos realizados para explorar el mercado europeo en ese sentido dan soporte a lo anterior; sin embargo, es importante resaltar que la malanga como cultivo extensivo corre los riesgos históricos de las especies exitosas ya que, de no seguir las recomendaciones técnicas, como por ejemplo en lo que concierne a las densidades de siembra, se generan serias limitantes, como lo ocurrido en la zona de Actopan, Veracruz, donde los productores han incrementado la densidad de siembra de 12,000 plantas.ha<sup>-1</sup> por hectárea con rendimiento promedio de 40 toneladas hasta 45,000 plantas.ha<sup>-1</sup> con buenos rendimientos; sin embargo, esto ha provocado la proliferación de plagas y enfermedades de forma devastadora.

## AGRADECIMIENTOS

1980-1982 Generación de técnicas de producción de cultivos flotantes-subirrigados, como factor tecnológico central en la explotación integral de ecosistemas acuáticos del trópico húmedo. CONACYT-CRECIDATH-Colegio de Postgraduados.

1986-1989 Aprovechamiento de Especies Acuáticas Nativas Subexplotadas en la Elaboración de alimentos Balanceados para Consumo Animal. CONACYT-CRECIDATH-Colegio de Postgraduados.

1993-2000 Fundación Rockefeller-Campus Veracruz-Colegio de Postgraduados. 2001-2008.

## LITERATURA CITADA

- Acosta B.R.1988.Viabilidad Técnico-económica de la malanga (*Colocasia esculenta* (L) Schott) en la formulación de raciones balanceadas para alimentación de cerdos. Tesis de Maestría en Ciencias con especialidad en Economía Agrícola. Colegio de Postgraduados.
- Álvarez A.M.C. 1999.Manejo integral del solar: del autoconsumo a la agroindustria. Seminario Internacional sobre Agro diversidad Campesina. Centro de Ciencias Agropecuarias- Facultad de Geografía. Universidad Autónoma del Estado de México. Toluca México.119-124 pp
- Álvarez A.M.C. 2010. Malanga y espinaca de agua. Agroentorno. No 121/Año 13, 26 p.
- Álvarez A.M.C., Horne H.I. 1997. El manejo integral de los huertos familiares: una estrategia para el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores del trópico. Gestión de Recursos Naturales. Red. Fundación Rockefeller. México, D.F. Segunda época. Num. 6,13-18.
- Álvarez A.M.C., Olguín P.C. 2010. Alternativas tecnológicas para la producción animal en solares familiares. I Foro Internacional de Ganadería de Traspatio y Seguridad Alimentaria. UACH. Chapingo, Estado de México.
- Ekue A., Girard S., Lohez M., Noirot V., Bellemere A., Libaud F., Prioult G. 1997. La transformación de la Malanga: una perspectiva interesante...pero difícil de concretar. Estudiantes de la Escuela Superior de Ingenieros y Técnicos para la Agricultura. Francia.
- Menes B.S.A. 1994. Propiedades reológicas de mezclas de harina de trigo y malanga (*Colocasia esculenta*) variedad Isleña Japonesa, mediante el uso de pruebas de tipo industrial. Modelación matemática del coeficiente efectivo de difusión de agua en malanga. Tesis de Licenciatura. Ingeniero Bioquímico en Alimentos. Instituto Tecnológico de Veracruz. Veracruz, México.
- Mendoza F.R.D. 1989. Producción de Malanga (*Colocasia esculenta* (L) Schott) por subirrigación; una alternativa para el aprovechamiento de las zonas bajas inundables del trópico húmedo. Tesis de licenciatura, Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Veracruzana. Córdoba, Veracruz, México.
- Ministerio de Agricultura de Cuba. 1984. Instructivo técnico del cultivo de malanga. Géneros *Colocasia* y *Xanthosoma*. Ciudad de La Habana, Cuba.
- Ochoa R.D.M.1989. Substitución de harina de trigo por harina de malanga para uso en panadería y repostería en una agroindustria rural artesanal. Tesis de Licenciatura. Ingeniero Bioquímico, Instituto Tecnológico Regional de Tuxtepec. Tuxtepec, Oaxaca. México.
- Olguín P.C. 1992. Proceso Investigación-Desarrollo aplicado al Manejo Integral de los Recursos Naturales de las Zonas Bajas Tropicales. Memoria de la V Reunión Científica del Sector Agropecuario y Forestal del Estado de Veracruz.
- Olguín P.C. 2010. Malanga (*Colocasia esculenta*); su evolución en Veracruz desde planta de colecta a cultivo de exportación. Agroentorno.No. 120/ Año 13, 27-29.
- Olguín P.C., Álvarez M.C. 2010. Investigación-Desarrollo en el manejo sustentable de humedales tropicales. Seminario de Trópico Húmedo. IMTA. Morelos, México.
- Olguín P.C. Álvarez A.M.C., Asiain H.A., Reta M.J.L. 1993. Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas Aplicados al Manejo Integral de los Recursos Naturales del Trópico Húmedo Mexicano en: Sistemas de Producción y Desarrollo Agrícola. Ed. ORSTOM-CONACYT-C.P. 343-351 pp
- Olguín P.C., Álvarez A.M.C., A Asiain. 1999. Malanga y espinaca de agua, dos hortalizas tropicales de alto valor nutricional. INVEDER. (Video) 14 minutos
- Olguín P.C., López O.S., Álvarez A.M.C., Chávez G.J.L. 1995. Uso de Malanga (*Colocasia esculenta*) y Espinaca de Agua (*Ipomoea aquatica*), en la Elaboración de Microsilos. En Avances de Investigación 93-94 en el Campus Veracruz. Instituto de Recursos Naturales-Colegio de Postgraduados. Pág. 32.
- Olguín P.C., Reta M.J.L., Álvarez M.C. 1986. Aprovechamiento de especies sub-explotadas en la elaboración de alimentos para consumo animal. CONACYT -CRECIDATH-Colegio de Postgraduados.
- Olguín P.C., Reta M.J.L., Del Castillo G.O. 1990. Utilización de ingredientes no convencionales (*Azolla* sp), Malanga (*Colocasia esculenta*) y pequeños peces nativos (*Poecilia* sp) de las Zonas Bajas Tropicales en la elaboración de tres dietas para tilapia roja (*Orochromis mossambicus*). IV Congreso.
- Rodríguez R.M.Y. 2006. Obtención y caracterización de almidones modificados de malanga (*Colocasia esculenta*) y trigo (*Triticum sativum*) y su aplicación en la fabricación de Yogurt. Tesis de Maestría en Ciencias Alimentarias. Facultad de Nutrición, Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz.
- Solis G.M., Olguín P.C., Vázquez S.M. 1992. Programa Integral de Capacitación Agropecuaria. Determinación de las necesidades de educación del grupo de producción "La Ciénega" en Tolome, Veracruz. Memoria de los Avances de Investigación 1991-1992 12 p..



El Dr. José María Hernández Director General del Grupo Mundi Prensa y el Editor General del CP, en el stand Mundi Prensa-CP en la FIL-Guadalajara 2011.

## El Colegio de Postgraduados en la FIL Guadalajara 2011



Presentación de la BBA en W Radio.



Feria Internacional del Libro de Guadalajara®



Foto final del CP en la FIL Guadalajara: Said Infante, Edmundo García Moya, Goyito Martínez, Víctor Villalobos y Judith Sandoval.



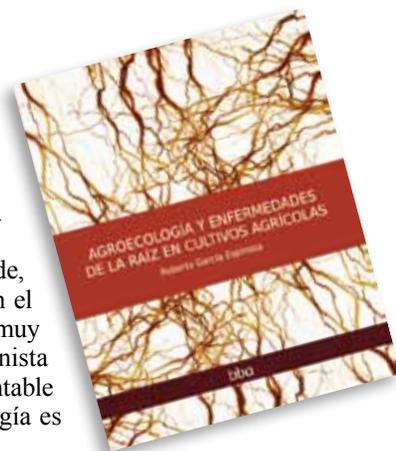
Edmundo García Moya, Said Infante Gil y Gregorio Martínez Valdés en la presentación de los libros Las Ciencias Agrícolas Mexicanas y sus Protagonistas (Vols. I y II) en la Feria Internacional del Libro de Guadalajara 2011.

### 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.



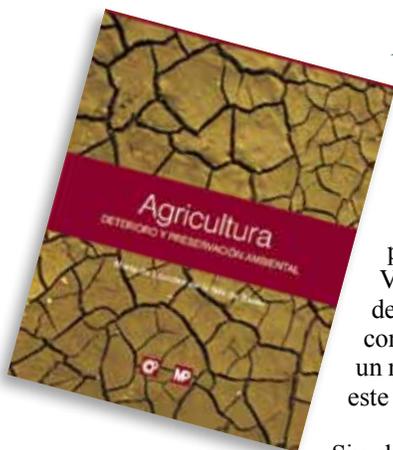
### Agricultura: deterioro y preservación ambiental

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

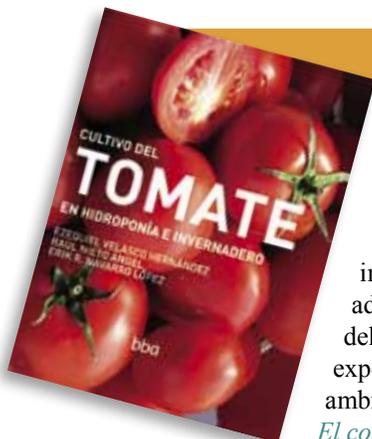
Hugo C. Arredondo Bernal y Luis A. Rodríguez del Bosque

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 desa-rollo 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: sistema de cultivo en invernadero: ventajas y desventajas*

- 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, Albuquerque 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.

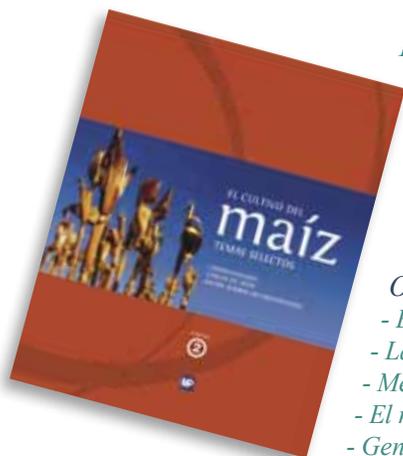
**El cultivo del maíz / Temas selectos**

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
- Genotecnología convencional y moderna del maíz



### *El libro de los Bovinos Criollos de América*

Jorge de Alba Martínez

**H**ace 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

**E**l 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.*

### SEGUNDA EDICIÓN

### *Las ciencias agrícolas mexicanas y sus protagonistas*

Eduardo Casas y Gregorio Martínez

**E**l 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.

**L**os 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

**E**n 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*

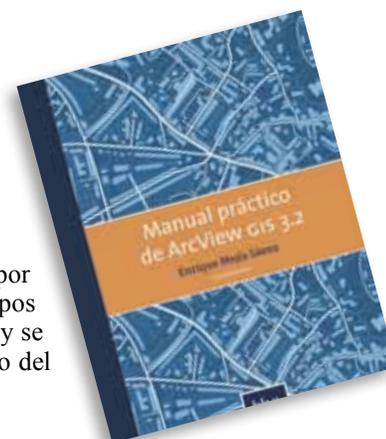


*Este libro será una referencia útil para estudiantes y profesores de agronomía, así como para agricultores, estudiosos de la fertilidad del suelo y para técnicos asesores en fertilización de cultivos.*

### *Manual práctico de ArcView GIS 3.2 / Temas selectos*

Coordinador: Enrique Mejía Sáenz

**A**rcView® 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*



### *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* - *Nutrientes 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, Tarboricultores, 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.



El LABSAB realiza análisis:

- Químicos en tejido vegetal
- Químico de agua y soluciones
- Físico-químicos de suelos

Cuenta con personal técnico altamente capacitado y emplea técnicas y equipo de avanzada, lo que le permite garantizar rapidez, confiabilidad y eficiencia en los resultados.



Aparatos científicos utilizados en el análisis de muestras en el LABSAB

## COORDINACIÓN

DRA. LIBIA I. TREJO-TÉLLEZ  
Tel y Fax: (01 595) 95 1 01 98  
tlibia@colpos.mx

## COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Campus Montecillo  
Edificio de Edafología e Hidrociencias  
Primer piso.  
Carretera México-Texcoco km 36.5.  
Montecillo, Estado de México.  
C.P. 56230

[www.colpos.mx](http://www.colpos.mx)



### ANÁLISIS QUÍMICO EN TEJIDO VEGETAL

Determinación	Costo (\$)	Determinación	Costo (\$)
Carbono orgánico	35.00	Boro	45.00
Nitrógeno	40.00	Sodio	45.00
Fósforo	40.00	Cloro	40.00
Potasio	40.00	Sulfatos	40.00
Calcio	40.00	Amonio	40.00
Magnesio	40.00	Nitratos	40.00
Hierro	45.00	Plomo	80.00
Cobre	45.00	Cadmio	80.00
Zinc	45.00	Aluminio	80.00
Manganeso	45.00	Cobalto	80.00

### ANÁLISIS DE AGUA Y SOLUCIONES

Determinación	Costo (\$)	Determinación	Costo (\$)
pH	25.00	Fosfatos	35.00
Conductividad eléctrica	25.00	Amonio	40.00
Potasio	35.00	Nitratos	40.00
Calcio	32.00	Plomo	80.00
Magnesio	32.00	Cadmio	80.00
Sodio	35.00	Hierro	80.00
Bicarbonatos	29.00	Cobre	80.00
Carbonatos	29.00	Aluminio	80.00
Sulfatos	29.00	Cobalto	80.00
Cloruros	29.00		

### ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

Determinación	Costo (\$)	Determinación	Costo (\$)
pH	25.00	CIC	75.00
Conductividad eléctrica	25.00	Boro	70.00
Materia orgánica	40.00	Cobre extractable	35.00
Nitrógeno total	45.00	Hierro extractable	35.00
Fósforo	40.00	Manganeso	60.00
Potasio intercambiable	39.00	Moibdeno	60.00
Calcio intercambiable	39.00	Zinc extractable	35.00
Magnesio intercambiable	39.00	Cadmio extractable	45.00
Sodio intercambiable	39.00	Níquel extractable	45.00
Nitratos	40.00	Bromo extractable	45.00
Amonio	40.00	Cobalto extractable	45.00
Sulfatos	40.00		

### ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS

Determinación	Costo (\$)
Densidad aparente	35.00
Densidad real	35.00
Textura	40.00
Capacidad de campo	60.00
Punto de marchitez permanente	60.00



# Colegio de Postgraduados

Institución a la vanguardia educativa en ciencias agrícolas

*Intégrate a la formación de líderes y estrategas de gran visión, capaces de enfrentar los enormes retos del desarrollo territorial en México y de promover, al mismo tiempo, la conservación de los recursos naturales para las futuras generaciones*

## Doctorado y Maestría en Ciencias Programa de Postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional

Reconocido como programa consolidado dentro del Padrón Nacional de Posgrado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT, PNPC)



### Maestrías Tecnológicas:

- Desarrollo Sostenible de Zonas Indígenas (SEP DGP-301545)
- Desarrollo Rural Territorial Sustentable (SEP DGP-303550)
- Desarrollo y Gestión de Sistemas Ganaderos (SEP DGP-320505)
- Gestión del Desarrollo del Territorial Rural (SEP DGP-510596)
- Desarrollo Social

### Convocatoria abierta

La recepción de solicitudes y documentación para nuevo ingreso están abiertas todo el año. El inicio de cursos está programado en los meses de enero y agosto. El cupo es limitado.

### Mayores informes:

Colegio de Postgraduados, Campus Puebla, Subdirección de Educación, Km. 125.5 carretera federal México-Puebla (actualmente Boulevard Forjadores de Puebla), C.P. 72760, Puebla, Puebla.  
Teléfonos: (222) 285 1442, 285 1443, 285 1445, 285 1447, 285 0738; exts. 2018, 2056, 2058.  
Página web institucional: <http://www.colpos.mx/2010/>  
Registro en línea: <http://www.colpos.mx/web11/index.php/campus-puebla>  
Correos electrónicos: [edar@colpos.mx](mailto:edar@colpos.mx); [admisionescampuspuebla@colpos.mx](mailto:admisionescampuspuebla@colpos.mx)

facebook

Colegio de Postgraduados Campus Puebla  
(<http://www.facebook.com/ColposPuebla>)

twitter

@PueblaCOLPOS  
(<https://twitter.com/#!/PueblaCOLPOS>)