

EL MUNDO DEL CACAO

Theobroma cacao L.,
KAKAW (Maya), CACAHUATL (Nahuatl)

GERMINACIÓN DE SEMILLA Y OBTENCIÓN DE PLÁNTULAS DE *VanillaPlanifolia* ANDREWS
EN CONDICIONES *IN VITRO*

EL RAMBUTÁN (*Nephelium lappaceum*) un cultivo con amplio potencial de explotación en el sur de México

Evaluación del efecto de micorrizas en la producción y calidad
de **PAPAYA MARADOL** (*carica papaya*)

BIBLIOTECA BÁSICA DE AGRICULTURA

AÑO 4 / VOLUMEN 4 / NÚMERO 2 / ABRIL - JUNIO 2011



AP 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



3 GERMINACIÓN DE SEMILLA
Y OBTENCIÓN DE PLÁNTULAS
DE *Vanilla Planifolia* ANDREWS
EN CONDICIONES *IN VITRO*

9 EL RAMBUTÁN
(*Nephelium lappaceum*)
UN CULTIVO CON
AMPLIO POTENCIAL
DE EXPLOTACION
EN EL SUR DE MÉXICO

18 EL MUNDO DEL CACAO
(*Theobroma cacao* L.),
KAWA (Maya)
CACAHUATL (Nahuatl)

27 EVALUACIÓN DEL EFECTO
DE MICORRIZAS EN LA
PRODUCCIÓN Y CALIDAD
DE PAPAYA MARADOL
(*carica papaya*)

32 NOTICIAS

34 BIBLIOTECA BÁSICA
DE AGRICULTURA

40 FACTORES DE CONVERSIÓN



Directorio

Said Infante Gil
Editor General del Colegio de Postgraduados

Rafael Rodríguez Montessoro[†]
Director Fundador

Jorge Cadena Iñiguez
Director de Agroproductividad

Comité Técnico-Científico
Colegio de Postgraduados

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



DR. JORGE CADENA IÑIGUEZ

ABRIL - JUNIO 2011, AÑO 4 / NÚMERO 2.

En este número te presentamos nuevos aportes de investigación acerca del cacao, vainilla, papaya y rambután. Las dos primeras son especies emblemáticas de las culturas Maya y Totonaca que jugaron un papel relevante en la formación e identidad cultural de estas etnias mesoamericanas y que en la actualidad se encuentran en un proceso de rescate de sus variantes biológicas, rehabilitación productiva y comercial en acompañamiento con los productores. La papaya especie neotropical de domesticación más tardía que las anteriores con énfasis en el manejo ecológico mediante el uso de biofertilizantes a base de microorganismos, y finalmente el rambután de origen asiático introducido a México en la década de los cincuentas, se presentan los primeros trabajos de fisiología postcosecha realizados a los materiales biológicos adaptados exitosamente en la región del Soconusco. Esperamos que la información sea de interés. La invitación para recibir sus contribuciones sigue abierta.

Gracias.

Jorge Cadena Iñiguez

DIRECTOR DE AGROPRODUCTIVIDAD

Colaboradores

GERMINACIÓN DE SEMILLA Y OBTENCIÓN DE PLÁNTULAS DE *Vanilla Planifolia* ANDREWS EN CONDICIONES *IN VITRO*
M. J. Torres-González, J. F. Aguirre-Medina, L. Iracheta-Donjuan Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Coyoacán, D.F. México CP 04010. e-mail: aguirre.juan@inifap.gob.mx

EL RAMBUTÁN (*Nephelium lappaceum*) UN CULTIVO CON AMPLIO POTENCIAL DE EXPLOTACION, EN EL SUR DE MÉXICO
Avenidaño-Arrazate C.H y Sandoval-Esquivel A. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Coyoacán, D.F. México CP 04010. Arévalo-Galarza L. y Caballero-Pérez, J.F. Línea Prioritaria de Investigación en Inocuidad, Calidad de Alimentos y Bioseguridad (LP17) del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo México CP 56230. Autor responsable e-mail: larevalo@colpos.mx

EL MUNDO DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) KAWA(Maya) CACAHUATL(Nahuatl) Mendoza-López A., R. A. Gallardo-Méndez, y C. H. Avenidaño-Arrazate. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México, Av. Progreso No. 5. Santa Catarina, Coyoacán, D.F. CP. 04010 México.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MICORRIZAS EN LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE PAPAYA MARADOL (*carica papaya*) M. V. Vázquez-Hernández*, M. L. Arévalo-Galarza, D. Jaén-Contreras Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5 Carretera México-Tezcoco C.P. 56230, Tezcoco, Estado de México. *Autor responsable e-mail: marcos_vh@colpos.mx J. L. Escamilla-García Escuela de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Apatzingán, Michoacán.



GERMINACIÓN DE SEMILLA Y OBTENCIÓN DE PLÁNTULAS DE *Vanilla planifolia* Andrews EN CONDICIONES *in vitro*

M. J. Torres-González, J. F. Aguirre-Medina, L. Iracheta-Donjuan

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

e-mail: aguirre.juan@inifap.gob.mx

RESUMEN

La vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews) es una especie de gran importancia en las culturas de Mesoamérica y en la actualidad ha recobrado el interés de los mercados internacionales por su uso en la industria alimentaria. Una de las limitantes en su propagación sexual es la baja germinación de la semilla, lo cual ha popularizado la multiplicación vegetativa con bajos índices de variación genética. En esta investigación se reporta el uso de diferentes medios (Yesuda y MS) de cultivo para propagación *in vitro*, para evaluar la germinación y formación de plantas en condiciones asimbióticas de semilla botánica de vainilla, aplicando dos variables de fotoperiodo. Los resultados indican que los nutrientes presentes en el medio de cultivo Yesuda a 10% en condiciones de incubación de fotoperiodo de 12 horas son más eficientes para la germinación de semillas de vainilla en un período más corto, en comparación con la respuesta observada en los otros tratamientos.

Palabras clave: germinación, asimbiótica, vainilla

INTRODUCCIÓN

La vainilla (*Vanilla spp.*) (Orquidaceae) es originaria de México y fue domesticada por la cultura totonaca en el estado de Veracruz; fue un aromático muy apreciado en las sociedades mesoamericanas precolombinas. En México existen pocas plantaciones y personas que se dedican a este cultivo a gran escala, y la demanda de este producto como saborizante se ha incrementado recientemente. Su distribución actual incluye plantaciones en Islas del Océano Índico, como La Reunión, Mauricio, Madagascar, Comoras, así como en Jamaica y otras Islas Occidentales (Havkin-Frenkel, 2007). Es un cultivo de alta rentabilidad en comparación con otros importantes de la zona tropical húmeda, como los cítricos (*Citrus spp.*) y el plátano (*Musa spp.*). El incremento de la producción, además de reducir las importaciones de vainilla y los sustitutos, permitiría su exportación y con ello captación de divisas para el país. En la producción comercial se cultivan solamente tres variedades: *Vanilla planifolia* Andrews o *Vanilla fragans* Salisbury, *Vanilla pompona* Schiede y *Vanilla tahitensis* Moore (Figura 1).

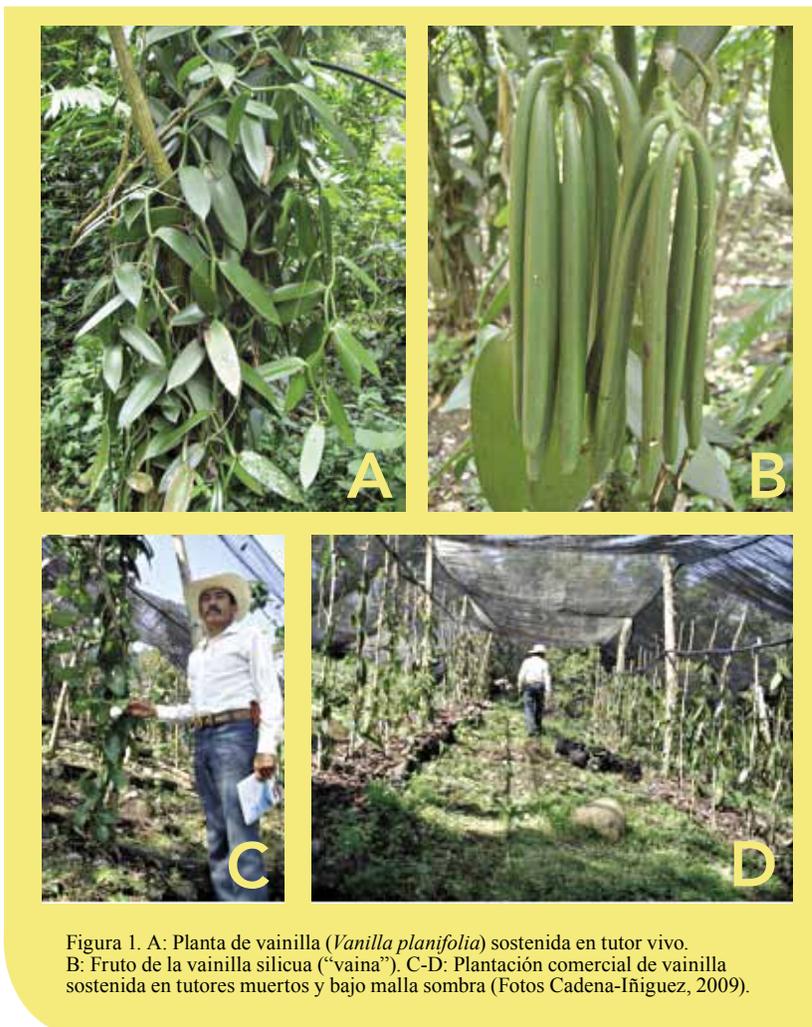


Figura 1. A: Planta de vainilla (*Vanilla planifolia*) sostenida en tutor vivo. B: Fruto de la vainilla silica (“vainá”). C-D: Plantación comercial de vainilla sostenida en tutores muertos y bajo malla sombra (Fotos Cadena-Iñiguez, 2009).

Además de las especies antes mencionadas, Soto (2003) indica la existencia de otras especies aromáticas que se cultivan localmente o se recolectan de forma silvestre, aunque no tienen alto valor económico, como es el caso de *V. pompona* en las Indias Occidentales, *V. chamissonis* Klotzsch en Brasil, *V. odorata* C. Presl. en América, *V. claviculata* (W. Wright) Sw., *Vanilla griffithii* Rehb. F., y *Vanilla abundiflora* J.J. Sm. en las Indias Occidentales y algunas regiones de Asia. Los frutos (silicuas) llamados popularmente vainas, son comercializados alrededor del mundo por su apreciable aroma. Tienen aroma característico y fuerte generado por la vainillina (Odox *et al.*, 2003).

La vainillina se utiliza principalmente en la repostería como aromatizante para pasteles, helados, dulces, chocolates y bebidas.

Es consumida por varios ramos industriales que lo utilizan como insumo para la elaboración de sus productos, como las industrias refresquera, pastelera, dulcera, galletera, así como de helados y concentrados. Además tiene utilidad en la confección de licores e incluso para el consumo casero. También se utiliza en la industria de cosméticos y perfumes. Esto la ha hecho la segunda especie más cara en el mercado mundial, junto al azafrán (Ranadivé, 1994; Abebe *et al.*, 2009). A nivel nacional los estados con producción de vainilla son Veracruz, Puebla, Oaxaca, Chiapas, Hidalgo, San Luis Potosí, Tabasco y Quintana Roo (SAGARPA, 2006). Veracruz es el principal productor con 454.08 toneladas producidas en 957.05 hectáreas en el año 2008, mientras que Chiapas obtuvo su mayor producción en 2004 con 0.8 toneladas en 50 hectáreas (SIAP, 2005).

Ante esta situación uno de los retos agronómicos en la vainilla es desarrollar tecnología sustentable para el cultivo en diferentes hábitats, además de intensificar el conocimiento relacionado con su hábito epífita de crecimiento, simbiosis micorrízica, dinámica de crecimiento y biología reproductiva (Hernández, 1997). Otras limitantes para establecer programas de mejoramiento es la baja germinación de la semilla botánica en condiciones naturales (Philip y Nainar, 1987), aunado a la baja tasa de autopolinización, limitante asociada a que la estructura floral de la vainilla presenta una barrera física llamada rostelo, la cual dificulta la polinización natural. Algunos ecotipos de *V. planifolia* en México registran tasas de autopolinización natural de entre 4-20% (Soto, 1999). En forma comercial no se usa la semilla botánica como fuente de propagación, lo cual ha generado baja variabilidad en los materiales comerciales debido principalmente a su reproducción asexual. Lo anterior repercute en demandas de incorporación de nuevos materiales biológicos, obtenidos mediante mejoramiento genético continuo, de tal forma que permiten incremento en rendimientos y adaptabilidad para ampliar su horizonte agroclimático (Alconero *et al.*, 1968).

Comercialmente la vainilla se multiplica por medios vegetativos a través de cortes de tallo o esquejes; sin embargo, es una multiplicación lenta y este método interrumpe el crecimiento de la planta madre y disminuye el rendimiento. Además, la colecta y siembra requiere de mucha mano de obra. Actualmente existen otros medios para la propagación de vainilla; entre las más usuales se encuentran la multiplicación *in vitro*. Algunos trabajos realizados al respecto se anotan en el Cuadro 1.

CUADRO 1. INVESTIGACIONES REALIZADAS ACERCA DE LA PROPAGACIÓN *IN VITRO* EN VAINILLA

Explante	Medio de cultivo	Respuesta	Referencia
Primer nudo	MS + 500 gr de caseína hidrolizada + 1 g L ⁻¹ Inositol + NAA + BA	Callos	Davidonis y Knorr (1991)
Meristemo radical	MS + 0.5 IBA + 1.0 BA	Múltiples brotes	Divakaran <i>et al.</i> (1996)
Nudo	WPM + 1 BAP	Múltiples brotes	Ganesh <i>et al.</i> (1996)
	MS	Raíces	George y Ravishankar (1997)
Yemas axilares	MS + 1 NAA + 2 BA	Múltiples brotes	Mary <i>et al.</i> (1999)
	½ MS + 2 g L ⁻¹ Carbón activado	Raíces	Pett y Kembu (1999)
Vainas	½ MS + 1 NAA + 1 – 2 BAP	Múltiples brotes	Mathew <i>et al.</i> (2000)
Puntas apicales, nudo	MS + 1 BAP	Múltiples brotes	Giridhar <i>et al.</i> (2001)
Puntas apicales, nudo	N69 + 0.5 BAP + 0.05 D- Biotina + 0.5 Ácido fólico	Múltiples brotes	Giridhar <i>et al.</i> (2003)
Nudo	MS + 2 IBA	Múltiples brotes	George y Ravishankar (2004)

Como puede apreciarse, los principales explantes utilizados son nodos, ápices y yemas axilares, con que varían desde la formación de callos y raíces, hasta la formación de brotes múltiples.

Este método de propagación clonal *in vitro* es útil cuando la producción de semilla y su germinación es baja. No obstante, si se compara este método con las técnicas de germinación asimbiótica *in vitro*, la cantidad de plantas es menor que el potencial que podría brindar la germinación de millones de semillas. Por tal motivo, lograr metodologías con altos porcentajes de germinación *in vitro* es de gran importancia no sólo para la propagación de vainilla, sino para contribuir a mantener la poca variabilidad existente en la especie (Cuadro 2).

CUADRO 2. RESULTADOS SOBRE LA GERMINACIÓN DE SEMILLA BOTÁNICA DE VANILLA PLANIFOLIA EN CONDICIONES *IN VITRO*

Tratamiento	Medio de cultivo	Respuesta	Referencia
Cultivo de semillas inmaduras escarificadas con ácido clorhídrico. Siembra efectuada en 10, 24, 40 50, 65 y 80 días después de polinización	Murasige-Skoog (MS)	Germinación ocurrida entre 101 y 108 días después de siembra	Parra (1987)
Usando silicuas verdes inmaduras.	Medio MS y Knudson	Concentraciones de 0.1 de MS y 0.5 de Knudson, indujeron germinación (4.72-3.21) entre 90 y 100 días	García <i>et al.</i> (2004)
Usando tratamientos de escarificación con H ₂ SO ₄ y HCl en semillas	Medio MS	Se obtuvo respuesta germinativa hasta las 21 semanas después de haber sido establecidas <i>in vitro</i>	Vivar (2004)
Desinfección con alcohol etílico al 70 % (1min) e hipoclorito de sodio 3 % por 10 minutos.	Medio MS adicionado con 0.05 mgL ⁻¹ de ANA, 0.1 mgL ⁻¹ de BAP.	Obtuvo respuesta de germinación en 72 días con promedio de 5.7 semillas germinadas por unidad experimental	León (2006)

Como puede apreciarse, la germinación fue tardada y variable, dependiendo de los tratamientos, o bien, bajo porcentaje de germinación. Con estos antecedentes, en el Laboratorio de Biotecnología (CERI-INIFAP) se han realizado diversos trabajos sobre la germinación *in vitro* de semilla botánica de vainilla (*Vanilla planifolia* Andrews), con el fin de definir otra alternativa para acelerar y elevar el porcentaje de germinación y su propagación con fines de mejoramiento genético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron dos medios de cultivo a diferentes concentraciones de sales inorgánicas. Las silicuas (vainas) maduras aún sin dehiscencia fueron recolectadas en la zona de Tuxtla Chico, Chiapas; fueron desinfectadas con flameo de alcohol al 96% por 30 segundos e hipoclorito de sodio (cloro comercial al 10%) por 15 minutos. Las semillas asépticas fueron colocadas en medios de cultivo MS (Murashige y Skoog, 1992), y Yasuda y Yamaguchi (1985), en concentraciones de 10, 50 y 100% (Figura 2). Las condiciones de incubación fueron fotoperiodo de 12 horas luz (50 µE.m².s⁻¹) y oscuridad completa a 25 ±1 °C, bajo un arreglo experimental completamente al azar con 12 tratamientos y 10 repeticiones; cada repetición fue una caja petri con aproximadamente 600 semillas. Se aplicó comparación de medias mediante la prueba de Tukey (0.05).

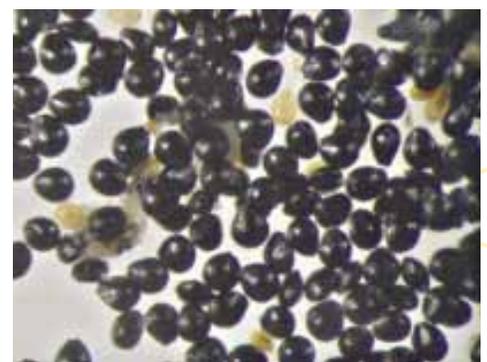


Figura 2. Corte longitudinal de la silicua y semilla de *Vanilla planifolia*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que los medios de cultivo fueron susceptibles a contaminación. El medio de cultivo que presentó menor contaminación en sus tratamientos fue Yasuda (Figura 3A).

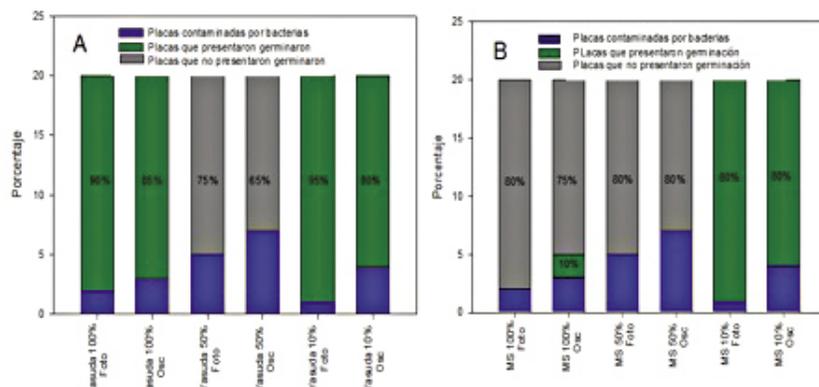


Figura 3. Porcentajes de germinación y contaminación de vainilla en diferentes tratamientos *in vitro*. A: Respuesta de semillas en diferentes concentraciones del medio Yasuda, B: Respuesta de semillas a diferentes concentraciones en medio MS.

Las semillas de vainilla en los tratamientos con medio Yasuda al 10% en condiciones de fotoperíodo presentaron la mayor germinación en 13 semanas de incubación (Figuras 4 y 5).

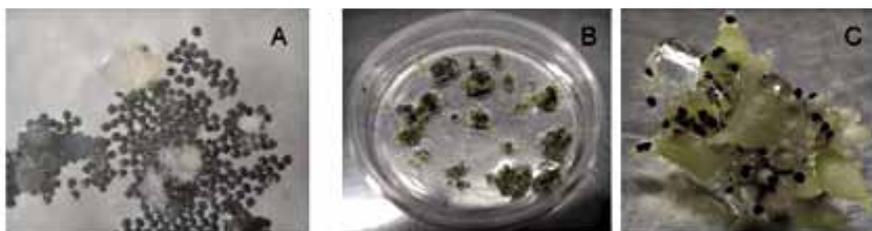


Figura 4. Germinación de semilla de *Vanilla planifolia* y formación de plántulas en diferentes tratamientos del medio Yasuda. A: semillas a 5 semanas de incubación. B-C: semillas a 10 semanas de incubación.

Por otra parte, los tratamientos con el medio Yasuda al 100% en ambas condiciones de incubación (fotoperíodo y oscuridad) presentaron rápida respuesta de germinación a los 21 días, aun cuando la cantidad de plántulas obtenidas fue menor que en el medio Yasuda al 10% (Figura 5).

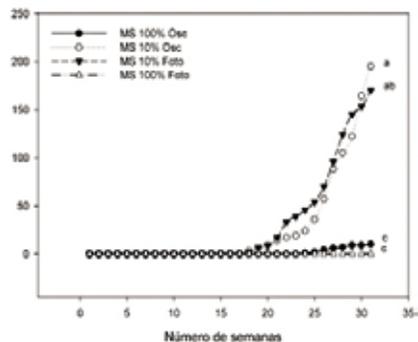


Figura 5. Respuesta de germinación y formación de plántulas en semillas de *Vanilla planifolia* a diferentes concentraciones del medio Yasuda, y dos condiciones de fotoperíodo. Valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí de acuerdo con la DHS de Tukey ($P \leq 0.05$).

Los tratamientos en medio MS al 100% indujeron una baja respuesta de germinación no mayor al 10%, mientras que los tratamientos con sales MS al 10% en ambas condiciones de incubación (fotoperíodo y oscuridad) presentaron hasta 80% de germinación a las 21 semanas (Figura 6 y 7).

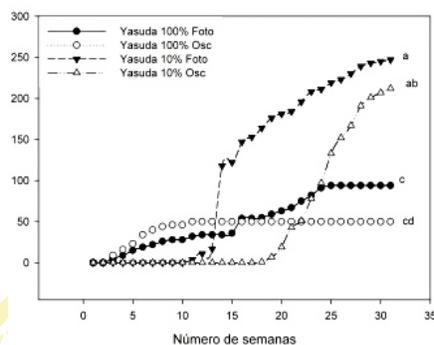


Figura 6. Respuesta de germinación y formación de plántulas en las semillas de *Vanilla planifolia* a diferentes tratamientos en medio MS. Valores con la misma letra no son significativamente diferentes entre sí de acuerdo con la DHS de Tukey ($P \leq 0.05$).



Figura 7. Germinación y formación de plántulas en las semillas de *Vanilla planifolia* a diferentes tratamientos en medio MS. A-B: semillas a 20 semanas. C: semillas a las 20 y 25 semanas de incubación.

De igual forma, esta concentración de sales MS generó una mayor formación de plántulas (Figura 7), lo que hace que estos tratamientos requieran de más tiempo para la obtención de plántulas. Al comparar la respuesta de crecimiento en ambos medios de cultivo, el tratamiento con mayor crecimiento fue el medio Yasuda 10% en condiciones de fotoperiodo, ya que la respuesta de las semillas se observó en las 13 semanas con el mayor porcentaje de germinación y producción de plántulas. Adicionalmente, al colocarlas en un medio para su multiplicación, las semillas germinadas presentaron una mayor capacidad para la formación de mayor cantidad de masas con crecimiento de protocormos (Figura 8A y B). Así, al ser separadas y crecidas en un medio con carbón activado, fueron capaces de generar plántulas con raíces que, después de aclimatarse por periodos de entre 5 y 10 días en invernadero, produjeron plantas normales (Figura 8C).

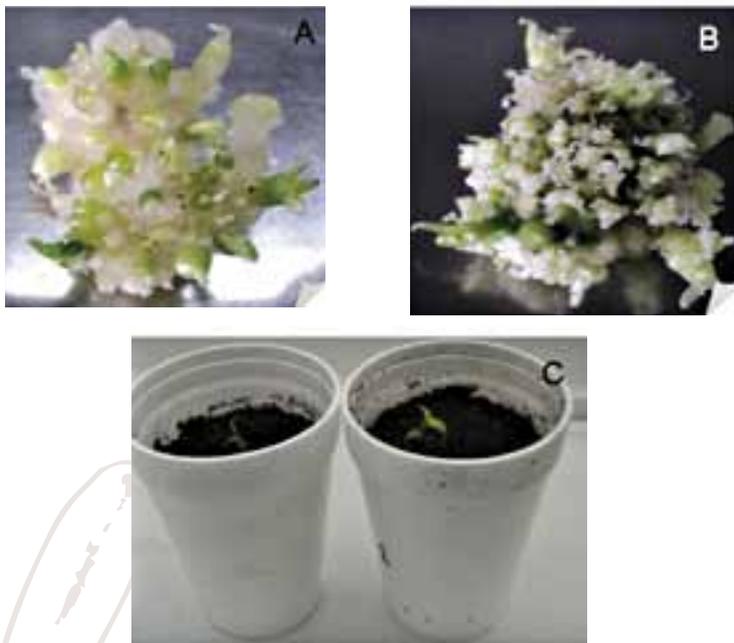


Figura 8. Producción de masas de protocormos y plántulas. A-B: masas de protocormos en medio Yasuda a 25-30 semanas de incubación. C: plántulas formadas después del periodo de aclimatación.

CONCLUSIONES

Los nutrientes presentes en el medio de cultivo Yasuda al 10% en condiciones de incubación de fotoperiodo (12 horas) presentaron mayor efectividad en la germinación de semillas de vainilla en un período de tiempo más corto, en comparación con la respuesta observada en los otros tratamientos.

- Alconero R, E. G. Stone, and J. R. Cairns. 1968. Intensive cultivation of vanilla in Uganda. *Agronomy Journal*. 65: 44-46.
- Abebe Z., M. Ayelign, T. Alemayehu, and T. Wondyfraw. 2009. Efficient *in vitro* multiplication protocol for *Vanilla planifolia* using nodal explants in Ethiopia. *African Journal of Biotechnology* Vol. 8 (24) 6817-6821.
- Davidonis G., and D. Knorr. 1991. Callus formation and shoot regeneration in *Vanilla planifolia*. *Food Biotech.* 5:59-66.
- Divakaran N., A. Sajina, K. N. Babu, and P. N. Ravindran. 1996. Ovule culture of vanilla and its potential in crop improvement. *Proceedings of the National Seminar on Biotechnology of spices and Aromatics plants*, April, 24-25, Calicut India. pp: 112-118.
- FAO. <http://apps.fao.org/faostat> Consulta de bases de datos de producción mundial y comercio internacional de Vainilla.
- Ganesh D. S., H. L. Sreenath, and G. Jayashree. 1996. Micropropagation of vanilla through node culture. *J. Plantation Crops* 24: 16-22.
- García S., H. Sagastume, y L. Molina 2004. Evaluación de Medios de Cultivo para la Germinación y Desarrollo de Plántulas de Vainilla (*Vanilla planifolia* Jackson) *in vitro*. Tesis para la obtención de título de Ingeniero Agrónomo. Guatemala. CIAT.
- George P. S., and G. A. Ravishankar. 1997. *In vitro* multiplication *Vanilla planifolia* using auxillary bud explants. *Plant Cell Rep.* 16: 490-494.
- George P. S., and G. A. Ravishankar. 2004. Efficient micropropagation of *Vanilla planifolia* Andrews, under the influence of thidiazuron, zeatin and coconut milk. *Indian J. Biotechnol.* 3: 113-118.
- Giridhar P., B. O. Reddy, and G. A. Ravishankar. 2001. Silver nitrate influences *in vitro* shoot multiplication and root formation in *Vanilla planifolia* Andrews. *Curr. Sci.*, 81: 1166-1170.
- Giridhar P., D. V. Ramu, and G. A. Ravishankar. 2003. Phenyl acetic acid-induced *in vitro* shoot multiplication of *Vanilla planifolia*. *Trop. Sci.*, 43:92-95.
- Havkin-Frenkel D. 2007. Vanilla-The food of the Gods. *Agrofood industry hi-tech 60 Flavours*. Año 18 No. 1.
- Mary S., L. Thomas, R. V. Nair, and V. K. Mallika. 1999. *In vitro* seed culture of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews.) *J. Plant. Crops* 27:13-21.
- Mathew K.M., Y. S. Rao, G. L. George, R. Lakshmanan, and K. J. Madhusoodanan. 2000. *In vitro* propagation of *Vanilla tahitensis* Moore. *J. Spices Aromatic Crops*, 9:171-173.
- Murashige T., F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15:473-497.
- Odoux, E., J. Escoute, J. L. Verdeil, and J. M. Brillouet. 2003. Localization of-D- Glucosidase Activity and Glucovanillin in Vanilla Bean (*Vanilla planifolia* Andrews). *Annals of Botany* 92: 437-444.
- Parra O. R. A. 1987. Cultivo *in vitro* y anatomía de óvulos de *Vanilla planifolia* Andrews. Colegio de Postgraduados, Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Centro de Fruticultura, Chapingo, México.
- Pett B., and A. B.Kembu. 1999. Factors influencing vanilla mass propagation *in vitro*. *Prap Rep. Pacific Regional Agric. Program.* 7:13-15.
- Phillip V.J., and S.A.Z. Nainar. 1987. Structural changes Turing the *in vitro* germination of *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). *Annals of Botany* 61: 139-145.
- Ranadive A. S. 1994. *Vanilla-Cultivation, Curing, Chemistry, Technology, and Commercial Products*, Spices, Herbs, and Edible Fungi; Charalambous, F. (ed). Elsevier Science B.V. Amsterdam. pp: 517-576.
- SAGARPA. 2006. Sistema producto Vainilla 2006. Logros y perspectivas de la vainilla en México. <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/info/sp/ssp/vainilla.swf>
- SIAP (Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2005. SIACON, SAGARPA. Consulta de Indicadores de Producción Nacional de Vainilla 2001- 2005. www.siap.sagarpa.gob.mx.
- Soto A. M. A. 1999. Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfJ101.pdf>. Cited 31 Mar 1999
- Soto A. M. A. 2003. Vanilla. In: Pridgeon AM, Cribb PJ, Chase MW, Rasmussen FN, (eds). *Genera Orchidacearum*. Vol. 3. Orchidoideae (part two) Vanilloideae. New York: Oxford University Press. pp: 321-334.
- Vivar T. M. 2004. Proyecto de Investigación denominado Germinación y propagación de *Vanilla planifolia* (vainilla Andrews) *in vitro*. Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa.
- Yasuda T. F. Y., and T. Yamaguchi. 1985. Embryogenic callus induction from *Coffea Arabica* leaf explants by benzyladenine. *Plant Cell Physiol.* 26: 595-597.

EL RAMBUTÁN

(*Nephelium lappaceum*)

un cultivo con amplio potencial de explotación en el sur de México

Avendaño-Arrazate C.H.¹, Arévalo-Galarza L.², Sandoval-Esquivel A.,¹ Caballero-Pérez, J.F.²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Coyoacán, D.F. México CP 04010.

²Línea Prioritaria de Investigación en Inocuidad, Calidad de Alimentos y Bioseguridad (LPI-7) del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo México CP 56230. Autor responsable e-mail: larevalo@colpos.mx

RESUMEN

La producción comercial de rambután ha aumentado considerablemente en el sur de México, sustituyendo al cultivo de café en ciertas áreas marginales, lo cual ha generado demanda de materiales evaluados que respondan a las exigencias de calidad del mercado respecto a tamaño del fruto, textura del arilo, dulzor y color. Otro aspecto considerado en la calidad del fruto y que no ha sido utilizado en evaluación de cultivares es la susceptibilidad a la oxidación o pardeamiento, determinante en la vida de anaquel. En este trabajo se evaluaron las características de calidad postcosecha de 20 selecciones de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) agrupados por color, considerando variables morfológicas, químicas y susceptibilidad a la oxidación, con el objetivo de proveer datos que contribuyan a la toma de decisiones para el establecimiento de huertas comerciales. Los resultados mostraron una amplia variación en las características de los frutos, tales como el peso, en un rango de 17.4 a 44.96 g, pérdidas de peso a los siete días después de cosecha de entre 20.6-36.9 %, a 28 °C, y 79% HR, resaltando el hecho de que los frutos con pericarpio más grueso fueron los de menor pérdida de peso durante el almacenamiento, además de que el número de espiternos del fruto no mostró relación directa con la susceptibilidad a la oxidación del mismo.

Palabras clave: arilo, espiternos, pérdida de peso, rambután.

INTRODUCCIÓN

El fruto del rambután (*Nephelium lappaceum* L.) pertenece a la familia Sapindaceae; se distingue por su color brillante y presencia de protuberancias llamadas espiternos. La especie es originaria de Malasia e Indonesia. La producción mundial de rambután en 2001 se estimó en 1.2 millones de toneladas, siendo Tailandia el primer productor con valores estimados en 700 000 toneladas (FAO, 2004). Otras especies igualmente importantes de esta familia botánica son el litchi (*Litchi sinensis*), el pulasán (*Nephelium mutabile* Blume) y el longan (*Dimocarpus longan*) (Figura 1).



Figura 1. Frutos de litchi (*Litchi sinensis*), pulasán (*Nephelium mutabile* Blume) y longan (*Dimocarpus longan*) de la familia Sapindaceae.

En México el cultivo de rambután fue introducido al estado de Chiapas en la región del Soconusco entre los años 1950 y 1960, y a partir de ese momento se generó material vegetal propagado por semilla. En esta región la especie es cada vez más conocida y actualmente se cultivan más de 200 ha de plantaciones comerciales, y en condiciones de traspatio se considera que pueden existir aproximadamente 50,000 árboles en producción (Pérez y Jürgen, 2004) ubicados en áreas de entre 100 y 700 m, lo cual ha permitido una diversificación productiva y económica (Caballero *et al.* 2011) (Figura 2).



Figura 2. Frutos de Rambután (*Nephelium lappaceum*) de la familia botánica Sapindaceae, originario de Malasia e introducido al Soconusco, Chiapas, México.

Para esta especie existen, a nivel mundial, diferentes materiales reportados con diferentes grados de mejoramiento y evaluación; por ejemplo, en Malasia se cuenta con las selecciones R-134 y R-162; en Singapur, el cultivar (cv.) “Jitlee”; en Tailandia, el cv. Rongrien (Lye *et al.* 1987); y en Australia, los R-134 y R-167 (Watson, 1988). En los lugares de origen geográfico la selección se ha realizado con base en características de producción y del fruto como forma, tamaño, color del pericarpio y textura del arilo, además de contenido de azúcares, sólidos solubles totales y acidez titulable (Tindall, 1994; Lam y Kosiyachinda, 1987).

En la región del Soconusco, Chiapas, México, la demanda de material biológico para establecer huertos comerciales se ha visto incrementada en los últimos diez años, poniendo a consideración la necesidad de realizar evaluación de selecciones procedentes de los materiales introducidos en la década de los cincuenta, ya que la propagación inicial fue a partir de semilla, mostrando alta variabilidad principalmente en características del fruto tales como tamaño, peso fresco y proporción de arilo-semilla al momento de su cosecha. Con base en lo anterior, y aunado al hecho de no contar con reportes de caracterización sobre variables de calidad de fruto para los materiales biológicos actuales, el objetivo de este trabajo fue documentar la variabilidad morfológica y fisiológica de 20 selecciones que se cultivan en la región del Soconusco que permitieran identificar las características que sustenten la toma de decisiones respecto a la propagación de los materiales más prometedores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se usaron frutos frescos de 20 selecciones de rambután cosechados en estado de madurez de consumo (80 a 90% de color) en diferentes zonas de la región del Soconusco, Chiapas (Cuadro 1), agrupándolos por el color del fruto para realizar el análisis de sus características (Figura 3).

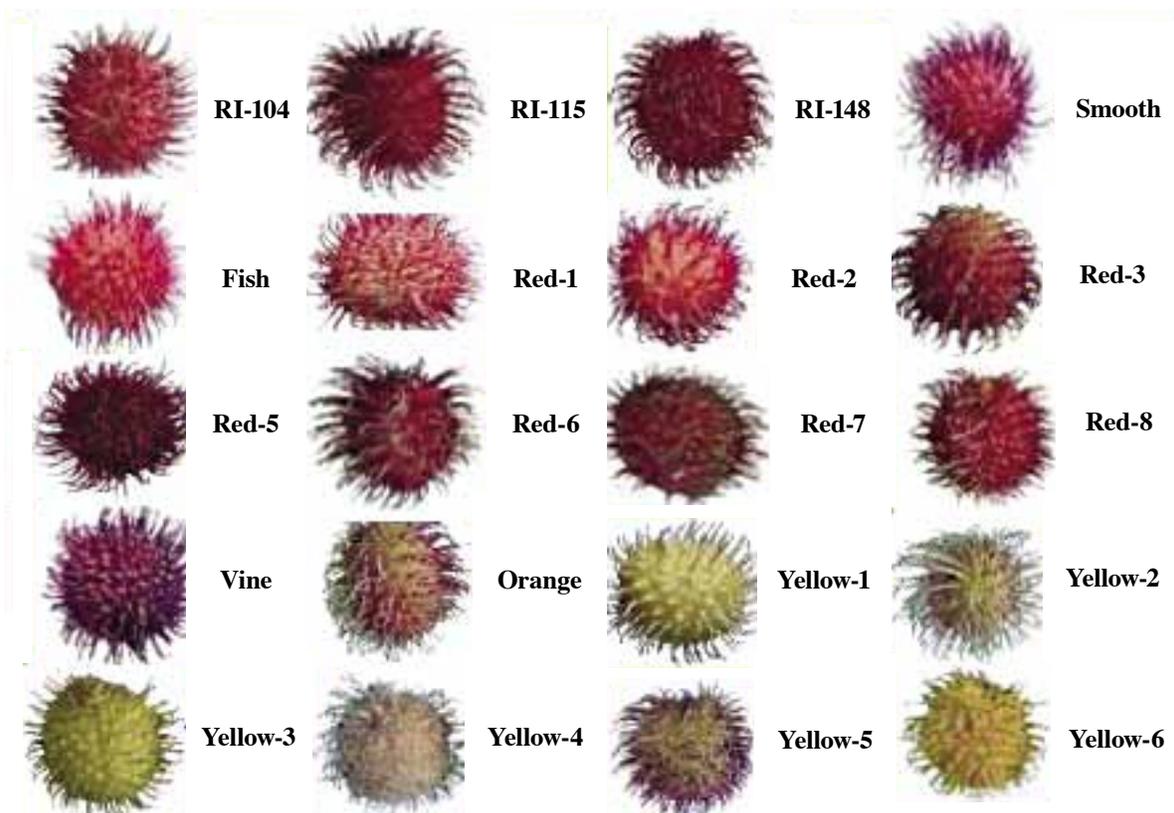


Figura 3. Denominación comercial y color característico del fruto de las 20 selecciones de rambután evaluadas.

RAMBUTÁN

CUADRO 1. PROCEDENCIA DE LAS SELECCIONES DE RAMBUTÁN (*Nephelium lappaceum* L.) EVALUADAS EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS, MÉXICO.

Selección	Fruto	Localidad	Municipio	Altitud (m)	(°C) y HR (%)
RI-104		Rosario Izapa	Tuxtla Chico	435	22.9 /75.4
RI-115		Rosario Izapa	Tuxtla Chico	435	22.9/75.4
RI-148		Rosario Izapa	Tuxtla Chico	435	22.9/75.4
Orange		Cacahoatán	Cacahoatán	480	21.0/80.0
Fish		Metapa	Metapa	44	26.1/67.8
Smooth		Metapa	Metapa	44	26.1/67.8
Vine		Metapa	Metapa	44	26.1/67.8
Red-1		Metapa	Metapa	44	26.1/67.8
Red-2		Metapa	Metapa	44	26.1/67.8
Red-3		La toma	Tuxtla chico	320	22.5/75.4
Red-5		Cacahoatán	Cacahoatán	480	21.0/80.0
Red-6		Cacahoatán	Cacahoatán	480	21.0/80.0
Red-7		Cacahoatán	Cacahoatán	480	21.0/80.0
Red-8		Rosario Izapa	Tuxtla Chico	435	22.9/75.4



Variables

A todos los frutos de las selecciones evaluadas se les consideraron variables cualitativas y cuantitativas en condiciones experimentales a 28 °C y 79% de humedad relativa (HR) en promedio.

Sabor de la pulpa: Se utilizaron 20 frutos por selección y variedad; se degustó la pulpa y se le calificó como dulce o agri dulce.

Consistencia de la pulpa: Se utilizaron 20 frutos, y de forma manual se exprimió muy suavemente la pulpa. Cuando no se desprendió jugo se le calificó como seco y cuando se desprendió como jugoso.

Desprendimiento del arilo: Se utilizaron 20 frutos y de forma manual se quitó el arilo; cuando en la semilla no se quedó parte de la pulpa se calificó con Sí y cuando en la semilla permaneció parte del arilo se calificó como No.

Pérdidas de peso: se pesaron 20 frutos por selección diariamente, de forma individual, durante el periodo de almacenamiento. Las pérdidas de peso se calcularon respecto al peso inicial de los frutos, en un periodo de siete días y se reportan en porcentaje (%).

Número y longitud de espiternos: Se determinó en un lote de 20 frutos por selección, además de medir la longitud del espiterno con un vernier digital desde la base con el pericarpio hasta la punta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El grupo de selecciones de frutos amarillos presentó pulpa agrídulce con valores de entre 11.5-16.9 °Bx, mientras que los valores para el grupo de frutos rojos osciló entre 14.3 y 13.9 °Bx, sobresaliendo las selecciones Red-2 y Red-5 con los valores más bajos. Los materiales denominados Fish, Smooth y Vine, sobresalieron con los valores más altos (18.8, 19.3 y 20.7 °Bx), lo cual a nivel comercial es equiparable con variedades procedentes de Tailandia como la 'Rong-rein' con 17.4 °Bx, el R-134 con 18.3 °Bx de Costa Rica, o el genotipo B67 con 19.5 °Bx de Brasil (Nampan *et al.*, 2006; Vargas, 2003) como parámetros de calidad.

En relación con la variación de la consistencia del arilo, entre seco y jugoso, la mayoría fue de consistencia jugosa, y no existió relación directa con el desprendimiento del arilo; sin embargo, al parecer esta característica está más relacionada con el estado de madurez del fruto que con las características propias de la selección (Cuadro 2).

Grosor del pericarpio, arilo y semilla:

Esta variable se determinó en un lote de 20 frutos por selección, midiendo el grosor del pericarpio en sección transversal desde la parte superior hasta la parte interna del fruto.

Sólidos solubles totales: Se hizo un raspado de la pulpa en 20 frutos individualmente, y con ayuda de un trozo de manta se depositó una gota del jugo en el refractómetro digital ATAGO-PALETTE PR-100 (0 a 32%). Los resultados se expresan en °Brix. Para todas las variables se realizó una comparación de medias con la prueba de Duncan ($p=0.05$) para todas las variables, por selección y por grupo, mediante el programa SAS.

Microscopía de barrido: Fragmentos de fruto de rambután (pericarpio y espiterno) se fijaron en glutaraldehído (3%) en amortiguador de fosfatos Sorensen's (0.1M pH 7.2) durante 24 h. Posteriormente, el tejido se lavó y deshidrató en una serie gradual de etanol (30-100 %). Las muestras se colocaron en una secadora (Samdri -780 A, USA) y posteriormente a una cámara de vacío para recubrirse con oro en una ionizadora (Ion Sputter JFC-1100, Jeol, Fine Coat, Japan). Las muestras se observaron en un Microscopio Electrónico de Barrido (JEOL /6390, UK) operando a 15 Kv.

Oxidación de Fruto: Se evaluó diariamente, registrando los cambios de color con evidencia fotográfica hasta la pérdida del estándar de calidad comercial.

CUADRO 2. SABOR, SÓLIDOS SOLUBLES TOTALES, CONSISTENCIA DE PULPA Y DESPRENDIMIENTO DE ARILO, DE FRUTOS DE 20 SELECCIONES DE RAMBUTÁN (*Nephelium lappaceum* L.), PROCEDENTES DEL SOCONUSCO, CHIAPAS.

Selección	Sabor	Sólidos Solubles totales (°Bx)	Consistencia de la pulpa	Desprendimiento del arilo
RI-104	Dulce	18.0	Jugosa	Si
RI-115	Dulce	17.4	Jugosa	Si
RI-148	Dulce	17.2	Seca	Si
Orange	Dulce	15.2	Jugosa	No
Fish	Dulce	18.8	Seca	Si
Smooth	Dulce	19.3	Jugosa	Si
Vine	Agrídulce	20.7	Jugosa	No
Red-1	Dulce	17.4	Seca	Si
Red-2	Dulce	14.3	Seca	Si
Red-3	Dulce	16.7	Jugosa	Si
Red-5	Agrídulce	13.9	Jugosa	No
Red-6	Agrídulce	18.6	Jugosa	No
Red-7	Agrídulce	19.4	Seca	Si
Red-8	Dulce	17.7	Seca	Si
Yellow-1	Agrídulce	15.8	Jugosa	Si
Yellow-2	Agrídulce	16.9	Jugosa	Si
Yellow-3	Agrídulce	16.6	Seca	Si
Yellow-4	Agrídulce	13.4	Seca	Si
Yellow-5	Agrídulce	11.5	Jugosa	No
Yellow-6	Agrídulce	16.7	Jugosa	Si

La Figura 4 muestra que los frutos de mayor peso (> 40 g) fueron RI-148, Red-8 y Yellow-6, mientras que los de menor peso (< 25 g) fueron Vine, Red-3, Red-5, Red-6, Yellow-2 y Yellow-3. Es interesante resaltar que los frutos que perdieron mayor peso durante el almacenamiento fueron también los de menor tamaño (Red-3, Red-5, Red-6, y Yellow-5) con valores superiores a 35% de pérdida después de siete días de la cosecha; las selecciones con menor pérdida de peso fueron Red 8, Yellow 6 y Orange, con 27.0, 27.1 y 27.2 %, respectivamente (Figura 5).

RAMBUTÁN

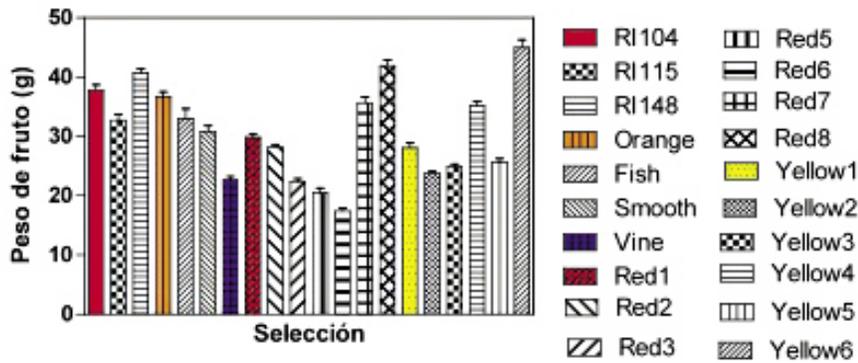


Figura 4. Peso promedio de fruto de 20 selecciones de rambután (*Nephelium lappaceum* L.) procedentes del Soconusco, Chiapas.

Aparte de estar determinada por las características genéticas de la selección o variedad, la calidad del fruto está influenciada por las prácticas culturales y las condiciones ambientales. Por ejemplo, existe una correlación entre el tamaño del árbol y el fruto: el árbol, entre más grande, tiende a producir frutos más grandes (Vanderliden *et al.*, 2005). Se ha reportado que las pérdidas de peso ocurren principalmente a través de los espiternos, pues se tiene una superficie cinco veces mayor que el resto del fruto (Pantastico *et al.*, 1975), además de encontrar una gran cantidad de estomas permanentemente abiertas que permiten la pérdida de agua sin control (Figura 5).

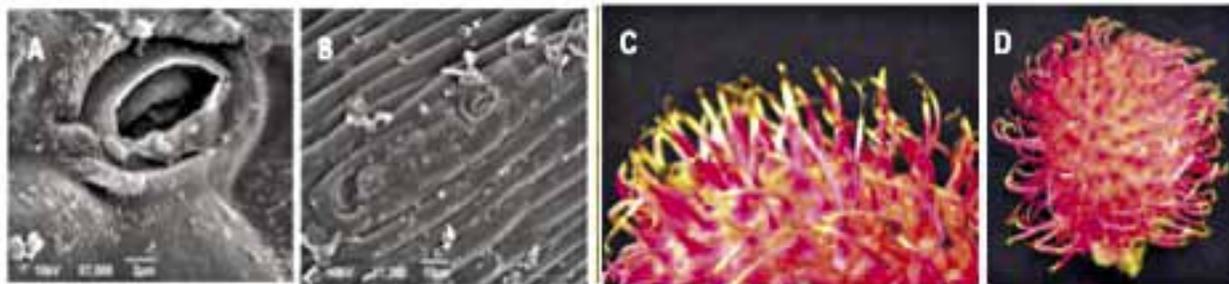


Figura 5. Microfotografías de la superficie del espiterno de frutos de *Nephelium lappaceum* *in situ*. A: Estoma abierto, B: Estomas abiertos y capas de cera en la base del espiterno a 7000X y 1300X respectivamente. C-D: Detalle de los espiternos.

Landrigan *et al.* (1994) reportan una densidad estomática en el cv. Jit-Lee at de 50-70 estomas.mm⁻² por espiterno; sin embargo, existe diferencia en la cantidad de estomas entre el cuerpo del espiterno y la base de éste; por ejemplo, en el cv. Seechompoo se reportan entre 94-218 y 138-210 estomas.mm⁻² por espiterno y en su base, respectivamente, mientras que en el cv. Rongrien se anotan entre 47-97 y 89-156 estomas.mm⁻² en la misma posición (Yingsanga *et al.*, 2006); por tanto, se sugiere que los estomas de los espiternos puede ser el factor determinante que explica los valores de pérdida de agua del fruto.

En el Cuadro 3 se observan las características del espiterno; por ejemplo, las selecciones Yellow-2 y Smooth tienen espiternos de mayor longitud (19.0 y 17.1 mm respectivamente), mientras que los de Yellow-3 son menores, con 8.4 mm. En lo que concierne al grosor del pericarpio se observó que Fish y

Yellow-6 tuvieron el mayor grosor, con 5.1 y 4.5 mm, mientras que los de menor grosor fueron Red-3, Red-5, Red-6 y Yellow-2 con valores de 2.8, 3.4, 2.7 y 2.4 mm, respectivamente. En este sentido es importante resaltar que existe una relación inversa entre la pérdida de peso y el grosor del pericarpio, ya que las selecciones con menor grosor tuvieron pérdidas de peso mayores. Finalmente, en lo que se refiere al número de espiternos, los que mostraron la mayor cantidad fueron Smooth y Orange con 370 y 350.8, mientras que los de menor densidad fueron Red-3, Red-6 y Yellow-3 con 222.2, 250.2 y 202.8; sin embargo, algunos de estos frutos con menor número de espiternos estuvieron entre los que perdieron más peso. Por lo anterior, se presume que la tasa de pérdida de peso en fruto parece ser mayormente afectado por el grosor del pericarpio y el número de estomas en el espiterno que por el número y longitud de éste último.

CUADRO 3. PÉRDIDA DE PESO Y MORFOMETRÍA DE FRUTOS DE 20 SELECCIONES DE RAMBUTÁN (*Nephelium lappaceum* L.), PROCEDENTES DEL SOCONUSCO, CHIAPAS.

Selección	Pérdida de peso (%)	Longitud espiterno (mm)	Grosor pericarpio (mm)	Número de espiternos
RI-104	28.0 ef	11.8 fgh	4.3 bc	332.2 bc
RI-115	30.8 c	15.7 bc	3.8 bcde	337.2 b
RI-148	27.9 ef	13.5 def	3.6 cde	334.8 b
Orange	27.2 f	14.6 cde	3.8 bcde	350.8 ab
Fish	29.4 cde	11.9 fgh	5.1 a	259.6 f
Smooth	30.3 cd	17.1 b	3.2 efg	370.0 a
Vine	31.4 c	11.9 fgh	3.3 def	248.0 f
Red-1	29.7 cde	12.9 ef	3.4 def	256.8 f
Red-2	28.0 ef	13.4 def	4.0 bcd	254.6 f
Red-3	35.8 ab	11.0 ghi	2.8 fg	222.2 h
Red-5	37.4 a	13.0 ef	3.4 def	270.4 ef
Red-6	35.8 ab	11.7 fgh	2.7 fg	250.2 f
Red-7	29.5 cde	12.7 fg	3.4 def	270.0 ef
Red-8	27.0 f	12.6 fg	4.3 bc	291.2 de
Yellow-1	29.8 cde	9.9 ij	3.8 bcde	252.2 f
Yellow-2	34.1 b	19.0 a	2.4 g	304.8 cd
Yellow-3	31.5 c	8.4 j	3.3 def	202.8 h
Yellow-4	28.4 def	15.0 cd	3.8 bcde	306.4 cd
Yellow-5	35.6 ab	10.8 hi	3.9 bcde	270.8 ef
Yellow-6	27.1 f	12.2 fgh	4.5 ab	263.2 f

∧: Letras diferentes en una misma columna, son estadísticamente diferentes con Duncan ($p \leq 0.05$). $n=20$, en el caso de número de espiternos $n=5$ por cada fruto.

En cuanto a la agrupación por color de los frutos, en el Cuadro 4 se muestra que la selección Orange es la que tiene menor pérdida de peso y mayor longitud, número de espiternos y peso de semilla; sin embargo, no existieron diferencias significativas entre los grupos rojo, amarillo y vino en las mismas variables. Asimismo, no se observó diferencia estadística por color en relación con el grosor de pericarpio y el grosor de semilla (Figura 6). En el caso del grosor de arilo las selecciones naranja y vino fueron las de mayor valor; finalmente, en cuanto al contenido de sólidos solubles totales, las selecciones agrupadas en el color vino fueron las de mayor contenido de SST (19.58 °Bx).



Figura 6. Características del arilo de algunas selecciones de rambutan (*Nephelium lappaceum*)

CUADRO 4. PÉRDIDA DE PESO, SST, Y MORFOMETRÍA DE FRUTOS DE POR GRUPO DE 20 SELECCIONES DE RAMBUTÁN (*Nephelium lappaceum* L.), PROCEDENTES DEL SOCONUSCO, CHIAPAS, MÉXICO.

	Pérdida de peso (%)	Longitud de espiterno (mm)	Número de espiternos	Peso de semilla (g)
Naranja	20.93 bx	14.59 a	350.8 a	2.43 a
Rojo	27.06 a	12.82 b	281.9 b	1.96 bc
Amarillo	26.83 a	12.54 b	266.7 b	2.13 bc
Vino	25.59 a	13.37 ab	292.5 b	1.9 c
	Grosor de pericarpio (mm)	Grosor de arilo (mm)	Diámetro transversal semilla (mm)	Sólidos solubles totales (°Bx)
Naranja	3.84 ax	7.11 a	9.09 ab	15.18 c
Rojo	3.53 a	6.69 b	9.32 ab	17.03 b
Amarillo	3.61 a	6.79 b	9.74 ab	15.15 c
Vino	3.85 a	6.42 ab	8.82 b	19.58 a

^x: Letras diferentes en una misma columna, son estadísticamente diferentes con Duncan ($p \leq 0.05$). $n=20$, en el caso de número de espiternos $n=5$ por cada fruto.

En relación con el proceso oxidativo de los frutos, las selecciones Red-5 y Red-6 presentaron evidente deshidratación de los espiternos y pericarpio al cuarto día después de la cosecha, mientras que en Red-3 fue al quinto día. Aunque el cv. Smooth mostró altas pérdidas de peso, la oxidación del fruto se hizo más evidente al sexto día y las selecciones Yellow-2, Yellow-4 y Yellow-5 fueron las de mayor pérdida de peso, con valores superiores a 30%, lo cual provocó que el oscurecimiento del fruto se hiciera más notorio a partir del quinto y sexto día (Figura 7 y 8).



Figura 7. Proceso de oxidación del fruto después de cosecha de 20 selecciones de rambután (*Nephelium lappaceum* L.), procedentes del Soconusco, Chiapas, México.

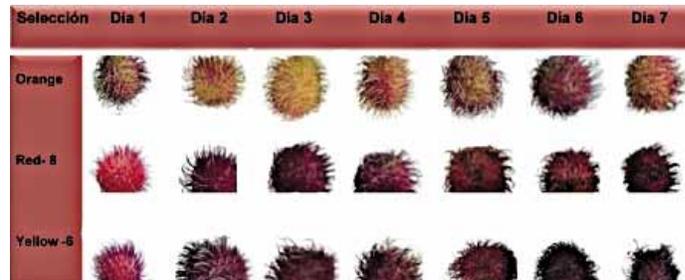


Figura 8. Proceso de oxidación del fruto después de cosecha de 20 selecciones de rambután (*Nephelium lappaceum* L.), procedentes del Soconusco, Chiapas, México.

La presencia de espiternos provoca la deshidratación y oxidación rápida del fruto, tornándolo de rojo-amarillo a café-negro, limitando su vida postcosecha y reduciendo considerablemente su valor comercial.

En este sentido es muy importante establecer que las condiciones ambientales del Soconusco, región en donde se cultiva el rambután, se caracteriza por baja altura (44-480 m) y alta humedad relativa (70-90 %), lo cual afecta significativamente la funcionalidad de los estomas ya que al carecer del estímulo para la apertura y el cierre, debido al bajo índice de la diferencia de presión de vapor de agua (DPV), pierden la capacidad selectiva y permanecen abiertos. Lo anterior resulta negativo una vez que el fruto es cosechado y transportado a condiciones de menor humedad relativa, lo cual sugiere que el oscurecimiento pudiera reducirse si se lograra mantener los frutos en alta humedad relativa después de la cosecha.

CONCLUSIONES

Las características que hacen atractivo al rambután son el color rojo brillante o amarillo de la piel y la presencia de espiternos. El sabor en la mayoría de las selecciones es jugoso variando entre lo dulce y lo agri dulce. Los resultados indican que mayor grosor del pericarpio resulta en menor susceptibilidad a la oxidación siendo las selecciones Orange, Yellow-6 y Red-8 las menos susceptibles. El mayor número de espiternos no se relacionó con la pérdida de peso, sino al parecer es más atribuible a la densidad estomática de cada material. Lo anterior sugiere cualidades y desventajas de las selecciones que se deseen multiplicar de forma masiva para huertos comerciales en el mediano plazo.

LITERATURA CITADA

- Caballero-Pérez, J. F., L. Arévalo-Galarza, C. H. Avendaño-Arrazate, J. Cadena-Íñiguez, G. Valdovinos-Ponce, y J. F. Aguirre-Medina. 2011. Cambios físicos y bioquímicos durante el desarrollo y senescencia de frutos de rambután (*Nephelium lappaceum* L.). Revista Chapingo Serie Horticultura 17(1): 31-38.
- FAO (Food and Agricultural Organization). 2004. Compendio sobre las frutas tropicales. Dirección de Productos Básicos y Comercio. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 16 p.
- Lam, P. F., and S. Kosiyachinda, (eds). 1987. Rambutan: Fruit Development, Postharvest Physiology and Marketing in ASEAN. ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur. 82 p.
- Landrigan, M., Y. Sarafis., S. C. Morris, and W. B. McGlasson. 1994. Structural aspects of rambutan (*Nephelium lappaceum*) fruits and their relation to postharvest browning. Journal of Horticultural Science 69: 571-579.
- Lye, T. T., L. D. S. Laksmi, P. Maspol, and S. K. Yong. 1987. Commercial rambutan cultivars in ASEAN. In: P.F. Lam and S. Kosiyachinda (eds). Rambutan: fruit development, postharvest physiology and marketing in ASEAN Food Handling Bureau, Kuala Lumpur, Malaysia. pp: 9-15.
- Nampan, K., C. Techavuthiporn, and S. Kanlayanarat. 2006. Hydrocooling improves quality and storage life of 'rong-rein' rambutan (*Nephelium lappaceum* L.). Fruit Acta Horticulturae. 712: 763-769.
- Pantastico, E. B., J. B. Pantastico, and V. B. Cosico. 1975. Some forms and functions of the fruit and vegetable epidermis. Kalikasan Philipp. J. Biol. 4: 175-197.
- Pérez, R. A., y P. A. Jürgen. 2004. Prácticas de cosecha y poscosecha del rambután en el Soconusco, Chiapas, México. Revista de Agroecología 20(3):24-26.
- Tindall, H. D. 1994. Sapindaceous fruits: botany and horticulture. Horticultural Reviews 16:143-196.
- Vanderliden, E. J. M., H. A. J. Pohlen, and M. J. J. Janssens. 2005. Culture and fruit quality of rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) in the Soconusco, Chiapas, Mexico – training experiences. Acta Horticulturae 672: 347-353.
- Vargas, A. 2003. Descripción morfológica y nutricional del fruto de rambutan (*Nephelium lappaceum*). Agronomía Mesoamericana 14(2): 201-206
- Watson, B. J. 1988. Rambutan cultivars in north Queensland. Queensland Agriculture Journal 114:37-41.
- Yingsanga, P., V. Srilaong, W. B. McGlasson, E. Kabanoff, S. Kanlayanarat, and S. Noichinda. 2006. Morphological differences associated with water loss in rambutan fruit cv. 'Rongrien' and 'See-Chompo'. Acta Horticulturae 712: 453-459.

EL MUNDO DEL CACAO

(*Theobroma cacao* L.),
KAKAW (Maya), CACAHUATL (Nahuatl)

Mendoza-López A., R. A. Gallardo-Méndez, y C. H. Avendaño-Arrazate
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. México,
Av. Progreso No. 5. Santa Catarina, Coyoacán, D.F. CP. 04010 México.

RESUMEN

Durante la época precolombina el cacao (*Theobroma cacao* L.) llegó a tener el estatus de moneda para el intercambio comercial entre los pueblos de Mesoamérica y los valles altos de México además de representar, aún en la actualidad, un importante recurso fitogenético para la agricultura y la alimentación de dichas zonas.

En este trabajo se describen brevemente algunas limitantes tecnológicas, fitosanitarias y de rendimiento que han propiciado el abandono del cultivo en regiones productoras de cacao con antecedentes precolombinos. Asimismo, se divulgan las principales acciones relacionadas con la obtención de genotipos tolerantes y de mayor rendimiento, rescate de genotipos criollos de almendra blanca, formación de jardines clonales como estrategias de reproducción masiva de yemas para la rehabilitación de huertas comerciales, mejoramiento participativo con productores, y evaluación agronómica en campo.

Palabras clave: cacao, chocolate, industria, izapeños, jardín clonal.

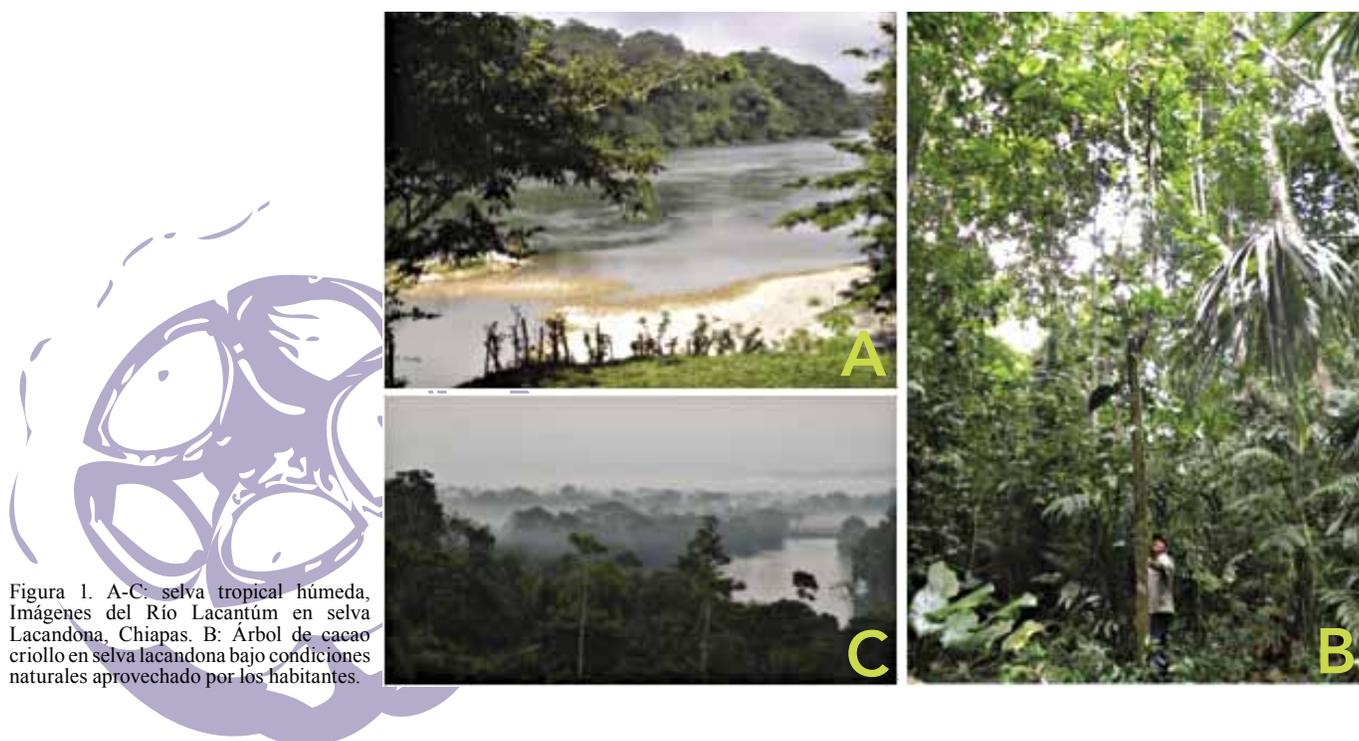
INTRODUCCIÓN

EL cacao es uno de los cultivos emblemáticos de México. Su fruto es una baya que se conoce comúnmente como mazorca. Algunas de sus semillas se seleccionan para la molienda, y a partir de éstas se obtiene la pasta que el consumidor conoce como chocolate, el cual es mezclado con endulzantes y especias aromáticas o procesado por las diferentes industrias. En Oaxaca, Puebla y otros estados de la república mexicana, las semillas son utilizadas como parte de la elaboración del mole (platillo nacional). El árbol y sus frutos, que dan origen a esta delicia de la naturaleza, ocuparon un lugar muy especial y mágico en las culturas prehispánicas.

Origen y domesticación

Es un árbol nativo de las regiones tropicales húmedas de la parte norte de América del Sur y, de acuerdo con algunos reportes, (Miranda, 1962), de América Central. Aun cuando todavía hay cierta controversia sobre su origen y domesticación, algunos autores mencionan que la especie se distribuye naturalmente hasta Mesoamérica (Pittier, 1935; Cuatrecasas, 1964; De la Cruz *et al.*, 1995; Whitkus *et al.*, 1998; Ogata *et al.*, 2006). Las evidencias arqueológicas y antropológicas que se han obtenido en Mesoamérica sugieren que no sólo fue centro de origen de plantas, sino también un importante centro de domesticación (Estrada-Lugo, 1989); sin embargo, otros autores afirman

que su distribución en Mesoamérica se debe a la intervención del hombre (Cheesman 1994; Schultes, 1984; Montamayor, 2002). En México los primeros en domesticar el cacao fueron probablemente los Olmecas (Ogata, 2007) y, posteriormente, los Mixezoqueanos, también llamados izapeños. Dicha cultura derivó de los olmecas y fue la que desarrolló el cultivo en el Soconusco (Ahora Región socioeconómica VIII en Chiapas). Se cree que los Mayas heredaron de los izapeños los conocimientos sobre el cacao (Padilla, 2003) y fueron los primeros en valorar las cualidades de la almendra (Hardy, 1960; Urquhart, 1963) (Figura 1).



A la llegada de los españoles, en 1519, la producción de *T. cacao* en México empezó a documentarse al menos desde 1531 (Del Paso y Troncoso, 1905; citado por Avendaño-Arrazate *et al.*, 2010). En estos documentos los estados de Chiapas y Tabasco eran mencionados como los principales productores de cacao, aunque “La Chinantla” (actualmente la zona de Valle Nacional y Tuxtepec, Oaxaca) también se menciona como otro importante sitio productor (De la Peña, 1953; Millon, 1955). Fueron los españoles quienes descubrieron que al agregar azúcar a las semillas molidas del cacao se obtenía una bebida más agradable al paladar. De esta forma su consumo se extendió a países europeos y a todas las regiones tropicales del mundo a partir del siglo XVI (Urquhart, 1963a) (Figura 2).



Figura 2. Manufactura del cacao en forma artesanal para elaborar chocolate

Taxonomía

El cacao es una especie diploide ($2n=20$) de ciclo vegetativo perenne (Avendaño-Arrazate *et al.*, 2010). Su clasificación taxonómica, de acuerdo a *Species Plantarum* 2: 782. 1753 es:

Reino: Plantae
Division: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Malvales
Familia: Malvaceae
Subfamilia: Byttnerioideae
Tribu: Theobromeae
Género: *Theobroma*
Especie: cacao *Theobroma cacao* L.
Subespecies: *T. cacao* subespecie *cacao* *T. cacao*
 subespecie *sphaerocarpum* *Theobroma cacao*
 es una de las 22 especies del género *Theobroma* (Hardy, 1960).

Usos principales

Las culturas prehispánicas utilizaban los granos del cacao como moneda; con ello algunas culturas pagaban tributo o lo utilizaban para la elaboración de bebidas (embriagantes y no embriagantes) para los altos mandos, o en rituales religiosos como ofrendas, además de ofrecerlos en sacrificios junto con animales. A partir de su dispersión por todas las áreas tropicales húmedas del mundo se descubrieron otros beneficios y usos, de tal manera que actualmente no sólo sirve para el consumo en forma de chocolates o golosinas, sino también como materia prima fundamental para las siguientes transformaciones: como aromatizante, ya que los granos contienen un aceite esencial que le da un sabor aromático particular; y como comestible, ya que los granos secos se muelen y tuestan para obtener la cocoa y el chocolate, productos utilizados en la fabricación de dulces, confituras, helados y bebidas.

La industria del chocolate en Europa se desarrolló a lo largo del siglo XIX. En 1828 se registró una patente para la fabricación de chocolate en polvo y se puso en venta por primera vez, en 1847; años más tarde (1876) se impulsó la fabricación del chocolate con leche.

Los granos del cacao contienen 50% de aceite, y en algunos casos alcanzan hasta 50% de linalol, ácido alifático y algunos ésteres, por lo que el cacao se utiliza también como cosmético-higiénico, al utilizarse dicha grasa para elaborar cosméticos y perfumería.

Sirve también como estimulante, ya que contiene los alcaloides teobromina (1.5-3 %) y cafeína, y como agente medicinal, ya que sus semillas, hojas y raíces contienen teobromina y cafeína, por lo que actúan como diuréticos y vasodilatadores. La grasa que contienen las semillas (manteca de cacao) se utilizan como emoliente para fabricar ungüentos y pomadas que disminuyen la resequeidad en la piel, remedio para quemaduras, caspa en el pelo, disentería, sarampión, y mordedura de serpiente. La industria de alimentos procesados es otra fuente importante de demanda de productos y subproductos del cacao.

Tipos de cacao o cultivares en el mundo

En el mundo han evolucionado tres tipos de cultivares de cacao, basados en la gran diversidad morfológica observada en Centro y Sudamérica. Cuatrecasas (1964) propuso que las poblaciones de cacao de Norte y Sudamérica se desarrollaron en dos formas separadas por el Istmo de Panamá. Ambas evolucionaron de forma independiente y son reconocidas como subespecies separadas (*T. cacao* ssp. *Cacao* y *T. cacao* ssp. *Sphaerocarpum*; Cuatrecasas, 1964). Las subespecies propuestas por Cuatrecasas corresponden a 2 grupos morfo-geográficos (Cheesman, 1944); *T. cacao* ssp. *Cacao* y *T. cacao* ssp. *Sphaerocarpum* son sinónimos para el criollo y el forastero.

El tercer grupo originado de cruces naturales (criollos y forastero) es llamado Trinitario, híbrido espontáneo generado al ir coincidiendo su cercanía, y su nombre se atribuye a su aparición en la República de Trinidad y Tobago (Figura 3).



Figura 3. Principales tipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el mundo. A: Fruto y coloración de almendra del Forastero. B: Fruto y coloración de almendra del Trinitario. C: Fruto y coloración de almendra del Criollo.

El Criollo es catalogado como el más “fino” por su aroma y sabor entre los finos. Su fruto es frecuentemente alargado, de ápice agudo, curvado y pronunciado; la textura superficial es generalmente rugosa, pericarpio delgado, marcada con diez surcos profundos; las mazorcas (frutos) van del verde al rojo o púrpura. Las semillas o almendras son grandes, gruesas, de sección transversal redonda, con cotiledones blancos a ligeramente pigmentados. De este cacao se obtiene el chocolate de más alta calidad, que dominó el mercado mundial hasta inicios del siglo XVIII, pero ha sido desplazado por su baja producción y su alta susceptibilidad a plagas y enfermedades. Sin embargo, por su poca oferta y alta calidad, en la actualidad este cacao está sobrevaluado en el mercado, hasta 20% sobre el precio regular. Wood y Lass (1985) consideran como cacaos criollos a: Criollo Mexicano, Pentagona o Lagarto (se encuentra en México y Guatemala), Criollo de Nicaragua (Cacao Real), y Criollo colombiano, los cuales representan no más de 10% de la producción mundial (Wood, 1975; Adriazola, 2003).

Tipo Forastero: Este grupo incluye poblaciones cultivadas, semi-silvestres y silvestres. Dada su alta producción domina la producción mundial, de la cual las poblaciones amelonadas (forma semiesférica) son las más extensamente plantadas (Wood y Lass, 1985). Representa 90% del cacao que se produce en el mundo; contiene un grado elevado de taninos, que es lo que le confiere el sabor amargo al chocolate, y por ello se le considera un cacao “corriente” o de baja calidad. Se caracteriza por presentar mazorcas ovoides, amelonadas, con diez surcos superficiales o poco profundos. La cáscara es lisa o ligeramente verrugosa, delgada o gruesa; las mazorcas (frutos) son de color verde, con tonos blanquecino o rosado tenue en algunas poblaciones. El pericarpio es grueso o “espeso” y difícil de cortar dado que tiene un mesocarpio fuertemente lignificado.

Tipo Trinitario: Se cultiva en todos los países donde anteriormente se cultivaron los criollos; como en México, Trinidad, Colombia y Venezuela, principalmente, y se está introduciendo en los demás países productores. Altamente variable dado su origen híbrido, se cree que surgió de los cruzamientos espontáneos de materiales criollos y forasteros. Es conocido como “cacao fino” y su sabor de excelencia puede deberse en parte a su linaje (germoplasma) criollo. Produce un cacao de calidad, aunque inferior al criollo (Wood, 1975; Adriazola, 2003). Presenta características de fruto y semillas casi similares y expresa formas intermedias de los grupos que le dieron origen.

Países productores e importadores de cacao

La Organización Internacional del Cacao (ICCO, 2008-2009), citado por Aguirre-Medina *et al.* (2010), señala que la producción mundial es de aproximadamente 3.5 millones de toneladas. Se estima que 90% de la producción mundial de cacao proviene de pequeños agricultores. Si bien existen unos 50 países que lo cultivan, el mayor volumen proviene de África del Oeste, Centro y Sudamérica, y Asia. **Los principales países productores son Costa de Marfil, Indonesia, Ghana, Nigeria, Brasil, Camerún, Ecuador y Togo, que representan en conjunto 91% de la producción mundial en almendra. México ocupa actualmente el séptimo lugar como productor mundial de cacao en almendra** (FAOSTAT, 2007 en Aguirre-Medina *et al.* (2010). Holanda y Bélgica importantes exportadores de almendra, aun cuando no son productores; es decir, estos países son reconocidos como fuentes de cacao de primera calidad, bajo el contexto de recolecta, segmentación y selección de los cacaos provenientes de varias partes del mundo, para luego ser reexportados según su calidad y características especiales. En cuanto a la exportación de grasa (“manteca”) de cacao, los principales exportadores mundiales son Holanda con 35%, Malasia 17%, Francia 13%, y Costa de Marfil 10%. México ocupa el lugar número 20 como exportador de este subproducto; sin embargo, y aun cuando es productor de cacao, no figura como un país importante en este cultivo a nivel internacional, y además cada año importa cacao, manteca y sus derivados. En cuanto a la pasta de cacao, Costa de Marfil ocupa el primer lugar con 120 mil toneladas de un total de 420 mil a nivel mundial. Otros países relevantes son Holanda, Alemania, Ghana, Francia y Ecuador. Los importadores más sobresalientes son Alemania, Francia, Bélgica, Holanda, Estados Unidos y Polonia. De la demanda de cacao, la Comunidad Europea encabeza la lista con casi 42% del mercado internacional, seguido de América (en especial Estados Unidos) con 35% y Asia con 13%. Las multinacionales que procesan alrededor de 40% de los granos de cacao en el mundo son Archer Daniels Midland (USA), 15%; Cargill (USA), 14%; Barry Callebaut (Suiza) 13%; y la más conocida en México, Nestlé (Suiza), con 5% (ICCO, 2008 en Avendaño-Arrazate *et al.*, 2010).

Condiciones actuales del cultivo

La llegada de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) a México en 2005, identificada por primera vez en parcelas de la parte norte del estado de Chiapas y límites con el estado de Tabasco, vino a manifestar todos los problemas del cultivo, entre ellos las condiciones de abandono y falta de manejo agronómico que existe en los cacaotales.

Su rápida diseminación, la alta capacidad de reproducción y la plasticidad del hongo a ambientes diferentes la posicionaron como una enfermedad agresiva (Figura 4).



Figura 4. Frutos de cacao (*Theobroma cacao* L.) atacadas por monilia (*Moniliophthora roreri*), en la región del Soconusco, Chiapas.

En 2007 el hongo de la monilia fue encontrado en plantaciones de la región del Soconusco, con efectos devastadores tanto en Chiapas como en Tabasco, reduciendo los rendimientos históricos hasta 2 a 20 Kg.ha⁻¹. Si bien esto fue desesperante para la mayoría de los cacaoteros de ambos estados, algunos han logrado convivir con la enfermedad y han podido revertir el nivel de daño desde un 80-90% hasta un 10-15%. Incluso con esto muchos productores decidieron abandonar el cultivo, derribar

plantaciones e incluso desplazar al cacao por cultivos como Rambután, Café, Flores Tropicales y Mangostán, entre otros.

A nivel nacional e internacional la demanda del cacao como materia prima sigue siendo alta, y al no existir oferta interna de almendra seca en México, el precio a nivel regional presentó un aumento y pasó de \$20.00 a \$50.00 pesos por kilogramo. Esto generó en los productores el interés por atender nuevamente el cultivo e iniciar un

proceso de mantenimiento y renovación e incluso la siembra de nuevas áreas, favorecido esto por algunas acciones del gobierno federal y estatal (Chiapas), con el fin de estimular la reactivación del sistema producto cacao. Actualmente los productores y los diferentes niveles de gobierno han reiniciado acciones para incrementar rendimientos, propiciar o encontrar tolerancia, e implementar alternativas de manejo de la enfermedad sin perder de vista la calidad del cacao.

Las enfermedades presentes en el cultivo

Actualmente se estima una pérdida de entre 10 y 25% de la producción mundial de cacao debido a enfermedades (Rondón-Muñoz, 2002 citado por Aguirre-Medina *et al.*, 2010). Existen diferentes enfermedades que atacan al cultivo de cacao que se enlistan a continuación en orden de importancia por el daño que causan: Moniliasis (*Moniliphthora roreri* [Cif. & Par.] Evans *et al.*), Escoba de bruja (*Crinipellis perniciososa* Stahel), Mancha negra de la mazorca (*Phytophthora palmivora* Butler) y Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporoides* [Penz] Penz. & Sacc.) (Figura 5).

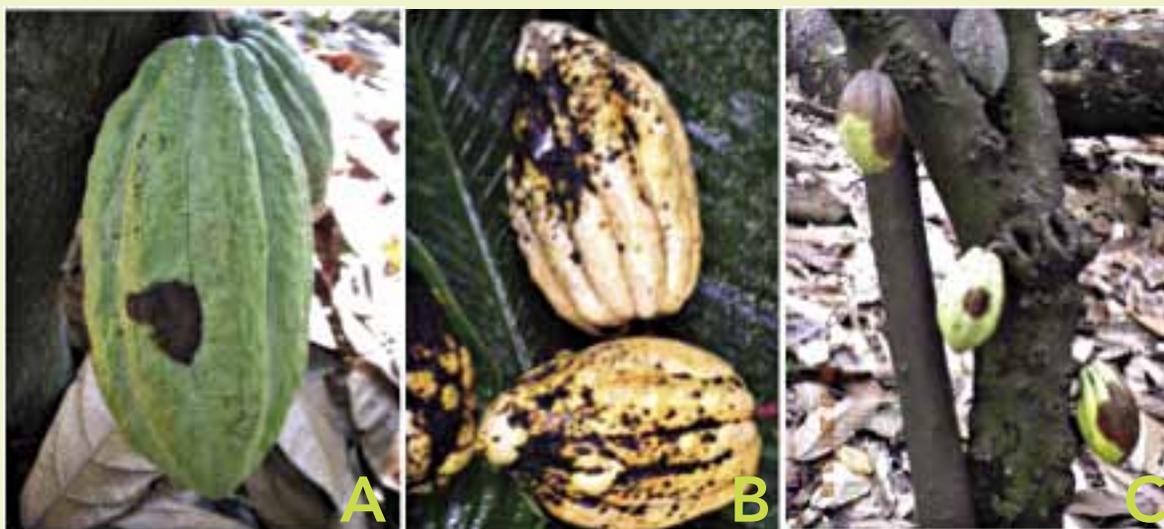


Figura 5. A: *Phytophthora palmivora*, B: *Colletotrichum gloeosporoides*, C: Frutos de cacao infectados por hongos..

De las enfermedades mencionadas, en México se ha logrado controlar la antracnosis y la mancha negra; en el caso de monilia se ha iniciado con el control del daño al implementar labores culturales, podas de raleo en la sombra y la aplicación de fungicidas. En cuanto a la escoba de bruja, ésta no ha sido reportada en México; sin embargo, el riesgo es muy alto por su alta capacidad para afectar puntos de crecimiento foliar y floral y porque daña los chilillos (frutos jóvenes), provocando que la planta no pueda regenerarse y que la planta muera en ciclos sucesivos de invasión. La monilia, antracnosis y mancha negra reducen el rendimiento puesto que atacan al fruto en sus diferentes etapas. En este sentido la introducción de material vegetativo de cacao tiene que pasar por cuarentena, dados los riesgos a los que puede estar expuesto.

Estrategias de gobierno y respuesta por parte de productores

Los gobiernos federales y estatales han implementado programas de estímulo a los productores de cacao para que retomen sus actividades en las plantaciones. A la fecha se ha realizado el levantamiento de información por medio de algunas encuestas que permiten identificar la problemática existente y priorizar las actividades. Se ha encontrado una serie de deficiencias en el sistema, como son demanda nacional insatisfecha, altos costos de producción, poco volumen para abastecer el mercado, poca participación en el mercado internacional, superficie de producción con baja densidad de población, y tipos cultivados tradicionales de baja calidad y rendimiento. En este sentido resaltó dentro del diagnóstico la falta de capacitación o transferencia del conocimiento generado, y por ello en 2009 se inició el Programa Trópico Húmedo de la SAGARPA, mediante el cual se pretende generar *investigación+vinculación* (I+V) que permita transferir ese conocimiento. Los esfuerzos por parte del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) de atender estas demandas se han dividido en tres acciones a corto plazo y se refieren a iniciar un proceso de producción, multiplicación y establecimiento de jardines clonales de materiales sobresalientes en tolerancia a monilia, mayor rendimiento y calidad, y que de alguna forma han sido evaluados en diferentes ciclos en los estados de Chiapas y Tabasco.

También se realizan programas de capacitación para la producción de plantas de calidad a través de la identificación, selección y utilización de materiales recomendados a nivel internacional y de la selección de genotipos en parcelas de productores. Además se promueve el rescate de genotipos sobresalientes a través de alianzas con productores, buscando preferentemente el Tipo criollo, que permitan conservarlo, multiplicarlo e iniciar el proceso de mejoramiento genético hacia la mejora de la calidad de los cacaos (Figura 6).



Figura 6. Trabajos de rescate de genotipos criollos sobresalientes en conjunto con productores cooperantes. Materiales de cacao ofertados por el INIFAP

Materiales de cacao ofertados por el INIFAP

El INIFAP, a través de los Campos Experimentales Rosario Izapa (Tuxtla Chico, Chiapas) y Huimanguillo (Huimanguillo, Tabasco), cuenta con recolectas establecidas en bancos de germoplasma *ex situ* que albergan más de 170 accesiones con materiales de cacao provenientes de nueve países de América Latina, además de una colección de genotipos de cacao criollo recolectados en diferentes regiones del trópico mexicano en los últimos años. Las accesiones incorporadas a los bancos de germoplasma tienen su origen en diferentes países (Cuadro 1).

CUADRO 1. ACCESIONES INCORPORADAS AL BANCO DE GERMOPLASMA Y LUGAR DE ORIGEN

PAÍS	GRUPO DE ACCESIÓN
Costa Rica	UF, CC, CATIE, SANTA CLARA, DIAMANTE
Colombia	SPA
Brasil	SIAL, RB, CATONGO, EEG
Ecuador	EET, SCA
Perú	PA, POUND, IMC, IQ, NA
Trinidad	ICS
Venezuela	OCUNARE, CHUAO, PORCELANA
Guatemala	SGU
México	RIM, ESMIDA, PENTAGONA, PICH, TAB, P, CHI, OST, SANTA ANA

De las accesiones mencionadas en el Cuadro 1 algunas están reconocidas a nivel internacional por presentar cierto grado de tolerancia a la moniliasis, alta capacidad combinatoria como portainjertos, o por tener rendimientos aceptables, sujetos a la realización de cruzamientos como parte de un programa de mejoramiento genético formal. Los materiales mexicanos, producto de las primeras selecciones de genotipos con mayor evaluación a nivel comercial y que presentan características importantes como rendimiento y calidad, son los que se mencionan en el Cuadro 2.

CUADRO 2. GENOTIPOS MEXICANOS DE CACAO (*T. cacao* L.) CON EVALUACIÓN AGRONÓMICA SOBRESALIENTE (Cueto-Moreno *et al.*, 2007).

Clon	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Contenido de Grasa (%)	Peso seco de semilla (g)
RIM-24	1231	50.3	1.4
RIM-44	1315	50.0	1.3
RIM-56	1360	50.5	1.3
RIM-88	1486	51.4	1.3
RIM-105	1259	49.3	1.1

Los materiales RIM (Cuadro 2) son resultado de recolectas realizadas en parcelas en la región de Soconusco, Chiapas y han sido evaluados en esta región y en otras del estado de Tabasco. Se recomiendan principalmente como materiales aptos para estas zonas. El Cuadro 3 muestra los materiales resultantes de cruzamientos programados y dirigidos, destacándose nuevamente el alto rendimiento y los contenidos de grasa en la almendra.

CUADRO 3. GENOTIPOS HÍBRIDOS SOBRESALIENTES DE CACAO (*T. cacao* L.) SERIE INIFAP-H

Clon	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Contenido de grasa (%)	Peso seco de semilla (g)
INIFAP-H12	1687	51.3	1.3
INIFAP-H13	1151	50.2	1.2
INIFAP-H16	1003	49.3	1.2
INIFAP-H20	1281	52.0	1.1
INIFAP-H31	1241	52.7	1.1

Fuente: Cueto-Moreno *et al.* (2007)

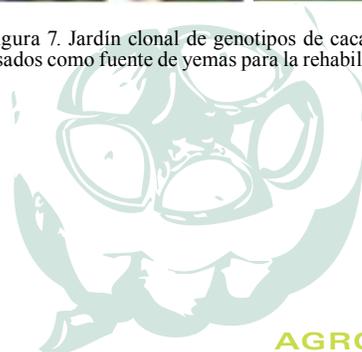
Tanto los híbridos como los materiales RIM son genotipos importantes que representan para los productores alternativas viables que pueden contribuir a los procesos de renovación paulatina y establecimiento de nuevas plantaciones.

Establecimiento de jardines clonales

Uno de los problemas evidentes en la producción de cacao en México es la edad de las plantaciones, que en la mayoría de los casos sobrepasa los 35 años de edad; esto, aunado a la falta de manejo agronómico y de postcosecha adecuada, así como a la presencia de enfermedades y a la heterogeneidad de los genotipos, ha propiciado bajos rendimientos y mala calidad. El mercado internacional exige tres requisitos básicos: calidad, cantidad y constancia de suministro del producto, y en México esto se cumple muy poco. Para cumplir con lo anterior es necesario renovar plantaciones y mejorar el manejo agronómico, ligado a herramientas como la biotecnología, mejoramiento genético participativo y producción de plantas por métodos tradicionales (plantas de vivero) contribuyendo a tener avances en menor tiempo (Figura 7).



Figura 7. Jardín clonal de genotipos de cacao (*T. cacao* L.) sobresalientes usados como fuente de yemas para la rehabilitación de huertas comerciales.



En el estado de Chiapas se establecieron seis hectáreas de jardín clonal con materiales sobresalientes por rendimiento y contenido de grasa. Estos genotipos están identificados como RIM e híbridos INIFAP. En el año 2009 se realizó la producción de 12 000 plantas injertadas con los materiales RIM 88, RIM 105 y RIM 117 así como con INIFAP-H12 e INIFAP-H13. Se maneja alta densidad para favorecer mayor desarrollo de crecimiento vegetativo en un marco de plantación rectangular de 2x3 m, resultando una densidad de 1666 plantas.ha⁻¹. Estas plantas, en aproximadamente tres años de haber sido sembradas en campo, tendrán la capacidad de producir suficientes varetas para injertar, como se muestra en el Cuadro 4.

CUADRO 4. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE YEMAS DEL JARDÍN CLONAL DE CACAO EN CHIAPAS A PARTIR DE UNA DENSIDAD DE 1,666 PLANTAS.ha⁻¹ CON TRES AÑOS DE EDAD.

Edad de plantación	Hectáreas establecidas	Yemas.ha ⁻¹ obtenidas	Total de yemas	Hectáreas a establecer
3° año	6	105 600	633 600	485
4° año	6	126 720	760 320	685
5° año	6	152 064	912 384	821
Total	18	384 384	2 306 304	1991

El cuadro anterior muestra que en un periodo de tres años el jardín clonal tiene la capacidad de producir yemas suficientes para la renovación de aproximadamente 2000 ha de cacao. La producción de yemas por hectárea es calculada con base en la producción de 10 varetas con seis a siete yemas por vareta, por planta de cacao por año, con un incremento de 20% de la producción en cada año.

CONCLUSIONES

Actualmente existen diversos trabajos e investigaciones que ofrecen al productor y a la cadena productiva, herramientas, conocimientos y alternativas que pueden determinar que este cultivo resurja. Es importante mencionar que de los productores, los que más aportan materia prima para la fabricación de derivados del cacao a nivel internacional son los pequeños productores, y que además quienes demandan estos productos son países desarrollados que tienen un consumo per cápita por arriba de los 10 kg año de chocolate. Las acciones de rescate, evaluación y multiplicación masiva de genotipos agrónomicamente sobresalientes de cacao, aunadas a programas de sensibilización, capacitación y acompañamiento técnico a productores, permitirá rehabilitar el cultivo en menor tiempo de manera sostenible. Es evidente la importancia social, cultural y económica del *T. cacao* para regiones ubicadas en Chiapas, Tabasco y Oaxaca. Se espera que este documento contribuya al conocimiento del cultivo y contribuya a que las acciones gubernamentales al respecto sean permanentes.

- Adriazola, J. L. 2003. Producción del Alimento de los Dioses *Theobroma cacao* L. Monografía. Universidad Nacional de la Selva. Tingo María. Perú. 81 pp.
- Aguirre-Medina, J. F., M. Alonso-Báez, L. Iracheta-Donjuan, M. Grajales-Solís, C. H. Avendaño-Arrazate, A. Sandoval-Esquivel, A. Mendoza-López, J. L. Solís-Bonilla, A. Olivera-De los Santos, M. C. López-Navarrete, A. Zamarripa-Colmenero, R. A. Gallardo-Méndez, y G. López-Guillen. 2010. Tecnologías para la Producción de Cacao. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas. México. 209 p.
- Avendaño-Arrazate, C. H., N. Ogata-Aguilar, R. A. Gallardo-Méndez, A. Mendoza-López, J. F. Aguirre-Medina, y A. Sandoval-Esquivel. 2010. Cacao Diversidad en México. Publicación Especial N° 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas. México. 86 p.
- Cheesman, E. E. 1944. Notes on the nomenclature, classification and possible relationships of cacao populations. *Trap. Agric.* 21: 144-159.
- Cuatrecasas, J. 1964. Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus *Theobroma*. Bulletin of the United States National Museum. Smithsonian Institution (Washington). 35: 379-6 14.
- Cueto, M. J. 2007. El injertado de cacao. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 13 pág. (Folleto para productores Núm. 8).
- Cueto-Moreno J., J. F. Aguirre-Medina, A. Zamarripa-Colmenero, L. Iracheta-Donjuan, y A. Olivera-De los Santos. 2007. El mejoramiento del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Rosario Izapa. Tuxtla Chico, Chiapas. México. 250 p.
- De la Cruz M., R. Whitkus, A. Gómez-Pompa, y L. Mota-Bravo. 1995. Origins of cacao cultivation. *Nature* 375: 542-543.
- De la Peña, E. 1953. Producción y beneficio del cacao. Informes preliminares de la oficina de investigaciones industriales. Banco de México. No. 26.
- Estrada-Lugo, E. 1989. El códice florentino: Su información etnobotánica. Chapingo, México: Colegio de Posgraduados.
- Hardy, F. 1960. Cacao manual. English Edition. Inter-American Institute of Agricultural Sciences. Turrialba, Costa Rica. p. 229-308.
- Millon, R. F. 1955. When Money grew on trees: a study of cacao in ancient Mesoamérica. Ph.D. diss. Columbia University, Ann Arbor, Mich.
- Miranda, F. 1962. La vegetación de Chiapas. Ediciones del Gobierno del Estado. Departamento de Prensa y Turismo. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Motamayor J. C., A. M. Risterucci, P. A. López, C. F. Ortiz, A. Moreno, y C. Lanaud. 2002. Cacao domestication *In*: The origin of cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89:380-386.
- Ogata N., A. Gómez-Pompa, y K. Taube. 2006. The Domestication of cacao in the Neotropics. *In*: McNeil, C. L. 2006. Chocolate in Mesoamerica: A cultural history of Cacao. University Press of Florida.
- Ogata, N. 2007. El cacao. *Biodiversitas* 72: 1-5.
- Pittier, H. 1935. Degeneration of cacao through natural hybridization. *The Journal of Heredity* 36: 385-390.
- Schultes, R. E. 1984. Amazonian cultigens and their northward and westward migration in pre-Columbian times. *In*: D. Stone, (ed). Pre-Columbian plant migration. Papers of the Peabody museum of Archaeology and Ethnology, Vol. 76, Harvard University Press, Cambridge, Mass. pp: 9-38.
- Species Plantarum*. 1753. *Theobroma cacao* L. *Sterculiaceae*. *In*: 2: 782 Urquhart, D. H. 1963. Cacao. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O. E. A. Turrialba, Costa Rica. Editorial SIC. 322 p.
- Whitkus R., M. De la Cruz, L. Mota-Bravo. 1998. Genetic diversity and relationships of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in southern México. *Theor. Appl. Genet.* 96: 621-627.
- Wood G. A. R., y R. A. Lass. 1987. *Cocoa*. Longman Scientific & Technical, copublished by Wiley, New York.
- Wood G. A. R., y R. A. Lass. 1985. *Cocoa*. Fourth Edition. London. 620 p.
- Wood, G. A. R. 1975. Nurseries and vegetative propagation. *In*: Wood, G. A. R. (ed). *Cocoa*. 3th Edition. Longman. p. 64-73.
- Padilla, C. 2003. Docente de la Universidad Autónoma de Guadalajara. www.ricochocolatecom.blogspot.com El chocolate mexicano.html. Entrevista realizada en: La exhibición multidisciplinaria "Arte al plato - 1 a Muestra sobre la alimentación en el Arte". Ciudad de Buenos Aires, Argentina. Consultado 05/2011.

Evaluación del efecto de micorrizas
en la producción y calidad de

PAPAYA MARADOL

(*Carica papaya*)

M. V. Vázquez-Hernández*, M. L. Arévalo-Galarza, D. Jaén-Contreras

Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Km 36.5 Carretera México-Texcoco C.P. 56230, Texcoco, Estado de México.

*Autor responsable e-mail: marcos_vh@colpos.mx

J. L. Escamilla-García

Escuela de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Apatzingán, Michoacán.

RESUMEN

En este trabajo se presenta el efecto de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (*Glomus mosseae* y *Entrophospora colombiana*) en plantas de papaya variedad Maradol roja. Los resultados mostraron que ambas especies de micorrizas incrementaron la altura de la planta, el rendimiento y el peso promedio de fruto con respecto al tratamiento testigo. La inoculación de papaya con micorrizas incrementa el rendimiento y el peso de frutos; en consecuencia, la tasa de retorno aumentó de 2.4 a 4.9 veces.

Palabras clave: *Carica papaya*, sistema de producción, tasa de retorno

INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya*) es originaria de Mesoamérica, probablemente del sur de México, Centroamérica o del noroeste de América del Sur en Brasil (Manshardt, 1992). En la actualidad es una especie que se encuentra cultivada en todas las regiones tropicales de América, desde México a Argentina, Brasil y está naturalizada en los trópicos de África y Asia. México es el quinto productor y primer exportador de papaya en el mundo (Figura 1). En 2008 el volumen de producción fue de 638 237 ton, de las cuales 14.2% se exportó a Estados Unidos, generando ingresos por 53 millones de dólares (Figura 2) (FAO, 2011).

En la última década, el uso indiscriminado y el alto costo de los fertilizantes minerales en la producción intensiva de papaya, han incrementado los costos de producción, afectando el margen de ganancia de los productores (Cuadro 1), además de que, en la actualidad, el comercio internacional exige productos procedentes de sistemas de producción con menor impacto ambiental, por lo que es necesario usar fuentes alternativas de nutrimentos que permitan reducir costos financieros sin afectar rendimientos y calidad final.

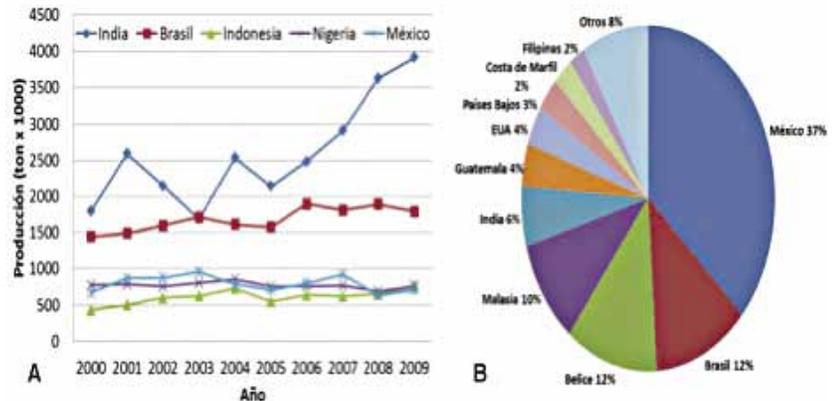


Figura 1. A: Principales países productores de papaya (*Carica papaya*), B: Países exportadores en el mundo (FAO, 2011).

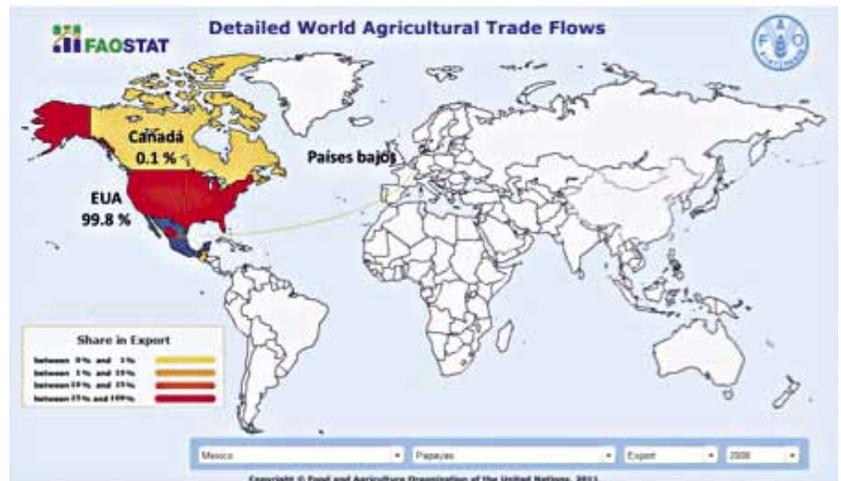


Figura 2. Flujo de exportación de papaya (*Carica papaya*) procedente de México durante 2008 (FAO, 2011).

CUADRO 1. COMPORTAMIENTO DE PRECIOS PROMEDIO DE FERTILIZANTES (\$USD TON) IMPORTADO POR MÉXICO (FAO, 2011).

Producto	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Fertilizantes nitrogenados	235.1	311.1	408.9	522.4	506.1	657.1	1151.9
Fertilizantes fosfatados	4.4	1.1	2.0	4.1	1.9	1.4	3.9
Fertilizantes potásicos	207.7	230.1	299.8	360.8	376.7	428.8	1173.5

El uso de las micorrizas en la producción agrícola como fuente de obtención de minerales para la nutrición vegetal presenta en la actualidad ventajas que favorecen el crecimiento de la planta, incremento en rendimiento, mejor enraizamiento y establecimiento (Alarcón y Ferrera-Cerrato, 1999), incremento de la absorción de nutrientes minerales, especialmente de iones de baja movilidad como fósforo, cobre y zinc (Marschner y Dell, 1994), favorecen la renovación de nutrientes (Leake et al., 2004), y promueven la tolerancia al estrés biótico y

abiótico (Barea y Jeffries, 1995), principalmente en el ataque de patógenos de hábito radical como bacterias, nemátodos y hongos (Pozo y Azcón-Aguilar, 2007), además de mejorar la calidad de la estructura del suelo (Azcón-Aguilar y Barea, 1997). Con base en lo anterior, en el presente trabajo se evaluó el efecto de dos hongos micorrízicos arbusculares de las especies *Glomus mosseae* y *Entrophospora colombiana* en la producción y calidad de papaya Maradol cultivada en Huamuxtitlán, Guerrero, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal y tratamientos

Semillas de papaya de la variedad Maradol se imbibieron en agua por 24 horas, haciendo tres cambios de agua (cada 8 horas), y como protección al ataque por hongos las semillas se trataron posteriormente con una solución de benomilo (1 g L^{-1}) por 8 horas, haciendo dos enjuagues con agua estéril. Las semillas tratadas se pusieron a germinar en toallas estériles, con riego manual por aspersión cada 2 horas. Una vez emergida la radícula se sembraron en charolas de germinación (60x40 cm) con arena esterilizada en autoclave a 120°C por tres horas cuando las plántulas alcanzaron 6 cm de altura se trasladaron en bolsas con 1 kg de sustrato de crecimiento (suelo: arena de río 2:1) esterilizado en autoclave (120°C por tres horas) al cual se le inocularon 100 g de micorrizas de las especies *G. mosseae* o *E. colombiana* con un equivalente de 7300 esporas kg^{-1} (Figura 3).



Figura 3. Proceso de inoculación de plántulas de papaya (*Carica papaya*) variedad Maradol roja en vivero. A: Esporas de *G. mosseae* (izquierda) y *E. colombiana* (derecha). B: Aplicación del inoculante (5 cm de profundidad). C: Extracción de plántula de la charola de germinación. D: Plántula inoculada trasplantada a bolsa de vivero.

El trasplante a campo (definitivo) se realizó cuando las plantas alcanzaron 20 cm de altura y/o siete hojas verdaderas totalmente expandidas y 1 cm de diámetro del tallo (Figura 4). Los tratamientos fueron: Testigo, *G. mosseae* (GM) y *E. colombiana* (EC) con una densidad de plantación de 2,857 plantas por hectárea, usando una distancia de 2.5 m entre hileras y 1.4 m entre plantas (Figura 4). La fertilización empleada en todos los tratamientos fue $235\text{-}42\text{-}222 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K), distribuidos de la siguiente forma: al trasplante definitivo: N117-P21-K0, a la floración: N59-P21-K157 y a la fructificación: N59-P0-K65.



Figura 4. Trasplante definitivo de plantas de papaya (*Carica papaya*) variedad Maradol roja inoculadas con *Glomus mosseae* y *Entrophospora colombiana*.

Variables del rendimiento

Se realizaron lecturas a 30, 120 y 210 días después del trasplante de altura total de planta, considerando desde la base del tallo a la yema apical, diámetro de tallo, con un vernier digital (Caldi-6MP) a una altura de 10 cm desde la base. Se midió la altura al primer fruto, número de frutos por planta y peso promedio de frutos, con lo cual se estimó el rendimiento. Se utilizaron 240 plantas por tratamiento, seis repeticiones y 40 plantas como unidad experimental.

Variables de calidad

Los frutos se cosecharon en madurez fisiológica (40% de desarrollo del color), y se evaluó el contenido de azúcares totales (%), firmeza en Newtons (N), color de la epidermis y de la pulpa en $^{\circ}\text{Hue}$ y pérdida fisiológica de peso (%) durante la maduración de los frutos. Todos los frutos evaluados se lavaron con una solución inicial de hipoclorito de sodio ($200 \mu\text{L L}^{-1}$) y posteriormente con otra de Prochloraz a base de $500 \mu\text{L L}^{-1}$, por 2 minutos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento de la planta

La inoculación con *G. mosseae* incrementó significativamente la altura de planta respecto al testigo, en 11.4, 3.3 y 3.4% a los 30, 120 y 210 días después del trasplante (ddt); asimismo, el diámetro del tallo se incrementó en 15 y 6.6% a los 30 y 120 ddt, respectivamente (Cuadro 2), mientras que en las plantas inoculadas con *E. colombiana* sólo se registraron incrementos significativos de la altura de planta de 7 y 11% de diámetro de tallo a los 30 ddt comparado con el testigo, y ninguno de los tratamientos afectó la altura al primer fruto. Estudios realizados con *Glomus intraradices* en cacao (*Theobroma cacao*) no mostraron diferencias significativas en el desarrollo de plántulas en vivero (Aguirre *et al.*, 2007). Estos resultados sugieren que los beneficios que se puede tener con las micorrizas dependen en gran parte de la especie vegetal y hongo micorrízico empleado.

CUADRO 2. ALTURA DE PLANTA, DIÁMETRO DE TALLO Y ALTURA AL PRIMER FRUTO DE PLANTAS DE PAPAYA (*Carica papaya*), VARIEDAD MARADOL ROJA, INOCULADAS CON *Glomus mosseae* Y *Entrophospora colombiana* A 30, 120 Y 210 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE.

Tratamiento	Altura de planta (cm)			Diámetro de tallo (cm)			Altura al 1er. fruto (cm)
	30.00	120	210.00	30.00	120.00	210.00	
Testigo	29.19 b	85.98 b	174.88 b	1.14 b	6.5 b	10.63 a	37.50 a
<i>G. mosseae</i>	32.53 a	88.9 0a	180.34 a	1.32 a	6.93 a	10.76 a	36.93 a
<i>E. colombiana</i>	31.28 a	87.28 ab	174.92 b	1.27 a	6.65 b	10.64 a	37.18 a

Valores por columna seguidos por la misma letra indican que no hay diferencias significativas (Tukey, $p \leq 0.05$).

Rendimiento

La inoculación con *G. mosseae* incrementó 41.5% el número de frutos por planta, 45% el peso promedio de fruto y 105% el rendimiento total respecto al testigo. La inoculación con *E. colombiana* aumentó 22% el número de frutos por planta, 18% el peso promedio de fruto y 44% el rendimiento total, lo que repercutió en incrementos en la tasa de retorno (Cuadro 3), siendo la inoculación con *G. mosseae* la que mostró mayor efecto en la producción que. (Figura 5). La inoculación con *G. mosseae* mostró mayor efecto en la producción que *E. colombiana* (Cuadro 3), atribuyéndose el incremento en rendimiento a una mayor exploración de volumen del suelo y mayor absorción de agua y nutrientes (Kothamasi *et al.*, 2001).

CUADRO 3. CÁLCULO DEL INGRESO NETO EN DÓLARES AMERICANOS Y TASA DE RETORNO CON BASE EN EL RENDIMIENTO, PESO Y NÚMERO PROMEDIO DE FRUTOS DE PAPAYA (*Carica papaya*) VARIEDAD MARADOL ROJA INOCULADAS CON *Glomus mosseae* Y *Entrophospora colombiana*.

Tratamiento	Rendimiento (ton ha ⁻¹)	Peso promedio de fruto (kg)	Frutos por planta	Ingreso total	Costo total	Ingreso neto	Tasa de retorno
				USA \$	USA \$	USA \$	
Testigo	70.6 c	1.43 c	17.2 c	13888.4	10343.6	3544.8	34.2
<i>G. mosseae</i>	144.9 a	2.078 a	24.4 a	28504.7	10531.0	17973.7	170.7
<i>E. colombiana</i>	101.7 b	1.695 b	20.9 b	20006.4	10923.0	9083.4	83.2

Medias seguidas de la misma letra, por columna, indican que no hay diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$).



Figura 5. Plantas de papaya (*Carica papaya*) variedad 'Maradol roja' inoculadas con *Glomus mosseae* y *Entrophospora colombiana*: A: Testigo, B: *G. mosseae*, C: *E. colombiana*

Evaluación de la calidad postcosecha

Los frutos de los diferentes tratamientos no mostraron diferencias significativas en sus características de calidad (Figura 6). Las pérdidas de peso fueron significativamente menores en frutos de plantas inoculadas con *G. mosseae* y *E. colombiana* que en frutos del testigo (Figura 7-D). El contenido de azúcares totales y color (°Hue) en epidermis y pulpa no fueron afectados por los tratamientos (Figura 7-A, C). La pérdida de firmeza de frutos de plantas inoculadas con *G. mosseae* fue menor que las del testigo y *E. colombiana* a los siete días después de cosecha; sin embargo, al final de su almacenamiento no hubo diferencias significativas (Figura 7-B).

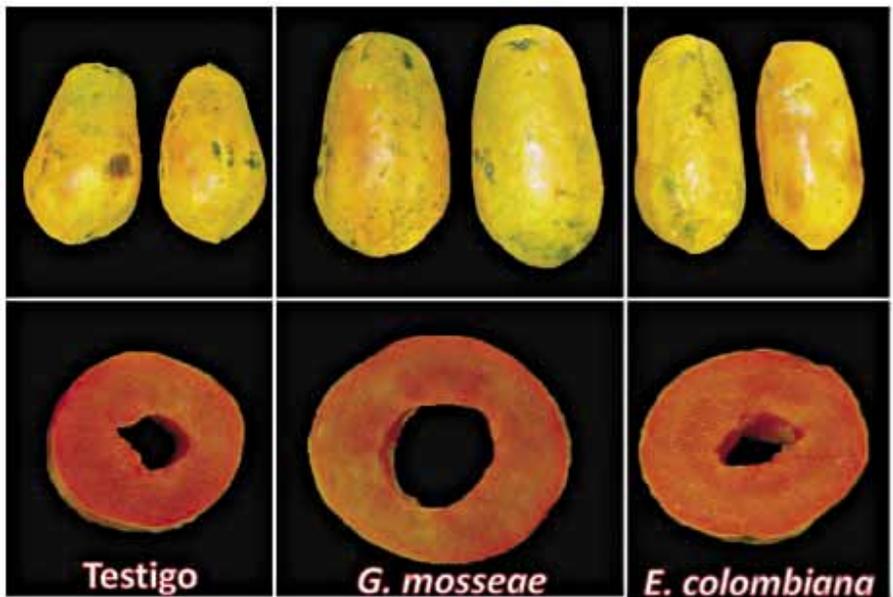
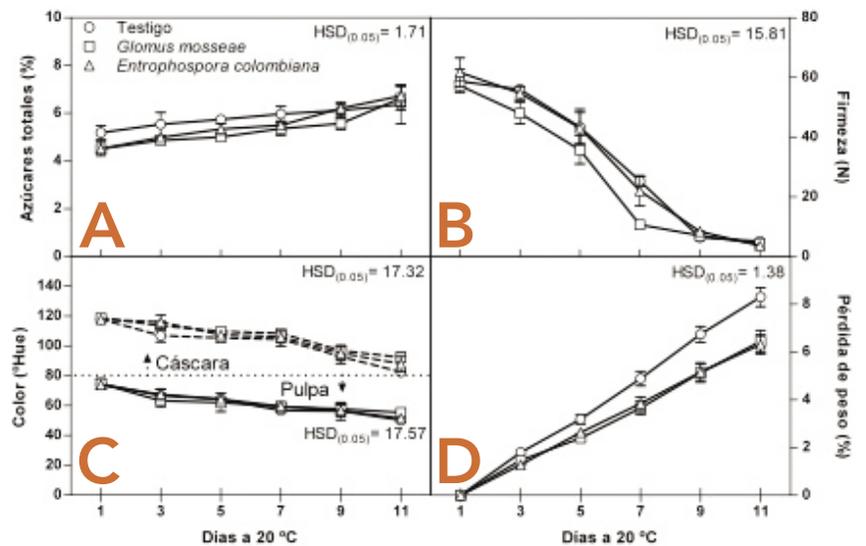


Figura 6. Características de calidad de frutos de papaya (*Carica papaya*) variedad 'Maradol roja' procedentes de plantas inoculadas con *G. mosseae* y *E. colombiana*.



Figura 7. Variables de calidad de frutos de papaya (*Carica papaya*) variedad Maradol roja obtenidas de plantas inoculadas con *Glomus mosseae* o *Entrophospora colombiana* almacenadas a 20 °C. A: Contenido de azúcares totales, B: Firmeza, C: Color (°Hue) en epidermis y pulpa, y D: Pérdida de peso en frutos. HSD: diferencia honesta significativa de Tukey (P<0.05).



CONCLUSIONES

El uso de micorrizas en la producción de papaya 'Maradol' incrementó significativamente la altura de la planta, rendimiento, peso y número de frutos por planta, sin afectar la calidad de los mismos. Se demuestra el potencial del uso de micorrizas en la producción comercial de papaya, en especial inoculando con la especie *Glomus mosseae* que tuvo efectos deseables en cuanto a componentes del rendimiento, atribuido a mayor adaptabilidad del microorganismo a las condiciones edáficas y ambientales de la región de estudio, así como una mayor asociación con la parte radical de las plantas de la papaya. Lo anterior mostró repercusiones en mayor tasa económica de retorno.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, M. J.F., L. A. Mendoza, I. J. Cadena, y A. C. H. Avendaño. 2007. Efecto de la biofertilización en vivero del cacao (*Theobroma cacao* L.) con *Azospirillum brasilense* Tarrand, Krieg et Döbereiner y *Glomus intraradices* Schenl et Smith. *Interciencia* 32: 541-546.
- Alarcón A., y R. Ferrera-Cerrato. 1999. Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas. *Terra Latinoam.* 17, 1979-1991.
- Azcón-Aguilar C., and J. M. Barea. 1997. Applying mycorrhiza biotechnology to horticulture: significance and potentials. *Scientia Horticulturae* 68:1-24
- Barea J. M., and P. Jeffries. 1995. Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil plant systems. *In: Varma A. and B. Hock (eds), Mycorrhiza Structure, Function, Molecular Biology and Biotechnology.* Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 521-560.
- Borowicz VA. 2001. Do Arbuscular Mycorrhizal Fungi Alter Plant-Pathogen Relations?. *Ecology* 82: 3057-3068.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2011. Statistical database Internet <http://faostat.fao.org/site/535/DesktopDefault.aspx?PageID=535#ancor> (Fecha de consulta: 10 de agosto de 2011).
- Kothamasi D., R. C. Kuhad, and C. R. Babu. 2001. Arbuscular mycorrhizae in plant survival strategies. *Tropical Ecology* 42:1-13.
- Leake J., D. Johnson, D. Donnelly, G. Muckle, L. Boddy, and D. Read. 2004. Networks of power and influence: the role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning. *Canadian Journal of Botany* 82: 1016-1030.
- Manshardt, R. M. 1992. Papaya. *In: Hammerschlag FA, Litz RE (Eds) Biotechnology in Agriculture No. 8. Biotechnology of Perennial Fruit Crops,* CABI, Wallingford. pp: 489-511
- Marschner H., and B. Dell. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant Soil* 159:89-102.
- Pozo M. J., and C. Azcón-Aguilar. 2007. Unraveling mycorrhiza-induced resistance. *Current Opinion in Plant Biology* 10:393-398.

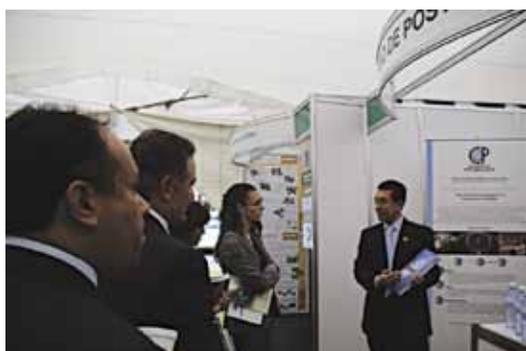
NOTICIAS



El día 23 de septiembre se presentó en el Instituto de Investigaciones Sociales de la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca el libro “Usos y costumbres y ciudadanía femenina”, con la participación de Said Infante Gil (director de la casa editorial del Colegio); Verónica Vázquez García, PIT y autora del libro; Laura Irene Gaytán Bohórquez (directora del IISUABJO); Gloria Zafra (académica del IISUABJO); Rosa Hernández Luis (ex-presidenta municipal de Santa Catarina Lachatao); Tomasa León Tapia (ex-presidenta de Santiago Yolomécatl); Jaime Martínez Luna (intelectual oaxaqueño); y Jorge Hernández Días (académico del IISUABJO).

Verónica Vázquez García
Desarrollo Rural
Colegio de Postgraduados
Texcoco, México

EL COLEGIO DE POSTGRADUADOS PARTICIPÓ EN LA SÉPTIMA SESIÓN DEL COMITÉ INTERSECTORIAL PARA LA INNOVACIÓN



En el marco de la cooperación y las actividades interinstitucionales que desarrolla con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), el pasado 26 de agosto, el Colegio de Postgraduados fue invitado por dicho instituto a participar en la Séptima Sesión del Comité Intersectorial para la Innovación. El principal objetivo del evento fue dar a conocer las recientes innovaciones que se han generado en el sector agrícola, pesquero y forestal.

La sesión fue presidida por el Director del CONACYT, Dr. José Enrique Villa Rivera; el Director General del INIFAP, Dr. Pedro Brajcich Gallegos y el Coordinador de Investigación, Innovación y Vinculación del INIFAP, Salvador Fernández Rivera. Entre otros, estuvo presente el Dr. Francisco Gavi Reyes, Encargado del Despacho de Dirección General del Colegio de Postgraduados.

Al concluir la sesión, se llevó a cabo una interesante exhibición y presentación de stands, conformada por 12 espacios, seis de los cuales correspondieron a la institución organizadora y el resto a la oferta de innovación tecnológica por parte de las instituciones invitadas. De éstas participaron: el Instituto Nacional de Pesca, el Colegio de Postgraduados, la Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A.C. (COFUPRO) y el Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable (SNITT).

El Colegio de Postgraduados presentó en su stand, diversos logros en materia de innovación, a través de las publicaciones de la Biblioteca Básica de Agricultura, la cual concentra la mayor parte del conocimiento generado en la institución; también se exhibieron logros y alcances del Sistema de Captación y Aprovechamiento de Agua de Lluvia, y se promovieron las revistas institucionales (Agrociencia, Agroproductividad y Agricultura, Sociedad y Desarrollo). Asimismo se dio a conocer la estación de radio por internet, “Radio COLPOS” a través de la cual se divulgan las actividades y logros relevantes del Colegio.

Agroecología y enfermedades de la raíz en cultivos agrícolas

Roberto García Espinosa

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

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



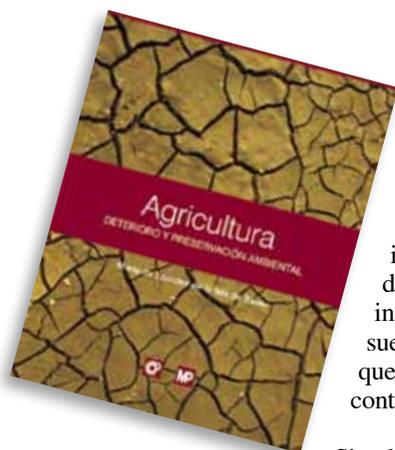
Agricultura: deterioro y preservación ambiental

María de Lourdes de la Isla de Bauer

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

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

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



Casos de control biológico en México

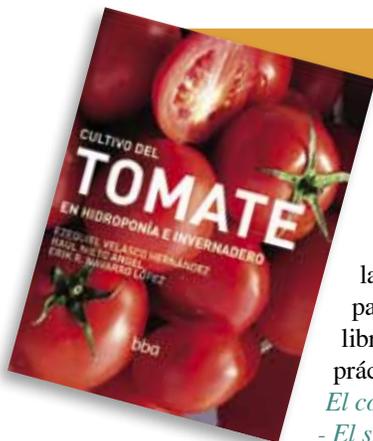
Hugo C. Arredondo Bernal y Luis A. Rodríguez del Bosque

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

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



NOVEDAD



Cultivo del tomate en hidroponía e invernadero

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

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

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

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

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

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

El Camino Real de Tierra Adentro

Tomás Martínez Saldaña

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

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



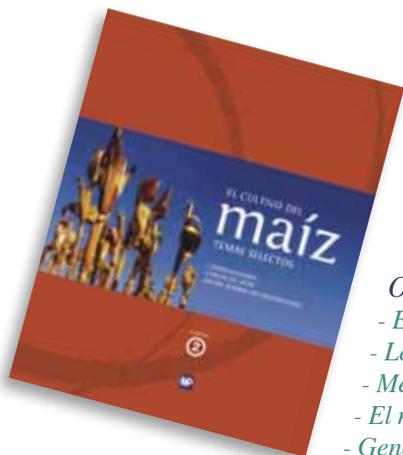
El cultivo del maíz / Temas selectos

Rafael Rodríguez Montessoro y Carlos de León

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

Otros temas que conviene destacar son:

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





El libro de los Bovinos Criollos de América

Jorge de Alba Martínez

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

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

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

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

Herbolaria mexicana

F. Alberto Jiménez Merino

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

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

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



NOVEDAD SEGUNDA EDICIÓN

Las ciencias agrícolas mexicanas y sus protagonistas

Eduardo Casas y Gregorio Martínez

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



Los transgénicos / Oportunidades y amenazas

Víctor M. Villalobos A.

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

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



Manejo de Fertilizantes Químicos y Orgánicos

Editores: Sergio Salgado García y Roberto Nuñez Escobar

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

Importancia de los fertilizantes

El suelo y la nutrición de los cultivos

Los fertilizantes químicos

Fertilizantes de liberación lenta

Micronutrientes

Recomendaciones de fertilización

Los fertilizantes y la fertirrigación

Los abonos orgánicos

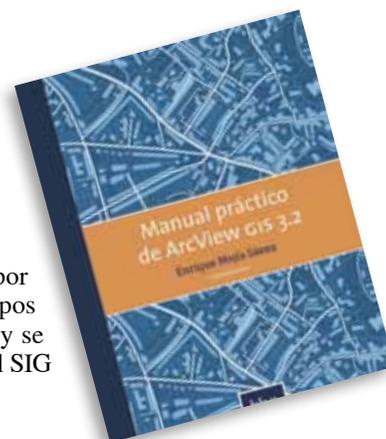


Este libro será una referencia útil para estudiantes y profesores de agronomía, así como para agricultores, estudiosos de la fertilidad del suelo y para técnicos asesores en fertilización de cultivos.

Manual práctico de ArcView GIS 3.2 / Temas selectos

Coordinador: Enrique Mejía Sáenz

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



Moscas blancas / Temas selectos sobre su manejo

Editora: Laura Delia Ortega Arenas

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

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

Una lista resumida de tópicos abordados:

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



NOVEDAD SEGUNDA EDICIÓN

Nutrición de cultivos

Editores: Gabriel Alcántar González y Libia I. Trejo Téllez

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

Algunos tópicos cubiertos son:

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

Plagas del Suelo

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

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

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



Producción de árboles y arbustos de uso múltiple

Luis Pimentel Bribiesca

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

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



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

Manuel R. Villa Issa

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

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

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

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



Riegos ancestrales en Iberoamérica

Editor general: Tomás Martínez;

editores regionales: Jacinta Palerm, Milka Castro y Luis Pereira

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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

*AFS = Acre Furrow Slice

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

ESTRUCTURA

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

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

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

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

La estructura de la contribución será la siguiente:

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

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

FORMATO

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

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

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

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

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

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

El Postgrado Forestal del Colegio de Postgraduados está formado por un grupo académico pionero y líder en el país en la formación de personal altamente calificado a nivel maestría y doctorado en Ciencias Forestales.

Este postgrado forma parte del Padrón de Postgrado de Excelencia del CONACyT, y ofrece el más amplio y versátil diseño curricular para cursar maestrías y doctorados.

El egresado(a) es un profesional con conocimientos sobre el uso y manejo racional de los recursos forestales, y con un entrenamiento académico científico sólido que le permite integrarse con facilidad a los equipos de trabajo en el sector.



<http://www.cm.colpos.mx/2010/index.php/component/content/article/20.html>
01 (595) 952 0200 ext.1474
forest@colpos.mx