

Caracterización de  
agroecosistemas con  
*Vanilla* spp.  
[Orchidaceae]  
en el Totonacapan, México

pág. 64

Año 11 • Volumen 11 • Número 3 • marzo, 2018

ACCIONES DEL SERVICIO NACIONAL DE INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN DE SEMILLAS (SNICS-SAGARPA) PARA EL DESARROLLO DEL CAMPO MEXICANO	3
DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO PARA EL CULTIVO DE VAINILLA ( <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews) EN LA REGIÓN TONACAPAN, MÉXICO	9
EXPRESIÓN DIFERENCIAL DEL GEN <i>ARF8</i> INVOLUCRADO EN EL METABOLISMO DE AUXINAS DURANTE LA TRANSICIÓN DE FLOR A FRUTO EN <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews	15
USO DE VERMICOMPOST PARA LA PROPAGACIÓN DE ESTACAS DE VAINILLA ( <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews)	22
REQUERIMIENTO HÍDRICO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN VAINILLA ( <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews)-NARANJO ( <i>Citrus sinensis</i> L.) EN LA REGIÓN DEL TONACAPAN, VERACRUZ, MÉXICO	29
RELACIÓN CAPACIDAD-INTENSIDAD DE POTASIO EN SUELOS NO FERTILIZADOS CULTIVADOS CON VAINILLA ( <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews)	37

y más artículos de interés...

# Guía para autores

## Estructura

Agroproductividad es una revista de divulgación científica y tecnológica, auspiciada por el Colegio de Postgraduados de forma mensual para entregar los resultados obtenidos por los investigadores en ciencias agrícolas y afines. En ella se publica información original y relevante para el desarrollo agropecuario, social y otras disciplinas relacionadas, en formato de artículo, nota o ensayo. Las contribuciones son arbitradas y la publicación final se hace en idioma español. La contribución debe tener una extensión máxima de 15 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.

## La estructura de la contribución será la siguiente:

1) Artículos: una estructura clásica definida por los capítulos: Introducción, Resumen, abstract, objetivos, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones y Literatura Citada; 2) Notas, Ensayos y Relatorías: deben tener una secuencia lógica de las ideas, exponiendo claramente las técnicas o metodologías que se transmiten o proponen.

## 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, fotografías, gráficas, diagramas. Las fotografías serán a colores y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW y las gráficas o diagramas serán en formato de vectores (CDR, EPS, AI, WMF o XLS).

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

### Citas libros y Revistas:

- Bozzola J. J., Russell L. D. 1992. Electron Microscopy: Principles and Techniques for Biologists. Ed. Jones and Bartlett. Boston. 542 p.
- Calvo P., Avilés P. 2013. A new potential nano-oncological therapy based on polyamino acid nanocapsules. Journal of Controlled Release 169: 10-16.
- Gardea-Torresdey J. L., Peralta-Videa J. R., Rosa G., Parsons J. G. 2005. Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. Coordination Chemistry Reviews 249: 1797-1810.

Los autores ceden los derechos patrimoniales y aceptan que los artículos sean publicados en formato físico y electrónico, incluido internet.

El costo por publicación aceptada es \$3500.00 MX.

Año 11, Volumen 11, número 3, marzo 2018, Agro productividad es una publicación mensual editada por el Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP 56230. Tel. 5959284427. www.colpos.mx. Editor responsable: Dr. Jorge Cadena Iñiguez. Reservas de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-031313492200-203. ISSN: 2594-0252, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Subdirección de Organización y Cómputo del Colegio de Postgraduados, Dr. Martiniano Castro Popoca, Carretera México- Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México, CP 56230. Tel. 58045980 ext. 1035. Fecha de última modificación, 30 de marzo de 2018.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Colegio de Postgraduados.



# Contenido

3	ACCIONES DEL SERVICIO NACIONAL DE INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN DE SEMILLAS (SNICS-SAGARPA) PARA EL DESARROLLO DEL CAMPO MEXICANO
9	DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO PARA EL CULTIVO DE VAINILLA ( <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews) EN LA REGIÓN TONACAPAN, MÉXICO
15	EXPRESIÓN DIFERENCIAL DEL GEN <i>ARF8</i> INVOLUCRADO EN EL METABOLISMO DE AUXINAS DURANTE LA TRANSICIÓN DE FLOR A FRUTO EN <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews
22	USO DE VERMICOMPOST PARA LA PROPAGACIÓN DE ESTACAS DE VAINILLA ( <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews)
29	REQUERIMIENTO HÍDRICO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN VAINILLA ( <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews)-NARANJO ( <i>Citrus sinensis</i> L.) EN LA REGIÓN DEL TONACAPAN, VERACRUZ, MÉXICO
37	RELACIÓN CAPACIDAD-INTENSIDAD DE POTASIO EN SUELOS NO FERTILIZADOS CULTIVADOS CON VAINILLA ( <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews)
45	VARIACIÓN DE FITOQUÍMICOS DE DOS GENOTIPOS DE <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews BAJO CULTIVO EN ACAHAUAL
51	CONOCIMIENTO TRADICIONAL DEL MANEJO DE <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews (ORCHIDACEAE) EN LA REGIÓN HUASTECA DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO
58	PERFIL DE PRODUCTOR POR INTENSIDAD DE MANEJO SOBRE VAINILLA ( <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews) EN LA REGIÓN TONACAPAN, MÉXICO
64	CARACTERIZACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CON <i>Vanilla</i> spp., [ORCHIDACEAE] EN EL TONACAPAN, MÉXICO
70	SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE <i>Vanilla planifolia</i> Jacks. ex Andrews RESISTENTES A <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>vanillae</i> , MEDIANTE BIOTECNOLOGÍA
75	CONSERVACIÓN <i>ex situ</i> DE SEMILLAS DE CUATRO ESPECIES ANDINAS DE Pasiflora
82	CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS Y GERMINACION DE SEMILLAS DE <i>Cedrela odorata</i> L.
90	CALIDAD DE SEMILLA DE ÁRBOLES SELECTOS DE <i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) DC. EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS, MÉXICO
98	ANÁLISIS PALINOLÓGICO DE LA MIEL DE <i>Apis mellifera</i> L., PRODUCIDA EN EL ALTIPLANO DEL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO
104	RENTABILIDAD DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ CEREZA ( <i>Coffea arabica</i> L.) EN PLUMA HIDALGO, OAXACA, MÉXICO
108	DIAGNÓSTICO DE LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS EN ÁREAS DE BOSQUE, Y PRODUCTIVAS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL TRIUNFO
115	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL FRUTO DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> L.) EN HÍBRIDOS DE TIMOR
121	EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE MADERA DE PINO BAJO OPCIONES REALES EN LA SIERRA NORTE DE OAXACA, MÉXICO
128	EL MODELO DEL PEZ: HERRAMIENTA DE APOYO EN FORMULACIÓN DE PROYECTOS
133	ESTUDIOS DE PLASTICIDAD FENOTÍPICA Y HERBIVORÍA; UNA REVISIÓN
141	CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ASIGNACIÓN Y GESTIÓN DE APOYOS A PROYECTOS GUBERNAMENTALES

SAGARPA  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS  
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda

Maquetación: Mario Alejandro Rojas Sánchez

Suscripciones, ventas, publicidad, contribuciones de autores:

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

Teléfono: 01 (595) 928 4703 jocadena@colpos.mx; jocadena@gmail.com

Impresión 3000 ejemplares.

Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni de la Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.



Dr. Jorge Cadena Iñiguez

## Directorio

Said Infante Gil  
Editor General del Colegio de Postgraduados

Rafael Rodríguez Montessoro†  
Director Fundador

Jorge Cadena Iñiguez  
Director de Agroproductividad

Fernando Carlos Gómez Merino  
Director Adjunto de Agroproductividad

### Comité Técnico-Científico

Colegio de Postgraduados—Montecillo  
Ma. de Lourdes de la Isla  
Dr. Ing. Agr. Catedrática Aereopolución

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

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

Colegio de Postgraduados—San Luis Potosí  
Fernando Clemente Sánchez  
Dr. Ing. Agr. Fauna Silvestre

Luis Antonio Tarango Arámbula  
Dr. Ing. Agr. Fauna Silvestre

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

Carlos Mallen Rivera  
M. C. Director de Promoción y Divulgación

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

Instituto Interamericano de Cooperación  
para la Agricultura  
(Guatemala)  
Manuel David Sánchez Hermosillo  
Dr. Ing. Agr. Nutrición Animal y manejo de Pastizales

Servicio Nacional de Inspección y  
Certificación de Semillas  
(SNICS-SAGARPA)  
Manuel R. Villa Issa  
Dr. Ing. Agr. Economía Agrícola.  
Director General

## Editorial

Volumen 11 • Número 3 • marzo, 2018.

La Revista **AP AGRO PRODUCTIVIDAD**, informa que a partir del mes de abril se habilita la plataforma (PKP) en línea (OJS) para recibir las contribuciones para arbitraje y publicación. La plataforma se ubica en el link:

<http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad>

con la finalidad de agilizar el proceso de recepción, revisión, asignación de árbitros, edición y publicación de los artículos. En la misma plataforma se encuentra el acervo publicado desde el año 2011. Esperamos que este formato aumente la visibilidad de las publicaciones y facilite la consulta de los lectores nacionales e internacionales.

Este es un esfuerzo del equipo editorial de la Revista **AP AGRO PRODUCTIVIDAD** y de la Editorial del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (Colpos).

# ACCIONES DEL SERVICIO NACIONAL DE INSPECCIÓN Y CERTIFICACIÓN DE SEMILLAS (SNICS-SAGARPA) PARA EL DESARROLLO DEL CAMPO MEXICANO

**Córdova-Téllez L., González-Santos R., Padilla-Vaca E., Chávez-Bravo J. M.**

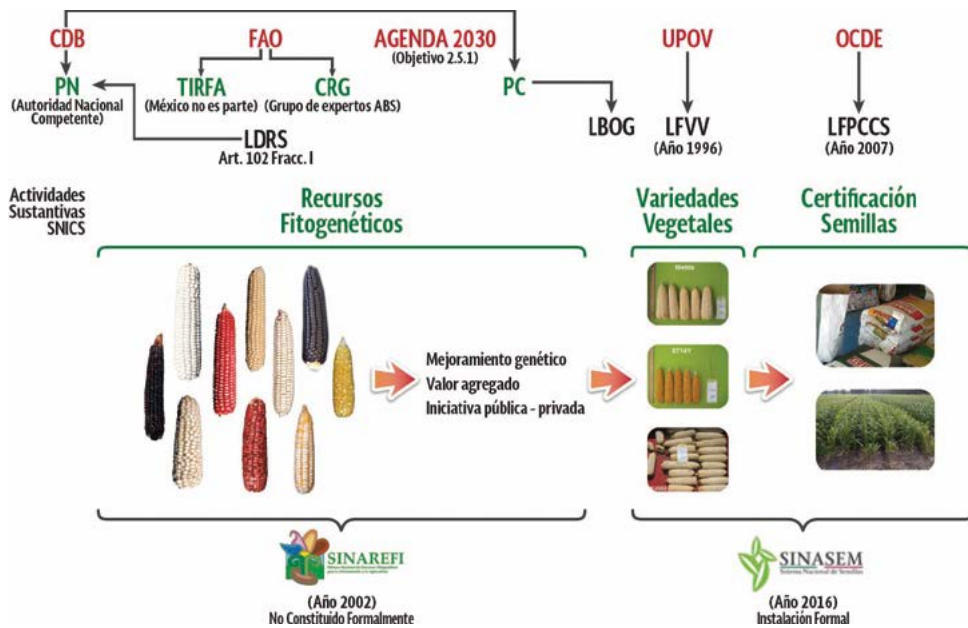
Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. Av. Guillermo Pérez Valenzuela 127, Colonia Del Carmen, Delegación Coyoacán, Ciudad de México. C.P. 04100.

**Autor de correspondencia:** leobigildo.cordova@sagarpa.gob.mx

Las atribuciones del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semilla (SNICS), tienen su fundamento legal en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS) del año 2001, Ley Federal de Variedades Vegetales (LFVV) del año 1996, Ley Federal de Producción, Certificación y Comercialización de Semillas (LFPCCS) del año 2007 (Diario Oficial de la Federación, 2018), que dan origen a las actividades sustantivas en:

- I. **Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA).** Coordina acciones de manera interinstitucional e interdisciplinaria para la conservación y aprovechamiento sostenible de los RFAA, con fundamento en el Artículo 102 de la LDRS. Para ello, se implementó la estrategia denominada Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI).
- II. **Registro de Variedades Vegetales.** Autoridad responsable de regular la inscripción de variedades vegetales ante el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) del SNICS con fundamento en la LFPCCS. Así mismo, regula bajo un segundo esquema la propiedad intelectual de los obtentores de las nuevas variedades, mediante la expedición de Título de Obtentor, que se publica en la Gaceta Oficial de los Derechos de Obtentor de Variedades Vegetales en México (DOV), con fundamento en la LFVV y su Reglamento, la cual está en concordancia con el acta de 1978 del Convenio de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV), al que México se adhirió en Julio de 1997.
- III. **Certificación de Semillas.** Inspección y vigilancia en la calificación y comercialización de semilla de variedades registradas ante el CNVV del SNICS, tanto de variedades de uso común, como con título de obtentor con fundamento en la LFPCCS.

La actividad sustantiva del SNICS en RFAA, tiene una estrecha vinculación con el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización (PN) como Autoridad Nacional competente para los RFAA, Comisión de Recursos Genéticos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Las atribuciones en variedades vegetales, dan cumplimiento a los compromisos adquiridos por México ante la UPOV. En certificación de semillas, se tiene relación con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), en específico para lo relacionado con la exportación de semilla (Figura 1) (SNICS, 2018).



**Figura 1.** Atribuciones del SNICS y su relación con convenios y tratados internacionales. CDB: Convenio de Diversidad Biológica, PN: Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización, FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, TIRFAA: Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, CRG: Comisión de Recursos Genéticos de la FAO, PC: Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología, UPOV: Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales, OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, LDRS: Ley de Desarrollo Rural Sustentable, LBOG: Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, LFVV: Ley Federal de Variedades Vegetales, LFPCCS: Ley Federal de Producción, Certificación y Comercialización de Semillas, SINAREFI: Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, SINASEM: Sistema Nacional de Semillas.

### Origen y Desarrollo del SNICS

En 1943 inició la primera etapa de organización en la Producción de Semillas, se crearon los primeros departamentos para la Producción de Semillas de Calidad. En 1954, se inició con la certificación de semillas de trigo. En 1961, se promulgó la primera Ley Federal sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas (LFPCCS), con la que se inició la etapa de "Institucionalización de la Producción de Semillas", y se creó el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS).

En 1991, se emitió una nueva Ley de Semillas que permitió la participación del sector privado en la producción y comercialización de semillas. En 1996 entró en vigor la Ley Federal de Variedades Vegetales de acuerdo al Acta de 1978 de la Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV) (Luna-Mena et al., 2012). En el 2002, inició la implementación del programa denominado "Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI)". En el 2007, se emitió la nueva LFPCCS que fortalece el proceso de calificación de semillas, se crea formalmente el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) y el Sistema Nacional de Semillas (SINASEM), como un órgano deliberativo en la evaluación de las políticas públicas en materia de semillas. En el año 2008, se integra el Laboratorio Central de Referencia ubicado en Tlalnepantla, Estado de México. El cual, en el año 2013, obtiene la acreditación internacional por parte de International Seed Testing Association (ISTA). En el 2014, el SNICS

obtiene el Premio Innovagro por la estrategia del SINAREFI y en el 2016 se instala formalmente el SINASEM. En el 2018, es el 57 Aniversario del SNICS (Figura 2).

### Unidades Operativas del SNICS en los estados

Actualmente, el SNICS tiene presencia nacional a través de 39 Unidades Operativas vinculadas a las Delegaciones de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) en los estados de la república, que se agrupan en nueve Coordinaciones Regionales, con ocho Laboratorios Regionales y el Laboratorio Central de Referencia. Las Unidades Operativas del SNICS dan seguimiento en campo y en laboratorio a la producción de semilla inscrita para ser calificada y realizan actividades de muestreo, supervisión y vigilancia en los comercios de semillas (Figura 3). De igual manera, se tienen constituidos 11 Comités Consultivos de Semillas, ubicados en los Estados de Baja California, Baja California Sur, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Oaxaca, Puebla, Sinaloa, Sonora, Tlaxcala y Morelos, conforme al artículo 37 de la LFPCCS. Los cuales, tienen como principal objetivo analizar la situación del sector semillero estatal para promover acciones que atiendan los requerimientos de producción de semillas certificadas.

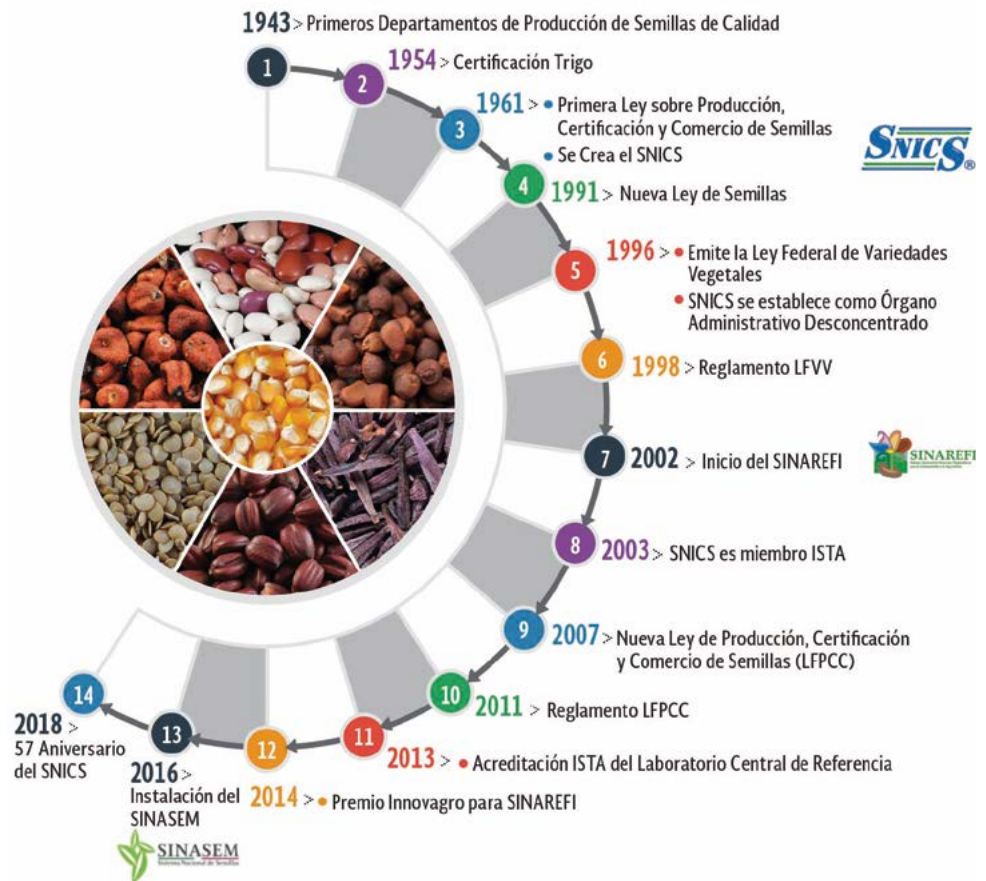
### ¿Cómo contribuye con el desarrollo del campo mexicano?

- I. A través de la conservación y aprovechamiento sostenible de los cultivos nativos de México.

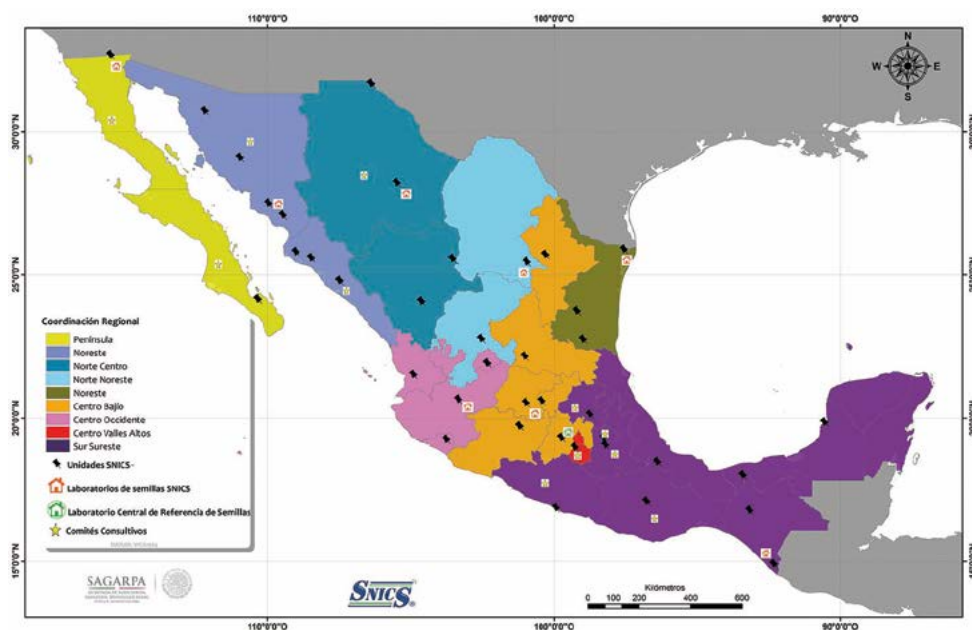
Como se observa en la Figura 1, a

partir del 2002, el SNICS coordina a través del SINAREFI, la conservación y aprovechamiento sostenible de los RFAA, con la participación interinstitucional e interdisciplinaria (más de 60 instancias), a través de 44 Redes por cultivo con centro de origen, domesticación y diversidad en México y la Red Temática de Centros de Conservación (González-Santos *et al.*, 2015).

Entre los resultados relevantes del SINAREFI destacan: en conservación *in situ*, la publicación del diagnóstico de 44 cultivos, la identificación de 16 nuevas especies, establecimiento de más de 25 bancos comunitarios de semillas distribuidos en todo el país, implementación de la estrategia "Incentivos a la Conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad de maíces nativos de México", fitomejoramiento participativo en más de 10 cultivos.



**Figura 2.** Origen y Desarrollo del Servicio Nacional de Inspección y Certificación (SNICS): LFVV: Ley Federal de Variedades Vegetales, SINAREFI: Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, ISTA: International Seed Testing Association, LFPC: Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas, SINASEM (Sistema Nacional de Semillas).



**Figura 3.** Distribución de las Unidades Operativas del SNICS, Laboratorios de Semillas y su agrupación en nueve coordinaciones regionales.

En conservación *ex situ*, se integró la Red Centros de Conservación con la participación de las principales instituciones relacionadas con el tema: Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Universidad de Guadalajara (UDG), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) y la Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX S.C. En estas, se establecieron los Centros de Conservación activos, que resguardan más de 60,000 accesiones de aproximadamente 1,300 especies.

En el área estratégica de uso y potenciación se registraron 241 variedades de 24 Cultivos en el CNVV, que contribuyen a evitar la piratería de variedades de uso común. Además, se originaron más de 26 nuevas variedades de 10 Cultivos con Título de Obtentor.

En creación de capacidades, las redes generaron más de 100 publicaciones, disponibles en la página web del SNICS (<https://www.gob.mx/snics/acciones-y-programas/publicaciones-de-recursos-fitogeneticos>). Así como, la generación de nuevos recursos humanos, talleres regionales y nacionales, Ferias de Semillas nacionales, regionales, locales, videos, carteles, folletos, entre otros (González-Santos *et al.*, 2015).

### Impactos y beneficios

La política pública implementada por la SAGARPA a través del SNICS denominada SINAREFI, tiene los siguientes impactos:

- Coadyuva con la seguridad alimentaria.
- Ayuda a mejorar la calidad de vida social y económica de los productores.
- Hacer frente al cambio climático a través de la utilización sostenible de los RFAA.
- Cumplir los Convenios y Tratados Internacionales (CDB, PC, PN) y generar las bases para el TIRFAA.
- Fomentar la nutrición sana de la población, a través del consumo de una dieta más diversificada y de cultivos nativos de México.
- Asegurar la disponibilidad de genes para programas de mejoramiento genético (conservación *in situ* y *ex situ*).

### II. Registro de Innovaciones de variedades vegetales e inspección y vigilancia de su uso

De 1996 a 2017, se otorgaron 1,801 Títulos de Obtentor de 120 cultivos. De estos 1,564 se encuentran vigentes al cierre del año 2017. El mayor porcentaje corresponde al grupo de agrícolas con 710 (27.6%), seguido por frutales 420 (16.3%), ornamentales 395 (15.3%) y hortalizas 276 (10.7%). El cultivo con el mayor número de Títulos de obtentor es maíz con 269 (18%), seguido por el cultivo de rosa con 103 (7%) y en

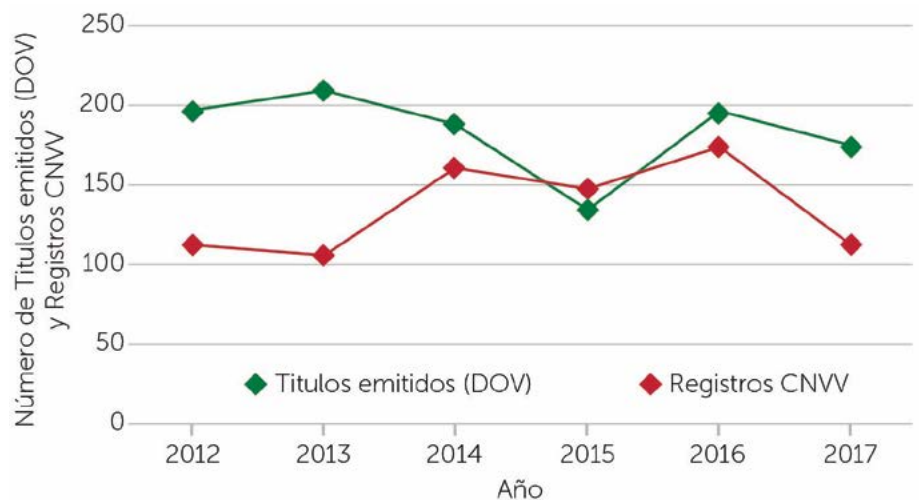
tercer lugar fresa con 99 (6%). Por otro lado, el total de solicitantes asciende a 271 obtentores, principalmente de tres nacionalidades: mexicanos con 637 (24.7%), norteamericanos con 573 (22.2%), holandeses con 330 (12.8%) y otros con 261 (10.1%).

El INIFAP encabeza la lista de los Títulos otorgados con 253 (14%), seguido por Pioneer Hi-bred International, Inc. con 111 (6%); Seminis Vegetable Seeds, Inc. con 117 (6%); Semillas y Agroproductos Monsanto, S.A de C.V. con 74 (4); Driscoll's, Inc. con 96 (3%); Nunhems B.V. con 58; Meilland International S.A. con 33 y la Universidad Autónoma Chapingo con 62, y el resto (997) corresponde a otros 263 obtentores.

En cuanto al Catálogo Nacional de Variedades Vegetales, se tiene un acumulado de 2,664 registros, correspondientes a 66 cultivos, principalmente de maíz 1,459 (55%), sorgo 229 (9%), trigo 143 (5%), frijol 89 (3%), papa 63 (2%) y nopal 61 (2%).

La tendencia de los títulos emitidos y registros ante el CNVV es variable, a través del tiempo; destaca un incremento significativo en el 2013, con más de 190 títulos de obtentor. En 2014 y 2015 ocurrió una disminución significativa, pero en el 2017, se presenta una tendencia ascendente. En el caso de los registros CNVV la tendencia se ha mantenido variable dentro de un rango estable (Figura 4).

El SNICS, también realiza actos de vigilancia en el uso de las variedades protegidas mediante un título de obtentor,



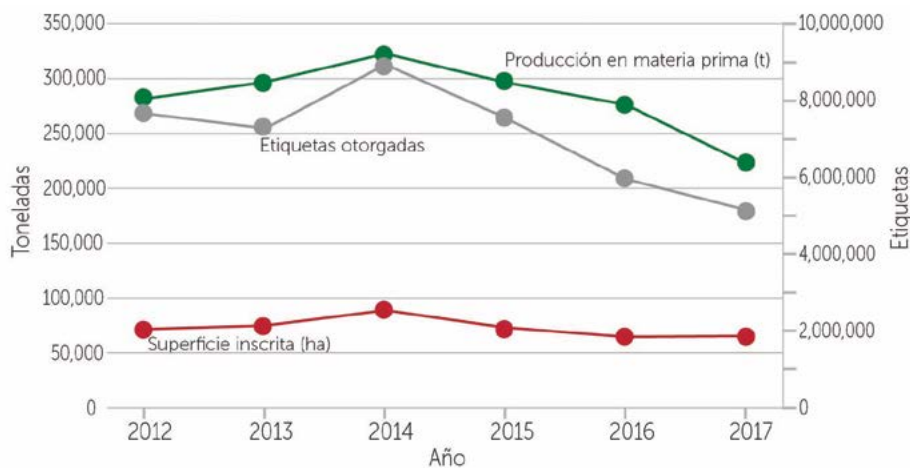
**Figura 4.** Tendencia en otorgamiento de Títulos de Obtentor y registro de Variedades de uso común del 2012-2017. DOV: Gaceta Oficial de Derechos de Obtentor, CNVV: Catálogo Nacional de Variedades Vegetales.



con la finalidad de asegurar la explotación de las variedades por el obtentor o a través de licenciarios que han establecido un acuerdo comercial con el correspondiente pago de regalías que eviten: violentar el derecho de los obtentores, dañar la calidad e imagen de las variedades protegidas, a los agricultores verse involucrados en transacciones fraudulentas al adquirir semilla o material de propagación de dudosa procedencia en cuanto a la identidad genética y de condiciones fitosanitarias (Molina-Macías, 2017).

### Impactos y beneficios

- Aumentar la inversión nacional y extranjera en México.
- Cumplir con los compromisos ineludibles de Propiedad Intelectual establecidos en los Tratados de Libre Comercio.
- Reducir la biopiratería.
- Creación de empleo e incentivos a la innovación y transferencia tecnológica.



**Figura 5.** Tendencia de la Producción de Semilla Certificada y superficie inscrita en hectáreas del 2012-2017.

Cultivo	Total Semilla Producida certificada 2017 (t)	Cobertura estimada 2017** (%)	Cultivo	Total Semilla Producida certificada 2017 (t)	Cobertura estimada 2017** (%)
Trigo ( <i>Triticum aestivum</i> )*	83,538.15	83	Triticale (cereal híbrido)	230.48	ND
Maíz ( <i>Zea mays</i> )*	70,267.85	46	Cacahuete ( <i>Arachis hypogaea</i> )	208.47	ND
Papa ( <i>Solanum tuberosum</i> )	21,211.20	14	Pastos (varias especies)	156.76	ND
Avena ( <i>Avena sativa</i> )*	20,785.28	33	Cártamo ( <i>Carthamus tinctorius</i> )*	145	31
Soya ( <i>Glycine max</i> )*	12,912.43	97	Sorgo ( <i>Sorghum</i> )*	133.64	0.42
Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )*	5,719.77	6	Café ( <i>Coffea</i> )*	105.32	ND
Cebada ( <i>Hordeum vulgare</i> )*	4,881.95	13	Zacate (Poaceae)	30	ND
Arroz ( <i>Oryza sativa</i> )*	2,031.90	49	Canola ( <i>Brassica napus</i> )*	5.3	ND
Garbanzo ( <i>Cicer arietinum</i> )	367.3	ND	Chile ( <i>Capsicum</i> )*	0.1	ND
<b>Total</b>			<b>222,731</b>		

\* Cultivos considerados en la Planeación Agrícola Nacional. ND: No disponible.

\*\* Porcentaje de cobertura estimada para 2017, a partir del cálculo de semilla requerida conforme a lo reportado por el SIAP para el año agrícola 2017 en el rubro de superficie sembrada.

### III. Garantizar la calidad de la semilla que adquieren los agricultores y que es producida bajo el esquema de certificación.

El promedio de superficie inscrita para certificación de semillas es de 71,375 ha en el periodo 2012 a 2017, con un promedio de producción de 281,099 t y un promedio de etiquetas de 7,057,193 (Figura 5). El SNICS, realiza la certificación de semillas en 22 cultivos, de los cuales 14 están considerados en la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 (SAGARPA, 2017), emitida recientemente por la SAGARPA. En 2017, se certificó semilla en 18 cultivos (Cuadro 1), en soya se alcanzó una cobertura de 97%, en trigo de 83%, en arroz y maíz 49 y 46%, respectivamente. En el caso de sorgo el porcentaje de cobertura fue mínimo con el 0.42%, se refiere al porcentaje de semilla producida en México, debido a que se importa semilla. La cual al entrar a México circula como semilla declarada.

El SNICS, a través del Laboratorio Central de Referencia (LCR) acreditado por la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA), emite certificados internacionales (ISTA Seed Lot and Sample Certificates): certificado internacional naranja (para lotes de semillas, ISTA Seed Lot) y el azul (para muestras de semillas, Sample Certificates). Estos certificados, son imprescindibles para la exportación de semillas y en algunos casos, obligatorios por diversos países. Con la emisión de estos Certificados el sector semillero en México tiene la posibilidad de participar en el comercio internacional de semillas; adicionalmente se puede conseguir la certificación internacional a través de esquemas OCDE.

## Impactos y beneficios

- Valor agregado a la semilla a través de la certificación.
- Certeza al agricultor en la calidad de la semilla.
- Coadyuvar con el Incremento a la producción de alimentos.
- Fortalecer la capacidad de exportación de alimentos de México.
- Mayor rentabilidad del campo mexicano.

## Retos y Oportunidades para el SNICS

- I. **Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA).** El principal reto es la formalización legal de la estrategia SINAREFI para una certeza jurídica, financiera y técnica que le permita cumplir con la atribución de la conservación y aprovechamiento sostenible de los RFAA y su distribución justa y equitativa derivada de su utilización.
- II. **Varietades Vegetales.** La Reformas a la Ley Federal de Varietades Vegetales conforme al Acta de 1991 de UPOV, para una mayor certeza jurídica a los fitomejoradores. Además, de asegurar que México disponga del marco jurídico en el tema conforme a estándares internacionales y fortalecer las acciones de inspección y vigilancia.
- III. **Certificación de Semillas.** Ampliar los cultivos en atención, con énfasis en ornamentales y frutales. Así como, implementar los Organismos de Certificación para fortalecer los procesos de certificación, acorde a lo establecido en la Ley Federal de Producción, Certificación y Comercialización de Semillas.

## CONCLUSIÓN

Las acciones que realiza el SNICS, son de

seguridad nacional, dado que son la base para incrementar la producción de alimentos para México y el mundo. Para ello, se tienen atribuciones desde la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos fitogenéticos, la protección de variedades vegetales y la producción de semilla de calidad para los productores.

## AGRADECIMIENTO

A la Ing. Enriqueta Molina Macias, Ex-Directora General del SNICS, por las sugerencias al documento.

## LITERATURA CONSULTADA

- Catálogo Nacional de Varietades Vegetales. 2018. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/298020/CNVV\\_Anuar\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/298020/CNVV_Anuar_2017.pdf) (Ultimo acceso: 27/02/2018).
- Diario Oficial de la Federación. 2018. Leyes y Reglamentos. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/leyes.php> (Ultimo acceso: 27/02/2018).
- Gaceta Oficial de Derechos de Obtentor. 2018. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/298038/Gaceta\\_DOV\\_Anuar\\_2017.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/298038/Gaceta_DOV_Anuar_2017.pdf) (Ultimo acceso: 27/02/2018).
- González-Santos R., Cadena-Iñiguez J, Morales-Flores F.J, Ruiz-Vera V.M, Pimentel-López J, Peña-Lomelí A. 2015. Model for the conservation and sustainable use of plant genetic resources in México. *Wulfenia Journal* (22): 333-353.
- Luna-Mena B.M., Hinojosa-Rodríguez A, Ayala-Garay O.J, Castillo-González F. y Mejía-Contreras J. 2012. Perspectivas de desarrollo de la industria semillera de maíz en México. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 35 (1): 1-7.
- Molina-Macias, E. 2017. Piratería...también en las plantas. 1era parte. *Revista Agricultura Moderna* (33): 56-58.
- SAGARPA. 2018. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Disponible en: <https://www.gob.mx/sagarpa/documentos/planeacion-agricola-nacional-2017-2030>. (Ultimo acceso: 27/02/2018).
- Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas. 2018. Disponible en: <https://www.gob.mx/snics> (Ultimo acceso: 27/02/2018).
- Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Estadísticas de producción agrícola. Disponible en: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/estadistica-de-la-produccion-agricola> (Ultimo acceso: 27/02/2018).



# DETERMINACIÓN PRELIMINAR DE COMPONENTES DE RENDIMIENTO PARA EL CULTIVO DE VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) EN LA REGIÓN TOTONACAPAN, MÉXICO

## PRELIMINARY DETERMINATION OF YIELD COMPONENTS FOR VANILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) CULTIVATION IN TOTONACAPAN REGION, MEXICO

Rocha-Flores R.G.<sup>1</sup>; Herrera-Cabrera B.E.<sup>2\*</sup>; Velasco-Velasco J.<sup>1</sup>; Salazar-Rojas V.M.<sup>4</sup>; Delgado-Alvarado A.<sup>2</sup>; Mendoza-Castillo M.C.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla, México. C. P. 72760. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. <sup>4</sup>Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Av. de los Barrios, N° 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. C. P. 54090.

\*Autor de correspondencia: behc@colpos.mx

### RESUMEN

La vainilla (*Vanilla planifolia*) es uno de los cultivos tropicales originarios de México más importantes a nivel comercial, aunque en los últimos 25 años el volumen de producción y el rendimiento del cultivo han disminuido considerablemente. El conocimiento vigente sobre paquetes tecnológicos para el cultivo de vainilla; al igual que el conocimiento tradicional sobre sistemas de producción es muy limitado. Pero es aún más reducida la información sobre los componentes que determinan el rendimiento de vainilla y que podrían ser atendidos a través del manejo agrícola. Por lo anterior, el objetivo del trabajo se concentró en analizar variables y factores que inciden en el rendimiento del cultivo de vainilla en la región Totonacapan, México. Se evaluaron dos genotipos de vainilla, Q1 y Q6, el y Q6 se estudió en dos sitios. Se analizaron 28 variables agronómicas asociadas a rendimiento. Se realizó un análisis de componentes principales biplot, con el propósito de identificar gráficamente el nivel de relación entre el agrupamiento de las plantas y las variables de rendimiento. Los resultados permitieron identificar tres perfiles de rendimiento en el germoplasma evaluado. Se observó que los perfiles de mayor rendimiento y calidad de fruto asociados al Q6, independientemente de la localidad, están correlacionados con menor sanidad y mayores niveles de caída de fruto. Mientras que en el material más silvestre Q1, se distinguió un perfil con menores valores de rendimiento, pero con bajos niveles de caída de frutos y mayores parámetros de sanidad.

**Palabras clave:** *Vanilla planifolia*, genotipos, productividad, vainas, cultivo.

### ABSTRACT

Vanilla (*Vanilla planifolia*) is one of the most important commercial tropical crops originating in Mexico, however in the last 25 years the volume of production and the yield of the crop have diminished considerably. Current knowledge about technological packages for the cultivation of vanilla; just



**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo, 2018. pp: 9-14.

**Recibido:** enero, 2018. **Aceptado:** marzo, 2018.

as traditional knowledge about production systems, is very limited. But information on the components that determine vanilla yields that could be addressed through agricultural management is even smaller. Therefore, the aim of this work was to analyze variables and factors that affect the yield of the vanilla crop in the Totonacapan region, Mexico. Two vanilla genotypes Q1 and Q6 were evaluated, the Q6 was studied in two sites. 28 agronomic variables associated with yield were analyzed. A biplot Principal Component Analysis was carried out, with the purpose to identify the relationship level between the grouping of individual plants and yield variables. The results allowed to identify three performance profiles (PR) in the evaluated germplasm. It was observed that the profiles of higher yield and fruit quality associated with the Q6, independently of the locality, are correlated with less health and higher levels of fruit fall. While in the most wild material Q1, a profile with lower yield values was distinguished, but with low levels of fruit fall and higher health parameters.

**Keywords:** *Vanilla planifolia*, genotypes, productivity, pods, crop.

## INTRODUCCIÓN

Agronómicamente, el rendimiento de un cultivo se utiliza como estimador de la producción obtenida por unidad de superficie o por individuo y representa la expresión de la interacción de factores ambientales, genéticos y de manejo (Maturano, 2002). En la mayoría de los cultivos el rendimiento está determinado por la relación de biomasa que existe entre el crecimiento de los órganos de cosecha y el resto de la planta (Andrade *et al.*, 2005). En el caso de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) uno de los órganos utilizados para estimar el rendimiento es el fruto o "vainilla". Y a pesar de que vainilla es una especie originaria de México y Centro América, su cultivo formal es reciente (alrededor de 200 años) de manera que el conocimiento tradicional sobre cultivo y características de las plantas es limitado (Soto-Arenas, 2006). Incluso para autores como Soto-Arenas (2006) el germoplasma de vainilla es un material con pocas generaciones de selección que no presenta síndromes de domesticación o la expresión de caracteres asociados a rendimiento.

El cultivo de vainilla está asociado a sistemas agroforestales que integran árboles de soporte o forofitos que ayudan a mantener los ciclos biogeoquímicos naturales, preservan el paisaje, la biodiversidad local, la capacidad de regeneración de la selva. Desde el punto de vista ambiental, el rendimiento de vainilla está condicionado por la interacción entre la especie, y la cantidad y calidad de recursos ecológicos, hídricos, edáficos y luminosos que proporciona dicho agroecosistema.

En los últimos 25 años, la producción de vainilla en México ha disminuido considerablemente por varios factores como: caída prematura del fruto (Castillo y Engleman, 1993; Soto-Arenas, 2006), nutrición deficiente (Soto-Arenas, 2006; Porras-Alfaro y Bayman, 2007), presencia de plagas y enfermedades (Divakaran *et al.*, 2006; Hernández y Lubinsky, 2011) y altos costos de producción por la polinización manual (Coro, 2009). Particularmente en 80% de la producción nacional de vainilla que se obtiene de la región del

Totonacapan, es posible distinguir un patrón de rendimiento reducido por unidad de superficie ( $0.6 \text{ t ha}^{-1}$ ) y rendimiento fluctuante año con año (Gobierno del Estado de Veracruz, 2008).

En la búsqueda de alternativas para incrementar el rendimiento de vainilla en México, es requisito previo explorar componentes que ayuden a definir de manera pertinente el concepto de rendimiento para el cultivo de vainilla. Y dado que es un material considerado como "en proceso de domesticación", se seleccionaron genotipos contrastantes (silvestres y cultivados) (Salazar-Rojas *et al.*, 2011, Herrera-Cabrera *et al.*, 2012) para estudiar las variables biológicas que inciden en el rendimiento del cultivo de vainilla en la región Totonacapan Puebla-Veracruz, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Especie y sitios de estudio

Se estudiaron individuos en etapa reproductiva en diferentes sistemas de cultivo. Se identificaron 24 plantas seleccionadas de acuerdo a criterios de sanidad y mayor número de frutos dentro de la plantación durante 2014, en tres localidades: Genotipo Q6 en Ejido Primero de Mayo (6), y Rancho 20 Soles (9) en Papantla, Veracruz; y Genotipo Q1 en Ejido Carrizal Viejo (9), Pantepec, Puebla. Las características por sitio, superficie y ubicación geográfica se presentan en el Cuadro 1.

### Caracteres evaluados

La estimación de las variables de rendimiento en vainilla se analizó a través de 28 variables agronómicas (Cuadro 2). La selección de las variables se realizó a partir de una revisión bibliográfica en cultivos de reproducción por esqueje

donde se han evaluado variables de rendimiento agronómico como *Solanum tuberosum* (Tornés, 2008) *Asparagus officinalis* (Asprelli et al., 2005), *Solanum lycopersicum* (Santiago et al., 1998) y un modelo de rendimiento en vainilla (Menon et al., 2002).

### Diseño experimental y análisis estadístico

Se analizó el efecto del genotipo y de la interacción individuo por genotipo sobre 28 variables de ren-

**Cuadro 1.** Características del sitio de estudio y del sistema de manejo de producción de *Vanilla planifolia* en la región del Totonacapan, México.

Sitio	Carrizal Viejo, Pantepec, Puebla	1° Mayo, Papantla, Veracruz	20 Soles, Papantla, Veracruz
Coordenadas (UTM)	N 20°30.280' O 097°53.389'*	N 20° 17.682' O 097° 15.915'*	N 20°25.662' O 097°18.790*
Altura (msnm)	290*	100*	180*
Superficie (ha)	0.937	0.8166	0.0309
Riego	Rodado	Rodado	Rodado

\*Datos tomados en campo con GPS Garmin modelo Montana 650.

dimiento. Para el análisis se utilizó un modelo equivalente al diseño experimental de bloques comple-

tamente al azar desbalanceado (PROC GLM, SAS 2002). La comparación de medias para las variables

**Cuadro 2.** Medias, coeficientes de variación (CV) y cuadrados medios por sitio y sitio por planta de las 28 variables agronómicas de vainilla (*Vanilla planifolia*) en los tres sitios de estudio del Totonacapan, México.

Variable	Media	CV (%)	Cuadrados Medios	
			Sitio	Sitio x (Planta)
Altura de planta (cm)	721.20	9.94	960189.56**	225221.87**
Ancho apical de fruto (mm)	11.55	14.93	96.21**	5.41 <sup>ns</sup>
Ancho basal de fruto (mm)	10.46	16.50	181.23**	9.03**
Ancho ecuatorial de fruto (mm)	10.77	15.82	76.07**	7.91*
Brote reproductivo (No.)	5.75	28.55	56.94**	2.70**
Brote vegetativo (No.)	9.42	31.07	126.03**	8.56**
Distancia entre hileras (m)	2.08	0.00	1.37**	0.00**
<b>Distancia entre nudos (cm)</b>	9.67	10.98	<b>0.63<sup>ns</sup></b>	<b>1.13<sup>ns</sup></b>
Distancia entre plantas (m)	1.59	0.00	7.18**	0.00**
<b>Diámetro apical tallo (cm)</b>	2.96	23.67	<b>0.22<sup>ns</sup></b>	<b>0.50<sup>ns</sup></b>
Diámetro basal de tallo (cm)	3.66	12.02	0.13**	0.19**
Diámetro ecuatorial de tallo (cm)	3.89	18.42	0.22**	0.51**
Diámetro apical de fruto (mm)	12.82	14.75	90.98**	10.43**
Diámetro basal de fruto (mm)	11.63	12.94	232.61**	9.1**
Diámetro ecuatorial de fruto (mm)	13.23	12.35	55.10**	11.72**
Flores polinizadas totales por planta (No.)	27.46	19.82	1223.09**	635.70**
Flores totales por planta (No.)	37.38	18.16	1127.95**	1110.56**
Incidencia de <i>Fusarium</i> spp (%)	1.79	6.01	0.41**	0.64**
Longitud de esqueje no reproductivo (cm)	494.91	15.48	536398.58*	67484.36*
Longitud de esqueje reproductivo (cm)	355.38	40.89	112903.48*	21126.29*
Longitud de fruto (cm)	18.45	12.33	229.59**	15.86**
Número de frutos abortados (No.)	3.54	40.76	10.09*	<b>2.68<sup>ns</sup></b>
Número de frutos totales (No.)	9.00	32.74	164.81**	8.69**
Número de hojas totales por planta (No.)	105.32	13.58	2464.01**	1085.60**
Número de racimo totales por planta (No.)	7.58	21.10	148.03**	61.13**
Número de frutos por inflorescencia (No.)	25.50	19.45	1437.56**	643.19**
Peso fresco de frutos totales (g)	14.27	24.64	163.88**	93.62**
Severidad de enfermedades (%)	1.74	11.50	11.53**	1.63**

\*\*=diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ); \*=diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ); ns=diferencias no significativas.

agronómicas en los sitios se calculó con base en la media armónica (n), mediante la prueba de Tukey (SAS, 2002). Se utilizó un análisis componentes principales biplot (ACP-b) con el propósito de identificar la relación entre el patrón de agrupamiento de las variables y el patrón de agrupamiento de las plantas y los genotipos estudiados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.01$ ) entre genotipos y entre individuos dentro de cada ge-

notipo en 26 caracteres analizados. Los caracteres de distancia entre nudos y diámetro apical de tallo no presentaron diferencias en ninguna de las dos fuentes de variación analizadas y número de frutos abortados sólo fue significativamente diferente entre genotipos (Cuadro 2).

La dispersión de los 24 ejemplares representados en el espacio determinado por los dos primeros componentes principales explicó 58% de la varianza total (Cuadro 3). El componente principal 1 (CP1) explicó 46% de

variación a partir de variables relacionadas con el tamaño, peso y sanidad de los frutos: el diámetros de fruto (Dvaina), ancho de fruto (Avaina), severidad de enfermedades (Pcuaren) e incidencia de *Fusarium* spp. (Pini). El segundo componente (CP2) explicó 12% de la varianza y se concentró principalmente en variables relacionadas con la calidad de la estructura vegetativa de la planta, concretamente: Altura de la planta (Aplanta), diámetro de tallo (Dtallo), longitud de esqueje no reproductivo (Lonnrep) y el número de frutos con abscisión o abortados (Naborto) (Cuadro 3).

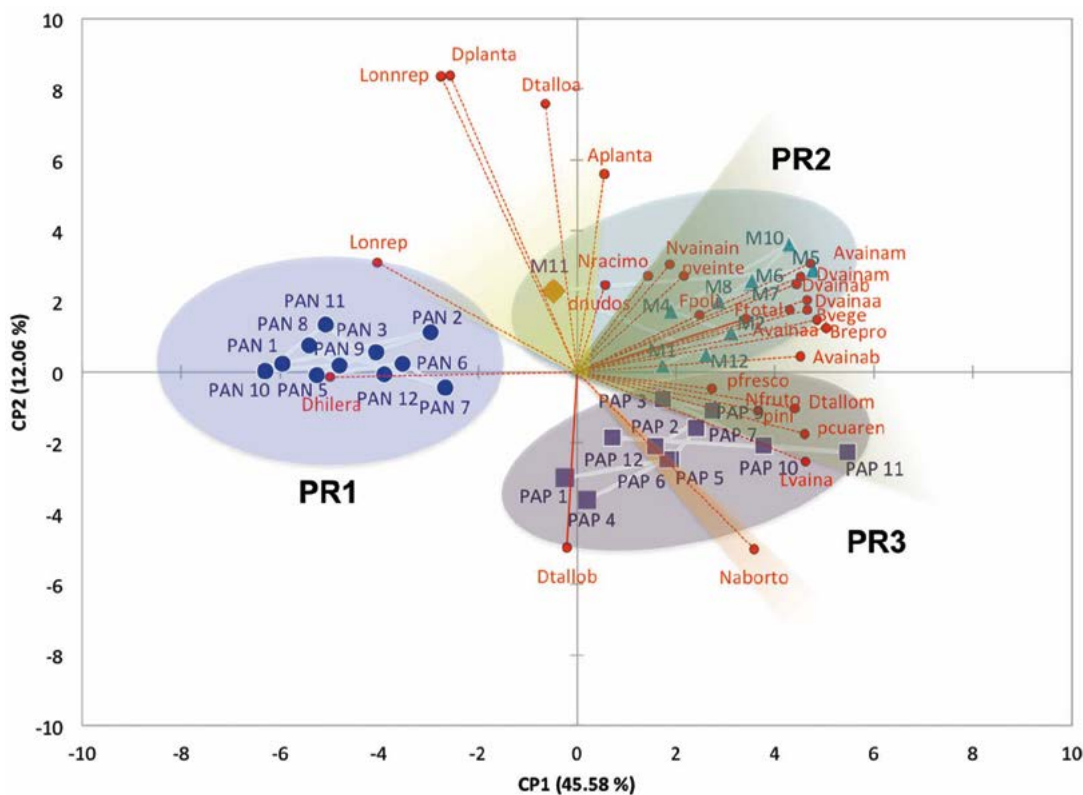
Respecto a la distribución espacial de los primeros tres componentes principales en el análisis BIPLLOT, se identificaron tres agrupamientos de plantas y variables, definidos como perfiles de rendimiento (PR) (Figura 1). El grupo PR1 integró plantas correspondientes al genotipo Q1 de Pantepec, Puebla, que presentaron como características, bajo número de brotes (vegetativos y reproductivos), menor número de flores y frutos, y frutos de dimensiones menores. Pero con altos niveles de sanidad, baja incidencia de *Fusarium* spp., y bajos niveles de frutos abortados. (Figura 1).

El grupo PR2 agrupó plantas del genotipo Q6 ubicadas en la localidad de primero de mayo (Figura 1). Correspondieron a materiales con los mayores valores en parámetros relacionados con la calidad de fruto: largo, ancho, peso; mayor número de hojas, flores y vainas por inflorescencia (Figura 2), pero con menor sanidad y un nivel intermedio en frutos abortados (Figura 1).

**Cuadro 3.** Valores propios, vectores propios y proporción acumulada de las variaciones explicadas por cada variable en las primeras dos dimensiones de 25 variables agronómicas de vainilla (*Vanilla planifolia*) en el Totonacapan, México.

CARÁCTER	CLAVE	CP1	CP2
Longitud de fruto	Lvaina	<b>0.24</b>	-0.13
Diámetro basal de fruto	Dvainab	<b>0.24</b>	0.16
Diámetro ecuatorial de fruto	Dvainam	<b>0.23</b>	0.13
Diámetro apical de fruto	Dvaina	<b>0.22</b>	0.09
Ancho apical de fruto	Avainab	<b>0.26</b>	0.06
Ancho basal de fruto	Avainam	<b>0.23</b>	0.14
Ancho ecuatorial de fruto	Avaina	<b>0.24</b>	0.09
Peso fresco de frutos totales	pfresco	<b>0.23</b>	0.02
Incidencia de <i>Fusarium</i> spp	Pini	<b>0.23</b>	-0.05
Número de hojas totales por planta	Pveinte	0.13	0.08
Severidad de enfermedades	pcuaren	<b>0.24</b>	-0.09
Altura de planta	Aplanta	0.03	<b>0.29</b>
Número de frutos totales	Nfruto	0.19	-0.06
Número de frutos abortados	Naborto	0.19	<b>-0.26</b>
Brote vegetativo	Bvege	<b>0.24</b>	0.11
Brote reproductivo	Brepro	<b>0.25</b>	0.08
Distancia entre plantas	Dplanta	-0.14	0.43
Distancia entre hileras	Dhileras	<b>-0.26</b>	-0.01
Diámetro basal de tallo	Dtallob	-0.01	<b>-0.26</b>
Diámetro ecuatorial de tallo	Dtalloom	0.14	-0.02
<b>Diámetro apical tallo</b>	<b>Dtalloa</b>	-0.03	<b>0.39</b>
Número de frutos por inflorescencia	Nvainain	0.10	0.16
Número de racimo totales por planta	Nracimo	0.07	0.14
Flores totales por planta	Ftotal	0.11	0.14
Flores polinizadas totales por planta	Fpoli	0.18	0.08
<b>Distancia entre nudos</b>	Dnudos	0.03	0.13
Longitud de esqueje reproductivo	Lonrep	<b>-0.21</b>	0.16
Longitud de esqueje no reproductivo	Lonnrep	-0.13	0.43
Autovalor		12.762	3.377
Proporción (%)		45.58	12.06
Acumulada		45.58	57.641

Los números subrayados en negrita indican las variables de mayor influencia en el componente principal.



**Figura 1.** Dispersión de plantas productivas de vainilla (*Vanilla planifolia*) en la región Totonacapan, Puebla-Veracruz, México, de acuerdo con 28 variables agronómicas con base en los dos primeros componentes principales. PAN: Pantepec, PAP: Papantla y M: Primero de Mayo. PR: Perfil de rendimiento.

El grupo PR3 concentra plantas del genotipo Q6 ubicadas en la localidad Rancho 20 Soles en Papantla, Veracruz (Figura 1). Corresponden a materiales con altos valores en parámetros relacionados con la calidad de fruto: largo, ancho, peso; mayor número de hojas, flores y vainas por inflorescencia (Figura 3); menor sanidad y el mayor número de frutos abortados.

De esta manera se identificaron tres perfiles de rendimiento asociados con el genotipo y la ubicación geográfica del genotipo Q6. Convencionalmente, el mejor rendimiento está definido por altos valores en los órganos de cosecha (Maturano, 2002; Andrade, 1996). De acuerdo a dicho argumento el genotipo Q6 representado en los perfiles de rendimiento PR2 y PR3 de la Figura 1, podría considerarse como una referencia para seleccionar indicadores de rendimiento en



**Figura 2.** Flores de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en la región Totonacapan, México.

vainilla. No obstante, la correlación que existe entre variables de alta calidad de fruto, baja sanidad en la planta y alto número de frutos abortados, dificulta utilizar únicamente variables de fruto para estimar los rendimientos de vainilla por superficie como se hace actualmente. A partir de los datos analizados, podría considerarse al perfil de rendimiento PR2 como un estado intermedio en la relación rendimiento/sanidad/aborto en frutos de vainilla. Sin embargo es claro que hay un nicho de investigación en relación al mejoramiento genético de vainilla para incrementar el rendimiento del cultivo a través de la integración de los componentes de sanidad y retención de fruto que se aprecian en el genotipo Q1, con los componentes de talla y peso de fruto observados en el genotipo Q6.

A pesar de que en la última década se ha avanzado mucho en la comprensión de la estrecha relación

antagónica que existe entre inmunidad y rendimiento a través del estudio de modelos moleculares en *Arabidopsis* (Brassicaceae), en otros grupos botánicos el desarrollo de cultivares vegetales resistentes a patógenos, sin reducción en su rendimiento; sigue siendo una pregunta abierta y una de las prioridades dentro del desarrollo de las nuevas estrategias de mejoramiento vegetal (Ning et al., 2017).

## CONCLUSIÓN

Se observó que el germoplasma silvestre y cultivado de vainilla tiene un perfil de rendimiento bajo. Se distinguió un efecto del genotipo y la interacción de un genotipo con diferentes condiciones geográficas sobre el rendimiento del germoplasma de vainilla analizado. Y se identificó que la relación de variables de fruto, sanidad de la planta y aborto de frutos pueden funcionar como indicadores preliminares de rendimiento en vainilla.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue apoyada por el Fondo Sectorial de Investigación en materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos (SNITT-CONACYT-SAGARPA: 2012-04-190442 "Estrategia de investigación aplicada para el fortalecimiento, innovación y competitividad de la producción de vainilla en México").

## LITERATURA CITADA

Andrade F.H., Sadras V.O., Vega C.R.C., and Echarte L. 2005. Physiological Determinants of Crop Growth and Yield in Maize, Sunflower and Soybean. *Journal of Crop Improvement* 14:51-101.

Asprelli P., López A. Fernando S. y Cointry L. 2005 Caracteres agronómicos en el cultivo de espárrago de diferentes edades y manejos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 40(1): 47-52.

Castillo M.R., y Engleman E.M. 1993. Caracterización de dos tipos de *Vanilla planifolia*. *Acta Botánica* 25: 49-59.

Coro A.M. 2009. La crisis de los polinizadores. *CONABIO. Biodiversitas* 85:1-5.

Divakaran M., y K.N. Babu. 2009. Micropropagation and *in vitro* conservation of Vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews). En: S.M. Jain, y P.K. Saxena, editores, *Protocols for in vitro cultures and secondary metabolite analysis of aromatic and medicinal plants*. Humana Press, Totowa, NJ, US. p. 129-138.

Gobierno del Estado de Veracruz. 2008. Cuarto Informe de Gobierno. Anexo Estadístico. Editora de Gobierno del Estado de Veracruz Ignacio de la Llave. Emiliano Zapata, Veracruz. 352 p. En: [http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?\\_pageid=213,4417594&\\_dad=portal&\\_schema=PORTAL](http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=213,4417594&_dad=portal&_schema=PORTAL)

Hernández-Hernández J., Lubinsky P. 2011. Cultivation Systems. En: Odoux E., Grisoni M (Eds.). *Vanilla. Medical and Aromatic Plants-Industrial Profiles*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp. 75-95.

Herrera-Cabrera B.E., Salazar-Rojas V.M., Delgado-Alvarado A., Campos-Contreras J., Cervantes-Vargas J. 2012. Use and conservation of *Vanilla planifolia* J. in the Totonacapan Region, Mexico. *European Journal of Environmental Sciences* 2:37-44.



**Figura 3.** Frutos de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en la región Totonacapan, México.

- Maturano M. 2002. Estudio del uso del agua y del nitrógeno dentro del marco de una agricultura sostenible en las regiones maiceras Castellano-Manchega y Argentina. Castilla-La Mancha University, Spain.
- Menon Priya P., Kuruvila K.M. and Madhusoodanan K.J. 2002. Yield prediction in Vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews) from Indian Cardamom Research Institute. *Proceedings of placosym*. 414-415 pp.
- Ning Y., Liu W., & Wang G. L. (2017). Balancing Immunity and Yield in Crop Plants. *Trends in plant science*.
- Porras-Alfaro A., Bayman P. 2007. Mycorrhizal fungi of Vanilla: diversity, specificity and effects on seed germination and plant growth. *Mycologia* 99: 510-525.
- Salazar-Rojas V.M., Herrera-Cabrera B.E., Delgado-Alvarado A., Soto Hernández M.A, Castillo-González F., Cobos-Peralta M. 2011. Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region. *Genetic Resources and Crop Evolution* 59:875-887.
- Santiago, J. Mendoza, M. y Borrego, F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía mesoamericana*. 9(1): 59-65.
- SAS, Institute. 1995. SAS Procedures Guide. Ver. 8. SAS Institute Inc. Cary, NC, U.S.A. 1643 p.
- Soto-Arenas M.A. 2006. Los retos de un cultivo basado en una especie amenazada con una historia de vida compleja. En: *Memoria del Congreso Internacional de Productores de Vainilla*. Papantla, Veracruz, mayo.
- Tornés O. 2008. Influencia de la uniformidad de riego sobre las variables del rendimiento del cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.) revista electrónica Granma Ciencia. Issn 1027-975x. 2(2).



# EXPRESIÓN DIFERENCIAL DEL GEN *ARF8* INVOLUCRADO EN EL METABOLISMO DE AUXINAS DURANTE LA TRANSICIÓN DE FLOR A FRUTO EN *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews

DIFFERENTIAL EXPRESSION OF *ARF8* GENE INVOLVED IN AUXINE METABOLISM DURING THE TRANSITION OF FLOWER TO FRUIT IN *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews

Hernández-Miranda O.A.<sup>1</sup>, Cruz-Ruiz Y.<sup>1</sup>, Campos J.E.<sup>1</sup>, Herrera-Cabrera B.E.<sup>2</sup>, Salazar-Rojas V. M.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Av. de los Barrios, N° 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. C. P. 54090. <sup>2</sup>Colegio de Post-graduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, San Pedro Cholula, Puebla. C. P. 72760.

\*Autor de correspondencia. adnbic@gmail.com

## RESUMEN

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews), presenta un problema de "caída prematura de fruto" poco estudiado en orquídeas. Dado que las auxinas tienen una participación específica en la regulación del proceso de transición de flor a fruto y concretamente que el gen *ARF8* regula la expresión de genes relacionados con la madurez de óvulos y el desarrollo del fruto, el objetivo del presente estudio fue analizar los niveles de expresión del gen *ARF8* durante los 45 días críticos después de la polinización (ddp), en los genotipos CH-I y CH-VI de vainilla. Los resultados muestran diferencias significativas en los niveles de transcritos de *ARF8* a partir del día 25 ddp, e indican que los óvulos del genotipo CH-I maduran antes que los del CH-VI. Debido a que la fertilización ocurre entre los 25 y 45 ddp en el genotipo CH-I, mientras que en el genotipo CH-VI la fertilización no ocurre hasta después del día 45. Por tal razón, el genotipo CH-VI es más susceptible a la "caída". A partir de los resultados, se concluye que no existe fruto cuando hay abscisión, por lo que biológicamente el fenómeno corresponde a un proceso de abscisión de flores no fertilizadas.

**Palabras clave:** Orquídeas, *Vanilla planifolia*, desarrollo floral, caída de fruto, genotipos.

## ABSTRACT

Vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews), faces a problem of "premature fruit drop" little studied in orchids. Since auxins have a specific participation in the regulation of transition from flower to fruit, and specifically that the *ARF8* gene regulates the expression of genes related to ovules maturity and fruit development, the objective of the present study was to analyze the expression levels of *ARF8* gene during the critical 45 days post-pollination (dpp) in the CH-I and CH-VI genotypes of *V. planifolia*. The results show significant differences in the levels of *ARF8* transcripts from 25 dpp, and indicate that the ovules of the CH-I genotype mature earlier than those of CH-VI. Because fertilization occurs between 25 and 45 ddp in the CH-I genotype, whereas in the CH-VI genotype fertilization does not occur until after day 45. For this reason, the CH-VI genotype is more susceptible to the "fruit drop". From the results it is concluded that there is no fruit when there is abscission, so that biologically the phenomenon corresponds to a process of "abscission of unfertilized flowers".

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo, 2018. pp: 15-21.

**Recibido:** enero, 2018. **Aceptado:** marzo, 2018.



**Keywords:** Orchids,  
*Vanilla planifolia*,  
floral development,  
fruit drop, genotypes.

## INTRODUCCIÓN

La interrupción en la transición de flor a fruto es un proceso crítico en todas las angiospermas, en varios cultivos comerciales los niveles de caída prematura de frutos puede representar hasta 95% de la producción (Nelson *et al.*, 1998; Guevara y Jiménez, 2006). En la familia Orchidaceae, la situación es similar ya que de manera natural, sólo entre 1 y 3% de las flores logran transformarse en frutos (Rodríguez-Robles *et al.*, 1992). Uno de los factores involucrados en este fenómeno, es el largo proceso de fertilización que experimenta dicha familia, el cual puede ocupar entre 45 y 65 días después de la polinización (ddp). El ovario de las orquídeas no tiene óvulos o están inmaduros y es el contacto del polen con el estigma, la señal que activa el desarrollo de los óvulos de manera sincrónica a la elongación del tubo polínico hasta su fertilización. Durante este periodo hay factores ambientales (principalmente temperatura y estrés hídrico) que afectan la sincronización entre la madurez de los óvulos y el crecimiento del tubo polínico, lo cual puede interrumpir la fertilización de la flor y provocar su abscisión (Chen y Fang, 2016).

Las auxinas tienen una participación esencial en este proceso, inducen el desarrollo y maduración de los óvulos después de la polinización (Wang *et al.*, 2009; Domingos, 2016) e incluso después de la fertilización, una vez formadas las semillas, las auxinas se difunden hacia los demás tejidos del fruto, regulando el creci-

miento y división celular del fruto. Esto ocurre mediante mecanismos moleculares de regulación de auxinas endógenas que involucran etapas de biosíntesis, señalización, transporte y degradación (Pattison *et al.*, 2013). Dichas etapas están reguladas por la expresión de genes, principalmente de las familias *PIN*, *YUCCA*, *TIR*, *AUX/IAA* y *ARF* (Kang *et al.*, 2013; Shin *et al.*, 2015; Domingos, 2016).

En organismos modelo como *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae) y *Solanum lycopersicum* (Solana-ceae) se ha observado que la regulación transcripcional del metabolismo de auxinas durante las primeras etapas del desarrollo del fruto, está mediada por la heterodimerización de dos familias de genes *AUX/IAA* y *ARF* (Auxin Response Factor) (Pandolfini *et al.*, 2007). Dentro de la familia de genes *ARF* se ha identificado que *ARF8* puede estimular la expresión temprana de genes relacionados con la madurez de óvulos y el desarrollo del fruto (Goetz *et al.*, 2007; Pomares-Vici-ana *et al.*, 2017). En la familia Orchidaceae, no se ha documentado la actividad de *ARF8* en el modelo de regulación de auxinas durante el desarrollo del fruto.

En el caso concreto de México, la producción de vainilla ha disminuido en los últimos 10 años hasta en 80% por un fenómeno reconocido inicialmente como "caída prematura de fruto" el cual se presenta entre los 45 y 55 ddp (Hernández-Hernández, 2011). Hasta el momento se desconocen las causas de dicho fenómeno, sin embargo datos preliminares sugieren que el mecanismo molecular puede estar relacionado con el metabolismo de auxinas en interacción con etileno. Por otra

parte se ha observado, que existe una respuesta diferencial entre los genotipos cultivados, concretamente se ha observado que el genotipo CH-I es un material más tolerante al fenómeno de caída, mientras que el genotipo CH-VI parece ser el más susceptible (Salazar-Rojas *et al.*, 2016).

Dado que no se conocen con detalle los genes específicos y su comportamiento a lo largo del proceso de transición de flor a fruto en vainilla, se planteó como objetivo analizar los niveles de expresión del gen *ARF8* durante la transición de flor a fruto en vainilla.

## MATERIALES Y MÉTODOS

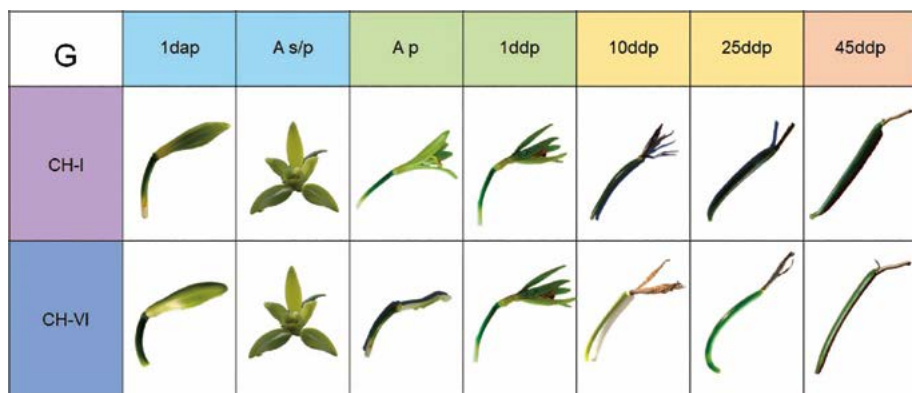
Se colectaron flores de dos genotipos de vainilla: el genotipo tolerante (CH-I) y genotipo susceptible a caída (CH-VI) (Salazar-Rojas *et al.*, 2016; Herrera-Cabrera *et al.*, 2016). El material biológico se almacenó en la solución de preservación RNA-*later*<sup>®</sup> (SIGMA) o en N<sub>2</sub> líquido.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de dos factores completamente al azar. Se consideraron el tiempo (ddp) y el genotipo como fuentes de variación. En el tiempo se incluyeron siete etapas de desarrollo: el botón floral previo a la antesis (−1ddp), la antesis en dos condiciones, sin polinizar (A s/p) y polinizada (A p), también la flor un día después de ser polinizada (1 ddp), 10 días después (10 ddp), 25 días después (25 ddp) y 45 días después de ser polinizada (45 ddp). Los tiempos se basaron en el periodo crítico de desarrollo del fruto en *V. planifolia* (Fig. 1).

### Extracción de RNA<sub>Total</sub>

Se segregaron los ovarios y se trituró el tejido con N<sub>2</sub> líquido para evitar la



**Figura 1.** Diseño experimental con siete fases del desarrollo del ovario de los genotipos CH-I y CH-VI un día antes de la polinización (1dap), antesis sin polinizar (A s/p), antesis polinizada (A p), un día después de la polinización (1ddp), diez días después de la polinización (10ddp), 25 días después de la polinización (25ddp) y 45 días después de la polinización (45ddp).

degradación del material biológico. Se procedió a la extracción de RNA<sub>Total</sub> con TRIzol<sup>®</sup> Reagent, siguiendo las instrucciones del fabricante. Se le realizó un tratamiento con DNasa I, para eliminar remanentes de DNA genómico, y se precipitó en 20  $\mu$ L de acetato de sodio 3M y 60  $\mu$ L de etanol frío a 100%, durante 12 h a  $-80^{\circ}\text{C}$ . Se removió el etanol y se resuspendió la pastilla en 20  $\mu$ L de agua libre de nucleasas. Finalmente se verificó la integridad del RNA<sub>Total</sub> mediante una electroforesis en gel de agarosa a 1%.

### Síntesis de cDNA

Las muestras de RNA<sub>Total</sub> se mantuvieron en hielo. La reacción de síntesis de cDNA se realizó con la enzima SuperScript<sup>™</sup> III Reverse Transcriptase de Invitrogen<sup>®</sup> y con oligodT, en un termociclador BIO-RAD T100 Thermal Cycler con ciclo inicial de  $42^{\circ}$  durante 60 minutos,  $70^{\circ}\text{C}$  por 10 min.

### qRT-PCR

Se utilizaron pares de primers diseñados en el programa Geneious 9<sup>®</sup> a partir de mapeos con un transcriptoma de referencia de vainilla (en proceso) y secuencias disponibles en la base de datos de nucleótidos GenBank y Phytozome con las claves de acceso: AT5G37020.1 (*Arabidopsis thaliana* ARF8) y como gen de referencia KF513175.1 (*V. planifolia*, actina) (Tabla 1).

La reacción de qRT-PCR se realizó mediante el kit Maxima SYBR Green/ROX qPCR Master Mix en el termociclador StepOne<sup>™</sup> Real-Time PCR System con el programa: Ciclo inicial de  $95^{\circ}\text{C}$  por 10 min, seguido por 45 ciclos de  $95^{\circ}\text{C}$  15 seg,  $60^{\circ}\text{C}$  1 min,  $95^{\circ}\text{C}$  15 seg,  $60^{\circ}\text{C}$  1 min y  $95^{\circ}\text{C}$  15 seg. Para

conocer los niveles de expresión de los genes se utilizó el método de cuantificación relativa mediante el comparativo de Ct ( $2^{-\Delta\Delta\text{Ct}}$ ) (Livak y Schmittgen, 2001).

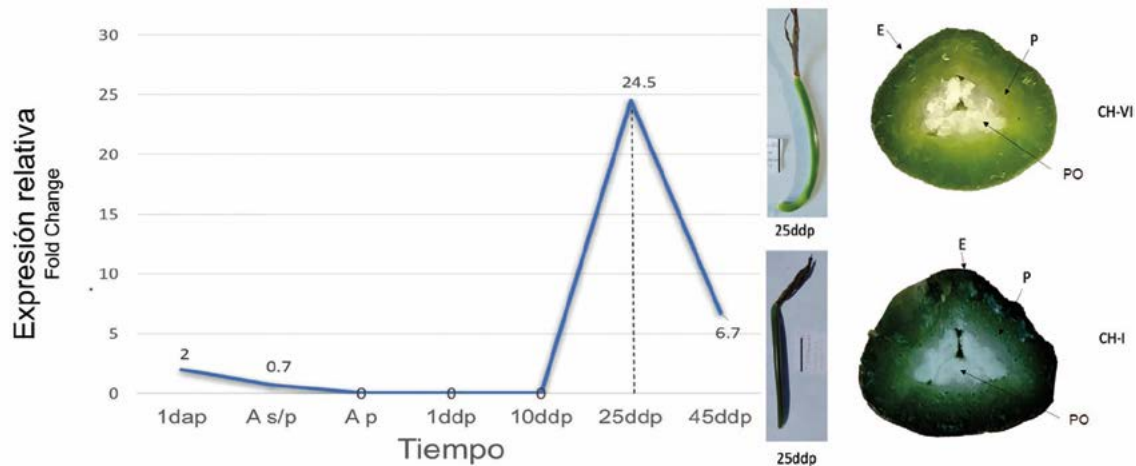
## RESULTADOS

Se observaron diferencias significativas ( $P \leq 0.001$ ) en los niveles de expresión del gen *ARF8* tanto en el tiempo (a lo largo de los 45 ddp), como entre los genotipos CH-I (tolerante) y CH-VI (susceptible). El genotipo CH-I registró los mayores niveles de expresión de *ARF8* en todos los tiempos analizados; desde 1dap se observó una diferencia en la expresión relativa (ER) de 2.02 veces más expresión del gen *ARF8* en el genotipo CH-I en comparación con la expresión del genotipo CH-VI. Posteriormente, fue hasta los 25 ddp que se observó 24.5 veces más ER de *ARF8* en el genotipo CH-I en comparación con el genotipo CH-VI. Y una disminución en la ER a los 45 ddp pero 6.7 veces más alta que en el genotipo CH-VI (Fig. 2-A). Asimismo, en las imágenes preliminares de los cortes de ovario que corresponden con 25 ddp se puede apreciar que en el genotipo CH-VI no hay diferenciación de la placenta, y aun se observan primordios de óvulos (Fig. 2B); mientras que en el genotipo CH-I se puede apreciar la formación del tejido de la placenta y los ovarios más diferenciados (Fig. 2B).

Los niveles de expresión del gen *ARF8* indican que previo a la antesis de la flor, existe una expresión basal de transcritos de *ARF8* en ambos genotipos. Cuando la flor está en antesis, el estigma está receptivo, los niveles de

**Tabla 1.** Primers diseñados para el estudio de la expresión del gen ARF en vainilla (*V. planifolia*).

Gen	Primer	%GC	$\Delta\text{G}$ Máxima	$\Delta\text{G}$ Mínima	T <sub>m</sub> ( $^{\circ}\text{C}$ )
VpARF8	F: GAGCTAGGGCAGATGTTTGGT	52.4	-39.58	-39.9	60.1
	R: GGTCGCTCTCCAAGAAGAAGCA	52.5	-39.9	-39.9	60.0
VpActin	F: GGGTTACTCCTTTACGACCACA	52.4	-39.58	-39.9	60.1
	R: GCTGCTCTTCGCTGTCTCAA	52.5	-39.9	-39.9	60.0



**Figura 2.** A) Gráfica expresión relativa (ER) del gen *ARF8* del genotipo CH-I en comparación con el genotipo CH-VI, se observa que en 25 ddp el nivel de expresión del gen *ARF8* del genotipo CH-I es 24.5 veces más alto que el CH-VI. \*1dap: 1 día antes de la polinización, A s/p: Antesis sin polinizar, A p: Antesis flor polinizada: 1ddp, 10ddp, 25ddp y 45ddp (ddp=días después de la polinización). 2B) Cortes transversal del ovario de los genotipos CH-I y CH-VI en 25ddp, donde se observa el ovario (O), placenta (P) y epidermis (E).

transcritos de *ARF8* disminuyen parcialmente en los dos genotipos evaluados. Únicamente en el genotipo CH-I el nivel de expresión de *ARF8* se incrementa a partir de 1 ddp y continúa esa tendencia con diferenciación evidente de óvulos en el ovario, hasta el día 25 ddp que es el momento en que se presenta la fertilización de los óvulos y posterior a ello los niveles de *ARF8* disminuyen hacia el día 45 ddp.

En el genotipo CH-VI los niveles de expresión se mantienen en cero desde la polinización hasta los 10ddp. En 25 ddp, se incrementa ligeramente la expresión de *ARF8* y se mantiene en niveles bajos ER (0.5) hasta 45 ddp con un bajo nivel de diferenciación en los óvulos, lo que sugiere, que se impide su fertilización y provoca la abscisión de las flores no fertilizadas (Fig. 3).

## DISCUSIÓN

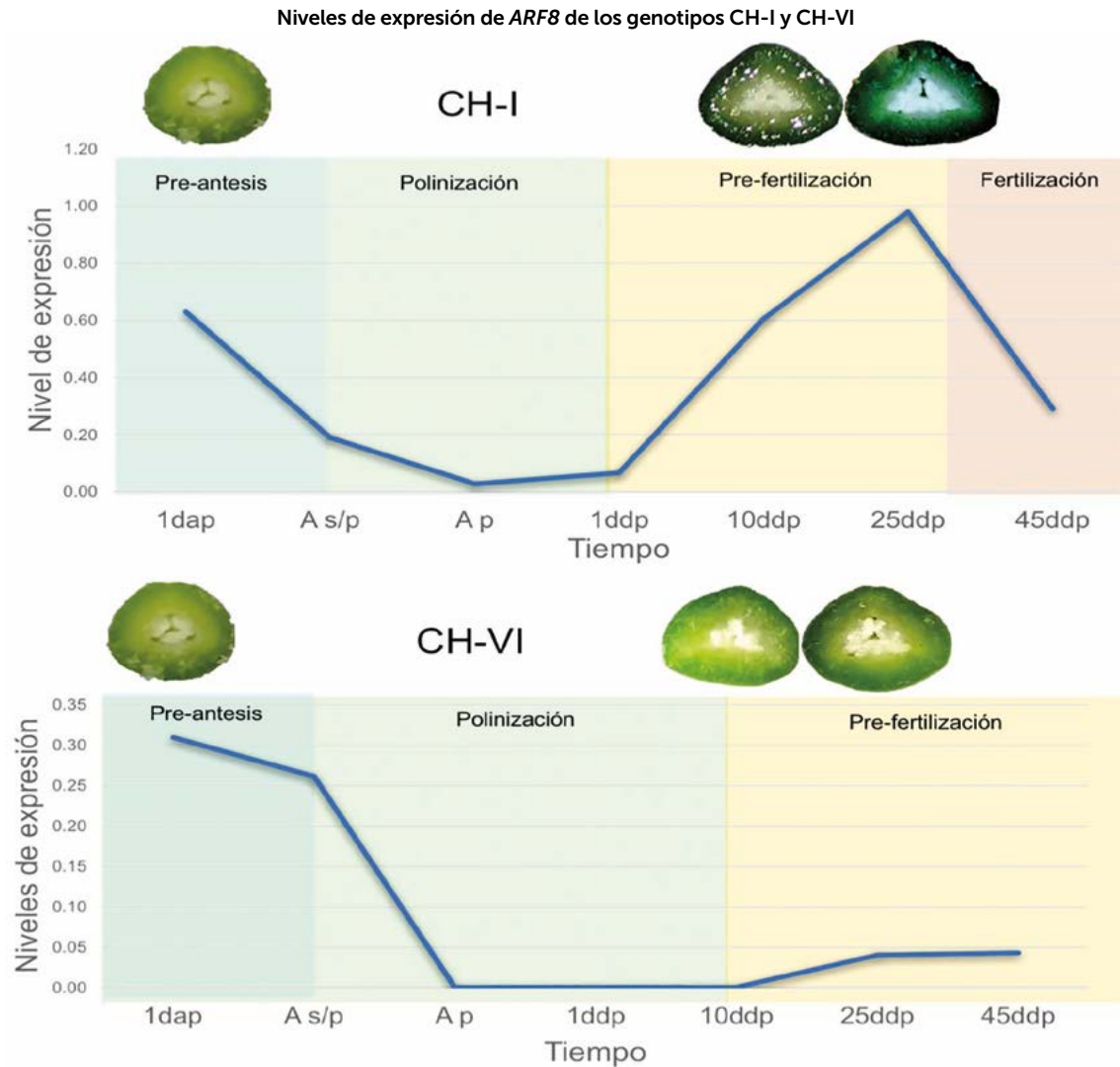
En las plantas la inducción, desarrollo y maduración de los óvulos durante la transición de flor a fruto, son procesos regulados a nivel transcripcional por la interacción de un complejo de auxinas (ácido indolacético) y un módulo de genes de las familias *ARF* y *Aux/IAA* (Si-Bei *et al.*, 2016). Se conoce que el gen *ARF8* junto con *IAA9*, forman un complejo represor transcripcional de la respuesta a auxinas antes del inicio de la fertilización. En ausencia de auxinas o una baja concentración en el tejido, la proteína *IAA9* retiene a *ARF8* y no permite que esta proteína active los genes de respuesta a auxinas que están involucrados con el desarrollo y crecimiento del fruto después de la fertilización de los óvulos. En presencia de

auxinas o en concentraciones altas, *IAA9* se ubiquitina y *ARF8* queda libre para poder participar como factor de transcripción de los genes de crecimiento y desarrollo del fruto (Goetz *et al.*, 2007) (Fig. 4).

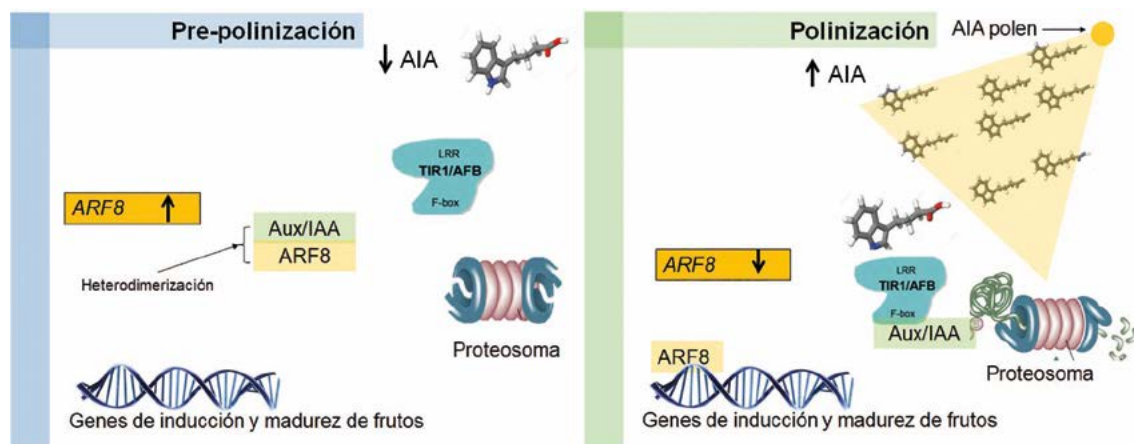
En la familia Orchidiaceae la polinización es la señal que induce el desarrollo y maduración de los óvulos. Previo al contacto del polen con el estigma, no existen óvulos en el ovario por lo que el proceso de fertilización es muy largo y tarda entre 45 y 55 días en el caso de vainilla (O'Neill, 1997; Chen y Fang, 2016).

De acuerdo con Pandolfini (2007), en la mayoría de las angiospermas solo es posible identificar un evento de cambio en los niveles de expresión de *ARF8* en el ovario después de la polinización en su transición a fruto. Sin embargo en vainilla y concretamente en el genotipo CH-I, se observan dos fluctuaciones en la expresión de *ARF8* en el ovario, las cuales se explican cómo dos cambios en la concentración de auxinas, uno asociado con la polinización y otro con la fertilización de los óvulos.

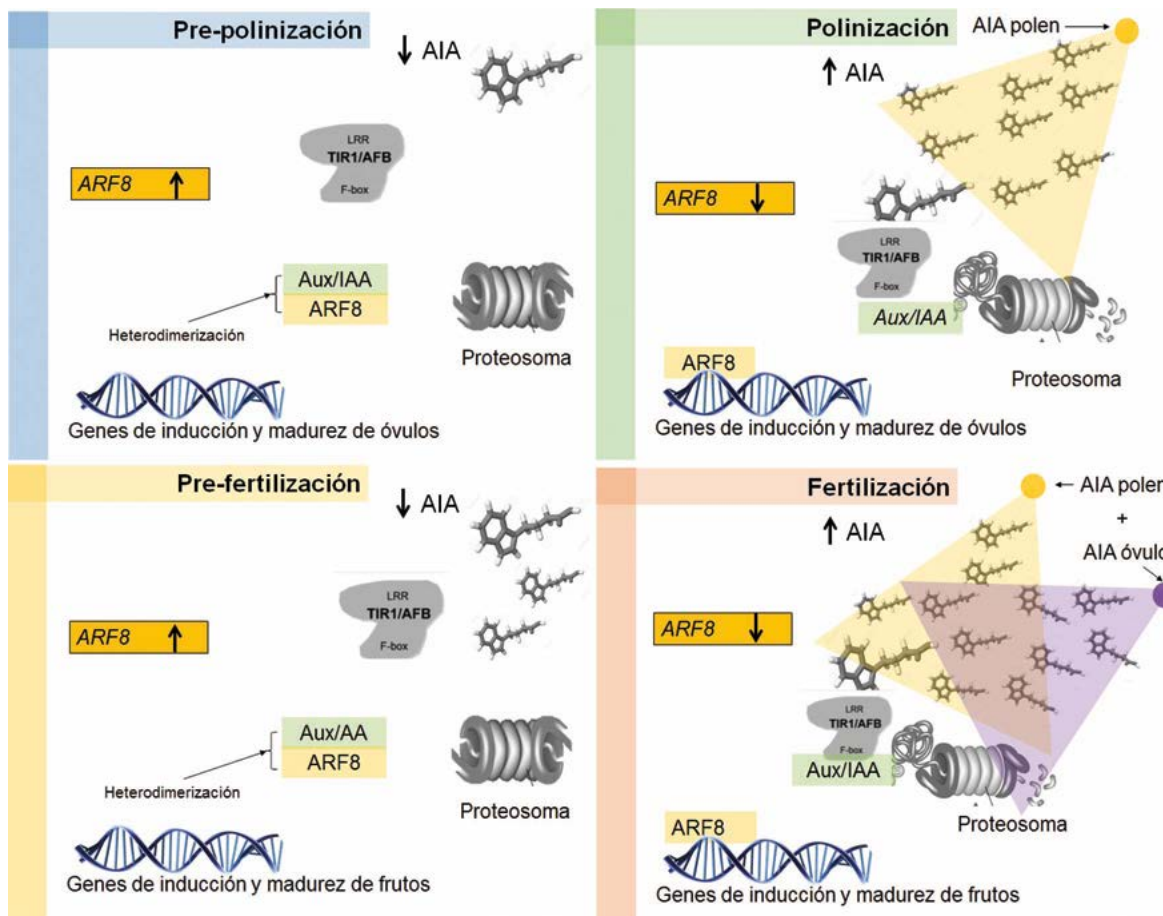
Por esta razón se propone que en vainilla y probablemente en otras orquídeas, el proceso de transición de flor a fruto presenta cuatro etapas de interacción en la expresión de genes del complejo *ARF8* e *IAA9*, las cuales modulan el encendido y apagado de los genes asociados con la inducción y madurez de óvulos, así como con el crecimiento y desarrollo del fruto después de la fertilización (Fig. 5) (Goetz *et al.*, 2007; Pandolfini 2007).



**Figura 3.** Gráfico comparativo de los niveles de expresión del gen *ARF8* en los genotipos CH-I y CH-VI en diferentes tiempos y etapas en la transición de flor a fruto: 1 día antes de la polinización (1dap), en la antesis sin polinizar (A s/p), la antesis una vez polinizada la flor (A p), 1ddp, 10ddp, 25ddp y 45ddp (ddp=días después de la polinización).



**Figura 4.** Modelo de actividad de las proteínas *ARF8* y Aux/ IAA9 en el control de la iniciación del fruto, basado en Goetz et al. (2007).



**Figura 5.** Modelo de funcionamiento del complejo ARF8 - AUX/IAA y su comportamiento en las fases de pre-antesis, polinización, pre-fertilización y fertilización en *V. planifolia* (modificado Goetz et al., 2007).

En la Etapa de pre-fertilización, se observa que los niveles de expresión de *ARF8* son altos, lo cual sugiere bajas concentraciones de auxinas en las que la proteína *ARF8* se encuentra en complejo con *IAA9* y en consecuencia la transcripción de los genes de inicio del fruto se encuentra apagada (Fig. 5). Esto coincide con la imagen del corte transversal del ovario en 1dap, en el que no se observan óvulos formados ni otro tejido diferenciado (Fig. 3).

Durante la Etapa de polinización, se incrementa la concentración de AIA y disminuye el nivel de expresión de *ARF8* debido a que actúa como factor de transcripción en genes de desarrollo y maduración de los óvulos de vainilla (Fig. 5).

En la Etapa de pre-fertilización, en una condición normal (genotipo CH-I), los niveles de expresión de *ARF8* vuelven a incrementarse debido a la disminución en la concentración de auxinas, producida por la señal recibida de los óvulos maduros que están listos para ser fertilizados. En una condición susceptible a "caída" (genotipo CH-VI), no se incrementa la expresión de *ARF8* debido a que los óvulos siguen inmaduros y en proceso de desarrollo, concentraciones altas de auxinas en el tejido del ovario (Figuras 3 y 5).

Etapa de fertilización solo se observó en el genotipo CH-I, la cual se manifestó en un decremento de los niveles de expresión de *ARF8* después de los 25dpp, inducido por el incremento en la concentración

de auxinas, característico de la formación de semillas en las etapas de desarrollo y crecimiento de frutos (Goetz et al., 2007; Pandolfini 2007).

En el caso del genotipo CH-VI, después de los 25dpp no se observaron cambios en los niveles de expresión de *ARF8* ni en la diferenciación de los óvulos en el ovario. Lo que se sugiere que en dicho genotipo no ocurre la fertilización y esta señal provoca la abscisión de las flores no fertilizadas. De acuerdo con Pandolfini (2007), después de la polinización y la fertilización los niveles de expresión de *ARF8* disminuyen, lo cual coincide con nuestros resultados observados en el genotipo CH-I de vainilla, que mantiene dicho patrón

de expresión tanto después de la polinización como en la fertilización (Fig. 3).

Con base en los resultados obtenidos, en el genotipo CH-I la fertilización ocurre entre los 25 y 45 ddp, mientras que en el genotipo CH-VI es posterior o no sucede, lo cual lo convierte en un material más susceptible a las modificaciones ambientales provocadas por el cambio climático.

La información obtenida sobre el papel de *ARF8* en la regulación del metabolismo de auxinas durante la transición de flor a fruto en vainilla, abre una línea de investigación aplicada para el desarrollo a mediano y corto plazo de estrategias de intervención, que eviten la interrupción de la fertilización en la flores y su abscisión en el genotipo CH-VI, posiblemente a través del silenciamiento o supresión del gen *ARF8* o de algunos otros genes del complejo *TIR-AUX/IAA-ARF* en el germoplasma de vainilla.

## CONCLUSIÓN

Existe diferencia en los niveles de expresión de del gen *ARF8* en los genotipos CH-I y CH-VI de vainilla. La respuesta más evidente de la expresión diferencial de *ARF8* entre genotipos, ocurre a los 25 ddp y se manifiesta como fertilización en el genotipo CH-I mientras que en el genotipo CH-VI se expresa como ovarios con óvulos inmaduros. El evento reconocido como "caída prematura de fruto" corresponde biológicamente con la abscisión de flores no fertilizadas.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue apoyada por el Fondo Sectorial de Investigación para la Educación (SEP-CONACYT), Convocatoria de investigación Científica Básica 2015, Proyecto 255952. El Dr. Salazar-Rojas agradece la beca postdoctoral, otorgada por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

## LITERATURA CITADA

- Chen, J. C., y S. C. Fang. 2016. The long pollen tube journey and *in vitro* pollen germination of *Phalaenopsis* orchids. *Plant Reproduction* 29: 179-188.
- Domingos, S., J. Fino, O.S. Paulo, C.M. Oliveira y L.F. Goulao. 2016. Molecular candidates for early-stage flower-to-fruit transition in stenopericarpic table grape (*Vitis vinifera* L.) inflorescences ascribed by differential transcriptome and metabolome profiles. *Plant Science* 244: 40-56.
- Goetz, M., L. C. Hooper, S. D. Johnson, J. Carlyle, M. Rodrigues, A. Vivian-Smith, A. M. Koltunow 2007. Expression of Aberrant Forms of Auxin Response Factor8 Stimulates Parthenocarp in Arabidopsis. *Plant Physiology* 145: 351-366.
- Guevara, E. y V. Jiménez. 2006. La reproducción de las plantas. Editorial Universidad de Costa Rica. pp. 47-48.
- Hernández-Hernández J. 2011. Paquete tecnológico vainilla (*Vanilla planifolia* Jackson). [www.inifap.gob.mx/Documents/inicio/paquetes/vainilla\\_establecimiento.pdf](http://www.inifap.gob.mx/Documents/inicio/paquetes/vainilla_establecimiento.pdf). Fecha de acceso: agosto 2017.
- Herrera-Cabrera B.E., Hernández-Ruiz J. y A. Delgado-Alvarado. 2016. Variación del aroma en *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews silvestre y cultivada. *Agroproductividad* 9: 10-17.
- Kang, C., O. Darwish, A. Geretz, R. Shahan, N. Alkharouf y Z. Liu. 2013. Genome-Scale Transcriptomic Insights into Early-Stage Fruit Development in Woodland Strawberry *Fragaria vesca*. *The Plant Cell* 25: 1960-1978.
- Livak, K. J., y Schmittgen, T. D. 2001. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the  $2^{-\Delta\Delta CT}$  method. *Methods* 25: 402-408.
- Nelson, J., P. Quintanilla y C.S.S. Cifuentes. 1998. La caída de flores y frutos en mango (*Mangifera indica* L.) cv Ataulfo y su impacto económico. *Facultad de Ciencias Agrícolas* 2: 14-24.
- O'Neill, S. D. 1997. Pollination Regulation of Flower Development. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48: 547-574.
- Pandolfini, T., B. Molesini y A. Spina 2007. Molecular dissection of the role of auxin in fruit initiation. *ScienceDirect* 12: 327-330.
- Pomares-Viciana, T., J. Die, M. Del Río-Celestino, B. Román y P. Gómez 2017. Auxin signalling regulation during induced and parthenocarpic fruit set in zucchini. *Molecular Breeding* 37: 1-14.
- Rodríguez-Robles J.A., E. J. Melendez y J. D. Ackerman. 1992. Effects of Display Size, Flowering Phenology and Nectar Availability on Effective Visitation Frequency in *Comporettia falcata* (Orchidaceae). *American Journal of Botany* 79: 1009-1017.
- Salazar, R. V. M., E.Z. Sandoval, C. V. H. Granados, Y. R. Cruz, B.E. C. Herrera, J. E. C. Campos. 2016. Descripción estructural y funcional de caída prematura de frutos de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews. *Agroproductividad* 9: 17-18.
- Shin, S., J. Lee, D. Rudell, K. Evans, y Y. Zhu. 2016. Transcriptional regulation of auxin metabolism and ethylene biosynthesis activation during apple (*Malus domestica*) fruit maturation. *Journal of Plant Growth Regulation* 35: 655-666.
- Si-Bei L., X. Zong-Zhou, H. Chun-Gen y Z. Jin-Zhi. 2016. A Review of Auxin Response Factors (ARFs) in Plants. *Frontiers in Plant Science* 7: 1-7.

# USO DE VERMICOMPOST PARA LA PROPAGACIÓN DE ESTACAS DE VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews)

## PROPAGATION OF VANILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) CUTTINGS USING VERMICOMPOST

González-Chávez, M.C.<sup>1</sup>; Carrillo-González, R.<sup>1\*</sup>; Villegas-Monter, A.<sup>2</sup>; Delgado-Alvarado, A.<sup>2</sup>; Perea-Vélez, S.Y.<sup>1</sup>; Herrera-Cabrera, B.E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 25, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. C. P. 72760

\*Autor de correspondencia: crogelio@colpos.mx

### RESUMEN

La vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) es una orquídea de importancia cultural y comercial, porque es fuente natural de vainilina. Sin embargo, su demanda nacional e internacional solo puede cubrirse si se cultiva a escala comercial. El objetivo de esta investigación fue evaluar la concentración de vermicompost en el sustrato de enraizamiento para producir plantas de calidad que favorezcan el establecimiento posterior en campo. Se realizaron dos experimentos para conocer la respuesta en el crecimiento y la nutrición de estacas de vainilla a diferentes niveles de vermicompost (VC). En el primer experimento se probaron cuatro niveles: 5%, 10%, 20% y 25% de VC, mientras que en el segundo fueron cinco niveles: 0%, 20%, 30%, 40% y 50%. Las estacas de vainilla respondieron a las dosis de VC evaluadas con efecto significativo en los pigmentos fotosintéticos (clorofila y xantofilas+carotenoides) y la nutrición de las estacas (N y P). Sin embargo, se requiere más de seis meses para observar incremento en las variables de crecimiento de la planta. Las dosis de VC que se recomiendan son entre 20% y 40%.

**Palabras claves:** Orchidaceae, fertilización orgánica, nutrición de vainilla.

### ABSTRACT

Vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andreux), as source of natural vanillin, is an orchid with cultural and commercial importance. However, in order to cover its international demand it must be cultivated at high commercial scale. The objective of this research was to evaluate vermicompost doses on cutting rooting to produce quality plants and favor their establishment in the field. Two experiments were performed to study the effect of different doses of vermicompost (VC) on growth and nutrition of vanilla. The first one evaluated four doses of VC: 5%, 10%, 20% and 25%; while the second one tested five doses of VC: 0%, 20%, 30%, 40% and 50%. Pigments photosynthetic (chlorophyll and xanthophylls+carotenoids) and nutrition (N and P) were increased in vanilla cuttings by VC addition. However, these effects were only observed after six months of vanilla growth. VC doses in the range of 20% to 40% are highly recommended.

**Key words:** Orchidaceae, organic fertilization, vanilla nutrition.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo. 2018. pp: 22-28.

**Recibido:** enero, 2018. **Aceptado:** marzo, 2018.



## INTRODUCCIÓN

**La vainilla** es la única orquídea que produce fruto comestible. Es el ingrediente mundial que más se utiliza como saborizante con amplio atractivo y aplicación (Hoffman y Zapf, 2011). A escala comercial, la vainilla se propaga exclusivamente por estacas (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009; Murthy *et al.*, 2010; Sasikumar, 2010; Hernández, 2011), pero para satisfacer la demanda de vainilla natural se requiere propagación masiva para la disponibilidad de estacas/plántulas sanas en el tiempo adecuado (Murthy *et al.*, 2010).

La propagación por estacas es una forma sencilla de multiplicación vegetativa (Hartmann *et al.* 2002), pero se conoce poco de los factores que determinan su éxito para mantener la calidad de las plantas de vainilla. La deficiencia nutrimental puede pasar desapercibida y repercutir negativamente en la productividad y en el tiempo de producción de la plantación. También se desconocen los requerimientos nutricionales de vainilla (Moreno y Díez, 2011) y factores que influyen su producción (Ordóñez *et al.* 2012).

El cultivo de la vainilla depende primariamente de fertilización orgánica. En general, los productores de vainilla utilizan residuos vegetales en descomposición o compost que ellos mismos producen. Sin embargo, no hay control de la calidad de la nutrición orgánica, ni de las dosis que deben manejarse para mantener las plantas adecuadamente nutridas.

Con base en lo anterior, se evaluó el efecto de la concentración de vermicompost (VC) en el sustrato de enraizamiento para producir plantas de calidad de vainilla que favorezca el establecimiento posterior en campo y productividad con fines comerciales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos para determinar la dosis de VC a utilizar en la propagación vegetativa de estacas de vainilla. El primer experimento consideró cuatro niveles de VC: 5%, 10% 20% y 25%. El experimento fue establecido el 18 de agosto de 2014 y se cosechó el 22 de enero de 2015 (cinco meses de evaluación). El segundo experimento, con base en los resultados del primero, se diseñó con dosis más altas de este fertilizante orgánico: 0%, 20%, 30%, 40% y 50%, y se estableció el 8 de marzo de 2015 y se evaluó el 9 de septiembre de 2015 (seis meses).

## Preparación de estacas de vainilla

Para el experimento 1, se obtuvieron estacas sanas con longitud promedio entre 75 y 85 cm. No se consideró el diámetro de las estacas. Para el experimento 2, la longitud promedio de las estacas fue de 1 m. Se utilizaron estacas con diámetro promedio de 1 cm. El establecimiento de las estacas en bolsas de plástico negro se hizo con base en la metodología propuesta por González-Chávez *et al.* (2015).

## Sustrato

Para el experimento 1, los sustratos empleados para la preparación de las mezclas fueron: tierra vega de río (TVR), fibra de coco (FC) y vermicompost (VC). Las mezclas se prepararon con base en volumen, TVR se usó al 50% en todos los tratamientos, mientras que VC y FC se utilizaron en las siguientes mezclas considerando TVR:FC:VC; T1 (50:45:5); T2 (50:40:10), T3 (50:30:20) y T4 (50:25:25). Para el experimento 2, los tratamientos fueron TVR:FC:VC; T1=50:50:0; T2=50:30:20; T3=50:20:30; T4=50:10:40 y T5=50:0:50.

Los sustratos se secaron a la sombra y tamizaron en una malla 10. Se determinó: pH y conductividad eléctrica (CE) por los procedimientos descritos en Rowell (1994). La materia orgánica (MO) por el procedimiento de oxidación humedad (Walkley y Black, 1965); el fósforo por el procedimiento de Olsen (1954) y la concentración de micronutrientes por el procedimiento de Lindsay y Norvell (1978). Las características de los sustratos se observan en el Cuadro 1.

## Evaluación

Se realizó la caracterización física y química de los sustratos. Se evaluó la longitud y número de hojas del brote de la estaca a los 2.5 meses y al final del establecimiento. Se determinó el contenido de nitrógeno en las hojas de las estacas. Se utilizaron la tercera a quinta hojas cercanas al ápice de crecimiento, para cuantificar los pigmentos fotosintéticos (clorofila a, b y total, así como xantofilas+carotenoides) y azúcares solubles totales. Para cuantificación de clorofilas, de cada hoja se obtuvieron tres círculos de 1 cm de diámetro, por lo que por planta se tomaron 9 círculos. Se analizaron 10 plantas por tratamiento (90 círculos por tratamiento). Para azúcares solubles se obtuvo una mezcla compuesta de 1 g de estas tres hojas por planta y se determinaron por el método de Antrona, descrito por Montreuil *et al.* (1997). Para el análisis de macro y micronutrientes se utilizaron también las tres hojas por planta, que después de

**Cuadro 1.** Características químicas de los sustratos probados en el crecimiento de estacas de vainilla.

Mezcla (%)			pH	CE <sup>1</sup> μS cm <sup>-1</sup>	MO <sup>2</sup> g kg <sup>-1</sup>	N <sup>3</sup> g kg <sup>-1</sup>	K mg kg <sup>-1</sup>	P <sup>4</sup> mg kg <sup>-1</sup>	Fe mg kg <sup>-1</sup>	Cu mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>	Mn mg kg <sup>-1</sup>
TVR <sup>5</sup>	FC <sup>6</sup>	VC <sup>7</sup>										
100	0	0	8.3±0.01	0.22±0.01	12±3.0	0.13±0.02	324±8	4±0.02	20±0.06	19.0±0.05	1.0±0.01	4±0.14
50	50	0	8.0±0.02	0.46±0.04	39±4.5	0.31±0.01	312±9	43±0.11	11±0.04	0.9±0.01	2.4±0.05	17±1.4
50	45	5	7.8±0.10	0.30±0.01	41±8.0	0.42±0.02	898±8	47±2.50	14±1.50	1.8±0.20	0.6±1.10	6±0.6
50	40	10	7.9±0.03	0.38±0.01	27±1.7	0.28±0.02	284±9	48±0.50	11±0.05	2.0±0.02	0.6±0.02	10±0.3
50	30	20	8.0±0.03	0.23±0.01	83±7.5	0.36±0.03	1215±10	54±0.80	14±1.30	1.5±0.01	0.48±0.03	17±0.4
50	25	25	7.6±0.30	0.30±0.01	64±2.0	0.44±0.02	1574±13	57±8.00	14±1.20	2.0±0.50	0.7±0.50	8±1.4
50	20	30	8.2±0.05	0.27±0.02	56±4.6	0.31±0.02	1736±98	55±0.80	10±0.07	1.6±0.03	0.5±0.03	13±0.3
50	10	40	8.0±0.07	0.27±0.02	55±3.0	0.32±0.03	2227±139	55±2.08	12±0.03	4.2±0.03	0.6±0.03	12±0.3
50	0	50	8.2±0.04	0.20±0.07	19±12.0	0.39±0.04	2593±80	67±0.11	11±0.04	7.6±0.40	1.5±0.10	16±0.5

<sup>1</sup>CE=Conductividad eléctrica, <sup>2</sup>MO=Materia orgánica, <sup>3</sup>N=nitrógeno total, <sup>4</sup>P=fósforo, <sup>5</sup>TVR=tierra vega de río, <sup>6</sup>FC=Fibra de coco, <sup>7</sup>VC=vermicompost.

lavarlas y secarlas hasta peso contante en una estufa de aire forzado a 65 °C, se trituraron en un molino de acero inoxidable. Se digirieron con 4 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-HClO<sub>4</sub> en relación 4:1 y 1 mL de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (Walinga *et al.*, 1995). En el digestado se determinó el contenido de N, P, K, Fe, Cu, Mn y Zn. También se evaluó el número y longitud de raíces primarias, secundarias y terciarias. La longitud total fue la suma de la longitud de todos los órdenes de raíz (Ordóñez *et al.*, 2012).

Para el experimento 2, a los 10 meses de haber realizado el trasplante en campo, se evaluó el contenido de nitrógeno foliar siguiendo el procedimiento mencionado anteriormente.

### Diseño experimental y análisis estadístico

Los experimentos se establecieron en un arreglo completamente al azar y se analizó como factorial completo con diez repeticiones por cada tratamiento. Se realizó análisis de varianza y cuando se observaron diferencias entre tratamientos se utilizó la prueba de comparación de medias (Tukey  $\alpha=0.05$ ).

## RESULTADOS

**Primer experimento.** El número de hojas, el número y longitud total de raíces primarias, secundarias o terciarias fue similar entre tratamientos. La mayor concentración de clorofila *a* (Fig. 1a) y de xantofilas+carotenoides (Fig. 1b) y clorofila total se observó en las estacas enraizadas en sustrato con 20% y 25% de VC. Sin embargo, la concentración de clorofila *b* fue similar en las hojas de las plantas en los tratamientos (Fig. 1a). El mayor porcentaje de azúcares totales de las hojas se observó en el nivel más bajo de VC (Fig. 2). El mayor contenido de nitró-

geno total de las hojas se obtuvo con los tratamientos de 20% y 25% de VC (Fig. 3a). La mayor concentración de P se observó en el tratamiento con 20% (Fig. 3b). La fertilización con VC no mostró efectos significativos en la concentración foliar de cobre, fierro, manganeso ni zinc (datos no mostrados). Sin embargo, se observaron diferencias significativas en la concentración de Ca y Mg (Fig. 3c, d).

**Segundo experimento.** La concentración de clorofila *a* y *b*, y de las xantofilas+carotenoides se incrementó significativamente al usar entre 20% y 50% de VC (Fig. 3). El mismo comportamiento se observó en la concentración de la clorofila total (datos no mostrados). El área foliar de las hojas se incrementó significativamente con la adición de VC (Fig. 4a). No se observó diferencia entre las tres hojas analizadas de cada estaca, ni entre niveles de VC utilizados (20%-50%). A los 10 meses de establecido el segundo experimento se realizó análisis foliar de nitrógeno adicional y se observó que las hojas mostraron diferencias significativas en el contenido de nitrógeno (Fig. 4b). Las estacas sin VC mostraron evidencias visuales de deficiencia (Figura 5).

## DISCUSIÓN

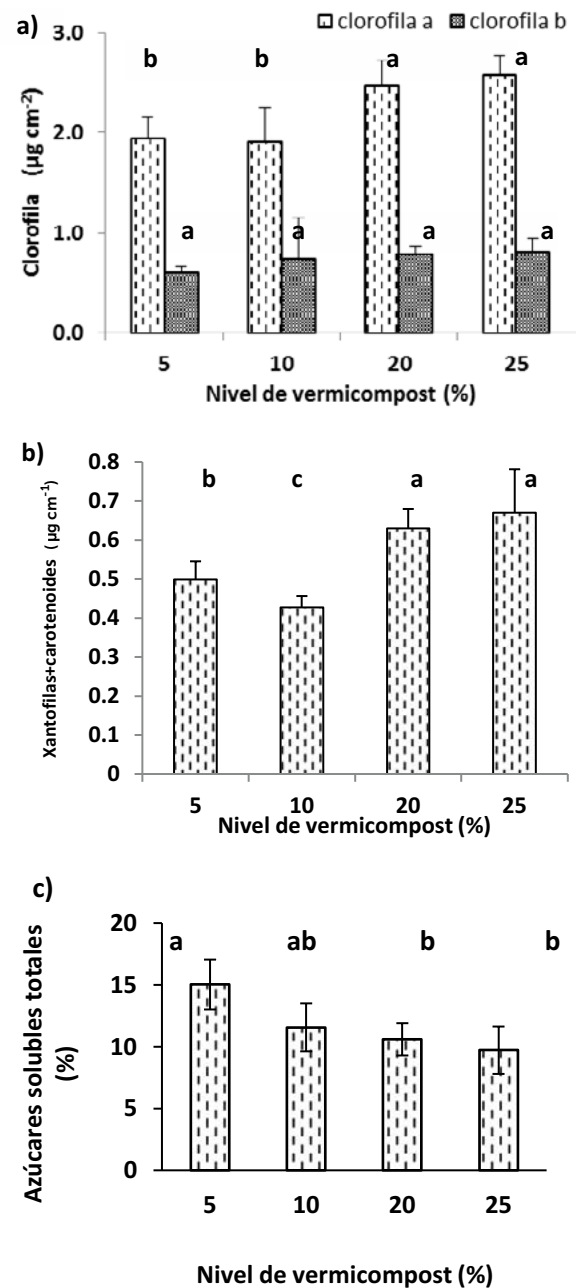
La vainilla (*Vanilla planifolia*) generalmente crece en terreno kárstico, lo que sugiere que es estrictamente calcícola. El pH de los sustratos que se usaron varió de ligero a moderadamente alcalino, lo que pudo favorecer el desarrollo de las raíces. La conductividad eléctrica (CE) fue baja aparentemente sin problema de sales, lo que es benéfico para la vainilla. El contenido de materia orgánica (MO) humificada (ácidos húmicos y fúlvicos) fue bajo, aunque la proporción de FC y VC incluida en la mezcla

es considerable. Esto implica la necesidad de un periodo de incubación para activar el proceso de humificación y que los materiales orgánicos contribuyan al aporte de nutrientes.

La nutrición de la vainilla se basa en la descomposición de los sustratos, por lo tanto la selección de éstos resulta crítica. La mayoría de los sustratos que se utilizan para el cultivo comercial de vainilla es hojarasca, corteza descompuesta de árboles, fibra de coco, aserrín y VC (Anilkumar, 2004; Hernandez y Lubinsky, 2010; Hernández, 2011).

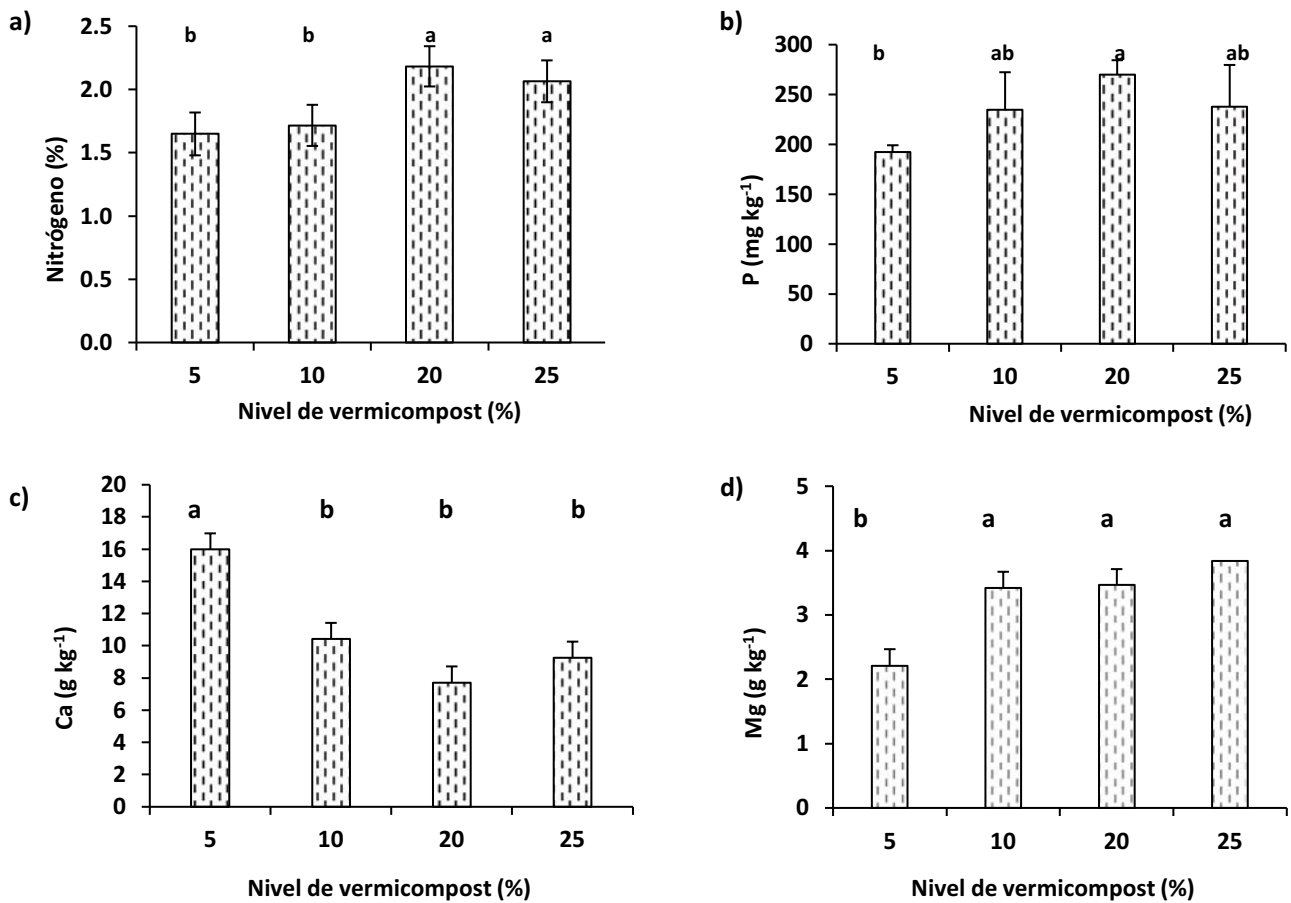
El contenido de P de los sustratos fue relativamente bajo, considerando la capacidad de algunos materiales orgánicos para adsorberlo, al menos por un periodo de estabilización. Sin embargo, el P aportado por VC fue positivo, 11.4 mg kg<sup>-1</sup> en la dosis más baja de VC (10%) y subió a 54.96 mg kg<sup>-1</sup> en la dosis más alta (50%). El contenido de microelementos extractables con DTPA se mantuvo relativamente bajo. Según la escala propuesta por Ankerman y Large (1974), la concentración de Fe extractable es media (10-16 mg kg<sup>-1</sup>), la del Cu es de media (0.8-1.2 mg kg<sup>-1</sup>) a muy alta (>2.5 mg kg<sup>-1</sup>). Mientras que la concentración de Zn y Mn es baja (1-1.5 mg kg<sup>-1</sup> y 5-14 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente) con dosis bajas de VC. A medida que se incrementó la dosis, la concentración de estos elementos fue mayor (15-29 mg kg<sup>-1</sup>). Se asume que las formas orgánicas predominan en la mezcla y que conforme el VC y la FC se mineralicen estos elementos se liberan. Con base en lo anterior, se requiere de más tiempo para observar la respuesta, aspecto que debe ser considerado en próximas investigaciones.

Se sugiere que la adición de material orgánico en descomposición debe ser seis meses antes de la floración de vainilla; lo que permite lograr el vigor deseado (Damirom, 2004; Osorio *et al.*, 2011). En el presente experimento, la adición de VC no favoreció significativamente el crecimiento de las estacas en los primeros cinco meses de evaluación. De manera similar, Osorio *et al.* (2014) no observaron efecto con diferentes sustratos y fertilización durante un periodo de siete meses. Los autores sugirieron que los elementos se acumularon para una posterior inducción de crecimiento. Sin embargo, el sustrato que se utilizó en esta investigación si mostró efecto favorable en las variables fisiológicas como concentración de clorofila, xantofilas+carotenoides, azúcares solubles totales, contenido de nitrógeno y fósforo. En las hojas

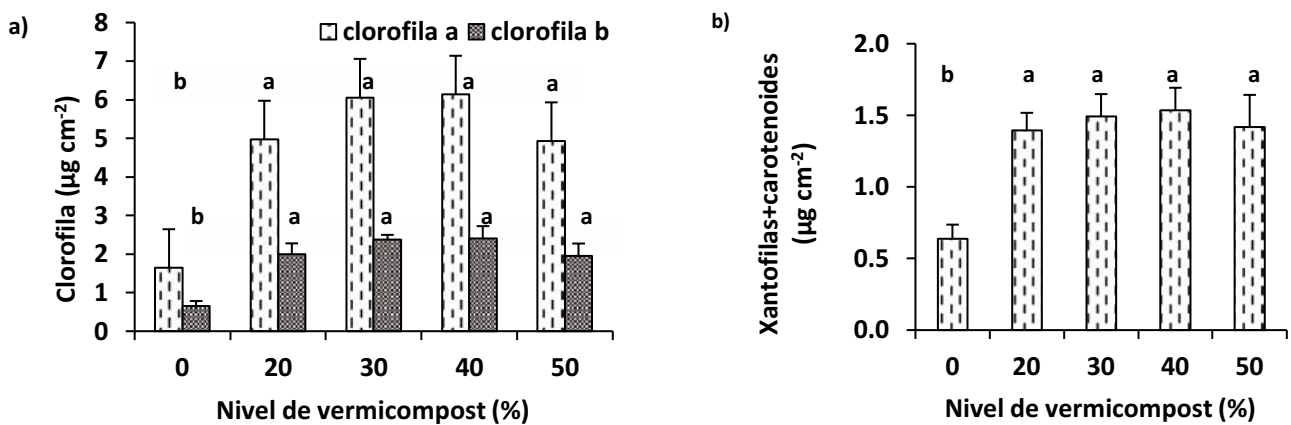


**Figura 1.** Pigmentos fotosintéticos (a,b) y azúcares solubles (c) en estacas de vainilla enraizadas en sustrato con cuatro dosis de vermicompost. Se muestran medias y desviación estándar, n=10. Letras diferentes muestran que hay diferencia estadística (Tukey  $\alpha=0.05$ ).

de las estacas del primer experimento se observó que el contenido de nitrógeno estuvo dentro de la concentración crítica (2%; según Bennett, 1993). Sin embargo, en el segundo experimento, el contenido de nitrógeno fue bajo (0.5%) en el tratamiento sin VC. Mientras, que en las plantas fertilizadas con VC el nitrógeno fue de 1.8 a 2.0%. La concentración de P en todos los tratamientos fue mayor a la concentración crítica (0.1%) reportada por Bennett (1993). Cibes *et al.* (1947) sugirieron suficiencia de P entre 0.29% a 0.37%. El P de las hojas de vainilla de



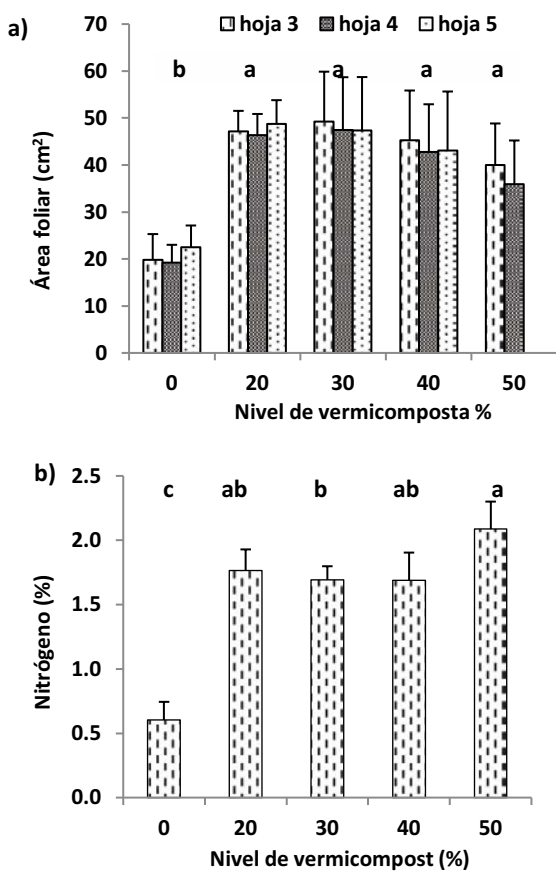
**Figura 2.** Nitrógeno (a), fósforo (b), calcio (c) y magnesio (d) en hojas de estacas fertilizadas con cuatro dosis de vermicompost. Se muestran promedio y desviación estándar, n=10. Letras diferentes muestran diferencia significativa (Tukey  $\alpha=0.05$ ).



**Figura 3.** Pigmentos fotosintéticos en hojas de estacas de vainilla enraizadas en sustrato con cinco dosis de vermicompost. Clorofilas (a), Xantofilas+carotenoides (b). Se muestran promedio y desviación estándar, n=10. Letras diferentes muestran diferencia significativa (Tukey  $\alpha=0.05$ ).

todos los tratamientos fue mayor a estos valores; pero con la dosis de 20% se observó el mayor contenido de P. Se observó mejor nutrición (N y P) por VC. Bertoldo *et al.* (2015) mencionaron que la nutrición influye en la sanidad de las plantas y su productividad.

La disponibilidad de Ca y K es importante porque la planta los absorbe más que otros elementos (La *et al.*, 1998). Osorio *et al.* (2014) observaron que el contenido foliar de Ca, K, P y Fe se relacionó positivamente con diferentes variables de crecimiento de la planta. En el presente



**Figura 4.** Área foliar (a) y contenido de nitrógeno (b) de estacas de vainilla fertilizadas con cinco dosis de vermicompost. Se muestran promedio y desviación estándar, n=10. Letras diferentes muestran diferencia significativa por nivel de vermicompost (Tukey  $\alpha=0.05$ ).

trabajo se observó que la concentración de Ca y Mg, en las hojas de las estacas de vainilla, fue opuesta. El incremento en la dosis de VC disminuyó la concentración de Ca, mientras que la de Mg aumentó. Osorio *et al.* (2014) y Cibes *et al.* (1947) observaron mayor absorción de N y Ca, pero menor de K.

Algunas estacas fertilizadas con 50% de VC respondieron de manera muy heterogénea, por tanto se sugieren como adecuadas las dosis entre 20% y 40% para utilizarse en el sustrato para enraizamiento de estacas de vainilla. Se recomienda evaluar el uso de VC en periodos más largos, en diferentes etapas (floración y fructificación) y en el rendimiento.

## CONCLUSIONES

Se analizó la respuesta de diferentes dosis de VC en el crecimiento y nutrición durante el enraizamiento de estacas y los primeros cinco meses de desarrollo de la



**Figura 5.** Comparación entre plantas de vainillas fertilizadas o no con vermicompost.

planta de vainilla. Las estacas respondieron lentamente a la fertilización orgánica y el VC no incrementó el crecimiento de los brotes o de las raíces de las estacas de vainilla. Pero si mejoró concentración clorofila y los pigmentos accesorios (xantofilas+carotenoides), evidencias de que internamente hay respuesta a los tratamientos evaluados. De igual manera, se observó incremento en el contenido de N y concentración de P en las hojas de las estacas. Las dosis de VC se recomiendan entre 20% al 40%.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT: 2012-04-190442 Estrategia de investigación aplicada para el fortalecimiento, innovación y competitividad de la producción de vainilla en México (SP-03). También a la empresa PatroMex por el obsequio de la fibra de coco.

## REFERENCIAS

Anilkumar A.S. 2004. Vanilla cultivation: A profitable agri-based enterprise. Kerala call. 1: 26-30.

Ankerman D., Large R. 1974. Soil and plant analysis. Agricultural laboratories. Inc. USA.

Barrera-Rodríguez A.I., Herrera-Cabrera B.E., Jaramillo-Villanueva J.L., Escobedo-Garrido J.S., Bustamante-González Á. 2009. Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia*) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan. Tropical and Subtropical Agroecosystems 10: 199-212.

Bennett, W. F. 1993. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. 1st edition. APS Press. Minnesota, USA. 1-7.

Bertoldo C., Gilardi G., Spadaro D., Gullino M. L., Garibaldi A. 2015. Genetic diversity and virulence of Italian strains of *Fusarium oxysporum* isolated from *Eustoma grandiflorum*. European Journal of Plant Pathology 41: 83-97.

Cibes H.R., Childers N.F., Loustalot A.J. 1947. Influence of mineral deficiencies on growth and composition of vanilla vines. Plant Physiology 22: 291-299.

- Damiron R. 2004. La vainilla y su cultivo. Dirección General de Agricultura del Estado de Veracruz, México. 50 p.
- González-Chávez M.C., Carrillo González R., Villegas Monter A. 2015. Manual de propagación de vainilla por estacas. Colegio de Postgraduados. México. ISBN 978-607-715-278-1
- Hartmann HT, Kester DE, Davies FT, Geneve RL. 2002. Plant propagation: Principles and practices. 7th Edition, Prentice Hall, USA. pp. 199-236.
- Hernández J. 2011. Mexican vanilla production. En: Havkin-Frenkel, D.; Belanger F.C. (eds.). Handbook of vanilla science and technology, Blackwell Publ. p. 3 – 25.
- Hoffman P.G., Zapf C.M. 2011. Flavor, quality and authentication. In: Handbook of vanilla Science and Technology. First edition. Havkin-Frenkel D, Belanger Fc. Blackwell Publishing Ltd. Pp. 162-182.
- La C., Dian L., Shumei T., Shaoruo Z. 1998. Nutritive characteristics of vanilla. Chinese Journal of Tropical Crops 2: 55-64.
- Lindsay W.L., Norvell W. A. 1978. Development of a DTPA Soil Test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal 42: 421-428.
- Montreuil J., Spik G., Fournet B., Toillier T. 1997. Nonenzymatic determinations of carbohydrates. In: Multon L (ed). Analysis of Food Constituents. Wiley. USA. pp: 112-114.
- Moreno F., Díez M.C. 2011. Cultivo de vainilla. Contribuciones para el desarrollo de su cadena productiva en Colombia. Medellín. Universidad Nacional de Colombia. p. 109.
- Murthy G., Umesha K., Smitha G.R., Krishnamanohar R. 2010. Effect of growth regulators and bio-inoculants on rooting and growth of vanilla stem cuttings. Indian Journal of Horticulture 67: 90-93.
- Olsen S.R., Dean. L. A. 1965. Phosphorus. In: Black (ed.), Methods of soil analysis.
- Ordóñez C.N.F., Tupac Otero J., Díez G.M.C. 2012. Hongos endófitos de orquídeas y su efecto sobre el crecimiento en *Vanilla planifolia* Andrews. Acta Agronómica 61: 282-290.
- Osorio I.A., Osorio Vega N.W., Díez M.C., Moreno F.H. 2014. Nutrient status and vegetative growth of *Vanilla planifolia* Jacks plants as affected by fertilization and organic substrate composition. Acta Agronómica 63: 326-334.
- Rowell D.L. 1994. Soil Science: Methods and Applications. Longman Scientific & Technical/John Wiley & Sons. ISBN: 0582087848, 9780582087842.
- Sasikumar B. 2010. Vanilla Breeding – A review. Agriculture Reviews. 31: 139-144.
- Walinga I., Van der Lee J.J, Novozamsky I. 1995. Plant analysis manual. Kluster Academic Publ. The Netherlands.
- Walkey A., Black T.A. 1934. An examination of the Degtjariff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29-38.



# REQUERIMIENTO HÍDRICO EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews)-NARANJO (*Citrus sinensis* L.) EN LA REGIÓN DEL TOTONACAPAN, VERACRUZ, MÉXICO

## WATER REQUIREMENT IN THE VANILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews)-NARANJO (*Citrus sinensis* L.) PRODUCTION SYSTEM IN THE TOTONACAPAN REGION, VERACRUZ, MEXICO

Villarreal Manzo, L.A.<sup>1</sup>, Herrera-Cabrera, B.E.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. C. P. 72760.

\*Autor de correspondencia: behc@colpos.mx

### RESUMEN

El estudio caracteriza y cuantifica el requerimiento hídrico del sistema de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en naranjo (*Citrus sinensis* L.) en la región del Totonacapan, Veracruz, México. El trabajo se realizó a partir de un balance hidrológico y ombrotérmico que considera en forma general aspectos climáticos como temperatura, evaporación, humedad relativa y precipitación de la región. Las necesidades hídricas y los requerimientos de riego de la vainilla se determinaron de acuerdo a la metodología FAO-56, conforme a la estimación de evapotranspiraciones actuales y potenciales de Penman-Monteith y de acuerdo a los coeficientes mensuales de desarrollo del cultivo. Los resultados indican que aun cuando la región del Totonacapan, está caracterizada como húmeda, se identifica un período de déficit hídrico que se extiende durante la mayor parte del año, afectando el período crítico de floración de la vainilla de abril a junio. Dado que algunas zonas presentan mayor precipitación pluvial, las necesidades hídricas van desde los 851.7 a los 1,345.3 mm para un año de producción del vainillal, lo que se refleja en requerimientos de riego desde 193.1 a 502.8 mm de agua por año.

**Palabras clave:** *Vanilla planifolia*, necesidades hídricas, requerimientos de riego, etapa crítica.

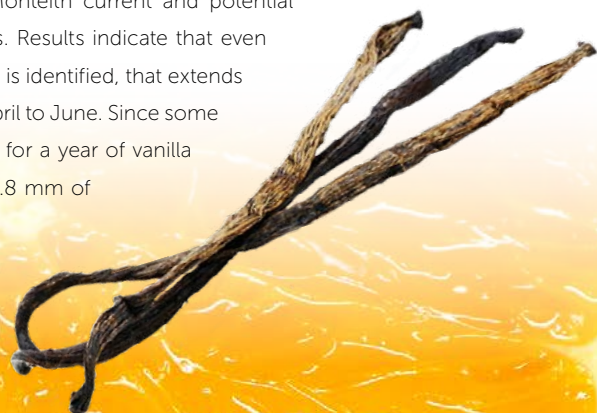
### ABSTRACT

This study characterizes and quantifies the water requirement of the vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) production system in orange (*Citrus sinensis* L.) in the Totonacapan region, Veracruz, Mexico. The work was based on a hydrological and ombrothermic balance of the region, which generally considers climatic aspects such as temperature, evaporation, relative humidity and precipitation. The water needs and irrigation requirements of vanilla were determined according to the FAO-56 methodology and according to the estimation of Penman-Monteith current and potential evapotranspirations and according the crop monthly development coefficients. Results indicate that even though the Totonacapan region is characterized as wet, a period of water deficit is identified, that extends throughout most of the year, affecting the critical period of vanilla bloom from April to June. Since some areas have higher rainfall, water requirements range from 851.7 to 1,345.3 mm for a year of vanilla production, which is reflected in the irrigation requirements, from 193.1 to 502.8 mm of water per year.

**Keywords:** Water needs, irrigation requirements, critical stage.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo, 2018. pp: 29-36.

**Recibido:** enero, 2018. **Aceptado:** marzo, 2018.



## INTRODUCCIÓN

**La vainilla** es una orquídea perenne con crecimiento hemiepífito, con sistema radicular fasciculado y adventicio, con pocos estudios en lo que se refiere a sus requerimientos hídricos, desconocimiento de sus coeficientes de cultivo (Kc) en cada una de sus etapas fenológicas, y prácticamente ausencia de investigación en la calendarización de los riegos para determinar el cuándo y el cuánto regar.

En México, la vainilla es un recurso fitogenético sobre-explotado pero a la vez subutilizado, sus poblaciones silvestres diezgadas a través de una colecta excesiva con el propósito de establecer plantaciones, hasta el punto de que la especie está sujeta a protección especial de acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001. No se ha apoyado el fomento de la producción de este cultivo, y actualmente México solo genera el 1% de la producción mundial de vainilla (Soto, 2006). Desafortunadamente, no se ha sabido aprovechar la variación genética de la especie (Herrera-Cabrera *et al.*, 2016), ni las ventajas ambientales (Hernández-Ruiz *et al.*, 2016) y culturales sobre otros países.

Los productores consideran que el manejo adecuado de un vainillal implica realizar entre otras labores culturales, la aplicación de riegos en los meses de floración del cultivo (abril - junio), sobre todo porque el cambio climático ha provocado la caída del fruto antes de su maduración durante los últimos años (Mata *et al.*, 2007). Además, el suministro de agua mediante el riego, determina el alto grado de vigor, sanidad y productividad de las plantas de vainilla (Alconero *et al.*, 1973). Aun cuando en la región se registran precipitaciones medias anuales por encima de los 1,200 mm, con características climáticas cálidas húmedas y cálidas sub-húmedas.

Las necesidades hídricas de los cultivos se asocian al concepto de evapotranspiración (ET) definida

como la suma de los volúmenes de agua usados para el crecimiento vegetativo de una cierta planta o vegetal por concepto de transpiración que participa en la formación de tejidos vegetales y aquella porción de humedad evaporada desde el suelo adyacente, humedad proveniente de la precipitación interceptada por el área de cubierta vegetal y de suelo en cualquier tiempo dado, dividido por la superficie del área (Blaney y Criddle, 1952 citados por Fernández *et al.*, 2009). Fernández *et al.* (2009) mencionan que el requerimiento de riego de los cultivos (RR) es la suma de la evapotranspiración real corregida o evapotranspiración del cultivo corregida (ETc correg) menos la precipitación efectiva (Pe).

Con base en lo anterior, se cuantificó el requerimiento hídrico del sistema de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en naranjo (*Citrus sinensis* L.) en la región del Totonacapan, Veracruz, México.

## METODOLOGÍA

Geográficamente, la región forma parte de la provincia fisiográfica de la Llanura Costera del Golfo al Norte del Estado de Veracruz, con una superficie aproximada de 4,300.88 km<sup>2</sup> distribuida en 20 municipios. Con clima predominante cálido húmedo con lluvias todo el año (Am), que van de los 1,200 a 1,500 mm anuales y con temperaturas promedio que oscilan entre los 22° y 26 °C (García, 2004).

Para los propósitos del presente estudio, se descarta el sistema de producción bajo malla sombra, ya que para la determinación de las necesidades y los requerimientos hídricos de este sistema de producción se requeriría disponer de datos climatológicos en estas

condiciones específicas. Para los sistemas de producción bajo sombra de pichoco (*Erythrina* sp.), y en naranjo (*Citrus sinensis* L.), es posible utilizar los datos climatológicos proporcionados por las estaciones de la región. El estudio incluyó los municipios de Gutiérrez Zamora, Papantla, Temapache y Tlapacoyan, Veracruz.



**Figura 1.** Ubicación de la región del Totonacapan, Veracruz, México. El Totonacapan también abarca parte del estado de Puebla, México.



Dada la indisponibilidad de datos e información climatológica para la mayoría de los municipios que abarca la región, el estudio se enfocó en aquellas regiones con disponibilidad de datos climatológicos – del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) a través de las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) y de la Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas Automatizadas (RNEAA) del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos (LNMySR) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

De los registros históricos del SMN mismos que presentan normales climatológicas para cada uno de los estados de la República Mexicana, para el período 1951-2010, se seleccionaron y utilizaron las siguientes variable: temperatura (máxima, mínima y media); precipitación (normal); y evaporación total, disponiéndose de registros completos para Papantla y Temapache. Para Gutiérrez Zamora y Tlapacoyan se utilizó información de las estaciones climatológicas de Tecolutla y de Martínez de la Torre (DGE), separadas las primeras a 11.1 km y las segundas a 22.1 km, todas dentro del Totonacapan, Veracruz.

De los registros de la RNEAA del LNMySR del INIFAP, se seleccionaron y utilizaron variables de precipitación diaria, temperatura (máxima y mínima), velocidad media del viento, humedad relativa y evapotranspiración, dados los requerimientos de datos para elaborar el balance hidrológico y los diagramas ombrotérmicos de las regiones de estudio, así como para alimentar los programas de cálculo y de estimación de necesidades hídricas y de requerimientos de riego de acuerdo de la FAO modificado por Penman-Monteith.

El diagrama ombrotérmico de Gausson permite identificar el período seco en el cual la precipitación es inferior a dos veces la temperatura media (como aproximación a la sequedad estacional considerando  $2 \cdot t_m$  como una estimación de la evapotranspiración), (Almorox, 2010).

El método de Penman-Monteith es el método estándar dentro de los métodos combinados para estimar la evapotranspiración (ET) del cultivo de referencia, (López, 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Balance hidrológico, diagramas ombrotérmicos e índices de aridez

De acuerdo a los registros históricos disponibles de normales climatológicas regionales (1951-2010), se presentan las temperaturas, precipitaciones y evaporaciones medias de Gutiérrez Zamora, Papantla, Temapache y Tlapacoyan en los Cuadros 1, 2, 3 y 4, respectivamente. También se muestran los balances hidrológicos en las Figuras 2, 4, 6 y 8, y los diagramas ombrotérmicos de las mismas regiones en las Figuras 3, 5, 7 y 9.

En el Cuadro 5, se presentan las variables y normales climatológicas, además de los índices de aridez de las diferentes regiones de estudio.

### Estimación de las necesidades hídricas y de requerimientos de riego

De acuerdo al método de Penman-Monteith, las necesidades hídricas de la vainilla van desde los 851.70 a los 1,345.3 mm de agua, siendo la región de Temapache-Álamo la que presenta la mayor deficiencia de agua (Cuadro 6).

**Cuadro 1.** Normales climatológicas de la estación climatológica 30102 Martínez de la Torre (DGE), Veracruz. Período 1951-2010.

LATITUD: 20° 04' 45" N. LONGITUD: 097° 03' 50" W. ALTURA: 89.0 MSNM.													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	SUMAS Y MEDIAS
Temperatura máxima	24.0	25.5	28.3	31.2	33.5	33.8	32.9	33.5	32.2	30.3	27.3	24.7	29.8
Máxima mensual	28.4	29.4	33.7	37.4	37.9	36.6	35.6	35.8	34.6	33.3	30.9	29.5	33.6
Temperatura media	19.0	20.1	22.8	25.6	27.8	28.3	27.5	27.7	26.9	25.0	22.2	19.7	24.4
Temperatura mínima	13.9	14.7	17.2	20.0	22.1	22.8	22.1	22.0	21.7	19.8	17.0	14.7	19.0
Mínima mensual	10.1	11.3	13.0	16.7	17.5	21.0	20.8	20.6	20.2	17.5	13.8	11.3	16.2
Precipitación	80.6	74.6	67.2	96.4	102.6	126.3	152.1	154.8	317.2	226.8	161.9	100.0	1,660.5
Evaporación total	55.8	66.5	94.6	116.6	144.5	140.0	127.8	130.2	111.1	99.2	73.7	55.7	1,215.7

Fuente: Elaboración propia con datos del SMN-EMA. 2017.



**Cuadro 2.** Normales climatológicas de la estación climatológica 30125 Papatla, Veracruz. Período 1951-2010.

LATITUD: 20° 26' 45" N. LONGITUD: 097° 19' 30" W. ALTURA: 190.0 MSNM.													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	SUMAS Y MEDIAS
Temperatura máxima	23.3	24.4	27.5	30.4	33.1	33.2	32.6	33.1	31.5	29.4	26.7	23.9	29.1
Máxima mensual	33.1	33.9	32.9	35.9	38.3	37.9	37.7	38.6	38.6	33.3	31.3	27.7	34.9
Temperatura media	18.7	19.6	22.6	25.2	27.8	28.2	27.7	27.9	26.8	24.6	22.1	19.4	24.2
Temperatura mínima	14.2	14.9	17.6	20.1	22.6	23.2	22.7	22.7	22.0	19.8	17.5	15.0	19.4
Mínima mensual	8.4	7.4	12.0	12.7	17.7	18.2	18.2	14.5	15.7	14.4	12.3	11.5	13.6
Precipitación	45.8	4.5	38.9	56.9	68.8	129.4	94.7	111.1	248.9	145.6	96.2	58.1	1,140.9
Evaporación Total	42.9	63.3	103.2	106.6	134.1	151.6	135.8	127.2	117.8	79.3	65.7	110.5	1,238.0

Fuente: Elaboración propia, datos del SMN-EMA. 2017.

**Cuadro 3.** Normales climatológicas de la estación climatológica 30171 Tecolutla, Veracruz. Período 1951-2010.

LATITUD: 20° 28' 45" N. LONGITUD: 097° 00' 35" W. ALTURA: 7.0 MSNM.													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	SUMAS Y MEDIAS
Temperatura máxima	22.7	24.0	26.5	29.1	31.5	32.2	32.2	32.5	31.2	29.5	26.4	23.9	28.5
Máxima mensual	29.2	30.1	31.2	34.0	39.4	47.2	47.2	45.9	41.0	36.2	35.0	29.7	37.2
Temperatura media	18.7	19.6	21.9	24.3	26.6	27.4	27.2	27.4	26.6	24.8	22.0	19.7	23.9
Temperatura mínima	14.6	15.2	17.2	19.6	21.8	22.6	22.2	22.4	21.9	20.1	17.6	15.5	19.2
Mínima mensual	11.5	10.8	11.1	15.4	15.4	15.4	15.5	15.5	19.0	13.4	14.2	12.7	14.2
Precipitación	50.4	50.1	50.6	57.1	79.4	126.6	151.0	147.6	332.7	219.3	120.0	65.9	1,450.7
Evaporación total	60.6	68.0	105.4	125.3	144.2	148.5	147.3	139.0	118.2	96.2	73.5	55.9	1,282.1

Fuente: Elaboración propia, datos del SMN-EMA. 2017.

**Cuadro 4.** Normales climatológicas de la estación climatológica 30006 Temapache-Álamo, Veracruz. Período 1951-2010.

LATITUD: 20° 55' 46" N. LONGITUD: 097° 40' 46" W. ALTURA: 19.0 MSNM.													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	SUMAS Y MEDIAS
Temperatura máxima	26.1	27.0	29.6	32.4	34.6	34.4	33.5	33.6	32.5	31.1	28.8	26.4	30.8
Máxima mensual	32.6	32.4	33.1	35.0	38.6	38.1	37.8	36.6	35.4	34.2	34.1	33.1	35.1
Temperatura media	20.7	21.5	23.7	26.2	28.1	28.4	27.8	27.8	27.1	25.5	23.3	21.2	25.1
Temperatura mínima	15.1	15.9	17.7	19.9	21.7	22.4	22.1	22.1	21.7	19.9	17.9	16.0	19.4
Mínima mensual	11.7	12.1	14.2	17.1	19.1	19.1	19.1	20.1	19.3	17.2	14.4	11.4	16.2
Precipitación	34.2	35.9	28.2	41.5	60.7	155.5	152.2	168.1	233.8	122.3	54.1	29.7	1,116.2
Evaporación total	74.3	75.9	102.9	120.2	133.6	133.3	130.0	123.7	104.9	97.8	81.9	73.5	1,252.0

Fuente: Elaboración propia con datos del SMN-EMA. 2017.

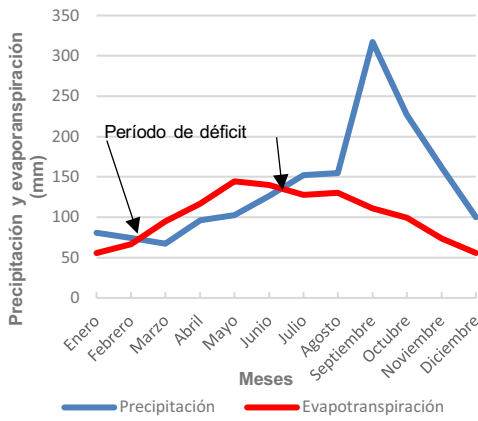
Por su parte, los requerimientos de riego, también por el método de Penman-Monteith son del orden de los 193.1 a los 502.8 mm, los cuales son más necesarios y en mayor cantidad para la región de Temapache-Álamo (Cuadro 7).

**Sistemas de riego**

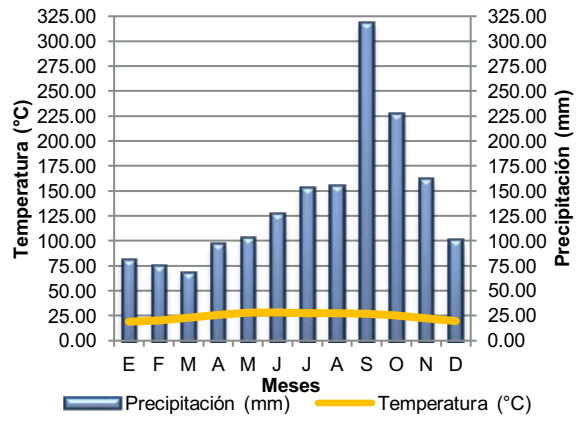
Tanto las necesidades hídricas como los requerimientos de riego del cultivo, permiten responder a una pregunta

esencial en la práctica del riego, el cuánto regar; mientras que el cuándo, lo determina el calendario de riego y por último, la cuestión del cómo regar, lo resuelve el propio sistema de riego.

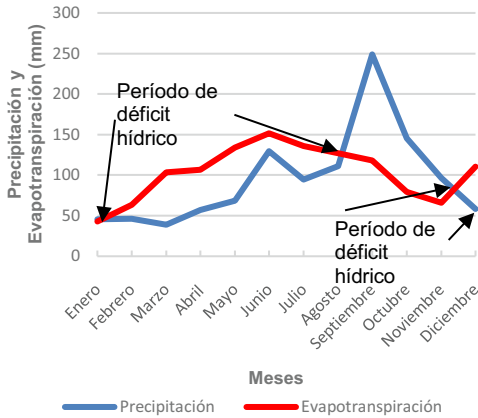
Un ejemplo de riego, de acuerdo al método de estimación de Penman-Monteith para la región de Papatla, Veracruz, en un año de producción sería el siguiente.



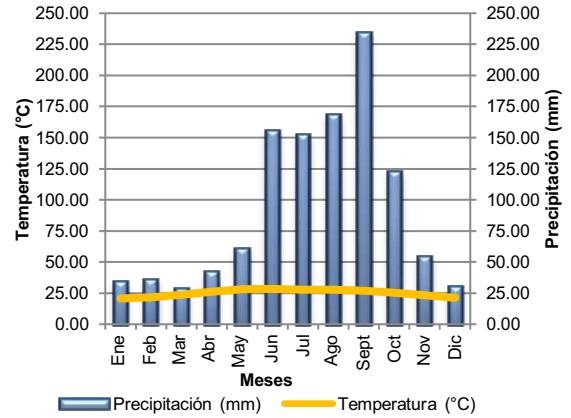
**Figura 2.** Balance hidrológico de la región Martínez de la Torre (DGE), Veracruz. Período 1951-2010. Elaboración propia a partir de datos del SMN-EMA. 2017.



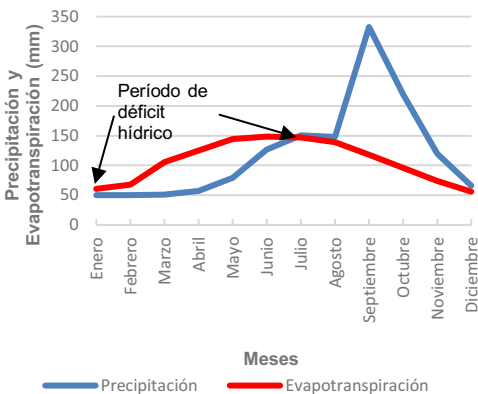
**Figura 3.** Diagrama ombrotérmico de la región Martínez de la Torre (DGE), Veracruz. Período 1951-2010. Elaboración propia a partir de datos del SMN-EMA. 2017.



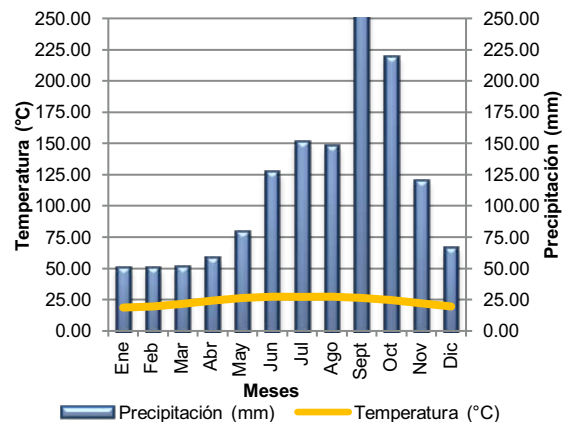
**Figura 4.** Balance hidrológico de la región Papantla, Veracruz. Período 1951-2010. Elaboración propia, datos SMN-EMA. 2017.



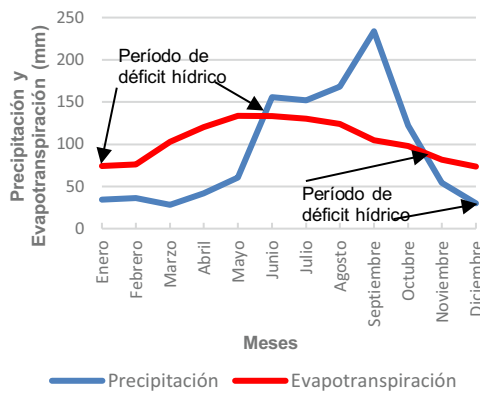
**Figura 5.** Diagrama ombrotérmico de la región Papantla, Veracruz. Período 1951-2010. Elaboración propia, datos del SMN-EMA. 2017.



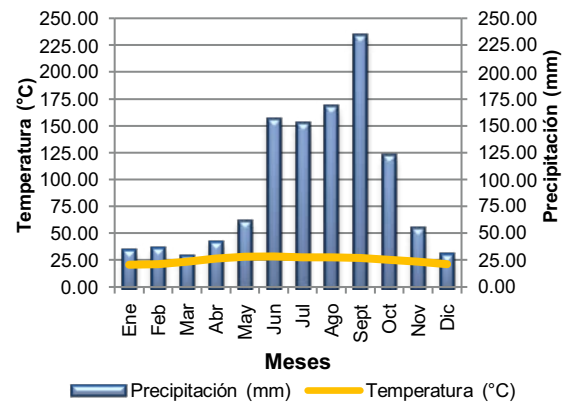
**Figura 6.** Balance hidrológico de la región de Gutiérrez Zamora, Veracruz. Período 1951-2010. Elaboración propia, datos del SMN-EMA. 2017



**Figura 7.** Diagrama ombrotérmico de la región de Gutiérrez Zamora, Veracruz. Período 1951-2010. Elaboración propia, datos del SMN-EMA. 2017



**Figura 8.** Balance hidrológico de la región de Temapache-Álamo, Veracruz. Periodo 1951-2010. Elaboración propia, datos del SMN-EMA, 2017.



**Figura 9.** Diagrama ombrotérmico de la región de Temapache-Álamo, Veracruz. Periodo 1951-2010. Elaboración propia, datos del SMN-EMA, 2017.

**Cuadro 5.** Concentrado de variables, normales climatológicas e índices de aridez de las diferentes regiones de estudio.

Región	Temp. media (°C)	Precip. (mm)	Evap. total (mm)	Balance hidrológico (mm)	Período de déficit hídrico (meses)	Índices de aridez		
						Martonne	Dantin-Revenga	Gausson
Martínez de la Torre	24.4	1,660.5	1,215.7	+444.8	Febrero-junio	Región no árida	Región húmeda	Ningún mes seco
Papantla	24.2	1,140.9	1,238.0	-97.1	Noviembre-agosto	Región no árida	Región húmeda	Periodo seco: diciembre-abril
Tecolutla	23.9	1,450.7	1,282.1	+166.6	Enero-julio	Región no árida	Región húmeda	Ningún mes seco
Temapache-Álamo	25.1	1,116.2	1,252.0	-135.8	Octubre-junio	Región no árida	Región semiárida	Periodo seco: diciembre-abril

(+) Superávit hídrico

(-) Déficit hídrico

Fuente: Elaboración propia, datos del SMN-EMA, 2017.

**Cuadro 6.** Estimación de las necesidades hídricas de la vainilla (en mm) por el método de Penman-Monteith en las diferentes regiones del estudio.

Mes	Martínez de la Torre-Tlapacoyan	Papantla	Gutiérrez Zamora-Tecolutla	Temapache-Álamo
Ene	42.3	42.3	42.3	40.3
Feb	56.3	56.3	56.3	61.9
Mar	74.9	79.1	72.7	107.0
Abr	86.1	96.6	81.9	172.2
May	103.4	118.9	90.2	178.3
Jun	105.8	127.4	95.0	159.8
Jul	93.7	116.1	93.7	116.1
Ago	90.2	96.8	88.0	121.1
Sep	92.4	79.8	77.7	119.7
Oct	101.2	65.3	65.3	118.0
Nov	82.4	50.3	50.3	84.4
Dic	42.3	38.3	38.3	66.5
Sumas	971.0	967.2	851.7	1,345.3

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro 7.** Estimación de los requerimientos de riego de la vainilla (en mm) por el método de Penman-Monteith en las diferentes regiones del estudio.

Mes	Martínez de la Torre-Tlapacoyan	Papantla	Gutiérrez Zamora-Tecolutla	Temapache-Álamo
Ene	1.1	17.5	15.2	13.7
Feb	16.7	30.4	28.5	46.6
Mar	37.3	56.0	43.7	86.8
Abr	33.1	62.6	48.9	98.8
May	45.3	76.6	45.1	89.1
Jun	35.9	52.5	26.6	32.8
Jul	13.8	60.4	14.3	21.2
Ago	9.7	35.4	11.1	7.4
Sep	0.0	0.0	0.0	0.0
Oct	0.0	0.0	0.0	14.0
Nov	0.2	1.4	0.0	47.2
Dic	0.0	7.8	4.2	45.2
Sumas	193.1	400.6	237.6	502.8

Fuente: Elaboración propia.

Cuando la vainilla estaría requiriendo una lámina de riego total de 400.6 mm (Cuadro 7), considerando que el período de déficit hídrico, de acuerdo al balance hidrológico de la región (Figura 4), se extiende desde noviembre hasta agosto y los meses secos desde diciembre a abril, coincidiendo ambos períodos con el período crítico de floración del cultivo, mismo que va desde abril hasta junio, solo en este período, el requerimiento de riego sería del orden de 191.7 mm, aproximadamente 48% del requerimiento total del cultivo en un año de producción (Cuadro 7).

Así, si las plantas fueran regadas 48 veces; durante estos 3 meses, a razón de 4 riegos cada semana, un día sí y un día no, con 360 mL cada vez, entonces cada planta estaría recibiendo 17,28 mL o 0.01728 m<sup>3</sup>. Si el área específica del cultivo o de la planta es de aproximadamente 0.09 m<sup>2</sup>, entonces la lámina de riego que se estaría aplicando a cada planta sería de aproximadamente:

$$V/A = 0.01728 \text{ m}^3 / 0.09 \text{ m}^2 * 1,000 \text{ mm/m} \approx 192.0 \text{ mm/planta}$$

Cantidad que estaría satisfaciendo el requerimiento de riego inicialmente estimado de 191.7 mm. De tal forma, que un sistema de riego por goteo (con goteros insertos o con cintilla de riego) con un caudal o gasto nominal de 2 L por h por gotero, estaría aplicando los 360 mL requeridos por cada planta de vainilla en un tiempo de riego de 11 minutos.

## CONCLUSIONES

Las necesidades hídricas de la vainilla para Martínez de la Torre, Tecolutla, Papantla y Temapache-Álamo van desde 851.7 a los 1,345.3 mm de agua para un año de producción, lo que se refleja en requerimientos de riego desde 193.1 a 502.8 mm de agua por año, siendo la región de Temapache-Álamo la que presenta la mayor necesidad de agua y requerimiento de riego.

Aun cuando la región del Totonacapan, Veracruz, está ubicada en una región clasificada como húmeda, se identifica un período de déficit hídrico que se extiende durante la mayor parte del año, afectando particularmente el período crítico de floración de la vainilla (abril-junio), por lo que la suplementación de agua a través del riego, es de la mayor importancia y relevancia para asegurar el amarre de flor y evitar el aborto de fruto de vainilla.

## LITERATURA CITADA

- Alconero R., Stone, E.G. and Cairns, J.R. (1973). Intensive cultivation of vanilla in Uganda. *Agronomy Journal* 65: 44-46.
- Almorox, A.J. (2010). Clasificaciones climáticas. Contenidos. Climatología aplicada a la Ingeniería y al Medio Ambiente. Ingeniería Agroforestal Universidad Politécnica de Madrid. <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/clasificacionesclimaticas>. Consultada 30 de junio de 2017.
- Fernández, R.D.S., Martínez, M.M.R., Tavarez, E.C.A., Castillo, V.R. y Salas, M.R. (2009). Estimación de las demandas de consumo de agua. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Desarrollo Rural. Dirección General de Apoyos para el Desarrollo Rural.

- Disponible en: [http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO\\_DEMANDAS%20DE%20AGUA.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/noticias/2012/Documents/FICHAS%20TECNICAS%20E%20INSTRUCTIVOS%20NAVA/INSTRUCTIVO_DEMANDAS%20DE%20AGUA.pdf). Consultada 1 de agosto de 2017.
- García E. (2004) Modificaciones al sistema de clasificaciones climáticas de Köppen. 5ta ed. UNAM. México, D. F. 91 p.
- Hernández-Ruiz, J., Herrera-Cabrera, B.E., Delgado-Alvarado, A., Salazar-Rojas, V.M., Bustamante-González, A., Campos-Contreras, J.E. & Ramírez-Juárez, J. (2016). Distribución potencial y características geográficas de poblaciones silvestres de *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) en Oaxaca, México. *Journal of Tropical Biology and Conservation* 64: 235-246.
- Herrera-Cabrera, B.E., Hernández-Ruiz, J. y Delgado-Alvarado, A. (2016). Variación del aroma en *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews silvestre y cultivada. *Agroproductividad* 9: 10-17.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. (2017). Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos. Red Nacional de Estaciones Automatizadas. Veracruz. <http://clima.inifap.gob.mx/Inmysr/Estaciones/MapaEstaciones>. Consultada 15 de julio de 2017.
- López, A.J.E. (2004). Universidad Autónoma de Sinaloa. Facultad de Agronomía. Irrigación y drenaje. Unidad III Necesidades de riego de los cultivos. [http://irrigacion.weebly.com/uploads/4/0/4/7/404744/etp-mtodo\\_de\\_penman-monteith.doc](http://irrigacion.weebly.com/uploads/4/0/4/7/404744/etp-mtodo_de_penman-monteith.doc). Consultada 20 de julio de 2017.
- Mata, G. S. L., González, M. Almaguer, V. Espinosa, R. Ortiz, B. y Fajardo, F. (2007). Agricultura con sabor cítrico y aroma de vainilla en la región del Totonacapan. Universidad Autónoma Chapingo. 285 p.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2017). Información climatológica. Normales climatológicas por estado. Veracruz. <http://smn.cna.gob.mx/es/informacion-climatologica-ver-estado?estado=ver>. Consultada 17 de julio de 2017.
- Soto-Arenas, M.A. (2006). La vainilla: retos y perspectivas de su cultivo. *CONABIO. Biodiversitas* 66: 1-9.



# RELACIÓN CAPACIDAD-INTENSIDAD DE POTASIO EN SUELOS NO FERTILIZADOS CULTIVADOS CON VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews)

## QUANTITY-INTENSITY RELATIONSHIPS OF POTASSIUM IN NON-FERTILIZED SOILS CULTIVATED WITH VANILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews)

Carrillo-González, R.<sup>1\*</sup>; González-Chávez, M.C.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

\*Autor de correspondencia: crogelio@colpos.mx.

### RESUMEN

A pesar de la demanda internacional y el alto valor comercial de la vainilla hay pocos estudios de sus requerimientos nutritivos. La disponibilidad inmediata de potasio (K) en el suelo se considera en el factor intensidad y las reservas del potasio no intercambiable constituyen el factor capacidad. Se calcularon los parámetros de equilibrio de intercambio K. Se encontró que los suelos no difieren mucho en su contenido de potasio intercambiable, pero es posible diferenciar suelos con baja actividad en las relaciones iónicas de K respecto al calcio y magnesio. La disponibilidad de K en el suelo es controlada por factores que influyen en los parámetros Q/I. La energía libre de intercambio para los suelos con suficiente aporte de K fue de  $-3.737$  kcal, en contraste para los que tienen bajo aporte que fue de  $-8.2$  kcal. Suelos con bajo factor capacidad pueden liberar hasta  $390 \text{ mg kg}^{-1}$  de K en ácido cítrico, en contraste el de mayor capacidad podrían liberar hasta  $900 \text{ mg kg}^{-1}$ .

**Palabras clave:** Cultivo de vainilla, relaciones iónicas, factor Q/I, potasio intercambiable.

### ABSTRACT

Although vanilla is a very profitable and demanded crop, scarce information regarding its nutrient requirements is available. Immediate available K is related to intensity factor, while reserveness of non-exchangeable K is the quantity factor. Potassium exchange-equilibrium parameters were outcome from quantity-intensity relationships. No strong differences were found on exchangeable K, but when the ratio of exchangeable K, Ca and Mg are considered two types of soils can be separated. Potassium availability depends on a sort of factors. Exchangeable energy for soil with high availability of K ( $-3.737$  kcal) contrasts with low K availability ( $-6.876$  kcal). Low capacity factor soils may release up to  $390 \text{ mg kg}^{-1}$ , but low availability soils can release up to  $900 \text{ mg kg}^{-1}$ .

**Key words:** Vanilla cultivation, Ionic relationship, Q/I factor, exchangeable potassium.

## INTRODUCCIÓN

**En México** la producción de vainilla (*Vanilla planifolia*) fue económicamente importante durante mucho tiempo. En la actualidad el cultivo está en dificultades, aparentemente, debido a múltiples causas derivadas del cambio de uso de suelo en la región y de su manejo; variación de clima, proliferación de enfermedades, además de problemas en su comercialización y la venta masiva de esencia artificial; a precios mucho menores que el extracto natural (Hernández-Hernández, 2010). El conjunto de variables hace complejo deslindar las principales limitantes, por eso es importante explorar todas las posibilidades. Los agricultores argumentan que es un cultivo que demanda mucho trabajo y cuidados, y a la vez es muy delicado.

La dinámica de los nutrientes es clave para acotar las variables limitantes de la producción. Sin embargo, no se han evaluado los métodos de estimación de nutrientes en el suelo que reflejen mejor su disponibilidad para las plantas. Tampoco se han determinado las concentraciones óptimas de nutrientes en la vainilla; la relación entre producción y nutrición; ni las tasas de extracción por cada unidad de masa cosechada. Estos aspectos son básicos para establecer programas de manejo de nutrientes en la producción comercial de la vainilla.

En el sistema tradicional de manejo, el cultivo se cambiaba periódicamente de una a otra parcela, más fértil y con menor densidad de patógenos. Se abandonaban las plantaciones desnutridas, con baja producción o alta incidencia de enfermedades, se dejaba crecer la vegetación secundaria para que el sistema se estabilizara nuevamente. En contraste, ahora se han desarrollado sistemas de cultivo intensivos, con alta densidad de plantas y sombra artificial (Hernández y Lubinsky, 2011), en los cuales se espera mayor extracción de nutrientes; ya que tradicionalmente no se suplen en compuestos químicos (Fouche y Jouve, 1999). Entre los desafíos está el acertado suplemento de nutrientes y el control de enfermedades.

Un enfoque muy práctico que se ha aplicado a otros cultivos es concentrarse únicamente en los requerimientos inmediatos de la planta. Pero para el caso de la vainilla no se tiene información registrada de la demanda de nutrientes (Hernández y Lubinsky, 2011) y menos aún de las concentraciones críticas en el tejido. Por otra parte, la vainilla es un cultivo de lento crecimiento (Fouche

y Jouve, 1999) y con ciclo de producción mayor a 10 meses, por lo que la generación de datos es lenta y los requerimientos nutricionales usualmente se infieren de otras especies (Hernández y Lubinsky, 2011) de la misma familia.

En el caso del potasio (K), cuatro son las formas químicas que se encuentran en el suelo: a) K en la solución, b) intercambiable, c) no intercambiable y d) en la estructura de los minerales (Evangelow *et al.*, 1994). Las primeras dos formas son las disponibles para las plantas, pero las no intercambiables pueden potencialmente ser liberadas. Pero con la información obtenida a partir de estas formas, no siempre se puede decir si el K sea un factor limitante de la producción. Es necesario elucidar el aporte potencial de K a partir de estudios de equilibrio. El potasio tiene varias funciones en la planta que pueden reducir el estrés (Figura 1) y mejorar su crecimiento.

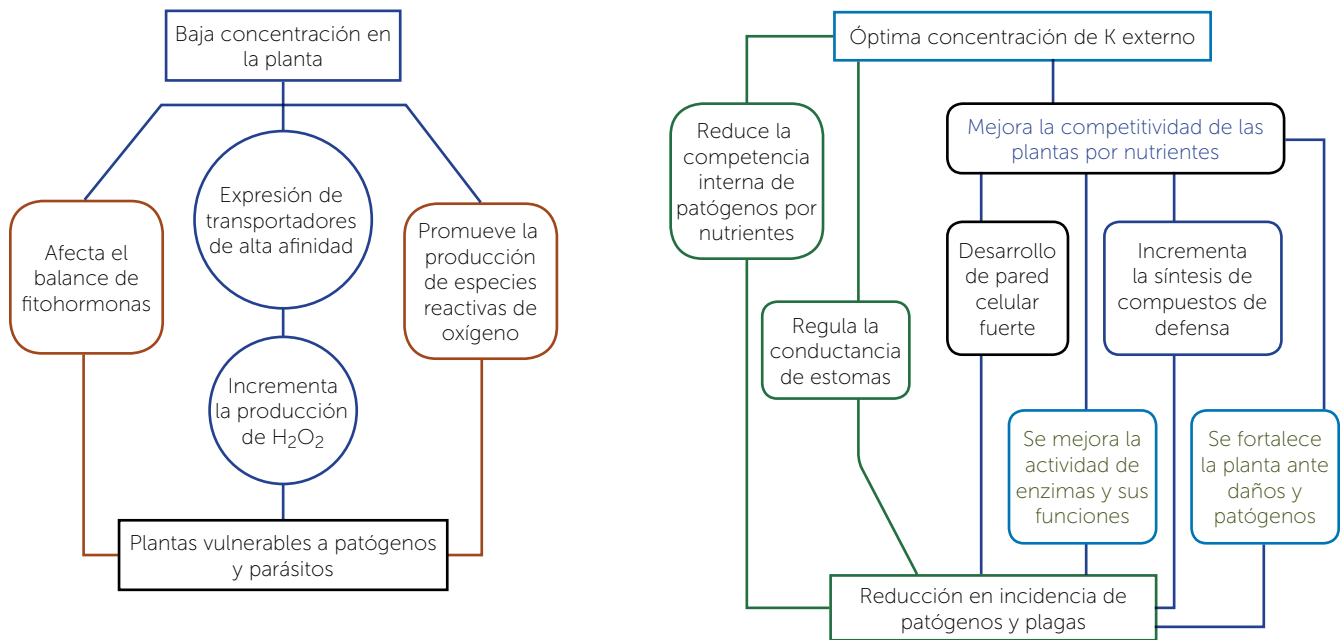
La relación de capacidad-intensidad es un concepto que se usa para investigar la disponibilidad de K en el suelo y se aplica como prospección de su disponibilidad (Lin, 2011). La inmediata disponibilidad de K se relaciona con el factor intensidad (Diatta *et al.*, 2011). Por otra parte, la reserva de K se expresa como factor capacidad. La relación de actividades de K y calcio (Ca) en la solución del suelo se propone como medida de la diferencia entre los potenciales químicos de estos iones (Beckett, 1972). Varios factores afectan esta relación (Idgbor *et al.*, 2009); entre ellos el manejo del suelo. Alta actividad de ion K se asocia con alta liberación, es decir alto potencial de capacidad de amortiguamiento ( $PBC_o^K$ ) se asocia con buena liberación. Prácticas como la fertilización con K o la adición de cal al suelo pueden inducir cambios en la relación de actividades de K y Ca o en el K lábil (Diatta *et al.*, 2011); ya que la cantidad de K que se absorbe, lo afecta Ca y magnesio (Mg; Evangelow *et al.*, 1994).

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron muestras compuestas de suelo (0-20 cm), de tres localidades donde se cultiva vainilla (Cuadro 1), integradas por ocho muestras individuales. Para su caracterización y la realización de los experimentos de equilibrio, el suelo se secó a la sombra y pasó por una malla de 2 mm.

La caracterización del suelo se hizo con procedimientos estandarizados: pH, conductividad eléctrica, textura y capacidad de intercambio catiónico (Rowell, 1994);





**Figura 1.** Funciones del potasio en la planta y su relación frente al estrés (adaptado de Wang et al., 2013).

**Cuadro 1.** Ubicación y forma de cultivo de las parcelas muestreadas.

Localidad	Latitud (norte)	Longitud (oeste)	Altitud (msnm)	Forma de cultivo
Pantepec, Pue.	20° 30' 17"	97° 53' 17"	215	Malla sombra, tutores de cemento
Papantla, Ver.	20° 25' 39"	97° 18' 42"	192	Tutores vivos ( <i>Erythrina americana</i> , <i>Eysenhardtia polystachia</i> , <i>Bursera simaruba</i> ) en hileras.
1 de Mayo, Ver.	20° 17' 44"	97° 15' 54"	155	Acahual, varios tutores sin arreglo geométrico definido ( <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Pachura aquatica</i> , <i>Erythrina americana</i> , <i>Eysenhardtia polystachia</i> , <i>Bursera simaruba</i> ).
Puntilla Aldama, Ver.	20° 14' 05"	96° 54' 14"	9	Tutores en hileras <i>Pachura aquatica</i> y <i>Erythrina americana</i> con podas continuas y altura controlada.

materia orgánica (Nelson y Sommers, 1982); fósforo (Olsen, 1954). Los experimentos de relaciones de actividades de iones se hicieron por el procedimiento descrito por Beckett y modificado por Wang et al. (2004).

Las muestras de suelo se pesaron por triplicado (2 g). Se equilibraron con concentraciones crecientes de K (KCl) de 0.5 a 4.3 mM, en 50 mL de solución de CaCl<sub>2</sub> (0.01 M), durante 2 h a temperatura de 20 °C. En el sobrenadante se analizó el contenido de Ca, Mg y K. El factor cantidad de K se calculó a partir de la diferencias de concentración de K inicial y final en la solución. El factor intensidad se calculó de la relación entre K<sub>e</sub> y AR<sub>e</sub><sup>K</sup>. Las concentraciones se expresaron en mol L<sup>-1</sup>.

Para la construcción de las gráficas de capacidad intensidad (Q/I) se usaron las ecuaciones que se des-

criben a continuación: El cambio de K en la solución de equilibrio:  $\Delta K = \frac{(K_i - K_f) \times v}{w}$ . La relación de actividades (AR) de K, Ca y Mg se calculó como sigue:

$AR_e^K = \frac{K_i}{\sqrt{(Ca + Mg)}}$ . El intercepto de la curva Q/I en el eje AR<sub>e</sub><sup>K</sup>, donde K=0, proporciona la relación de actividad en equilibrio (AR<sub>0</sub><sup>K</sup>). El K específico del sitio (K<sub>x</sub>) se obtuvo por extrapolación de la parte lineal de la curva Q/I a la ordenada y de la diferencia entre K<sub>L</sub> y ΔK<sub>e</sub>. La capacidad potencial buffer de equilibrio (PBC<sub>0</sub><sup>K</sup>) fue la pendiente de la sección lineal de la curva Q/I (Figura 2).

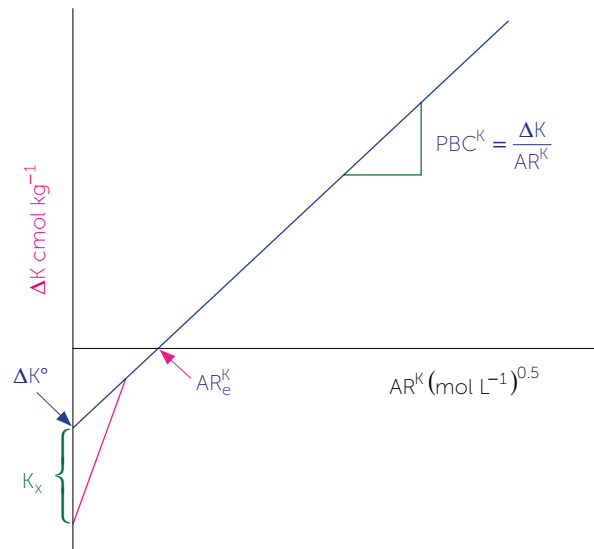
La energía libre de intercambio (kcalorías por mol) de K en el equilibrio se determinó con la expresión de Beckett

(1972)  $-\Delta G = 2.303 RT \log AR_e^K$ ; Donde: R=Constante de gases (1.98717 cal mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>), T=Temperatura absoluta en grados Kelvin.

La dinámica de K en el suelo puede controlarse por procesos de intercambio y difusión, en los cuales la Capacidad Potencial Buffer (PBC<sub>e</sub><sup>K</sup>) tiene una función muy importante.  $PBC_e^K = \frac{\Delta k_e}{\Delta R_e^K}$  Los valores de PCB son indicativos de la capacidad del suelo para mantener una actividad de K definida (Le Roux y Summer, 1968) durante el equilibrio, cuando las plantas lo absorben. También se determinó la cinética de liberación de K usando una solución de ácido cítrico 0.05 mM como simulador de la función de la raíz de la planta, por extracciones sucesivas de 30 min (Idgbor *et al.*, 2009). Se usaron varias ecuaciones para tratar de describir la liberación del K (Cuadro 2).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los suelos de la región de Papantla son de color negro (10YR2/1) a gris muy oscuro (5Y2/1); pesados, con baja conductividad hidráulica (<10<sup>-7</sup> m s<sup>-1</sup>), con características vérticas (alto contenido de arcillas expandibles). Se agrietan y varían en espesor dependiendo de la posición topográfica, desde 25 cm en las laderas de los cerros hasta 85 cm en las zonas planas y aluviales. Poseen estructura columnar o masiva y se compactan, por lo que su drenaje es deficiente (Figura 3a). Su textura varía de migajón arcillosa a arcillosa; lo que les permite retener



$\Delta K$ =cantidad de K que el suelo gana o pierde en equilibrio (factor intensidad)  
 $AR_e^K$ =Relación de actividad de K en equilibrio (factor intensidad)  
 $\Delta K^0$ =K lábil o intercambiable  
 $K_K$ =K específico del sitio  
 $PBC_e^K$ =Capacidad potencial de amortiguamiento de K en equilibrio (cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> (mol dm<sup>-3</sup>)<sup>-0.5</sup>).

**Figura 2.** Forma típica de una curva Q/I: cambio en la disponibilidad de K en función de relación de actividades de K respecto al Ca y Mg (Beckett, 1964).

alta proporción de agua. En contraste, los suelos de Puntilla Aldama tienen mayor contenido de arena por lo que son francos, por ser aluviales y son más profundos, con mejor drenaje (Cuadro 3). Con porosidad de 59% a 49%

Cuadro 2. Ecuaciones que describen la cinética de liberación de K del suelo en ácido cítrico 0.05 M.		
Ecuación	Fórmula	Parámetros
Orden cero	$(q_e - q_t) = K_1 t$	a y b constantes
Primer orden	$\ln t = \ln a - bt$	$k_1$ =constante de primer orden (h <sup>-1</sup> )
Segundo orden	$\frac{1}{q_t} = \frac{1}{q_e} - k_2 t$	$k_2$ =constante de segundo orden (μg g <sup>-1</sup> )
Elovich simple	$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln t$	$\alpha$ =tasa de liberación inicial (μg g <sup>-1</sup> h <sup>-1</sup> ) $\beta$ =constante de liberación (μg g <sup>-1</sup> )
Función exponencial	$q_t = at^b$	a=tasa de liberación inicial. b=coeficiente de liberación (μg g <sup>-1</sup> )
Función parabólica	$q_t = q_e + Rt^{1/2}$	R, contante de difusión (μg g <sup>-1</sup> ) <sup>-0.5</sup>
Pseudo primer orden	$\frac{\partial q}{\partial t} = k_1 (q_e - q_t)$	$k_1$ =tasa de adsorción (g mg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> ). Integrado entre los siguientes límites q=0; t=0; q=q y t=t
Pseudo segundo orden	$\frac{\partial q}{\partial t} = k_2 (q_e - q_t)^2$	$k_2$ =tasa de adsorción (g mg <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> ). Integrado entre los siguientes límites q=0; t=0; q= q y t=t

$q_t$ =K liberado después del tiempo t (mg kg<sup>-1</sup>),  $q_e$ =K liberado al equilibrio (mg kg<sup>-1</sup>), t=tiempo (min). Avling *et al.*, 1985.



**Figura 3.** a) Perfil de suelo de cultivo de vainilla en acahual, Papantla, b) cultivo de vainilla con tutores vivos en suelo de vega de río.

(Figura 3b). En general, son suelos neutros a moderadamente alcalinos, con variable contenido de materia orgánica (MO) y capacidad de intercambio catiónico de moderada a alta (Hazelton y Murphy, 2007).

Se considera que los suelos ideales para el cultivo de la vainilla deben ser ligeros, porosos, ricos en humus y de fácil drenaje, para que durante el crecimiento la raíz no encuentre zonas con humedad excesiva (Fouché y Jouve, 1999). La principal limitante de algunos suelos de la zona es la pobre conductividad hidráulica; implica la necesidad de mantener a la raíz de la planta en el suelo superficial y en zonas con pendiente para adecuado drenaje.

El contenido de K soluble es variable, pero bajo ( $<0.5 \text{ mg kg}^{-1}$ ), lo que implica que la tasa de lixiviación potencial es baja (Cuadro 3). Sin embargo, la disponibilidad para las plantas (extraído con acetato de amonio) varía de baja a media. En Pantepec, el K intercambiable ( $0.84 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ) fue el más bajo, con un equivalente apenas de  $70 \text{ kg ha}^{-1}$ . En contraste, en el suelo de Papantla la concentración fue mayor ( $2.08 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ). Pero, debido a la adición de carbonato de calcio para el control de plagas, la capacidad de abasto de

K puede ser afectada por el cambio en la relación de iones. El K extraído con ácido nítrico que representa la cantidad de elemento potencialmente disponible para las plantas es alto (de  $2.4$  a  $5.3 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ ), lo que sugiere un buen factor capacidad. Pero, considerando los iones con los que compete, es necesario saber si el elemento está realmente disponible para las plantas. Esta información útil la proporcionan las isotermas. Solamente la isoterma del suelo 1 de mayo fue una gráfica típica Q/I, obteniéndose los valores

KL, para los otros suelos no se obtuvo valores.

Respecto a las gráficas de Q/I, solamente en los suelos de Papantla y Puntilla Aldama se obtuvieron gráficas típicas, con valores de K lábil ( $K_L$ ) evidentes. En los suelos de Pantepec, Primero de Mayo el factor intensidad ( $\Delta K$ ) está predominantemente en el cuadrante positivo, es decir, a bajos valores de RA, el K permanecerá adsorbido al suelo y habrá poca disponibilidad para las plantas. Entre más altos sean los valores de  $\Delta K$ , mayor será la disponibilidad de K para las plantas (Sparks y Liebhart, 1981). La relación de actividades de K en equilibrio con respecto a la de Ca y Mg es baja (menor a 0.5) en Pantepec y Papantla. En contraste, con la de 1 de mayo y Puntilla Aldama que es de 4 y 6, respectivamente (Cuadro 4). La capacidad de adsorción (pendiente de la línea) también es baja en Pantepec y Papantla y 1 de Mayo, comparada con la de Puntilla Aldama (Figura 4). Por lo que al aumentar la concentración de Ca en 1 de Mayo o Puntilla Aldama, la actividad de K se incrementa y no hay reducción de la disponibilidad para las plantas. En contraste en Pantepec y Papantla la RA se mantienen baja. Al aumentar la cantidad de K aplicado al suelo, no aumenta la adsorción en el suelo; lo que implica baja habilidad del suelo para retener K sin que se pierda por lixiviación.

**Cuadro 3.** Algunas características de los suelos donde se cultiva vainilla.

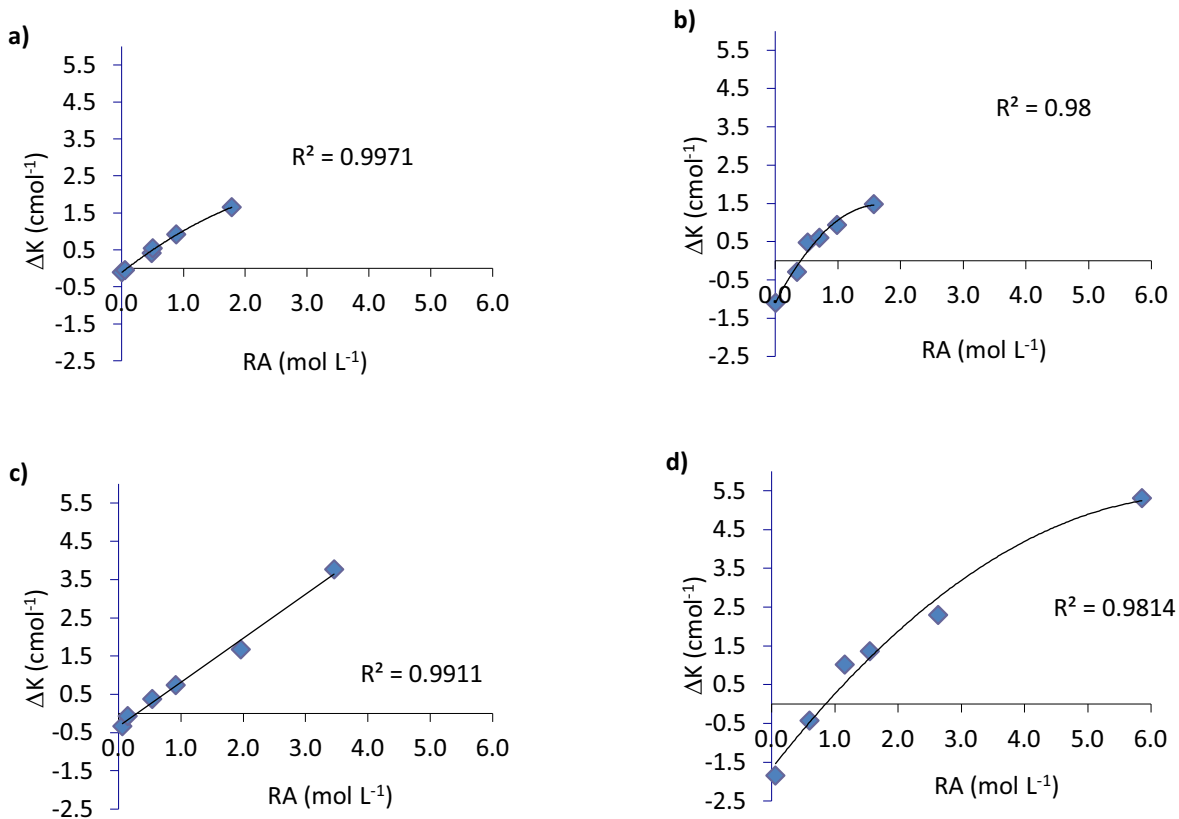
Sitio	pH	$\rho$ $\text{g mL}^{-1}$	CE $\text{dS m}^{-1}$	CIC $\text{cmol}_+ \text{ kg}^{-1}$	MO	Arcilla	Limo	Arena
					$\text{g kg}^{-1}$			
Pantepec	8.08	1.10	0.17	27	57	280	400	320
Papantla	7.35	1.20	0.54	42	41	425	290	285
1 de mayo	7.52	1.30	0.29	23	47	240	320	420
Puntilla Aladama	7.23	1.35	0.59	24	68	240	320	440

$\rho$ =densidad aparente; CE=conductividad eléctrica; CIC=Capacidad de intercambio catiónico; MO=material orgánica.

**Cuadro 4.** Contenido de potasio en el suelo y factores fisicoquímicos calculados a partir de las relaciones iónicas.

Sitio	$K_{sol}$	$K_{inter}$	$K-HNO_3$	$K_{index}$	PBC	$AR_e^K$	$\Delta K^\circ$
	mg kg <sup>-1</sup>						
Pantepec	0.042	329	937	8.3	0.937	0.93	0.004
Papantla	0.290	1282	1868	32.1	1.93	0.42	1.100
1 de mayo	0.076	615	1619	16.9	1.15	0.20	0.340
Puntilla Aldama	0.430	815	2069	20.4	1.10	0.80	1.840

$PBC_K$ =Capacidad potencial de amortiguamiento;  $RA^K$ =Relación de actividad de K.



**Figura 4.** Relaciones Q/I para potasio en suelos de a) Pantepec, b) Papantla, c) 1 de Mayo y d) Puntilla Aldama.

Los suelos de Papantla, con mayores valores de  $PBC_e^K$ , se caracterizaron por menor porcentaje de saturación de K, indicativos de alto potencial para intercambiar este elemento en la solución. Además, las relaciones de iones tienen mejor balance. La energía libre de intercambio ( $-\Delta G_e^K$ ) de K en el equilibrio es la energía libre de reemplazo del K. Para cada suelo fue  $-6.88$ ,  $-8.23$ ,  $-3.74$  y  $-3.73$  kcal, en el orden Pantepec, Papantla, 1 de Mayo y Puntilla Aldama, respectivamente. Esto implica que en Pantepec y Papantla se requiere mayor energía para el proceso de intercambio, en comparación con 1 de Mayo y Puntilla Aldama. Los suelos con altas concentraciones de K intercambiable tienen valores menores energía (Woodruff, 1955).

**Tasa de liberación.** La tasa de liberación de K en los cuatro suelos es muy rápida en los primeros cinco min y después se reduce. La curva casi no muestra cambios, con excepción del suelo de Puntilla Aldama. La mayor proporción de K liberado ( $>71\%$ ) del suelo ocurrió en los primeros 20 min del equilibrio, después la proporción liberada fue baja. La tasa de liberación del K cambia en función del número de extracción. El suelo con menor capacidad de liberación fue el de Pantepec y el de mayor liberación fue el suelo de Puntilla Aldama, seguido por el de 1 de Mayo. La cantidad de nutriente que puede aportar el suelo de Pantepec es menos de la mitad de lo que aportan los otros suelos.

De las ecuaciones usadas para describir la liberación, solo la función semilogarítmica describe apropiadamente el proceso (Figura 5). El ajuste a la función parabólica fue la segunda en el ajuste, pero con menos precisión. Esto implica que aparentemente la liberación de K es fuertemente influenciada por el equilibrio durante el intercambio de iones.

Ninguna de las otras ecuaciones evaluadas, incluyendo las de orden cero, primer, segundo, exponencial o Elovich, tuvo buen ajuste, debido a que la velocidad de liberación cambia drásticamente después de los primeros 20 min.

De acuerdo con Fouché y Jouve (1999), el aporte de materia orgánica a la base de las plantas es la fuente básica de nutrientes, inclu-

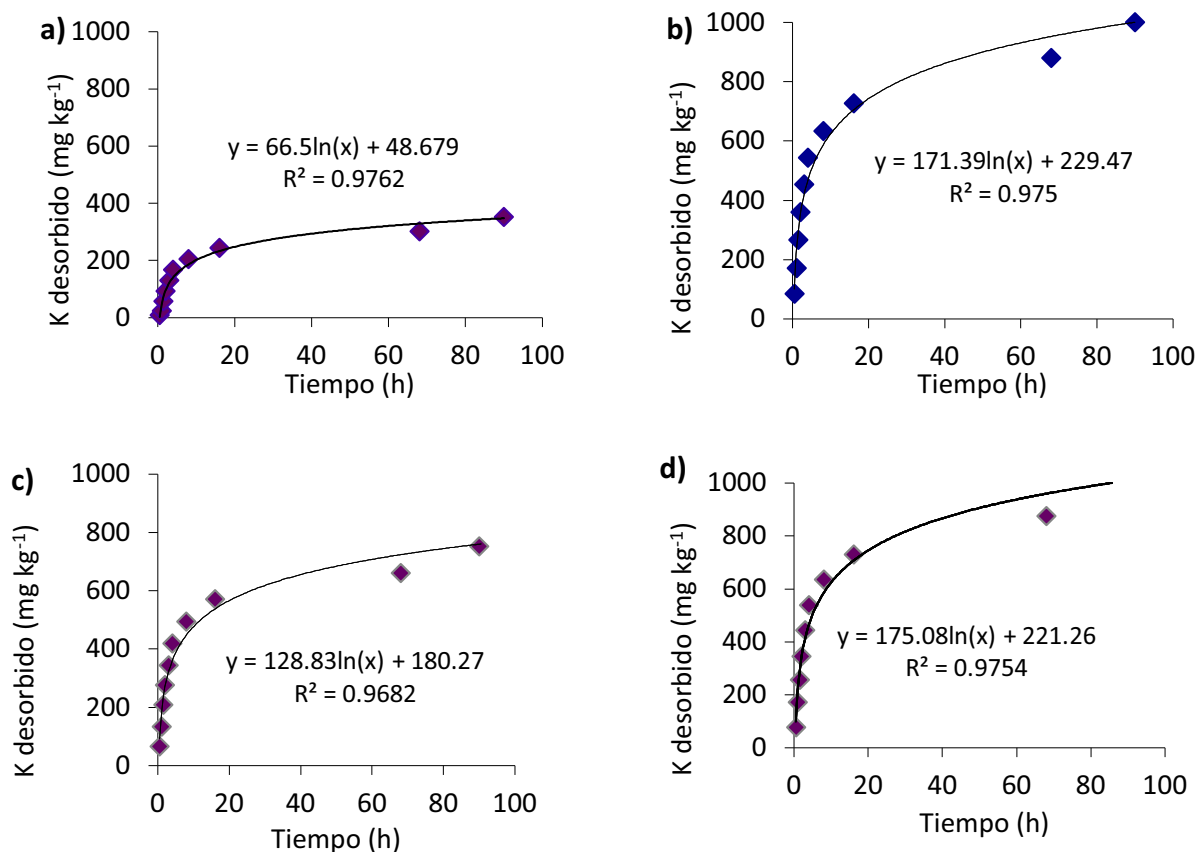
yendo el K. Se esperaría que la lixiviación de estos materiales permitiría la liberación del elemento para su absorción por las raíces. Por cada kg de vaina producida solamente se requiera de 1 a 2 g de minerales. En términos de masa de K aportada por el suelo, aparentemente, sólo el suelo de Pantepec no suplementa suficiente K para cubrir los requerimientos de la planta.

**Relación de potasio extractable con el contenido en planta.** No se observó correlación directa entre la concentración de K intercambiable del suelo con la concentración de este elemento en las plantas. Tampoco al usar la relación de actividades de K con Ca y Mg. Esto se podría explicar considerando el rápido cambio de K en el suelo o bien que el procedimiento de determinación de K en el suelo no sea el más apro-

piado para predecir la disponibilidad para la vainilla. Se debería buscar un método de análisis de K que se relacione directamente con lo extraído por las plantas. Es necesario incluir al K en el balance de nutrientes que ingresan a la planta y que pudiera ser absorbido por las raíces adventicias. También es necesario considerar el estudio de la respuesta de las plantas a la adición de K.

## CONCLUSIONES

La concentración de K extractable con acetato de amonio en el suelo es de moderado a alto. El suelo tiene alta capacidad potencial de amortiguamiento de K a pesar de las adiciones constantes de calcio; sin embargo, la aplicación de cal puede modificar el intercambio de K en el suelo. Es necesario establecer correlaciones entre el contenido de K en las plantas



**Figura 5.** Desorción de K en función del tiempo de equilibrio en a) Pantepec, b) Papantla, c) 1 de Mayo y d) Puntilla Aldama.

y las formas analizadas para definir el mejor indicador de su abastecimiento. También se requiere experimentar con la aplicación de K para obtener una mejor relación Q/I y su efecto en el rendimiento del cultivo.

## AGRADECIMIENTOS

Investigación fue apoyada por el Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT: 2012-04-190442. "Estrategia de investigación aplicada para el fortalecimiento, innovación y competitividad de la producción de vainilla en México a través del subproyecto-03. Se reconoce las facilidades otorgadas por los productores para el muestreo.

## LITERATURA CITADA

- Avlin J.L., D.G. Westfall, S.R. Olsen. 1985. Mathematical models for potassium release kinetics in calcareous soils. *Soil Science Society American Journal* 49: 371-376.
- Beckett P.H.T. 1964. Studies of soil potassium. I. Confirmation of the ratio law: Measurement of potassium potential. *Journal of Soils Science* 15: 1-8.
- Beckett P.H.T. 1972. Critical activity ratios. *Advances in Agronomy* 24: 376-412.
- Cibes H., R.N.F. Childers, A.J. Laouastlot. 1947. Influence of mineral deficiency on growth and composition of vanilla vines. *Plant Physiology* 22: 291-299.
- Diatta J.B., W.K. Zdzislaw, G. Witold. 2011. Evaluation of potassium quantity intensity parameters of selected polish agricultural soils. *Electronic Journal Polish Agricultural Universities*. 9 (4).
- Evangelow V.P., J.R.E. Wang. 1994. New development and perspectives on soil potassium quantity intensity relationships. *Advances in Agronomy* 52: 173-227.
- Fouche J.G., L. Jouve. 1999. *Vanilla planifolia*: History, botany and culture in Réunion island. *Agronomy* 19: 689-703.
- Hazelton P., B. Murphy. 2007. *Interpreting Soil Test Results: What Do All the Numbers Mean?* 2nd ed. CSIRO Publishing, Oxford. 152 p.
- Hernández H.J., P. Lubinsky. 2011. Cultivation Systems. *In: Vanilla*. Odoux E., M Grisoni. Ed. CRC Press. Boca Raton. Pp. 75-95.
- Igdgor C.M., D.O. Asawalam, E.U. Onweremadu, B.N. Ndukwu. 2009. Potassium quantity-intensity relationship of fauna modified soils of Abie State. *International Journal Sustainable Agriculture* 1: 49-52.
- Le Roux J., M.E. Summer. 1968. Labile potassium in soils. I. Factors affecting the quantity-intensity (Q/I) parameters. *Soil Science* 106: 35-41.
- Lin Y.H. 2011. Studies on quantity and intensity of potassium in some Taiwan farmland soils. *Clean - Soil, Air, Water* 39: 345-350.
- Nelson D.W., L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *In: A.L. Page (Ed.). Methods of Soil Analysis, Part II*, 2nd ed. *Agronomy* 9: 539-580.
- Olsen S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, L.A. Dean. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Circular No. 939.
- Rowell D.L. 1994. *Soil Science: Methods and Applications*. Longman Scientific & Technical/John Wiley & Sons. 350 p.
- Wang J.J., L.H. Dustin, F.P. Paul. 2004. Potassium buffering characteristics of three soils low in exchangeable potassium. *Soil Science Society of America Journal* 68: 654-661.
- Wang M., Q. Zheng, Q. Shen, S. Guo. 2013. The critical of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Science* 14: 7370-7390.
- Woodruff C.M. 1955. Energies of replacement of Ca and K in soil. *Soil Science Society of America Proceedings* 19: 167-171.



# VARIACIÓN DE FITOQUÍMICOS DE DOS GENOTIPOS DE *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews BAJO CULTIVO EN ACAHAUAL

## VARIATION OF PHYTOCHEMICALS OF TWO GENOTYPES OF *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews GROWN IN ACAHAUAL

Ibarra-Cantún, D.<sup>1</sup>; Delgado-Alvarado, A.<sup>1\*</sup>; Herrera-Cabrera, B.H.<sup>1</sup>; Salazar-Rojas, V.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. C. P. 72760. <sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Av. de los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. C. P. 54090.

\*Autor de correspondencia: adah@colpos.mx

### RESUMEN

La vainilla (*Vanilla planifolia*) cultivada en la región del Totonacapan, México, es producida en diferentes sistemas de manejo, donde las condiciones del cultivo pueden modificar la acumulación de fitoquímicos en los diferentes órganos de la planta. En el presente estudio se analizó la variación del perfil de acumulación de fitoquímicos en diferentes órganos de la planta de dos genotipos de vainilla bajo cultivo en acahual en la región del Totonacapan. Se utilizaron estructuras vegetativas (hoja y tallo) y reproductivas (flor, fruto verde y beneficiado) del genotipo III y del genotipo VI. La concentración de compuestos fenólicos totales, taninos totales, taninos condensados, flavonoides totales, saponinas y triterpenos totales se cuantificaron en todos los tejidos por métodos espectrofotométricos. Se encontraron diferencias significativas en la mayoría de las variables fitoquímicas asociadas a los tejidos por genotipo. El análisis Biplot de Componentes Principales permitió identificar las variables fitoquímicas que definieron perfiles de acumulación de fitoquímicos distintos para cada genotipo bajo cultivo en acahual.

**Palabras clave:** Orchidaceae, vainilla, acahual, estructuras vegetales, fitoquímicos, genotipos.

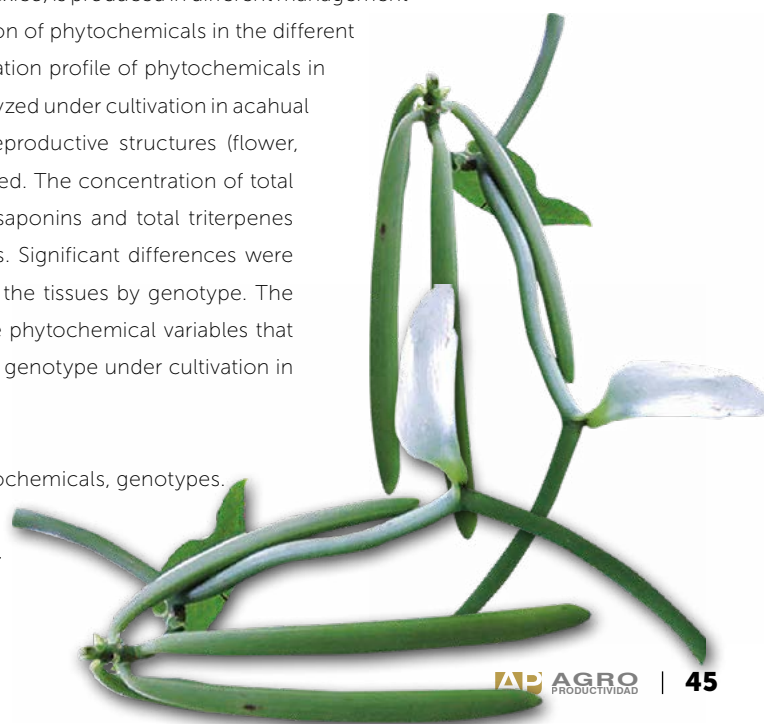
### ABSTRACT

Vanilla (*Vanilla planifolia*) cultivated in the Totonacapan region, Mexico, is produced in different management systems where the crop conditions may modify the accumulation of phytochemicals in the different plant organs. In the present study the variation of the accumulation profile of phytochemicals in different organs of the plant of two genotypes of vanilla was analyzed under cultivation in acahual in the Totonacapan region. Vegetative (leaf and stem) and reproductive structures (flower, green and cured fruit) of genotype III and genotype VI were used. The concentration of total phenolics, total tannins, condensed tannins, total flavonoids, saponins and total triterpenes were quantitated in all tissues by spectrophotometric methods. Significant differences were found in most of the phytochemical variables associated with the tissues by genotype. The Biplot analysis of Principal Components allowed to identify the phytochemical variables that defined different phytochemical accumulation profiles for each genotype under cultivation in acahual.

**Keywords:** Orchidaceae, vanilla, acahual, plant structures, phytochemicals, genotypes.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo, 2018. pp: 45-50.

**Recibido:** enero, 2018. **Aceptado:** marzo, 2018.



## INTRODUCCIÓN

**La vainilla** (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) es originaria de las regiones húmedas tropicales de México y América Central (Besse *et al.*, 2004). En la naturaleza las plantas están expuestas a interacciones bióticas y abióticas complejas que, a lo largo del proceso evolutivo, han funcionado como presiones de selección que favorecieron la adaptación y diversificación de su metabolismo secundario, y con ello la variación cualitativa y cuantitativa en el patrón de acumulación de compuestos fitoquímicos en diferentes tejidos de las plantas.

Los fitoquímicos o metabolitos secundarios se originan como una respuesta de adaptación de la planta a su ambiente, asociadas ecológicamente con funciones de defensa de la planta (Mazid *et al.*, 2011), que tienen un alto potencial para ser utilizados como productos naturales en diferentes aplicaciones, como en la industria farmacéutica o como nutracéuticos entre otros; de manera que es esencial conocer los procesos y factores que regulan su rendimiento y calidad para optimizar su aprovechamiento (Radušienė *et al.*, 2012; Sampaio *et al.*, 2016).

En la región del Totonacapan existen diferentes sistemas de cultivo de vainilla, como el manejo en malla sombra (con 50 a 80 % de luminosidad), y el conocido como tradicional o acahual, donde las plantas se establecen en un arreglo agroforestal con tutores vivos como árboles de cítricos, pichoco, cocuite, entre otros. Este acomodo de plantas brinda entre 50 y 70 % de sombra y la ventilación necesaria que requiere el cultivo de vainilla para su óptimo desarrollo (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009), pero sobre todo mantiene las interacciones ecológicas naturales. En un trabajo previo (datos no publicados) se detectó que el sistema de cultivo tiene un efecto sobre el patrón de concentración de fitoquímicos de la planta de vainilla, donde

el sistema de acahual favorece la mayor acumulación de metabolitos secundarios, aunque se desconoce cómo se expresan estos compuestos en diferentes tejidos (vegetativo y reproductivo) de la planta.

Aunado a la variación en los sistemas de cultivo, dentro de la región Totonacapan se ha identificado variación genética y quimiotípica que presenta diferente comportamiento en la acumulación de metabolitos secundarios asociados con el aroma de vainilla (Herrera-Cabrera *et al.*, 2012; Salazar-Rojas *et al.*, 2012). El presente trabajo tuvo como objetivo analizar la variación en los patrones de acumulación de fitoquímicos en tejidos vegetativos (hoja y tallo) y reproductivos (flor y frutos verde y beneficiado) de dos genotipos (Genotipo III y Genotipo VI) de vainilla cultivada en acahual, mediante componentes principales. Este estudio aporta conocimiento básico para la toma de decisiones sobre la identificación de otros tejidos de vainilla y germoplasma susceptible de ser aprovechado como fuente de productos naturales o nutracéuticos.

## MATERIALES Y METODOS

### Material vegetal

Se eligieron plantas de vainilla del Genotipo III (Quimiotipo VI), considerado como un material modificado de manera importante por la selección del aroma de los frutos, y el Genotipo VI (Quimiotipo I) descrito como un material "silvestre", debido a que los compuestos menores del perfil de aroma de los frutos muestran menor expresión (Herrera-Cabrera *et al.*, 2016)

Los dos genotipos se cultivaron bajo el sistema de acahual (Figura 1), en el municipio de Papantla, Veracruz en la localidad de Primero de Mayo (Genotipo III) y en la Finca 20 Soles (Genotipo VI). El clima en ambos sitios fue cálido subhúmedo, con temperatura media anual mayor de 22°C y temperatura del mes más frío mayor de 18°C.



**Figura 1.** Plantas de vainilla (*Vanilla planifolia*) cultivadas en acahual.



Durante el periodo de floración (abril-mayo del 2013) se recolectaron hojas, tallos y flores de nueve plantas de cada genotipo de vainilla. Para la obtención de los frutos, durante el periodo de floración, se marcaron y polinizaron manualmente 30 flores. Después de 32 semanas de la polinización se recolectaron los frutos y se sometieron a un mismo tipo de curado (beneficiado) tradicional realizado por el maestro beneficiador Veremundo Rodríguez de acuerdo a los pasos descritos por Xochipa-Morante *et al.* (2016).

### Elaboración de extractos

#### Compuestos fenólicos totales, taninos totales, taninos condensados y flavonoides

Para cada tejido se prepararon extractos en metanol a una concentración de 50 mg/mL (p/v), posteriormente los extractos se colocaron en un sonicador (AutoScience AS5150B) por 30 min y se maceraron por 24 h. Cada extracto se filtró y almacenó a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de su uso (García-Salas *et al.*, 2010).

**Saponinas.** A 1 g de tejido fresco se le agregó 5 mL de agua destilada y se colocó en baño ultrasónico (AutoScience AS5150B) por 20 min, con intervalos de 10 min con 5 min de reposo. Posteriormente los extractos se filtraron y se almacenaron en viales a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta el momento de su uso (García-Salas *et al.*, 2010).

**Triterpenos totales.** A 1 g de cada tejido fresco se adicionó 5 mL de etanol al 70 % y se maceró por 10 h, la mezcla se centrifugó a 5000 rpm, y el sobrenadante se evaporó en rotaevaporador (Heidolph, Laborota 4000). Después el residuo se extrajo 4 veces con butanol:agua (1:1). La fase orgánica se evaporó. Al residuo se agregó éter etílico y se mantuvo a  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 12 h, por último, se secó y almacenó a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  para su posterior análisis (Zong-Cheng *et al.*, 2014).

#### Compuestos fenólicos totales (CFT)

Se utilizó el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi, 1965) con algunas modificaciones. La absorbancia de la mezcla se midió a 725 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (Evolution 300, Thermo Scientific). Para la curva de calibración se usó ácido tánico (Sigma Aldrich) y los resultados se expresaron en  $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  de materia seca (MS).

#### Taninos totales (TT)

Se determinaron en el extracto de metanol basado en el método de (Makkar *et al.*, 1993). Los resultados se expresan en  $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  MS.

#### Taninos condensados (proantocianidinas) (TC)

La cuantificación de taninos condensados se realizó de acuerdo a Porter *et al.* (1986). Los resultados se expresan en  $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  MS.

#### Flavonoides totales (FLA)

Se determinaron de acuerdo a la metodología descrita por Barrón-Yáñez *et al.* (2011). A  $500\text{ }\mu\text{L}$  del extracto de metanol se adicionó 1.5 mL de etanol al 80 %,  $100\text{ }\mu\text{L}$  de solución cloruro de aluminio hexahidratado al 20 %,  $100$

$\mu\text{L}$  de acetato de potasio 1 M y 2.8 mL de agua destilada. Se agitó e incubó por 30 minutos a temperatura ambiente. La absorbancia de las muestras se registró a 415 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (Evolution 300 Thermo Scientific). Para la curva de calibración se usó quercetina (Sigma Aldrich) y los resultados se expresaron en  $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  MS.

#### Saponinas totales (SAP)

Se realizó mediante el método de ácido sulfúrico – vainilla descrito por Hiai *et al.* (1976). La absorbancia se leyó a 544 nm en un espectrofotómetro UV-Vis (Evolution 300 Thermo Scientific). Saponina de Quillaja (Sigma Aldrich) fue utilizada como estándar y los resultados se expresaron en  $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  MS.

#### Triterpenos totales (TER)

El contenido de Triterpenos totales se determinó a través del método colorimétrico con el sistema vainillina – ácido acético descrito por Fan y He (2006) con algunas modificaciones. La absorbancia se midió en un espectrofotómetro UV-Vis (Evolution 300 Thermo Scientific) a 550 nm. Se utilizó ácido oleanólico (Sigma Aldrich) como estándar y los resultados se expresaron en  $\text{g}\cdot 100\text{ g}^{-1}$  MS.

#### Diseño experimental y análisis estadístico

La cuantificación de fitoquímicos se realizó con nueve repeticiones para cada estructura vegetal. El diseño experimental consideró al contenido de fitoquímicos en cada tejido vegetal como fuente de variación. Se realizó un análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS versión 9.0 (SAS, 2002) y un análisis de componentes principales biplot (ACP-b) con el propósito de representar simultáneamente el patrón

de agrupamiento de los compuestos fitoquímicos por tejido y el patrón de agrupamiento de las plantas de los genotipos analizados.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza de la concentración de fitoquímicos en los distintos tejidos evaluados, indicó que hubo diferencias estadísticas ( $P \leq 0.05$ ) por genotipo para la mayoría de las variables (Cuadro 1).

El coeficiente de variación tuvo una amplitud entre 0.21 a 36.97 %, y varió en relación con los fitoquímicos/tejido, aunque particularmente los terpenoides mostraron los coeficientes de variación más bajos en todos los tejidos.

En relación a los tejidos fue notable que el fruto beneficiado, a excepción de los taninos condensados (23.94 %), en la mayoría de los compuestos mostró los coeficientes de variación más bajos (0.23 a 9.6 %), que indicó que la dispersión de los valores alrededor de la media fue estrecho, posiblemente debido a que la concentración de los fitoquímicos después del periodo de beneficio de los frutos, que involucra la participación de enzimas, promueve la síntesis de contenidos similares de cada fitoquímico dependiendo del genotipo (Cuadro 1). Los compuestos fenólicos totales (CFT) solo mostraron diferencia significativa en hoja y flor, y la media osciló de 0.691 a

2.159  $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$  MS. Mientras que los terpenoides (TER) tuvieron diferencia en todos los tejidos, de forma similar los taninos condensados (TC) y las saponinas (SAP) mostraron diferencias en casi todos los tejidos excepto en tallo y flor (Cuadro 1).

La dispersión de las 18 muestras de tejido (nueve por cada genotipo de vainilla) representadas en el espacio

determinado por los dos primeros componentes principales explicó 63 % de la varianza total (Cuadro 2).

El componente principal 1 (CP1) explicó 54 % de variación a partir de variables relacionadas con la concentración de terpenoides en todos los tejidos (TERh, TERt, TERf, TERv, TERb), saponinas en hojas y tallos (SAPh y SAPt) y compuestos fenólicos totales en hojas y flores (CFTf y CFTf). El segundo componente (CP2) explicó 9 % de la varianza y se concentró principalmente en variables relacionadas con la concentración de compuestos fenólicos totales, taninos totales y flavonoides en frutos verdes (CFTt, CFTv, TTv, FLAv, FLAf). Así como saponinas y flavonoides en flores (SAPf y FLAf) (Cuadro 2).

Respecto a la distribución espacial de los primeros dos componentes principales en el análisis BIPLLOT, se identificaron dos agrupamientos, uno para las muestras analizadas y otro para las variables fitoquímicas (Fi-

**Cuadro 1.** Medias, coeficientes de variación y cuadrados medios por genotipo de las 30 variables fitoquímicas por tejido de la planta de vainilla cultivada en acahual en el Totonacapan, México.

Variable	Media ( $\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ MS)	CV (%)	Cuadrados medios
			Genotipo
CFT <sub>h</sub>	0.855	21.547	3.327**
CFT <sub>t</sub>	0.691	20.270	0.208 <sup>ns</sup>
CFT <sub>f</sub>	0.821	21.653	0.814**
CFT <sub>v</sub>	1.870	12.126	0.157 <sup>ns</sup>
CFT <sub>b</sub>	2.159	9.600	0.0001 <sup>ns</sup>
TT <sub>h</sub>	0.400	24.562	0.203**
TT <sub>t</sub>	0.332	14.166	0.0004 <sup>ns</sup>
TT <sub>f</sub>	0.318	16.233	0.013*
TT <sub>v</sub>	0.390	17.453	0.040*
TT <sub>b</sub>	0.264	7.316	0.00001 <sup>ns</sup>
TCh	0.199	17.736	0.040**
TC <sub>t</sub>	0.134	24.967	0.003 <sup>ns</sup>
TC <sub>f</sub>	0.162	25.754	0.013*
TC <sub>v</sub>	0.148	21.655	0.009*
TC <sub>b</sub>	0.028	23.493	0.0005**
FLA <sub>h</sub>	0.678	23.650	1.024**
FLA <sub>t</sub>	0.377	16.756	0.159**
FLA <sub>f</sub>	0.601	15.277	0.090*
FLA <sub>v</sub>	1.120	19.899	0.003 <sup>ns</sup>
FLA <sub>b</sub>	0.909	8.554	0.051 <sup>ns</sup>
SAP <sub>h</sub>	0.045	17.480	0.006**
SAP <sub>t</sub>	0.021	14.549	0.001**
SAP <sub>f</sub>	0.003	36.973	0.00001 <sup>ns</sup>
SAP <sub>v</sub>	0.169	10.733	0.005**
SAP <sub>b</sub>	0.212	4.443	0.034**
TER <sub>h</sub>	1.713	2.156	4.154**
TER <sub>t</sub>	2.032	2.105	6.956**
TER <sub>f</sub>	1.910	0.381	2.308**
TER <sub>v</sub>	2.343	0.205	3.554**
TER <sub>b</sub>	2.787	0.232	9.787**

CFT=compuestos fenólicos totales; TT=taninos totales; TC=taninos condensados; FLA=flavonoides; SAP=saponinas; TER=terpenoides; h=hoja; t=tallo; f=flor; v=fruto verde; b=fruto beneficiado. \*\*=diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ); \*=diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ); ns=diferencias no significativas.

gura 2). El grupo 1, integró muestras correspondientes al genotipo VI que presentó como características, menor concentración de la mayor parte de los compuestos analizados en casi todos los tejidos. Únicamente registró concentraciones altas de saponinas, flavonoides y compuestos fenólicos totales en frutos verdes (SAPv, FLAv y

CFTv) y flavonoides en flor (FLAf) (Figura 2, símbolos color verde). Mientras que el grupo 2, agrupó muestras del genotipo III, que presentaron los valores mayores para terpenoides, en todos los tejidos vegetativos (hoja, tallo) y reproductivos (flor, fruto verde y beneficiado) analizados. Así como flavonoides, taninos y compuestos fenólicos

totales en tejidos vegetativos (Figura 2, símbolos color marrón). Al respecto Shanmugavalli *et al.* (2009) señalaron que las hojas de vainilla tienen metabolitos que presentan actividad inhibitoria contra patógenos como *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*. Las altas concentraciones de diferentes fitoquímicos en el genotipo III, sugiere que presentan plantas más resistentes a patógenos, como se ha documentado en otras especies (Mazid *et al.*, 2011).

El potencial de los beneficios a la salud u otras posibles actividades biológicas de los fitoquímicos presentes en las estructuras de la planta de vainilla ha recibido poca atención en la literatura. La mayor parte de las investigaciones previas sobre metabolitos secundarios en esta especie, solo se han enfocado en el fruto beneficiado, particularmente en los compuestos del aroma (Sinha *et al.*, 2008). Además de mostrar la abundancia y variación de los fitoquímicos en las diferentes estructuras de la planta, en este estudio fue posible identificar dos perfiles de acumulación de fitoquímicos en *V. planifolia* asociados con el genotipo, cuando son cultivados en condiciones acahual.

## CONCLUSIONES

Los resultados del trabajo mostraron que hubo variación en la concentración de compuestos fenólicos totales, taninos totales y condensados, flavonoides, saponinas y terpenoides en las diferentes estructuras de la planta de vainilla en relación con el genotipo. Se identificaron las va-

**Cuadro 2.** Valores propios, vectores propios y proporción acumulada de la variación explicada por cada variable en las primeras dos dimensiones de 30 variables fitoquímicas por tejido de vainilla cultivada en condiciones de acahual.

Variable	Compuesto	Tejido	Componente principal (CP)	
			CP1	CP2
CFT <sub>h</sub>	Compuestos fenólicos totales	hoja	<b>0.227</b>	0.056
CFT <sub>t</sub>		tallo	0.159	<b>-0.312</b>
CFT <sub>f</sub>		flor	<b>0.206</b>	0.010
CFT <sub>v</sub>		fruto verde	-0.098	<b>0.348</b>
CFT <sub>b</sub>		fruto beneficiado	-0.002	-0.044
TTh	Taninos totales	hoja	0.190	0.194
TT <sub>t</sub>		tallo	-0.034	0.063
TT <sub>f</sub>		flor	0.136	-0.119
TT <sub>v</sub>		fruto verde	0.168	<b>0.326</b>
TT <sub>b</sub>		fruto beneficiado	-0.005	-0.111
TCh	Taninos condensados	hoja	0.209	0.038
TC <sub>t</sub>		tallo	0.111	0.143
TC <sub>f</sub>		flor	0.144	-0.237
TC <sub>v</sub>		fruto verde	0.171	0.219
TC <sub>b</sub>		fruto beneficiado	0.180	0.180
FLA <sub>h</sub>	Flavonoides	hoja	<b>0.224</b>	0.141
FLA <sub>t</sub>		tallo	<b>0.214</b>	0.112
FLA <sub>f</sub>		flor	-0.159	<b>0.348</b>
FLA <sub>v</sub>		fruto verde	-0.021	<b>0.369</b>
FLA <sub>b</sub>		fruto beneficiado	0.144	0.104
SAP <sub>h</sub>	Saponinas	hoja	<b>0.232</b>	-0.140
SAP <sub>t</sub>		tallo	<b>0.237</b>	-0.044
SAP <sub>f</sub>		flor	0.031	<b>0.334</b>
SAP <sub>v</sub>		fruto verde	-0.184	0.101
SAP <sub>b</sub>		fruto beneficiado	0.243	-0.001
TER <sub>h</sub>	Terpenoides	hoja	<b>0.246</b>	-0.009
TER <sub>t</sub>		tallo	<b>0.245</b>	-0.014
TER <sub>f</sub>		flor	<b>0.246</b>	-0.017
TER <sub>v</sub>		fruto verde	<b>0.246</b>	-0.022
TER <sub>b</sub>		fruto beneficiado	<b>0.246</b>	-0.021
Autovalor			16	3
Proporción (%)			54	9
Acumulada			54	63

CFT=compuestos fenólicos totales; TT=taninos totales; TC=taninos condensados; FLA=flavonoides; SAP=saponinas; TER=terpenoides; h=hoja; t=tallo; f=flor; v=fruto verde; b=fruto beneficiado. Los valores en negritas indican las variables que influyen más en cada uno de los componentes principales.

riables fitoquímicas que definieron perfiles de acumulación de fitoquímicos distintos para cada genotipo bajo cultivo en acahual. El genotipo III tuvo los valores de concentración más altos en terpenoides, flavonoides, taninos y compuestos fenólicos totales en la mayoría de las estructuras de la planta, y el genotipo VI solo tuvo concentraciones altas de saponinas, flavonoides y compuestos fenólicos totales en frutos verdes y flavonoides en flor.

### LITERATURA CITADA

Barrera-Rodríguez A.I., Herrera-Cabrera B.E., Jaramillo-Villanueva J.L., Escobedo-Garrido J.S., Bustamante-González A. 2009. Characterization of vanilla production systems (*Vanilla planifolia* J.) under orange tree and mesh shade in the Totonacapan region. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 199-212.

Barrón-Yáñez R.M., García-Mateos M.R., Soto-Hernández M.R., Colinas-León T., Kite G. 2011. Flavonoides y actividad antioxidante de *Calia secundiflora* (Ort.) Yakovlev. *Revista Fitotecnia Mexicana* 34: 151-157.

Besse P., Da Silva D., Bory S., Grisoni M., Le Bellec F., Duval M.F. 2004. RAPD genetic diversity in cultivated vanilla: *Vanilla planifolia*, and relationships with *V. tahitensis* and *V. pompona*. *Plant Science* 167: 379-385.

Caliskan O., Polat P.P. 2012. Effects of genotype and harvest year on phytochemical and fruit quality properties of Turkish fig genotypes. *Spanish Journal of Agricultural Research* 10: 1048-1058.

Fan J.P., He C.H. 2006. Simultaneous quantification of three major bioactive triterpene acids in the leaves of *Diospyros kaki* by high-performance liquid chromatography method. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis* 41: 950-956.

García-Salas P., Morales-Soto A., Segura-Carretero A., Fernández-Gutiérrez A. 2010. Phenolic-compound-extraction systems for fruit and vegetable samples. *Molecules* 15: 8813-8826.

Herrera-Cabrera B.E., Hernández-Ruiz J., Delgado-Alvarado A. 2016. Variación de aroma en *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews silvestre y cultivada. *Agroproductividad* 9: 10-17.

Herrera-Cabrera B.E., Salazar-Rojas V.M., Delgado-Alvarado A., Campos-Contreras J., Cervantes-Vargas J. 2012. Use and conservation of *Vanilla planifolia* J. in the Totonacapan Region, México. *European Journal of Environmental Sciences* 2: 43-50.

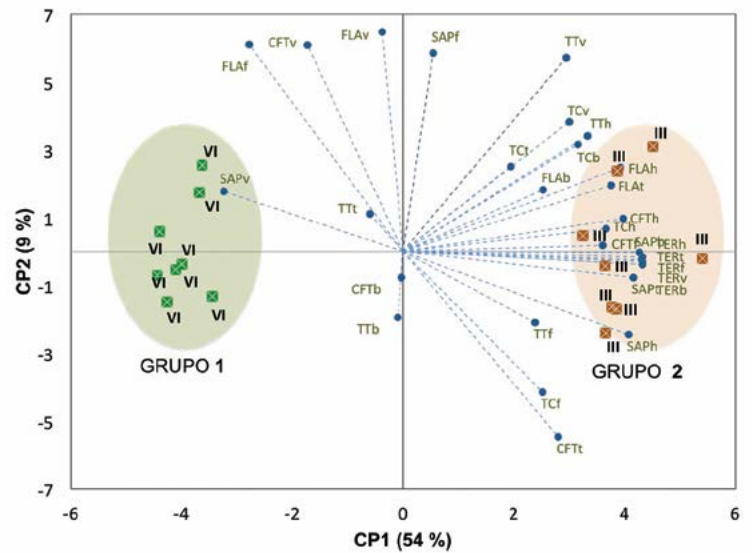
Hiai S., Oura H., Nakajima T. 1976. Color reaction of some sapogenins and saponins with vanillin and sulfuric acid. *Planta Medica* 29: 116-122.

Makkar H.P.S., Bluemmel M., Borowy N.K., Becker K. 1993. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 61: 161-165.

Mazid M., Khan T.A., Mohammad F. 2011. Role of secondary metabolites in defense mechanisms of plants. *Biology and Medicine* 3: 232-249.

Porter L.J., Hrstich L.N., Chan B.G. 1986. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyaniding and delphinidin. *Phytochemistry* 25: 223-230.

Radušienė J., Karpavičiene B., Ždrunas S. 2012. Effect of external and



**Figura 2.** Dispersión de estructuras de la planta de los genotipos VI y III de *Vanilla planifolia* de acuerdo con 30 variables fitoquímicas, con base en los dos primeros componentes principales. CFT=compuestos fenólicos totales; TT=taninos totales; TC=taninos condensados; FLA=flavonoides; SAP=saponinas; TER=terpenoides; h=hoja; t=tallo; f=flor; v=fruto verde; b=fruto beneficiado. (X) Muestras de tejidos de genotipo VI. (X) Muestras de tejidos de genotipo III.

internal factors on secondary metabolites accumulation in *St. John's Wort*. *Botanica Lithuanica* 18: 101-108.

Salazar-Rojas V.M., Herrera-Cabrera B.E., Delgado-Alvarado A., Soto-Hernández M., Castillo-González F., Cobos-Peralta M. 2012. Chemotypical variation in *Vanilla planifolia* Jack. (Orchidaceae) from the Puebla-Veracruz Totonacapan region. *Genetic Resources and Crop Evolution* 59: 875-887.

Sampaio B.L., Bara M.T., Ferri P.H., Santos S., De Paula J. 2011. Influence of environmental factors on the concentration of phenolic compounds in leaves of *Lafoensia pacari*. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 21: 1127-1137.

SAS. 2002. *Statistical Analysis Software* Versión 9.0. SAS Institute Inc. North Caroline. USA.

Shanmugavalli, N., V. Umashankar, and Raheem. 2009. Antimicrobial activity of *Vanilla planifolia*. *Indian Journal of Science and Technology* 2: 37-40.

Sinha, A.K., U.K. Sharma, and N. Sharma. 2008. A comprehensive review on vanilla flavor: extraction, isolation and quantification of vanillin and others constituents. *Int. Journal of Food Science and Nutrition* 59: 299-326.

Singleton V.L., Rossi J.A. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* 16: 144-158.

Xochipa-Morante R.C., Delgado-Alvarado A., Herrera-Cabrera B.E., Escobedo-Garrido J.S., Arévalo-Galarza L. 2016. Influencia del proceso de beneficiado tradicional mexicano en los compuestos del aroma de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews. *Agroproductividad* 9: 55-62.

Zhong-Cheng K., Zhi-Ping Z., Zhi-Yuan X., Fang C., Shang-Qing H. 2014. Response surface optimized extraction of total triterpene acids from *Eriobotrya japonica* (Thunb) Lindl (Loquat) leaf and evaluation of their *in vitro* antioxidant activities. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research* 13: 787-792.

# CONOCIMIENTO TRADICIONAL DEL MANEJO DE *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews (ORCHIDACEAE) EN LA REGIÓN HUASTECA DE SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO

## TRADITIONAL KNOWLEDGE OF THE MANAGEMENT OF *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews (ORCHIDACEAE) IN THE HUASTECA REGION OF SAN LUIS POTOSÍ, MEXICO

Lima-Morales, M.<sup>1</sup>; Herrera-Cabrera, B.E.<sup>1\*</sup>; Delgado-Alvarado, A.<sup>1</sup>; Salazar-Rojas, V.M.<sup>2</sup>; Campos-Contreras, J.E.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, San Pedro Cholula, Puebla. C. P. 72760. <sup>2</sup>Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores-Iztacala. Av. de los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. C. P. 54090.

\*Autor de correspondencia: behc@colpos.mx

### RESUMEN

Los sistemas de conocimientos locales son estratégicos para la conservación de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews.). Sin embargo, se desconoce el aservo de saberes que albergan los campesinos sobre este recurso en la Huasteca Potosina. Por eso, el objetivo del presente trabajo fue analizar el conocimiento asociado al manejo de vainilla en la región Huasteca de San Luis Potosí, México, a partir de técnicas etnográficas y la aplicación de 15 entrevistas semiestructuradas. Se usó un muestreo de conveniencia y un análisis cualitativo para interpretar la información recopilada. Se identificaron cinco etapas de manejo, las cuales estuvieron asociadas a las condiciones orográficas, ambientales y socioculturales de la zona, donde se encontraron las plantas. Este cúmulo de conocimientos representa un aprendizaje social en torno a las interacciones de los campesinos con su ambiente biológico, que genera la toma de decisiones sobre la dirección de este recurso.

**Palabras Clave:** Vainilla, agroecosistemas, aprovechamiento, intensidad de manejo, recurso genético.

### ABSTRACT

Local knowledge systems are strategic to the conservation of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews.). However, the knowledge possessed by peasants in the Huasteca Potosina region is unknown. Therefore, the aim of this study was to analyze the knowledge associated with the handling of vanilla in the Huasteca region of San Luis Potosi, Mexico. The research was carried out through ethnographic techniques and the application of 15 semi-structured interviews. Convenience sampling and qualitative analysis were used to interpret the information collected. Five management stages were identified, which were associated to the orographic, environmental and socio-cultural conditions of the area, where the plants were found. This body of knowledge represents a social learning around the interactions of peasants with their biological environment, which generates a decision making about the direction of this resource.

**Key words:** Vanilla, agroecosystems, utilization, management intensity, genetic resource.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo, 2018. pp: 51-57.

**Recibido:** enero, 2018. **Aceptado:** marzo, 2018.



## INTRODUCCIÓN

El conocimiento tradicional es una manera de saber que se basa en la acumulación colectiva de observaciones, prácticas y creencias sobre la relación del hombre, los seres vivos y su entorno. Dicho conocimiento incluye usos, sistemas de clasificación, sistemas de manejo de los recursos naturales, y observaciones empíricas del ambiente local. Es decir, representa un cuerpo de expresiones culturales que forman parte de una identidad cultural o espiritual. Este tipo de conocimientos, evoluciona a través de procesos adaptativos transmitidos de generación en generación por medio de mecanismos sociales y prácticas culturales (Berkes *et al.*, 2000). Estos conocimientos constituyen una parte vital de las comunidades, ya que generalmente están asociados a los usos y las prácticas de manejo que hacen los pueblos sobre sus recursos genéticos, de manera que son importantes para la conservación y aprovechamiento de la diversidad y la variación de los cultivos.

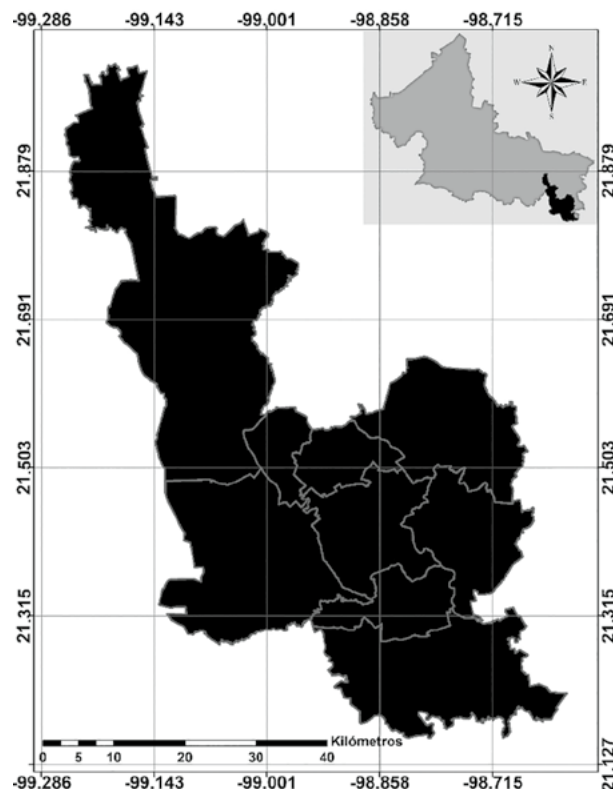
En este sentido, el manejo de vainilla está expresado en los sistemas tradicionales de saberes de diversos grupos culturales en México, como el pueblo totonaco (Hágsater *et al.*, 2005; Bory *et al.*, 2008; Rain y Lubinsky, 2011). Sin embargo, no se ha documentado este conocimiento, por lo que, se desconoce el manejo del cultivo y los aspectos asociados a este recurso genético (Herrera-Cabrera *et al.*, 2012) en diferentes nichos culturales como en la Huasteca Potosina. Empero, el pueblo

huasteco ha desarrollado un conocimiento preciso sobre la manipulación de los recursos vegetales no cultivados dentro de su contexto actual (ciclo de vida, distribución, abundancia, e interacciones con otros organismos) (Alcorn, 1981), que le permiten tomar decisiones ante condiciones cambiantes e inciertas, y guiar la dirección de sus recursos.

Por estas razones, se plantea que existe variación en intensidad y componentes del conocimiento tradicional sobre el manejo de vainilla, relacionada con el estado del germoplasma silvestre o cultivado. Y dado que no existe información previa referente al manejo de la vainilla por el pueblo huasteco, la investigación abordó tres preguntas: 1) ¿Es posible reconocer niveles o etapas de manejo en el germoplasma de vainilla en la región Huasteca?; 2) ¿Qué elementos caracterizan a cada nivel o etapa?; y 3) ¿Cuáles son las etapas predominantes en las que se encuentra el germoplasma de la región Huasteca de San Luis Potosí, México?

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El estudio se desarrolló en la región Huasteca de San Luis Potosí, México (Figura 1). Esta región se ubica en el extremo sureste del estado, entre los 21° 09' y 22° 01', y los 98° 37' y 99° 16' (INEGI, 2009). Su extensión territorial es de 2473.159 km<sup>2</sup> (INEGI, 2011). Está enclavada en la Sierra Madre Oriental y comprende una porción de la Planicie Costera del Golfo. Su clima es tropical templado húmedo, con una temperatura media anual de 24°C y una precipitación anual de 1200 a 2500 mm (INEGI, 2011).



**Figura 1.** Ubicación geográfica de la zona de estudio en la región Huasteca de San Luis Potosí, México.

### Método de investigación y muestreo.

Se efectuó una investigación de tipo cualitativo bajo el método etnográfico (Taylor y Bogdan, 1994). Se realizó un muestreo por conveniencia (Seoane *et al.*, 2007) y se aplicaron 15 entrevistas semiestructuradas a miembros del Sistema Producto Vainilla, que tuviesen al menos cinco años de conocimiento en el manejo de vainilla. La identificación de los actores sociales se dio por medio de informantes clave y la técnica bola de nieve (Taylor y Bogdan, 1994).

### Instrumento para la recolección de información.

Se diseñó una entrevista

dirigida o semiestructurada. La cédula de entrevista se esquematizó en siete etapas, basadas en la intensidad del manejo de plantas (Caballero *et al.*, 1998; Casas *et al.*, 2014) y en el procedimiento de Vodouhè *et al.* (2011) para la domesticación de plantas. Esta abordó siete premisas para identificar el conocimiento asociado al manejo de plantas (Adéoti *et al.*, 2009; Vodouhè y Dansi, 2012) (Cuadro 1).

Dentro de la entrevista se abarcaron dos aspectos fundamentales: el agroecosistema donde se desarrolla la especie y la cultura. Estas se registraron en un audio con el permiso expreso de los entrevistados, a través de una grabadora de voz de 8 gb (marca Steren); las cuales se transcribieron de manera textual en un archivo de Word 2013.

**Análisis de la información.** La información se ratificó por medio del método de triangulación (Taylor y Bogdan, 1994; Okuda y Gómez-Restrepo, 2005) y se interpretó conforme a un análisis descriptivo (Pedraz *et al.*, 2014).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que el conocimiento tradicional que tienen los campesinos sobre vainilla está estructurado en cinco etapas de manejo en la región Huasteca de San Luis Potosí; 7% de los vainilleros está en la etapa 1; por etapa 20% está en la 2, 3 y 5; y 33% en la 4.

### Caracterización de las etapas de manejo de *V. planifolia* en la Huasteca Potosina

**Etapas 1: Recolección.** Se caracteriza por la recolección de frutos de vainilla, en sitios donde habita de manera natural. Los recolectores muestran un conocimiento específico acerca de su hábitat y acuden a estos sitios sólo para

cortar sus frutos (silicuas) de diciembre a marzo (período de maduración), en donde cosechan de 200 a 600 kg (Figura 2). Esta actividad es realizada de manera individual por hombres. Los frutos presentan una longitud de 18 a 24 cm, y su polinización se efectúa de forma natural. En esta etapa, las guías alcanzan de 8 a 20 metros de longitud dentro del dosel arbóreo; similar a lo reportado por esta especie en sus ecosistemas naturales (de 8 a 30 m) (García, 2013).

**Etapas 2: Tolerancia.** Se distingue debido a que los agricultores toleran la presencia de guías de vainilla dentro de sus terrenos comunales y ejidales (muy lejanos a sus casas) (Figura 3). Dicha tolerancia se da al observar que las guías producen frutos fragantes y no son dañinas para la planta que la hospeda. Las guías permanecen en rocas y árboles cercanos a laderas y/o terrenos con inclinación intensa. La longitud del bejuco es de 4 a 8 m, y se

**Cuadro 1.** Caracterización del conocimiento asociado al manejo de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México.

Premisa	Nivel de manejo	Características del conocimiento
Recogen frutos de vainilla en el monte...	Etapas 1	Especímenes totalmente silvestres, se colectan cuando es necesario
Tiene plantas de vainilla en su terreno y las encontró ahí...	Etapas 2	Especímenes ubicados en terrenos propios o comunales, que son mantenidos por su utilidad y escasez
Tiene plantas en su terreno, las encontró ahí y recibieron cuidados incipientes...	Etapas 3	Especímenes que son objetos de observaciones regulares hasta incrementar el conocimiento sobre su biología reproductiva y/o cuidados incipientes
Llevó plantas a su terreno del monte y estableció un traspatio-huerto-cultivo a menor escala...	Etapas 4	Se conoce la biología reproductiva de la especie, su multiplicación y cultivo en traspatios. Los agricultores realizan diferentes experimentos (fecha de siembra, densidad de plantas, plagas y manejo de enfermedades) para incrementar la producción en un futuro
Llevó las plantas de vainilla a un terreno y provienen de otro traspatio o cultivo...	Etapas 5	La especie es cultivada a partir del germoplasma cultivado previamente y su fruto es cosechado de manera tradicional
Especímenes cultivados por sus características productivas, procedentes de la misma región o de zonas cercanas...	Etapas 6	Se renueva el germoplasma. Existe un proceso de selección de los especímenes. Se conocen y establecen criterios de selección, con base en las propiedades organolépticas y resistencia a plagas y enfermedades. Acceso al mercado, posibilidad de adquirir tecnología y métodos de procesamiento del producto. Se da una actividad colectiva a nivel regional.
Especímenes cultivados para satisfacer las demandas de los consumidores...	Etapas 7	Existen criterios especializados sobre el procesamiento, almacenamiento y embalaje. Generación de ingresos. Existe atención a las demandas del mercado. Se seleccionan y producen variedades que respondan a las necesidades del consumidor.



**Figura 2.** Recolección de frutos de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina, México. a) Hábitat, b) crecimiento de guías, c) fructificación, d) recolección, e) acopio de frutos.

encuentran en una gran abundancia. La polinización es de manera natural. La mayor parte de los frutos se benefician en la planta, y al desprender su aroma, las personas cortan el fruto para utilizarlos en bebidas alcohólicas y atoles. Algunos otros frutos son cortados en verde y se comercializan a acopiadores locales. Su corte es incómodo y laborioso debido a las características del terreno, al tamaño de las guías y a la altura de la ubicación de los frutos; por lo que esta actividad se realiza de manera familiar. En esta etapa, las personas reconocen el período de floración, el tiempo de crecimiento de las silicuas y su fecha de cosecha.

**Etapa 3: Protección e inducción.**

Se identifica porque los agricultores proporcionan cuidados de protección a las guías halladas dentro de sus propiedades, a través del deshierbe (chapoleo) y el manejo de la cobertura vegetal del lugar (aclareo) (Figura 4). Di-

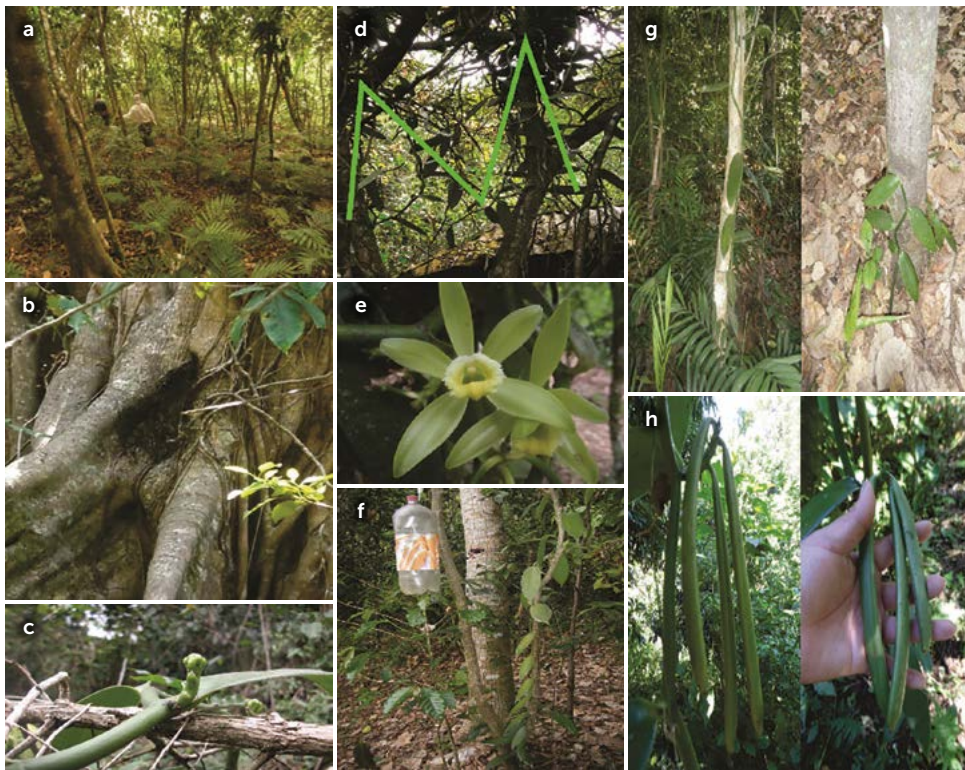
cho manejo se adecua conforme a los requerimientos de esta orquídea. Se regula el crecimiento de las guías y no se permite que rebasen la altura de 2.5 m. El crecimiento de las guías se inicia a ras de piso, y son encausadas hacia ramas del mismo árbol o subsecuentes, en forma de "M". Se adiciona hojarasca a pie de las guías y se colocan algunas botellas con agua durante los meses más calurosos (sistema de riego por micro goteo), aunque la mayor parte del manejo queda sujeta a las condiciones ambientales de la región. Su polinización se da de manera natural. En esta etapa, los agricultores identifican el crecimiento de las guías, el desarrollo de los brotes, la apertura de las flores (época de floración); el amarre, desarrollo y maduración del fruto, por medio de la observa-

ción ejercida durante visitas constantes a sus terrenos. Su esfuerzo se dirige a proteger y conocer el ciclo biológico de esta planta; así como a cosechar el mayor nú-



**Figura 3.** Tolerancia de guías de *Vanilla planifolia* en sistemas agroforestales de la región Huasteca de San Luis Potosí, México.





**Figura 4.** Protección y reconocimiento del ciclo biológico de *Vanilla planifolia* en la Huasteca Potosina, México. a) Manejo forestal, b) sitio de polinizadores, c) brotes, d) desarrollo de la planta en forma "M", e) floración, f) sistema de riego, g) control de la altura, adición de hojarasca a pie de guía, h) desarrollo de frutos.

mero de frutos para comercializarlos. Sin embargo, se busca conocer la multiplicación de esta especie y la polinización manual con vainilleros de la región, para poder propagar sus guías y así obtener un mayor número de frutos.

**Etapa 4: Trasplante y fomento de esquejes.**

Se distingue por mover las plantas de vainilla de los sistemas agroforestales hacia sitios controlados o próximos a sus hogares. Se acondiciona un espacio para establecer las plantas nativas de vainilla (procedentes de fragmentos de bosque tropical o del monte) dentro de sus parcelas agrícolas o terrenos cercanos a sus hogares (huertas de naranjo, cafetales, malla sombras, entre otros) (Figura 5). Los agricultores se encargan de desmontar, elaborar terrazas y sembrar algunos tutores. Multiplicar las guías trasplantadas (esqueje: reproducción asexual) para incrementar el número de plantas e iniciar el cultivo de esta especie. Con ánimo de incrementar el conocimiento sobre la orquídea, se consolidó una organización de vainilleros a nivel local, y se da un intercambio de saberes a nivel local, regional, estatal y nacional. Las personas han aprendido a polinizar las flores de manera manual, y fecundan entre 4 y 10 flores por maceta para aumentar el número de frutos a la cosecha. En 2016, a través de la transmisión del conocimiento, se establece el cultivo de vainilla y su control biológico. Existe capacitación técnica para la multiplicación adecuada de esquejes,



**Figura 5.** Acciones de manejo para el establecimiento de *Vanilla planifolia* en la región Huasteca de San Luis Potosí, México. a) Utilización de plantación en cítricos, malla sombras y huertas, b) control biológico, c) elaboración de compostas, d) polinización y fructificación, e) fomento del manejo de plantas.

elaboración de compostas, y terrazas, poda de árboles y riego frecuente o de subsidio. Se empieza a generar el encauzamiento de las guías dentro de los sistemas de naranjo y malla sombras.

En esta etapa, los agricultores destinan a esta orquídea mayor cantidad de tiempo y se encargan de revisar el estado físico de las plantas y prevenir plagas y enfermedades, elaborar compostas y agregar abono orgánico a las guías; polinizar y asegurarse del amarre del fruto, vigilar el desarrollo del fruto y su corte; seleccionar las plantas óptimas para elaborar esquejes, dar pie a las guías y encausar las guías; regular la luz y la sombra con la poda de árboles; y sembrar tutores. Todo el esfuerzo de los agricultores se orienta a producir frutos. De acuerdo con Casas y Caballero (1995) las acciones de manejo se intensifican con el propósito de asegurar y ampliar la producción de la especie.

**Etapa 5: Siembra y plantación.** Se introducen esquejes provenientes de otras plantaciones de la misma región y de otros estados, como Veracruz y Oaxaca, en superficies de 400 a 2500 m<sup>2</sup>. Dichas plantas se obtienen a través de financiamiento gubernamental. Estas se establecen en sistemas no tan diversificados, tales como los cultivos de cítricos y las mallas sombras (Figura 6). En este tipo de monocultivos aumentan los costos de mantenimiento y los cuidados dirigidos hacia la plantación. En esta fase, el esfuerzo de los vainilleros se diversifica a: 1) producir una mayor cantidad de frutos; 2) aprender a beneficiar los frutos, 3) incrementar la superficie de cosecha, 4) incursionar en diferentes sistemas de cultivo como malla sombra para experimentar el rendimiento; y 5) elaborar productos artesanales. Varios agricultores se organizan para vender su cosecha en verde a compradores de Veracruz, y los frutos beneficiados a capital del estado y en Querétaro. Todo esto permite el desarrollo de conceptos de productividad, actividad colectiva a nivel local, y asociatividad.

**Conocimiento local de *Vanilla planifolia* en la Huasteca potosina.** Se encontró que esta orquídea

silvestre se maneja principalmente en remanentes de la selva tropical y en diversos sistemas agroforestales, localizados en la porción que atraviesa la Sierra Madre Oriental dentro de la Huasteca potosina. La mayor parte de las plantas tuvo entre 3 y 60 años de edad, según lo refirieron los vainilleros potosinos; aunque 13% de los entrevistados desconoció la edad de sus plantas. La intensidad de manejo se desarrolla conforme a las condiciones topográficas y orográficas del terreno donde se concentra *V. planifolia*.

## CONCLUSIONES

**Con base** en el conocimiento tradicional y en la intensidad del trabajo sobre el germoplasma de vainilla, se reconocieron las etapas de manejo de 1) recolección, 2) tolerancia, 3) protección e inducción, 4) trasplante y fomento de esquejes, y 5) siembra y plantación, que tienen los pobladores de la región Huasteca en San Luis Potosí, México. La intensidad de manejo está asociada a tres aspectos: 1) la orografía y fisonomía del terreno donde se encuentran las plantas, 2) a las condiciones sociales y aspectos ecológicos de la región, y 3) a las actividades agrícolas vinculadas con el uso del suelo y a la disponibilidad del capital humano, social y económico de las comunidades de la región.



**Figura 6.** Propagación de plantas de *Vanilla planifolia* en la región Huasteca de San Luis Potosí, México. a) Superficie de cultivo, b) Sistema de cultivo (malla sombra), c) recepción y acopio del fruto, d) Beneficiado del fruto y elaboración de productos, e) sistema de organización social.

## AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT proyecto 2012-04-190442: "Estrategia de investigación aplicada para el fortalecimiento, innovación y competitividad de la producción de vainilla en México". A la Sociedad de Productores de Vainilla Tlilixochitl SPR de RL y a todos los miembros del Comité Sistema Producto Vainilla del Estado de San Luis Potosí, A. C.

## LITERATURA CITADA

- Adéoti K., Dansi A., Ahoton L., Kpèki B., Ahohuendo B.C., Ahanchédé A., Vodouhè R., Hounhouigan J.D., Sanni A. 2009. Selection of sites for the *in situ* conservation of four traditional leafy vegetables consumed in Benin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 3: 1357-1374.
- Alcorn J.B. 1981. Huastec noncrop resource management: Implications for prehistoric rain forest management. *Human Ecology* 9: 395-417.
- Berkes F., Colding J., Folke C. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications* 10: 1251-1262.
- Bory S., Grisoni M., Duval M-F., Besse P. 2008. Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55: 551-571.
- Caballero J., Casas A., Cortés L., Mapes C. 1998. Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos indígenas de México. *Estudios Atacameños* 16: 181-195.
- Casas A., Caballero J. 1995. Domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Ciencias* 40: 36-44.
- Casas A., Camou A., Otero-Arnaiz A., Rangel-Landa S., Cruse-Sanders J., Solís L., Torres I., Delgado A., Moreno-Calles A.I., Vallejo M., Guillén S., Blancas J., Parra F., Farfán-Heredia B., Aguilera-Dugua X., Arellanes Y., Pérez-Negrón E. 2014. Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: El Valle de Tehuacán. *Investigación Ambiental* 6: 23-44.
- García, N. J. 2013. Exploración etnobotánica y alternativas de conservación de vainilla (*Vanilla planifolia* J.) en la Sierra Nororiental de Puebla, México. Tesis de Licenciatura en Desarrollo Sustentable. Universidad Intercultural del Estado de Puebla, Huehuetla, Puebla. 1-87 pp.
- Hágsater E., Soto-Arenas M. A., Salazar-Chávez G.A., Jiménez-Machorro R., López-Rosas M. A., Dressler R. L. 2005. Las orquídeas de México. Instituto Chinoín, México. 304 p.
- Herrera-Cabrera B.E., Salazar-Rojas V.M., Delgado-Alvarado A., Campos-Contreras J.E., Cervantes-Vargas J. 2012. Use and conservation of *Vanilla planifolia* J. in the Totonacapan region, México. *European Journal of Environmental Sciences* 2: 43-50.
- INEGI. 2009. Pronuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos.
- INEGI. 2011. Conjunto de datos vectoriales de climas, temperaturas medias anuales y precipitación total anual. Serie I. Escala 1:1000000.
- Okuda B.M., Gómez-Restrepo C. 2005. Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría* 34: 118-124.
- Pedraz M.A., Zarco C.J., Ramasco G.M., Palmar S.A. 2014. El análisis en la investigación cualitativa. En: *Investigación cualitativa*. Elsevier. Pp. 97-104. doi:10.1016/B978-84-9022-445-8.00008-1
- Rain P., Lubinsky P. 2011. Vainilla use in colonial Mexico and traditional Totonac vanilla farming. En: *Vanilla*. Odoux E., Grisoni, M (Ed). Taylor & Francis Group. New York. 251-259 p.
- Seoane T., Martín J.L.R., Martínez-Sánchez E., Lurueña-Segovia S., Alonso Moreno F.J. 2007. Selección de la muestra: técnicas de muestreo y tamaño muestral. *SEMERGEN* 33: 356-361.
- Taylor S.J., Bogdan R. 1994. Introducción a los métodos cualitativos en investigación. La búsqueda de los significados. Ed. Paidós. España. 100-132 p.
- Vodouhè R., Dansi A., Avohou H.T., Kpèki B., Azihou F. 2011. Plant domestication and its contributions to *in situ* conservation of genetic resources in Benin. *International Journal of Biodiversity and Conservation* 32:40-56.
- Vodouhè R., Dansi A. 2012. The "Bringing into Cultivation" phase of the plant domestication process and its contributions to *in situ* conservation of genetic resources in Benin. *The Scientific World Journal* 176939. doi:10.1100/2012/176939.



# PERFIL DE PRODUCTOR POR INTENSIDAD DE MANEJO SOBRE VAINILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) EN LA REGIÓN TONACAPAN, MÉXICO

PRODUCER PROFILE BY INTENSITY OF MANAGEMENT ON VANILLA (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) IN THE TONACAPAN REGION, MEXICO

Espinoza-Pérez, J.<sup>1</sup>; Herrera-Cabrera, B.E.<sup>2\*</sup>; Zizumbo-Villarreal, D.<sup>3</sup>; Delgado-Alvarado, A.<sup>2</sup>; Salazar-Rojas, V. M.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidad Intercultural del Estado de Puebla. Calle Principal a Lipuntahuaca S/N. Lipuntahuaca, Huehuetla, Puebla. C. P. 73475. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, Santiago Momoxpan, Cholula, Puebla. C. P. 72760. <sup>3</sup>Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43 No. 130, Chuburná de Hidalgo, Mérida, Yucatán. C. P. 97200. <sup>4</sup>Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores de Iztacala. Avenida de los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México. C. P. 54090.

\*Autor de correspondencia: beh@colpos.mx

## RESUMEN

Durante los últimos 250 años en México, se ha acumulado conocimiento tradicional sobre el cultivo de vainilla bajo diferentes sistemas de producción, y diferentes niveles de manejo. Dado que cada sistema refleja la experiencia individual y colectiva de criterios y estructuras de decisión sobre el manejo de vainilla, se estudió el perfil del productor en un gradiente de intensidad de manejo para *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews en la región del Totonacapan en Puebla y Veracruz. Para este propósito se entrevistaron 47 productores que manifestaron conocimiento sobre vainilla. A partir de una entrevista semiestructurada y una encuesta, se realizó un análisis de varianza por rangos y de conglomerados que agrupó a los productores a partir de 11 variables que definieron la intensidad de manejo. Se identificaron cuatro perfiles de manejo en vainilla: a) Los campesinos que colectan ocasionalmente el fruto verde o seco sin tratarla como cultivo, y esquejes de las plantas del monte; b) Los que toleran y protegen a las plantas en campos agrícolas, sin tratarla como; c) Los que la cultivan ocasionalmente en sistemas de producción tradicional y tecnificado; y d) Los que tratan a la vainilla como cultivo, con conocimiento específico en el manejo, abonado, polinización, beneficiado y almacenamiento. La formación de perfiles evidencia que existen diferencias significativas en el manejo de vainilla que posiblemente esté dado por el nivel de importancia socioeconómica de la orquídea.

**Palabras clave:** *Vanilla planifolia*, agricultura tradicional, selección humana, recurso genético.

## ABSTRACT

During the last 250 years in Mexico, traditional knowledge about cultivation of vanilla under different production systems and levels of management has been accumulated. Since each system reflects the individual and collective experience of vanilla management and decision making criteria, the profile of the vanilla producers was studied in a gradient of management intensity for vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) in the Totonacapan region of Puebla and Veracruz. For this purpose, 47 producers who expressed knowledge about vanilla were interviewed. From a semi-structured interview and a survey, an analysis of variance by ranges and clusters was carried out, grouping the producers from 11 variables that defined the intensity of management. Four vanilla management profiles were identified: a) Peasants who occasionally collect the green or dry fruit, and the patterns of the plants of the forest; b) Those that tolerate and protect plants in agricultural fields, without treating it as crop; c) Those that are occasionally cultivated in traditional and technified production systems; and d) Those that treat vanilla as a crop, with specific knowledge in handling, fertilization, pollination, processing and storage. The results showed that there are significant differences in the management of vanilla that is possibly due to the level of socioeconomic importance of the orchid.

**Key words:** *Vanilla planifolia*, traditional agriculture, human selection, genetic resource.

e intensivo (bajo pichoco, naranjo y malla sombra). Actualmente, en la región Totonacapan es posible observar la convivencia de todo el gradiente de manejo, desde poblaciones en condiciones naturales hasta sistemas intensivos (ASERCA, 2002; Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009). Una de las preguntas que acompañan el análisis sobre el contexto en el que opera el gradiente de manejo de vainilla, es conocer las características de las personas que favorecen o permiten que se mantenga un sistema de manejo específico sobre vainilla en la región del Totonacapan en Puebla y Veracruz, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la región del Totonacapan, que comprende 7,551 km<sup>2</sup>, constituida por 39 municipios que cultivan vainilla de los cuales 20 pertenecen al estado de Veracruz y 19 al estado de Puebla (Figura 1).

### Población de estudio

Se identificaron 47 productores que conocen y cultivan vainilla en 17 municipios de la región Totonacapan, 10 del estado de Puebla y 7 de Veracruz.

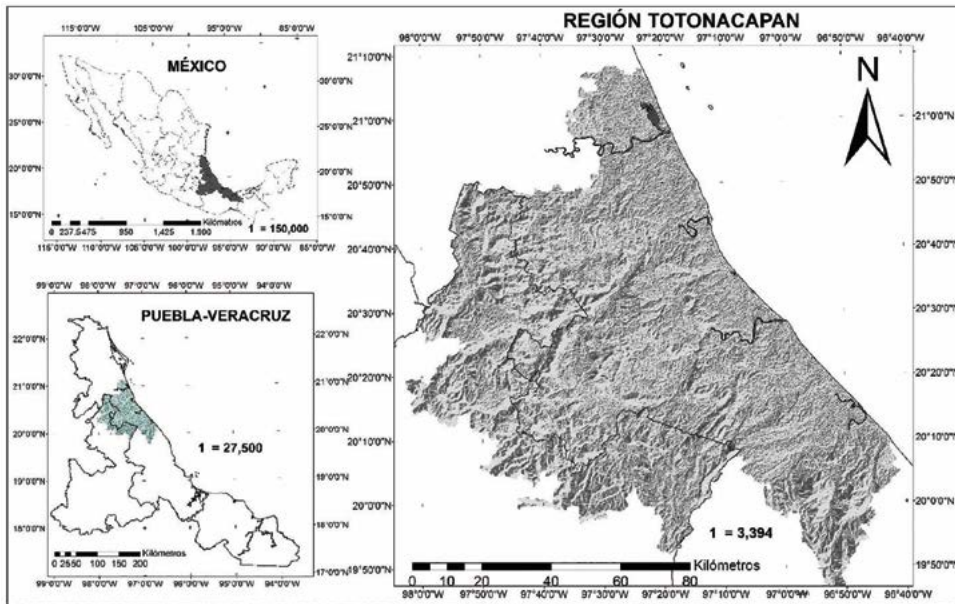
Mediante la metodología de investigación participativa (Guarino y Friis-Hansen, 1995), en específico por la evaluación rural participativa (ERP) y la aplicación de técnicas como la observación directa en campo, grupos de discusión, la entrevista semiestructurada y la encuesta, se obtuvieron los valores de las variables para cumplir el objetivo. Los datos de manejo incluyeron variables como: distribución, densidad, años de la especie, labores de mantenimiento, polinización, intensidad de selección y actividades de cosecha

## INTRODUCCIÓN

**Los datos** históricos infieren que el manejo de plantas tuvo sus inicios con la recolección (Casas *et al.*, 1996; Vodouhè y Dansi 2012). Posteriormente, con la acumulación de conocimiento y la generación de tecnología, se desarrolló la agricultura hace aproximadamente 10,000 años (Gepts *et al.*, 2012). En diferentes especies, regiones y condiciones ambientales, el manejo involucró grados de especialización y prácticas agrícolas diferenciadas que generaron en consecuencia, perfiles distintos de agricultores.

De acuerdo con Toledo y Barrera-Bassols (2008), es posible distinguir entre campesinos, agricultores, y productores de acuerdo a los objetivos que persigue el cultivo, es decir, si se trata de atender criterios comerciales o de subsistencia. Y por otra parte se han utilizado como criterios específicos, la cantidad de energía invertida, herramientas utilizadas, labores de mantenimiento y la presión de selección humana, como argumento para discriminar entre tipos de productores (González-Insuasti y Caballero, 2007; Blancas *et al.*, 2010).

En la región Totonacapan, que comprende el centro-norte de Veracruz y norte-nororiente de Puebla, la vainilla ha sido utilizada y recolectada desde tiempos prehispánicos (Hágsater *et al.*, 2005) y cultivada hace alrededor de 250 años (Bory *et al.*, 2008; Lubinsky *et al.*, 2008). Los principales sistemas de producción agrícola en esa región son dos: tradicional (bajo acahual)



**Figura 1.** Ubicación geográfica de la región Totonacapan en Puebla y Veracruz, México. (CONABIO, 2012).

y postcosecha (Cuadro 1) (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009). De acuerdo al tipo de variable se asignó un valor (Cuadro 1). A las nominales un valor entero de 1 hasta n, a las ordinales valores de 0, 0.5, 1, y 1.5, y a las de razón el valor absoluto (Cuadro 1) (Blancas *et al.*, 2013).

tiene datos nominales, ordinales y de razón, resultó el método apropiado. Una vez definidos los grupos con el AC, se realizó el análisis de varianza para determinar que variable contribuía significativamente a las diferencias en el manejo agrícola de la vainilla. El análisis de varianza

**Análisis de datos**

La información obtenida se exportó a una base de datos previamente diseñada en una hoja de cálculo Excel 2010. Después se realizó un análisis de conglomerados (AC), con el paquete estadístico SAS (2002). El AC fue para determinar los perfiles de los productores conforme a las respuestas y acciones en relación al manejo agrícola sobre vainilla. Para dicho análisis, se utilizó el método de Ward con distancias de Gower al permitir combinar variables cualitativas y cuantitativas (Johnson y Wichern, 2007) y dado que el estudio

**Cuadro 1.** Variables de manejo sobre *Vanilla planifolia* J. para definir el perfil del productor en la región del Totonacapan, México.

Variable	Clave	Estado de la variable y codificación
Distribución	DIS*	1=Selva; 2=Cafetal; 3=Acahual; 4=Bajo pichoco; 5=Bajo naranjo; 6=Malla sombra
Años de la especie	ASP***	Valor absoluto
Preparación de suelo	PS**	0=No es realizado; 0.5=Excavación a una profundidad no mayor a 15 cm; 1=Remueve el suelo al pie del tutor; 1.5=Remueve el suelo e incorpora materia orgánica
Tipo de tutores	TT**	0=Tutores silvestres; 0.5=Tutores encontrados en el mismo sitio de cultivo; 1=Tutores definidos; 1.5=Tutores naturales y artificiales
Número de esquejes por tutor	NET**	0=No existe tal conocimiento; 0.5=Establece de acuerdo a la disponibilidad del material vegetal; 1=Experimenta posible número de esquejes por tutor; 1.5=Tiene definido el número de esquejes
Control de maleza	CMAL**	0=No es realizado; 0.5=Manualmente; 1=Aplicación de herbicidas; 1.5=Manualmente y aplicación de herbicidas
Control de plagas y enfermedades	CPYE**	0=No es realizado; 0.5=Eliminación manual; 1=Aplicación de un método tradicional; 1.5=Método tradicional y plaguicidas
Control de hongos	CTHON**	0=No es realizado; 0.5=Eliminación manual; 1=Aplicación de un método tradicional; 1.5=Método tradicional y fungicidas
Número de flores a polinizar	NFP**	0=No poliniza; 0.5=Poliniza todas las flores; 1=Experimenta el número de flores a polinizar; 1.5=Definido el número de flores a polinizar
Beneficiado	BEN**	0=No es realizado; 0.5=Método empírico (secado); 1=Método tradicional (curado y soles); 1.5=Tecnificado (horno)
Almacenamiento	ALM**	0=No es realizado; 0.5=Método tradicional; 1=Inicia el experimento con métodos sofisticados; 1.5=Tecnificado

\*=Nominal con valores de 1 hasta n  
 \*\*=Ordinales con valores de 0 a 1.5  
 \*\*\*=De razón con valores absolutos

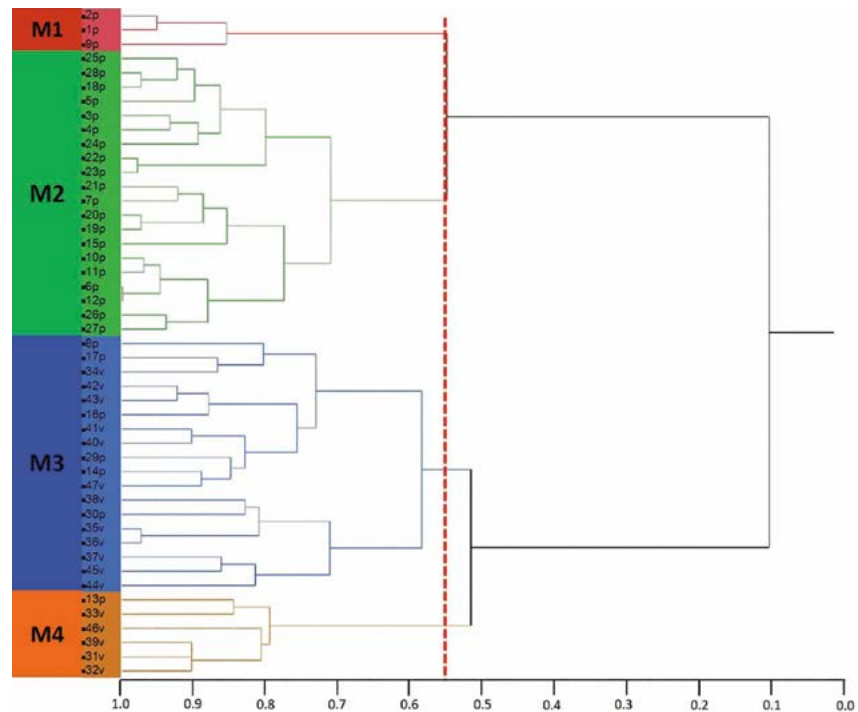
fue por rangos al tener variables que no tuvieron una distribución normal (Conover e Iman, 1981) y corresponde a lo descrito por Steel y Torrie (1986) para cualquier de número de grupos con desigual número de repeticiones asignados al modelo completamente al azar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En función de los perfiles del productor en el manejo de la vainilla y bajo el análisis de varianza por rangos, las variables de estudio mostraron diferentes coeficientes de variación (CV), de manera que la variable "distribución" tuvo el coeficiente más bajo (20.4%), mientras que la variable "control de hongos" mostró el CV más alto (61.4%). Asimismo, se observaron diferencias altamente significativas para todas las variables evaluadas ( $P < 0.001$ ) (Cuadro 2).

Con la obtención de las variables, sus valores, el análisis de varianza y el análisis de conglomerados, se obtuvo el dendrograma de la Figura 2, en el cual a una distancia de Gower de 0.55, se identifican cuatro perfiles de productores a partir de las prácticas de manejo sobre vainilla.

M1 agrupa campesinos que se distinguen por no realizar ningún tipo de manejo, es decir, no existe control de maleza, plagas y hongos, mucho menos abonado de la planta. Dichos campesinos solo colectan esquejes de la planta de vainilla y frutos verdes o secos. Por la poca importancia que le dan al fruto, la planta se encuentra creciendo en vegetación natural, que corresponde a la zona de transición entre la selva baja perennifolia y bosque mesófilo de montaña en la Sierra Nororiental de Puebla. Por las mismas condiciones, la mayoría de los



**Figura 2.** Diferencias en los perfiles de los productores a partir del manejo de vainilla en la región Totonacapan. M1 Colectan la orquídea en vegetación natural; M2 Toleran, conservan y protegen la planta; M3 y M4 Cultivan la vainilla en sistemas de producción tradicional y tecnificado, respectivamente.

tutores son especies arbóreas silvestres como el chalahuite (*Inga sp.*), helecho arbóreo (*Cyathea arborea*), nogal cimarrón (*Juglans regia L.*) y sangre de grado (*Croton draco* Schlecht). En el Totonacapan no se ha reportado vainilla en estado silvestre, sin embargo, hay que considerar que la mayoría de los estudios se han enfocado en la zona de Papantla, Veracruz (Schlüter *et al.*, 2007), donde en su mayoría son plantas cultivadas (Herrera-Cabrera *et al.*, 2012).

**Cuadro 2.** Cuadros medios de análisis de varianza por rangos en variables empleadas para el estudio de las formas de manejo sobre las plantas de *V. planifolia* en la región Totonacapan, México.

Variable	Clave	CV (%)	Cuadros medios	
			Grupo	Error
Distribución	DIS	20.43	32.34 ***	0.71
Años de la especie	ASP	49.08	1187.35 **	222.11
Preparación de suelo	PS	25.29	2.41 ***	0.04
Tipo de tutores	TT	25.51	2.19 ***	0.06
Número de esquejes por tutor	NET	29.61	1.85 ***	0.06
Control de maleza	CMAL	32.34	0.29 ***	0.02
Control de plagas y enfermedades	CPYE	56.64	1.41 ***	0.08
Control de hongos	CTHON	61.49	2.81 ***	0.05
Número de flores a polinizar	NFP	51.68	4.23 ***	0.08
Beneficiado	BEN	52.62	0.74 ***	0.07
Almacenamiento	ALM	52.64	0.53 ***	0.06

\*\*=Altamente significativo ( $P < 0.001$ ). \*\*\*=Muy altamente significativo ( $P = 0.0001$ ). CV=Coeficiente de variación.

M2 conjunta campesinos que dan un manejo incipiente a la vainilla, es decir, establecen la vainilla a través de la siembra que consiste en una excavación no mayor a 15 centímetros. Como tutores utilizan las mismas especies encontradas en el sitio de cultivo (parcelas de café y en franjas de campos agrícolas de café asociado con maíz) y no tienen conocimiento en el número de esquejes por tutor. De esta manera el campesino tolera, conserva y protege la orquídea al no eliminarla durante el aclareo de la vegetación natural para incorporar café, se conserva al aumentar el número de individuos sanos por medio de la reproducción clonal, y son protegidas al recibir indirectamente el beneficio por el control de maleza realizada para el café. No existe un control plagas, enfermedades u hongos. Dicho tipo de manejo es realizado en la Sierra Nororiental y Norte de Puebla, y en algunos municipios de Veracruz, principalmente en Zozocolco de Hidalgo. Dicha zona se caracteriza por la práctica de una agricultura tradicional donde la producción de cultivos como el maíz, los frijoles, chiles, chayotes, los plátanos, entre otros, se destinan en su mayoría para autoconsumo (Basurto *et al.*, 2003), sin dejar de lado, aquellas plantas comestibles que son toleradas en los campos agrícolas como los quelites, xkijit (*Reanilmia alpinia*), las begonias (*Begonia nelumbiifolia*) y el tequelite (*Peperonia lenticularis*). Por dichas circunstancias, la vainilla se encuentra inmersa en esa cultura agrícola.

M3 y M4 agrupa productores que tratan a la vainilla como cultivo con diferente intensidad de manejo agrícola en sistemas de producción tradicional (acahual) e intensivos (bajo naranjo (*Citrus sinensis* L.), bajo pichoco (*Erythrina americana*) y malla sombra) (Barrera-Rodríguez *et al.*, 2009). Distribuyen a la especie en campos agrícolas y huertos familiares. Dentro del grupo M3, están los productores que cultivan ocasionalmente la orquídea, por lo que pueden eliminar o abandonar completamente la planta de acuerdo al precio del fruto verde en el mercado regional. Dichos productores se caracterizan por seguir experimentando (no tienen un conocimiento exacto) con la planta en actividades como el número

de flores a polinizar, el establecimiento del número de esquejes por tutor, así como en el control de enfermedades, plagas y hongos. Además de que desconocen el proceso de beneficiado, ya que solo son productores de materia prima (fruto verde).

En contraste con el M3, en el M4 se agrupan productores con mayor conocimiento en las labores de manejo de la vainilla, como en la identificación de tutores apropiados que facilite el encauzamiento de guías, el número de flores a polinizar de acuerdo al número de macetas y vigorosidad de la planta (Figura 3). Además, tienen mayor conocimiento en el control de hongos, plagas y otros agentes causantes de enfermedades. Manejan con precisión el proceso de beneficiado y almacenamiento del fruto. Por las mismas circunstancias han conservado la orquídea al menos dos generaciones continuas.



**Figura 3.** Cultivo de vainilla en Puntilla Aldama, San Rafael, Veracruz, México.

conocen la reproducción biológica de la planta para preservarla en sitios con manejo humano, sin necesidad de que sea considerada y tratada como cultivo. El M3 son productores que usan prácticas tradicionales de cultivo y cosecha, y el grupo M4 posiblemente empiecen a incursionar en la categoría de productores que adoptan criterios específicos para seleccionar las plantas que mejor satisfagan las necesidades de la gente y consideren el acceso al mercado al tomarse en cuenta la generación de ingresos.

## CONCLUSIONES

En la región del Totonacapan, México, la diferencia marcada que tienen los productores en labores de mantenimiento, distribución y densidad, manejo, polinización, cosecha y postcosecha en el cultivo de la vainilla, han propiciado el desarrollo de



cuatro perfiles de productores. En los perfiles M1 y M2, los productores le dan poca importancia a la planta de vainilla, por lo que su manejo es incipiente, al ser solo colectada, tolerada y protegida. En los perfiles M3 y M4 los agricultores tratan a la vainilla como cultivo, por lo que tienen conocimiento específico en el manejo, abonado, polinización, beneficiado y almacenamiento de la vainilla.

## LITERATURA CITADA

- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (ASERCA). 2002. De nuestra cosecha. La vainilla en México, una tradición con un alto potencial. *Claridades Agropecuarias* 101: 3-16.
- Barrera-Rodríguez A.I., Herrera-Cabrera B.E., Jaramillo-Villanueva J.L., Escobedo-Garrido J.S., Bustamante-González A. 2009. Caracterización de los sistemas de producción de vainilla (*Vanilla planifolia* A.) bajo naranjo y en malla sombra en el Totonacapan. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10: 199-212.
- Basurto-Peña F., Castro-Lara D., Martínez-Alfaro M.A. 2003. Edible begonias from the north of Puebla, Mexico. *Economic Botany* 57: 48-53. doi:10.1663/0013-0001(2003)057[0048:EBFTNO]2.0.CO;2
- Blancas J., Casas A., Pérez-Salicrup D., Caballero J. y Vega E. 2013. Ecological and socio-cultural factors influencing plant management in Nahuatl communities of the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 9: 1-22.
- Blancas, J., Casas, A., Rangel-Landa, S., Moreno-Calles, A., Torres, I., Pérez-Negrón, E., Solís, L., Delgado-Lemus, A., Parra, F., Arellanes, Y., Caballero, J., Cortés, L., Lira, R., y Dávila, P. 2010. Plant Management in the Tehuacán-Cuicatlán Valley, Mexico. *Economic Botany* 64: 287-302.
- Bory S., Grisoni M., Duval M. F., Besse P. 2008. Biodiversity and preservation of vanilla: present state of knowledge. *Genetic Resources and Crop Evolution* 55: 551-571.
- Casas A., Vázquez M del C., Viveros J.L., Caballero J. 1996. Plant management among the Nahua and the Mixtec in the Balsas River Basin, Mexico: An Ethnobotanical Approach to the Study of plant Domestication. *Human Ecology* 24: 455-478. doi: 10.1007/BF02168862
- Colunga-GarcíaMarín P., Zizumbo-Villarreal D. 2004. Domestication of plants in Maya lowlands. *Economic Botany* 58: 101-110.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2012. Portal de Geoinformación. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.
- Conover W.J., Iman R. 1981. Rank Transformations as a Bridge Between Parametric and Nonparametric Statistics. *The American Statistician* 35: 124-129. doi: 10.2307/2683975
- Gepts P., Bettinger R., Brush S., Damania A., Famula T., McGuire P., y Qualset C. 2012. Introduction: The Domestication of Plants and Animals: Ten Unanswered Questions. En: Gepts P., Famula T.R., Bettinger R.L., Brush S.B., Damania A.B., McGuire P.E., y Qualset C.O. (eds) *Biodiversity in Agriculture: Domestication, Evolution, and Sustainability*. Published by Cambridge University Press. pp. 1-8.
- González-Insusti, M. S. y Caballero, J. 2007. Managing plant resources: How intensive can it be? *Human Ecology* 35: 303-314.
- Guarino L., y Friis-Hansen E. 1995. Collecting plant genetic resources and documenting associated indigenous knowledge in the field: a participatory approach. En: Guarino, L., Ramanatha Rao, V. y Reid R. (eds.). *Collecting Plant Genetic Diversity, Technical Guidelines*. CAB International, Wallingford, UK. pp. 345-366.
- Hågsater E., Soto-Arenas M. Á., Salazar-Chávez G. A., Jiménez-Machorro R., López-Rosas M. A., Dressler R. L. 2005. Las orquídeas de México. Instituto Chinoin, México, D. F. 304 p.
- Herrera-Cabrera B.E., Salazar-Rojas V.M., Delgado-Alvarado A., Campos-Contreras J. E., Cervantes-Vargas J. 2012. Use and Conservation of *Vanilla planifolia* J. in the Totonacapan region, Mexico. *European Journal of Environmental Sciences* 2: 43-50.
- Johnson R.A. y Wichern D.W. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. Sixth Edition. Pearson Prentice Hall. USA. 763 p.
- Lubinsky P., Bory S., Hernández H.J., Seung-Chul K., y Gómez-Pompa A. 2008. Origins and dispersal of cultivated vanilla (*Vanilla Planifolia* J. [Orchidaceae]). *Economic Botany* 62: 127-138.
- SAS Institute Inc. 2002. SAS/STAT® 9.0. User's guide. Cary, North Carolina.
- Schlüter P.M, Soto-Arenas M.A y Harris S.A. 2007. Genetic variation in *Vanilla planifolia* (Orchidaceae). *Economic Botany* 61: 328-336.
- Stell R.G.Dy Torrie J.H. 1986. *Bioestadística: Principios y procedimientos*. Segunda edición. McGraw-Hill, México.
- Toledo, V. M. y Barrera-Bassols, N. 2008. La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales. ICARIA. Barcelona, España. p. 231.
- Vodouhè, R. y Dansi, A. 2012. The "Bringing into Cultivation" phase of the plant domestication process and its contributions to *in situ* conservation of genetic resources in Benin. *The Scientific World Journal* 2012. Article ID 176939. doi:10.1100/2012/176939.



# CARACTERIZACIÓN DE AGROECOSISTEMAS CON *Vanilla* spp., [ORCHIDACEAE] EN EL TOTONACAPAN, MÉXICO

CHARACTERIZATION OF AGROECOSYSTEMS WITH *Vanilla* spp., [ORCHIDACEAE] IN TOTONACAPAN, MEXICO

Díaz-Bautista, M.<sup>1</sup>; Herrera-Cabrera, B.E.<sup>2\*</sup>; Castillo-González, F.<sup>3</sup>; Soto-Hernández, R.M.<sup>3</sup>; Delgado-Alvarado, A.<sup>2</sup>; Zavaleta-Mancera, H.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Intercultural del Estado de Puebla. Calle Principal a Lipuntahuaca s/n, Huehuetla, Puebla. C. P. 73470. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Boulevard Forjadores de Puebla No. 205, San Pedro Cholula, Puebla. CP 72760. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230.

\*Autor para correspondencia: behc@colpos.mx

## RESUMEN

En este estudio se identificaron y caracterizaron los agroecosistemas donde se producen algunas especies del género *Vanilla* en la región del Totonacapan, México, a fin de conocer las condiciones ecológicas y la distribución geográfica de su diversidad. La metodología comprendió una exploración etnobotánica en 37 poblaciones del género *Vanilla*, georreferenciación y colecta de accesiones, el uso de Sistemas de Información Geográfica con ArcMap 10.1 (ESRI, 2014), revisión de información cartográfica y agroclimática, así como la identificación de especímenes en el herbario XAL. Los resultados revelaron tres agroecosistemas: 1) la zona alta con *Vanilla planifolia* y *V. inodora*, 2) zona media con especies de *V. planifolia*, *V. pompona*, *V. inodora* y *V. planifolia* cv "rayada"; y 3) zona baja con *V. planifolia*, *V. pompona*, *V. insignis* y *V. planifolia* cv "rayada". El uso y conservación del género *Vanilla* se podrá sostener si se consideran los agroecosistemas que los contiene, el conocimiento tradicional, y la participación de los campesinos, apoyados con la ciencia y tecnología.

**Palabras clave:** *Vanilla* spp., distribución geográfica, diversidad, recursos fitogenéticos.

## ABSTRACT

The agroecosystems with the *Vanilla* genus were identified and characterized to know the ecological conditions and geographical distribution of their diversity in the region of Totonacapan, Mexico. The methodology included an ethnobotanical exploration in 37 populations of the genus *Vanilla*, georeferencing and collection of accessions, the use of Geographic Information Systems with ArcMap 10.1 (ESRI, 2014), review of cartographic and agroclimatic information, as well as the identification of specimens in the XAL herbarium. The data revealed three agroecosystems: 1) The high zone with *Vanilla planifolia* and *V. inodora*, 2) middle zone with species of *V. planifolia*, *V. pompona*, *V. inodora* and *V. planifolia* cv "striped" and 3) low area with *V. planifolia*, *V. pompona*, *V. insignis* and *V. planifolia* cv "rayada". Use and conservation of the genus *Vanilla* can be sustained if agroecosystems that contains them are considered, traditional knowledge, and active participation of farmers, supported by science and technology.

**Keywords:** *Vanilla* spp., geographical distribution, diversity, plant genetic resources.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo. 2018. pp: 64-69.

**Recibido:** enero, 2018. **Aceptado:** marzo, 2018.



## INTRODUCCIÓN

Dentro de la familia Orchidaceae, el género *Vanilla* Plum. está conformado por aproximadamente 107 especies (Soto-Arenas y Dressler, 2010), de las cuales 15 producen aroma, entre las que destaca *V. planifolia* Jackson ex Andrews, reconocida por su perfil aromático y alta concentración de vainillina. Las plantas del género *Vanilla* son de hábitos hemiepífitos, por lo que no existe una dependencia nutricional completa de las raíces terrestres, de ahí que han desarrollado interacciones específicas con hongos micorrízicos y con polinizadores para adaptarse a los ecosistemas (Canestraro et al., 2014). A la fecha se desconoce en gran medida su biología reproductiva, requerimientos nutricionales, condiciones agroclimáticas y hábitat, entre otros. De ahí surge el interés por conocer sus condiciones agroecológicas, distribución geográfica e implicaciones en la producción, uso y conservación.

La investigación comprendió una exploración etnobotánica bajo el enfoque de sistemas, en donde las múltiples interacciones muestran la realidad más compleja. Esta organización de elementos que incluyen materia, energía e información, se traduce en un ecosistema funcional, también llamado agroecosistema (Gliessman, 2000).

A nivel de agroecosistemas los campesinos del Totonacapan dan razón de la existencia de diferentes tipos de vainilla y polinizadores naturales. El trabajo consistió en

identificar y caracterizar los agroecosistemas con el género *Vanilla*, para conocer las condiciones ecológicas y la distribución geográfica de su diversidad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la principal zona productora de vainilla en México (Figura 1), también conocida como Totonacapan, zona pluriétnica habitada por comunidades de origen Náhuatl, Totonaca, Otomí y Tepehua, ubicadas en 19 municipios de la vertiente hidrológica septentrional de la Sierra Norte de Puebla y 20 de la provincia fisiográfica de la Llanura Costera del Golfo al Norte de Veracruz (Toledo et al., 1994; Soto-Arenas et al., 2001; IMPI, 2009).

La investigación comprendió tres fases: La primera consistió en una exploración etnobotánica en la que se ubicaron 30 sitios con vainilla, como unidades ambientales de observación, 10 sitios en cada uno de los tres agroecosistemas, de los cuales 14 corresponden al estado de Puebla y 16 ubicados en Veracruz. Durante los recorridos se aplicó un formato de colecta que comprendió cuestiones de las especies, características biogeográficas, y se georreferenció cada sitio. Se elaboró una base de datos con las variables de temperatura, precipitación, vegetación, altitud, relieve y sistemas de producción. La segunda fase comprendió la identificación de especies del género *Vanilla* en el herbario del Instituto de Ecología A. C. (XAL), y la consulta de la guía especializada sobre el género de Soto-Arenas y Dressler (2010), para lo cual se coleccionaron hojas, tallos, flores y frutos de cada espécimen.

La tercera fase comprendió la realización de cartas temáticas de clima, precipitación y distribución del género *Vanilla* con el Software ArcMap 10.1 (2014), para lo cual se empleó la información cartográfica de la zona 14 UTM en formato "shapefile" y los parámetros de DATUM WGS84. Finalmente se complementó cada carta con datos de campo e información sobre los registros históricos de temperatura, precipitación, altitud, uso de suelo y vegetación.

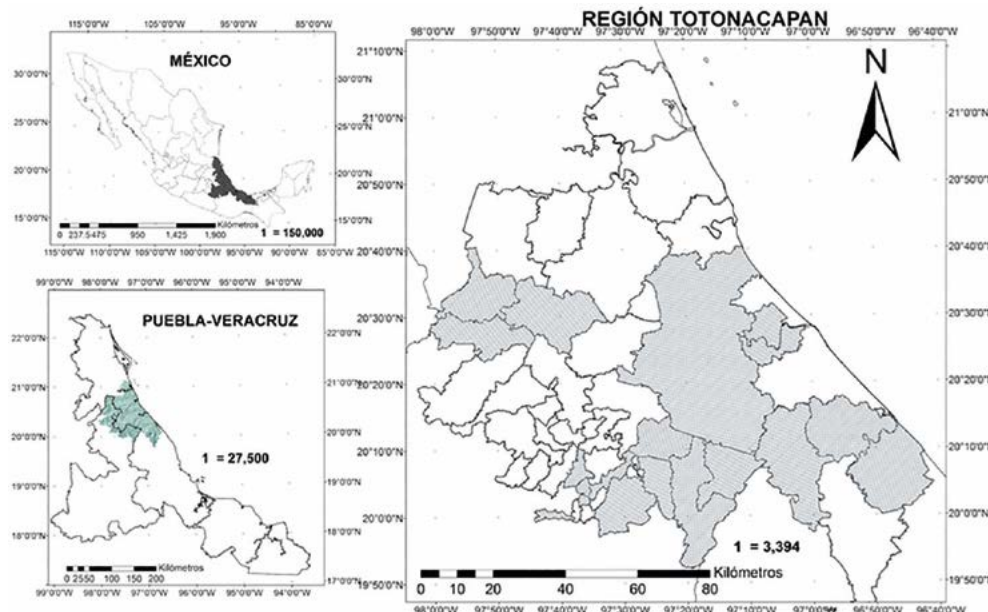


Figura 1. Región del Totonacapan ubicada en los estados de Puebla y Veracruz, México.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

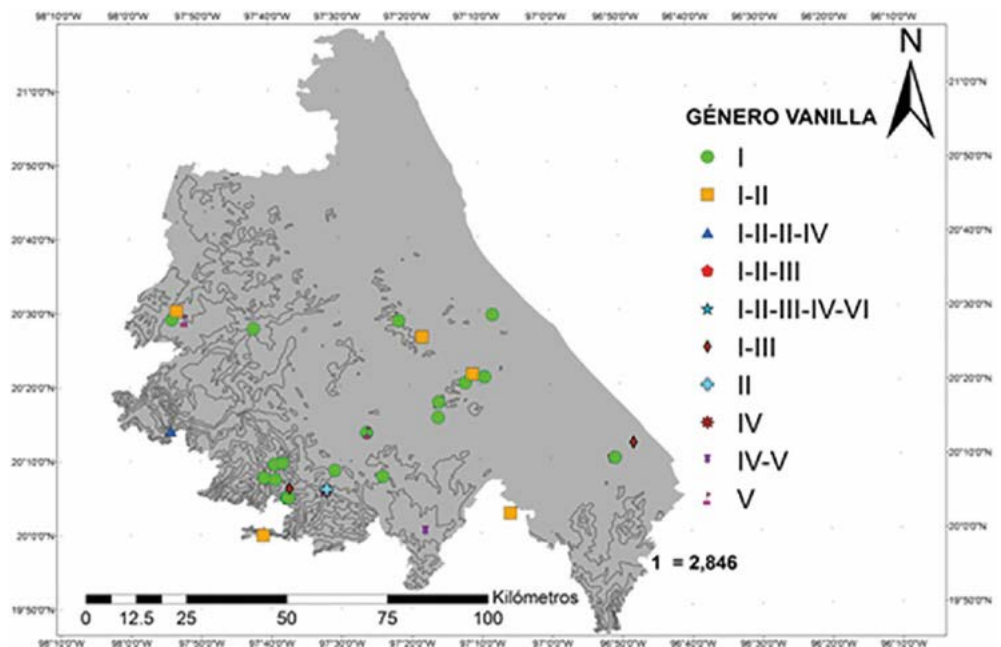
### Diversidad de especies del género *Vanilla* en la región del Totonacapan

En la región Totonacapan, a través de la muestra comparativa que se realizó en el Herbario XAL, y de la revisión de literatura (Soto-Arenas y Dressler, 2010), se identificaron cinco especies del género *Vanilla* (Figura 2): I) *Vanilla planifolia*; II) *Vanilla pompona*; III) *V. planifolia* cv "rayada"; IV) *Vanilla insignis*; y (V) *Vanilla inodora*. En el presente escrito se reporta una sexta especie conocida por los campesinos como "oreja de burro", que sobresalen morfológicamente por sus grandes hojas (28 cm de largo, 8 cm de ancho y 0.28 cm de grosor en promedio) además de que aborta hasta un 80% sus frutos (datos de campo).

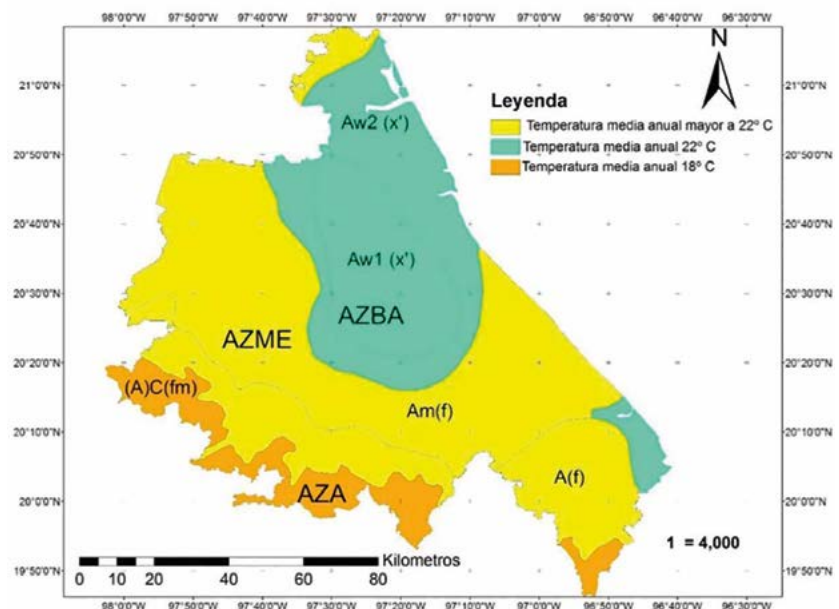
Se encontró que las variables de temperatura, precipitación, altitud y relieve son una expresión de los pisos térmicos que determinan las condiciones de vegetación y humedad en la zona del Totonacapan. Con base en dichas variables fue posible caracterizar la zona de estudio, en las que el Software ArcMap 10.1 mostró las principales diferencias. En la Figura 3 se muestra las delimitaciones, derivadas de la combinación de los datos más consistentes respecto a temperatura, precipitación y altitud, los cuales fueron determinantes para la toma de decisiones en cuanto a la delimitación y caracterización.

Para la caracterización climática fue necesario hacer una combinación de las clasificaciones climáticas propuestas por Köppen, las modificación por García-Amaro (2003), y las aportaciones de Soto-Arenas *et al.* (2001) en las que se pone énfasis en el régimen de precipitación, la cual aporta elementos para entender por

qué el clima Am(f) (cálido húmedo con abundantes lluvias en verano) se puede separar en un subgrupo para conformar el clima Aw1(x') que se distingue por el símbolo x' que denota el régimen de lluvia invernal con 10.2% a 36%. Dicho clima se presenta en los municipios de Papantla, Vega de Alatorre y Colipa.



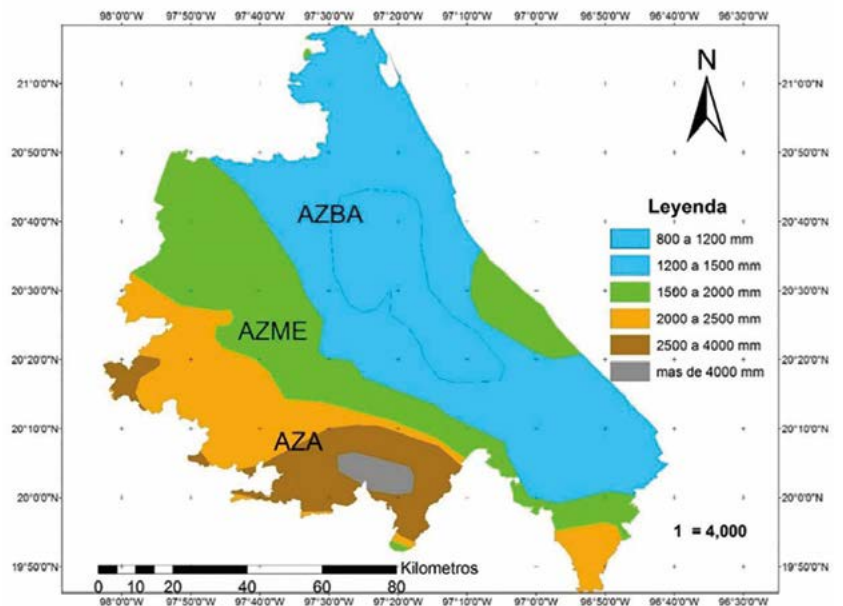
**Figura 2.** Diversidad de especies del género *Vanilla* en la región Totonacapan. I=*Vanilla planifolia*; II=*Vanilla pompona*; III=*Vanilla planifolia* cv "rayada"; IV=*Vanilla insignis*; V=*Vanilla inodora*; VI=*Vanilla planifolia* cv "oreja de burro".



**Figura 3.** Agroecosistema de la zona alta (AZA), agroecosistema de la zona media (AZME), y agroecosistema de la zona baja (AZBA), delimitados con base en la temperatura media anual predominante en la zona del Totonacapan en los estados de Puebla y Veracruz, México.

De acuerdo con García-Amaro (2003) y Soto-Arenas *et al.* (2001), el fenómeno tiene que ver con la circulación de los vientos húmedos del norte.

Se delimitaron tres agroecosistemas en la zona del Totonacapan, cada uno con características diferentes respecto a orografía, altitud, circulación del aire, temperatura, y precipitación (Figura 3, 4 y Cuadro 1). Con base en dichas variables y en características específicas del hábitat, como zonas con escorrentías de agua permanente, en donde *Vanilla inodora* se desarrolla sin problemas, o suelos arenosos bien drenados para el caso de *Vanilla insignis*, ya que es muy susceptible a hongos, mientras que el resto de las especies de *Vanilla* identificadas en la presente investigación se desarrollan bajo condiciones específicas de suelo, luminosidad, ventilación y humedad sin problemas en el agroecosistema de la zona baja (AZBA); el agroecosistema de la zona media (AZME) y en el agroecosistema de la zona alta (AZA).



**Figura 4.** Delimitación de agroecosistemas con base en la precipitación pluvial (promedio anual en milímetros) en la zona del Totonacapan en los estados de Puebla y Veracruz, México.

### Caracterización del agroecosistema de la zona baja (AZBA)

El AZBA está conformado por una orografía predominantemente plana, comprende parte de la llanura costera

**Cuadro 1.** Caracterización de agroecosistemas con *Vanilla* spp., en la región del Totonacapan en los estados de Puebla y Veracruz, México.

Característica	Agroecosistema de la zona baja (AZBA)	Agroecosistema de la zona media (AZME)	Agroecosistema de la zona alta (AZA)
Altitud	0-130 msnm	131-350 msnm	351-600 msnm
Clima	Aw1(x) 18-25°C	Am(f) 18-23°C	A(f) 18-22°C
Precipitación	1200-1500 mm	1500-2500 mm	2500-4500 mm
Suelos predominantes	Cambisol, Vertisol y Regosol.	Regosol, Acrisol y Litosol.	Litosol, Andosol y Feozem
Vegetación predominante	Acahual, pastizal inducidos y Manglar.	Selva subperennifolia y pastizal inducido.	Selva alta perennifolia, Bosque mesófilo y pastizal inducido
Sistema de producción y tipo de tutor	Sobre plantaciones de <i>Citrus sinensis</i> , <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Eritrina americana</i> (Mill) y sobre tutor artificial en casa sombra.	En solares y pequeñas plantaciones de <i>C. sinensis</i> , <i>G. sepium</i> y tutor artificial bajo casa sombra.	Sobre <i>G. sepium</i> , <i>E. americana</i> , <i>Bursera simaruba</i> (acahuales), y en cítricos en los solares
Especie de vainilla identificada	<i>V. planifolia</i>	<i>V. planifolia</i>	<i>V. planifolia</i>
	<i>V. pompona</i>	<i>V. pompona</i>	<i>V. inodora</i>
	<i>V. insignis</i>	<i>V. inodora</i>	<i>V. planifolia</i> cv "oreja de burro"
	<i>V. planifolia</i> cv "rayada"	<i>V. planifolia</i> cv "oreja de burro"	
		<i>V. planifolia</i> cv "rayada"	
Tipo de beneficiado	Tradicional y semi-tecnificado	Tradicional	Tradicional
Comercialización	Exportación y nacional de vainilla beneficiada	Mercado regional de vainilla en verde	Mercado local y regional de vainilla en verde
Usos	Saborizante, cosmético y elaboración de artesanías	Medicinal y saborizante	Medicinal, cosmético y saborizante

Elaboración propia con base en: Datos de campo, y de Soto y Dressler (2010).

del Golfo de México, con una altitud que va de los 0 a 150 msnm. Con relación a las precipitaciones pluviales apenas alcanza los 1,500 mm anuales de acuerdo a los registros históricos de datos climáticos (Soto-Arenas *et al.*, 2001). La baja precipitación se debe por el régimen de precipitación invernal, lo que provoca en una buena parte de la planicie costera la ausencia de lluvias, por lo que se crea un ambiente seco —el más seco de toda la región del Totonacapan— clasificado como Aw1(x') cálido subhúmedo con temperatura promedio anual superior a los 22°C, y una precipitación invernal que oscilan entre el 10.5 y 36% con respecto al total anual. De ahí que en el AZBA se percibe un ambiente ligeramente más seco. La vegetación natural ha sido reemplazada por pastizales (básicamente de las familias *Asteraceae*, *Euphorbiaceae*, *Poaceae* y *Leguminosae*), cítricos (*Citrus spp.*), y algunas áreas de monocultivos como plátano (*Musa spp.*), papaya (*Carica papaya* L.), maíz (*Zea mays* L.), litchi (*Litchi chinensis* S.), entre otros, por lo que solo se pueden encontrar manchones de selva mediana perennifolia y subperennifolia, y sobre la rivera de los ríos —Cazones, Tecolutla, Colipa, Misantla y Nautla— una abundante vegetación riparia, así como algunas áreas de manglar (Figura 4). En el AZBA la vainilla se produce básicamente en asociación con cítricos, en reducidas áreas de acahuales y bajo el sistema tecnificado con malla-sombra (Cuadro 1).

### Caracterización del agroecosistema de la zona media (AZME)

El agroecosistema de la zona media (AZME) se encuentra en una zona de transición, y se caracteriza por su notable cambio orográfico en el que la altitud se incrementa a distancias relativamente cortas, conformando lomeríos aislados que se ubican entre los 200 msnm y cumbres escarpadas que alcanzan los 350 msnm, con una vegetación de selva baja y selva alta perennifolia, la que se observa gradualmente conforme aumenta el nivel de precipitación y los ligeros cambios en el gradiente altitudinal, que en la mayoría de la zona es conformada por valles y lomeríos aislados (Figura 4). En clima predominante es el Am(f), (cálido húmedo con temperatura promedio anual de 22°C) mismo que se destaca por el símbolo (f) que representa una marcada precipitación pluvial distribuida durante todo el año, que va desde los 1500 a 2500 mm anuales, creando un ambiente húmedo por evapotranspiración durante el año (Figuras 3 y 4, y Cuadro 1). Las combinaciones de factores físicos y la diversidad de especies se reflejan en las estrategias de manejo de los campesinos, a tal grado que se aprove-

chan eficientemente las barreras físicas como los bosques, ríos y montañas.

### Caracterización del agroecosistema de la zona alta (AZA)

El agroecosistema de la zona alta (AZA) es una de las áreas con mayor diversidad biológica del Totonacapan, que en combinación con el conocimiento campesino se aprovecha con eficiencia, por lo que es posible que una familia campesina pueda obtener alimentos, combustibles, materiales de construcción, plantas de ornato, forrajes, medicinales, con valor espiritual o ceremonial, aromáticas y para venta. Cabe destacar que la permanencia de vainilla en este agroecosistema ha sido ecológicamente importante para la conservación de los polinizadores naturales, ya que se encontraron frutos sin ser polinizados por el hombre. Estudios realizados por Toledo *et al.*, (1994) demuestran que un agroecosistema con vainilla en la región del Totonacapan es mucho más eficiente que un monocultivo, ya que es posible encontrar en sucesión ecológica hasta unas 355 especies de plantas y animales con algún uso para la familia.

Por otra parte, se encontró que la vainilla de Papantla es la resultante de una mezcla de frutos provenientes de al menos 19 municipios correspondientes a la Sierra Norte de Puebla y unos 20 municipios al norte de Veracruz que se ubican en el AZA y AZME. Lo anterior indica que la distribución geográfica abarca mucho más que Papantla, puesto que la producción proviene de diversos sistemas de producción de al menos 39 municipios que conforman la denominación de origen de la "Vainilla de Papantla" como se señala en la OMPI (2009).

Papantla es históricamente uno de los principales centros de beneficiado y comercialización de la vainilla en México y el mundo, cuenta con los más altos estándares de calidad que demanda el mercado internacional (DOF, 2011). Ya que se ubican en un área con las mejores condiciones climáticas para el beneficiado —el más seco de todo el Totonacapan— dicha condición enmarcada por una disminución en la precipitación y humedad relativa, la cual no se tiene que confundir con temperatura, pues cambia poco (18 °C a 25 °C media anual) en todo el Totonacapan. Sin embargo, los campesinos han generado un conocimiento tradicional sobre el mejor sitio para el beneficiado, de ahí que estratégicamente los agricultores del AZA y AZME venden su vainilla en verde a beneficiadores del AZBA con lo que evitan la proliferación de hongos durante el beneficiado, por las continuas y

abundantes precipitaciones durante todo el año.

Cabe destacar que en el agroecosistema de la zona baja (AZBA) la época de seca a inicio de año —va de 3 a 4 meses— resulta idónea para los baños de sol que requiere el beneficiado tradicional de la vainilla (Xochipa-Morante *et al.*, 2016).

Agronómicamente los agroecosistemas diversificados tienen sus efectos directos o indirectos sobre la vainilla, ya que la vegetación circundante, las barreras geográficas —ríos, cerros, cuerpos de agua— regulan la temperatura, la radiación solar, evapotranspiración, la circulación de los vientos y humedad, a diferencia de los sistemas de producción de vainilla con malla sombra, a los que hay que crearles las condiciones de manera artificial, lo cual no resulta rentable.

Por otra parte, a nivel de agroecosistemas la vainilla es solo un elemento más dentro de las estrategias de manejo, y es un hecho que ningún campesino o beneficiador tradicional de vainilla dependa exclusivamente de su producción. Los campesinos del Totonacapan cuentan con sistemas diversificados en donde cultivan maíz, frijol, calabaza, chile, caña de azúcar, y plantaciones agroforestales con café, pimienta, canela, cítricos, entre otros.

## CONCLUSIONES

Existen marcadas diferencias en precipitación, altitud, orografía, uso de suelo y tipo de vegetación dominante en la zona del Totonacapan, lo cual permitió caracterizar y delimitar tres agroecosistemas.

Agroecosistema zona alta (AZA) con *Vanilla planifolia* y *Vanilla inodora*; agroecosistema zona media (AZME) con especies de *V. planifolia*, *V. pompona*, *V. inodora* y *V. planifolia* cv "rayada"; y Agroecosistema zona baja (AZBA) con *V. planifolia*, *V. pompona*, *V. insignis* y *V. planifolia* cv "rayada". A la especie *Vanilla planifolia* se le puede encontrar ampliamente establecida en diferentes sistemas de producción, mientras que *V. pompona* se encuentra únicamente en pequeñas poblaciones entre acahuales. Los nichos ecológicos menos perturbados de los AZA y AZME, son los espacios en los que *Vanilla insignis* se desarrolla vigorosamente, sobretodo cerca de escurrimiento de agua o en área que se inundan frecuentemente. El uso y conservación del género *Vanilla* se podrá sostener si se consideran los agroecosistemas que los contiene, el conocimiento tradicional, y la participación de los campesinos, apoyados con la ciencia y tecnología.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo económico recibido por la Fundación Produce Puebla, A.C. México (Folio 21-2006-0041).

## REFERENCIAS

- Canestraro, B. K., Moran, R. C., & Watkins Jr, J. E. (2014). Reproductive and physiological ecology of climbing and terrestrial Polybotrya (Dryopteridaceae) at the La Selva Biological Station, Costa Rica. *International Journal of Plant Sciences* 175: 432-441.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2011. Proyecto de Norma Oficial mexicana PROY-NOM-182-SCFI-2010, Vainilla de Papantla, Extracto y Derivados-especificaciones, Información Comercial y Métodos de ensayo, México. 11 p.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute Inc.). ArcMap 10.1 (2014). Manual. For Hydrography & Survey Use. MGEO. [www.Geo-Tiff.com](http://www.Geo-Tiff.com)
- García-Amaro, de E.M. 2003. Distribución de la precipitación en la república mexicana. *Investigaciones Geográficas. Boletín del Instituto de Geografía UNAM* 50: 67-76.
- Gliessman, S. R. 2000. *Agroecosystem sustainability: developing practical strategies*. CRC Press: Boca Raton FL, USA. 244 p.
- IMPI (Instituto Mexicano de la Propiedad Intelectual) 2009. Declaratoria General de la Denominación de Origen Vainilla Papantla. DIARIO OFICIAL. En <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Federal/PE/APF/OD/SE/Declaratorias/2009/05032009%281%29.pdf>. Consultado: octubre, 2017.
- OMPI (Oficina Internacional de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual), 2009. Registro Internacional de la denominación de origen: Vainilla de Papantla. Ginebra, Suiza, 3 septiembre-2009, 6 p.
- Soto-Arenas M. A., y R. L. Dressler. 2010. A revision of the Mexican and Central American species of *Vanilla plumier* ex miller with a characterization of their its region of the nuclear ribosomal DNA. *Lankesteriana* 9: 285-354.
- Soto-Arenas M. A., Gama, L., y Gómez, M. 2001. Los climas cálidos subhúmedos del estado de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 3: 31-40.
- Toledo, V. M., Ortiz, B. y Medellín, M. S. 1994. Biodiversity Islands in a Sea of Pasturelands. *Indigenous Resource Management in the Humid Tropics of Mexico. Etnoecológica* 2: 37-49.
- Xochipa-Morante A. Delgado-Alvarado, B.E. Herrera-Cabrera, J.S. Escobedo-Garrido y L. Arévalo-Galarza. 2016. Influencia del proceso de beneficiado tradicional mexicano en los compuestos del aroma de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews. *Agroproductividad* 9: 55-62.

# SELECCIÓN DE GENOTIPOS DE *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews RESISTENTES A *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*, MEDIANTE BIOTECNOLOGÍA

SELECTION OF *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews GENOTYPES RESISTANT TO *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*, BY BIOTEHNOLOGY

Ramírez-Mosqueda, M.A.<sup>1y2</sup>; Iglesias-Andreu. L.G.<sup>1\*</sup>; Noa-Carrazana, J.C.<sup>1</sup>; Armas-Silva A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA), Universidad Veracruzana. Av. de las Culturas Veracruzanas No. 101, Col. Emiliano Zapata, Xalapa, Veracruz. C.P. 91090. <sup>2</sup>Centro Nacional de Recursos Genéticos. Boulevard de la Biodiversidad No. 400. Col. Centro. Tepatlán, Jalisco. C.P.47000.

\*Autor para correspondencia: liglesias@uv.mx

## RESUMEN

Uno de los principales problemas que enfrenta el cultivo de vainilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) en México y el mundo es su susceptibilidad a plagas y enfermedades, dentro de las cuales destaca la pudrición de raíz y tallo causado por *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. A pesar de que México es centro de origen y domesticación de la vainilla, actualmente no se cuentan con materiales genéticos resistentes a este patógeno. Por ello el Instituto de Biotecnología y Ecología Aplicada (INBIOTECA) de la Universidad Veracruzana emprendió desde hace años, un programa de mejoramiento genético biotecnológico con el fin de obtener genotipos de vainilla resistente a este patógeno. Con este fin, plantas regeneradas a partir de callos, con altos porcentajes de polimorfismo obtenidas en estudios previos, fueron sometidas a concentraciones del 50 % (v/v) de filtrados fúngicos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. A la fecha se han obtenido un 27.7 % de plantas resistentes a esa concentración de filtrado fúngico las que se evaluarán bajo condiciones de campo.

**Palabras clave:** Vainilla, *Vanilla planifolia*, *Fusarium*, genotipos resistentes, filtrados fúngicos.

## ABSTRACT

One of the main problems facing the cultivation of vanilla (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews) in Mexico and the world is its susceptibility to pests and diseases, among which stands out the root and stem rot caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. Although Mexico is the center of origin and domestication of vanilla, there are currently no genetic materials resistant to this pathogen. For this reason the Institute of Biotechnology and Applied Ecology (INBIOTECA) of the University Veracruzana has undertaken for years a biotechnological genetic improvement program in order to obtain vanilla genotypes resistant to this pathogen. To this end, plants (regenerated from callus) with high percentages of polymorphism obtained in previous studies, were submitted to concentrations of 50% (v/v) of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. To date, 27.7% of plants resistant to this concentration of fungal filtration have been obtained, which will be evaluated under field conditions.

**Keywords:** Vanilla, *Vanilla planifolia*, *Fusarium*, resistant genotypes, fungal filtration.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo. 2018. pp: 70-74.

**Recibido:** enero, 2018. **Aceptado:** marzo, 2018.





## INTRODUCCIÓN

El cultivo de vainilla resulta de gran importancia para las industrias alimenticia, farmacéutica y cosmética a nivel mundial. Principalmente por que de sus vainas beneficiadas se extrae la vainillina, compuesto orgánico muy apreciado por sus cualidades aromáticas (Ramírez-Mosqueda e Iglesias-Andreu, 2015). Sin embargo, uno de los problemas que enfrenta los productores de vainilla de México son las enfermedades provocadas por hongos, bacterias y virus. Entre ellas destacan las causadas por hongos por ser los más recurrentes. Algunos ejemplos de enfermedades fúngicas en vainilla son: la pudrición de tallo y raíz por ataque de *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*, marchitamientos por *Phytophthora* sp., roya por *Calospora vanillae* Massee, así como necrosis o antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Hernández-Hernández, 2011). Todos estos patógenos han ocasionado grandes pérdidas a nivel mundial; Madagascar es un ejemplo de ello ya que de ser el mayor productor de vainilla a nivel mundial en el 2010, ha ido abandonando el cultivo dado los serios problemas fitosanitarios confrontados, particularmente con *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* (FAOSTAT, 2017).

Una situación similar está ocurriendo en México. Los vainillales se enfrentan actualmente a serios ataques de *F. oxysporum* f. sp. *vanillae* por lo que es posible que pierda el cuarto lugar en producción mundial de este cultivo (FAOSTAT, 2017). En gran parte el incremento observado en la susceptibilidad al ataque de patógenos ha sido atribuido a la pérdida de la diversidad genética que esta especie ha tenido (Soto-

Arenas, 1999; Minoo et al., 2006) en los últimos años. Estudios moleculares recientes efectuados por Borbolla-Peréz et al. (2016) y Ramos-Castellá et al. (2016) en Veracruz, Mexico, han puesto de relieve la limitada diversidad genética existente en el germoplasma cultivado de *V. planifolia*, pese a que México es centro de origen y domesticación de este cultivo.

Por ello las afectaciones ocasionadas por este patógeno en las áreas vainilleras del país constituye uno de los obstáculos mas importante para su producción comercial ya que no se cuenta en Mexico con genotipos mejorados de vainilla. Solo se han descrito algunos morfotipos como "Mansa" y "Rayada" en las áreas vainilleras del país. De ellas el morfotipo "Mansa" es el más cultivado por su mayor productividad (Soto-Arenas, 2003), pero es susceptible a este patógeno fúngico (Hernández- Hernández, 2011). Tampoco se cuenta con métodos efectivos de control de esta enfermedad. Por ello, se propuso desarrollar el presente trabajo para obtener genotipos productivos y resistente a *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* mediante el uso de herramientas biotecnológicas que ha demostrado ser una alternativa de gran interés para la obtención de genotipos de vainilla promisorios en rendimiento, calidad, y resistencia a este patógeno fúngico.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Material vegetal

Para el desarrollo del presente trabajo se seleccionaron plantas regeneradas de callos friables, obtenidos a partir de semillas inmaduras de *V. planifolia*, morfotipo Mansa, que presentaron porcentajes altos de polimorfismo genético (Figura 1)

(Ramírez-Mosqueda e Iglesias-Andreu, 2015).

### Exposición *in vitro* de brotes de *V. planifolia* a filtrados fúngicos de *F. oxysporum* f. sp. *vanillae*

Brotes (2-3 cm de longitud), fueron cultivados en medio de cultivo Murashige y Skoog (1962), suplementado con 2.15 mg L<sup>-1</sup> de 6-bencilaminopurina y 30 g L<sup>-1</sup> sacarosa. Al medio de cultivo se le adicionó la dosis letal media de 50 % (v/v) de filtrados fúngicos de *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*, provenientes de la cepa mas patogénica seleccionada en estudios previos realizados (Ramírez-Mosqueda et al., 2015). Al cabo de seis semanas de exposición de los cultivos al filtrado del hongo, se evaluó el porcentaje de supervivencia de los brotes (Figura 1).

### Enraizamiento y aclimatación

Los brotes que sobrevivieron a la dosis letal media del filtrado del hongo, fueron seleccionados, enjuagados con NaClO al 25 % y nuevamente enjuagados tres veces con agua destilada esteril. Posteriormente se procedió a su enraizamiento *in vitro*, para lo cual fueron transferidos a medio MS al 50 % de su concentración, sin reguladores de crecimiento vegetal. Para su aclimatación se tomaron vitroplántulas (6-8 cm de longitud) previamente enraizadas, y se transfirieron a contenedores de 50×30×5 cm conteniendo una mezcla 1:1 (v/v) de Peat moss (Premier, Rivière-du-Loup, Canada) y Agrolita® (Tlalnepantla de Baz, Mexico). Las plántulas se mantuvieron ocho semanas bajo condiciones de invernadero (sombra del 50 %, humedad relativa entre 80-95 % y temperatura de 28-32 °C). Se aplicó Nitrofoska® (N, 25; P, 10; K, 17) (PS, COMPO, Zapopan, México) como fertilizante foliar, una vez por

semana y se realizaron riegos tres veces por semana. Cuando las vitroplántulas alcanzaron una altura de 30 cm, se transfirieron a recipientes separados utilizando el mismo sustrato.

### Exposición *in vivo* de plantas de *V. planifolia* a suspensiones de conidias de *F. oxysporum* f. *sp. vanillae*

Cuarenta vitroplantas, previamente aclimatadas, fueron seleccionadas por su resistencia al 50 % del filtrado fúngico, para ser expuestas nuevamente a una suspensión de conidias ( $40 \text{ conidias mL}^{-1}$ ) de *F. oxysporum* f. *sp. vanillae*. Después de cuatro semanas de cultivo se evaluó el porcentaje de plantas que no mostrasen sintomatología de la enfermedad para ser seleccionadas como resistentes (Figura 1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Respuesta de los brotes de *V. planifolia* expuestos a filtrados fúngicos de *F. oxysporum* f. *sp. vanillae*

Los resultados obtenidos revelaron una variabilidad en la respuesta de los brotes al filtrado fúngico. A las seis semanas de cultivo, se observó 37.5 % de supervivencia de los mismos al ser expuestos a dosis del 50% de filtrado fúngico (Figura 2).

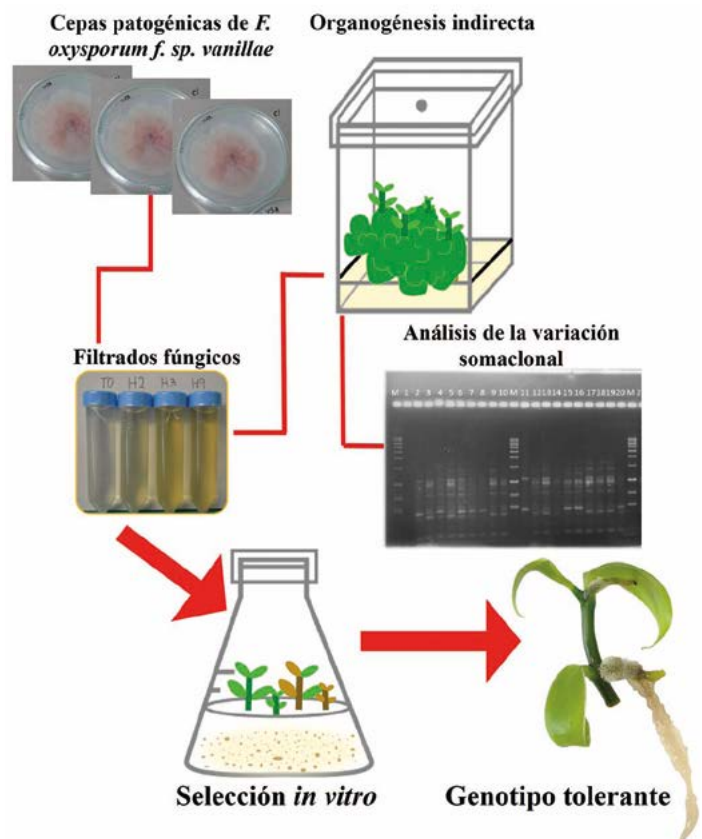
Estos resultados evidencian la utilidad del método de selección *in vitro* empleado en este estudio para seleccionar líneas con resistencia a *F. oxysporum*. En diversos estudios se ha puesto en evidencia la utilidad de la selección *in vitro* para la obtención de genotipos con tolerancia a diferentes tipos de factores bióticos y abióticos (Bhatia *et al.*, 2004; Mahlanza *et al.*, 2013; Hu *et al.*, 2013).

### Enraizamiento y aclimatación

Al cabo de cuatro semanas de cultivo se observó 100 % de enraizamiento en los brotes que sobrevivieron a la dosis de filtrado fúngico aplicado. Después de ocho semanas de cultivados los brotes enraizados bajo condiciones de invernadero, se pudo constatar 91 % de supervivencia (Figura 3), los cuales no mostraron signos de la enfermedad. Cabe mencionar que los resultados obtenidos en este trabajo (91 % de supervivencia), concuerdan con los valores de supervivencia referidos por diversos autores, durante el proceso de aclimatación de esta especie, que varían entre un 70-95 % (Tan *et al.*, 2013; Zuraida *et al.*, 2013).

### Respuesta de las vitroplantulas de *V. planifolia* a suspensiones de conidias de *F. oxysporum* f. *sp. vanillae* bajo condiciones de invernadero

Los resultados obtenidos bajo condiciones de invernadero mostraron que 27.7% de las vitroplantulas expuestas a suspensiones de conidias de este patógeno resultaron resistentes (Figura 4). Resultó de interés constatar similitud en los porcentajes de vitroplantulas resistentes a patógenos fúngicos obteni-

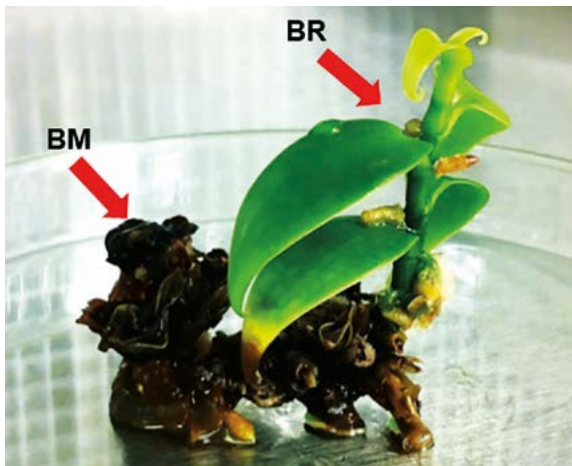


**Figura 1.** Diagrama para la obtención de plantas de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews resistentes a *F. oxysporum* f. *sp. vanillae*.

dos en otros trabajos de selección *in vitro* efectuados (Flores *et al.*, 2012; Kuanar *et al.*, 2013; Mahlanza *et al.*, 2013; Hu *et al.*, 2013).

### Análisis integral

Los genotipos de *Vanilla planifolia* resistentes al patógeno fúngico *Fusarium oxysporum* f. *sp. vanillae* obtenidos en este estudio, fueron posible gracias a la variación somaclonal generada, en el material en estudio, por el proceso de organogénesis indirecta inducido, siguiendo el protocolo propuesto por Ramírez-Mosqueda e Iglesias-Andreu (2015). Al igual que lo obtenido en este trabajo diversos estudios realizados han demostrado la utilidad del empleo de las variantes somaclonales en los trabajos de mejoramiento genético biotecnológico, para la obtención de genotipos promisorios, a factores particular-



**Figura 2.** Respuesta de brotes y vitroplantulas de *Vanilla* a la dosis de 50% de filtrados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. BM=Brote Muerto y BR=Brote Resistente.

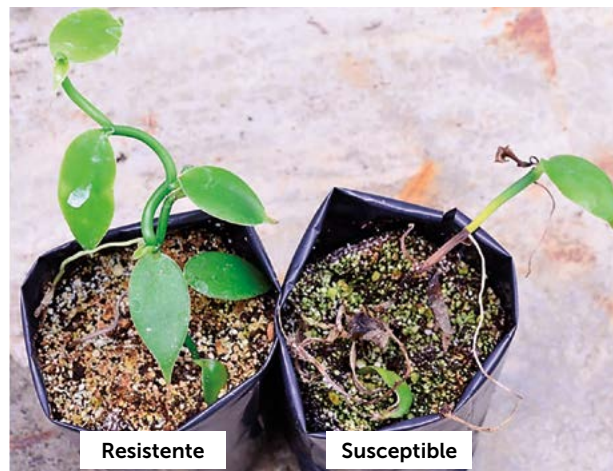


**Figura 3.** Plantas de *Vanilla planifolia* resistentes a *F. oxysporum* f. sp. *vanillae* después de ocho semanas en proceso de aclimatación.

mente bióticos (Sharma *et al.*, 2010; Flores *et al.*, 2012; Mahlanza *et al.*, 2013).

El empleo de agentes selectivos capaces de ejercer la presión de selección necesaria a factores bióticos, constituye actualmente una vía de gran utilidad para obtener materiales genéticos con resistencia a diversos agentes patógenos en diversas especies cultivadas (Mahlanza *et al.*, 2013). Por ello, desde el punto de vista metodológico, los resultados obtenidos en este trabajo, abren nuevas perspectivas para la obtención de genotipos de una forma más rápida y efectiva, que mediante un programa de mejora convencional.

La obtención de genotipos de vainilla con resistencia a este importante agente patógeno tienen a su vez un gran valor práctico para los productores que a la fecha no cuentan con materiales resistentes ni con un control efectivo de la enfermedad en sus áreas vainilleras. Por ello se están multiplicando masivamente estos materiales genéticos promisorios a nivel de biorreactores a fin de transferirlos a los productores para su final valoración bajo condiciones de campo. El INBIOTECA



**Figura 4.** Respuesta de las vitroplantulas proveniente del programa de selección *in vitro* a supenciones de conidias de *F. oxysporum* f. sp. *vanillae* bajo condiciones de invernadero. Izquierda=Planta resistente y Derecha=Planta susceptible.

tiene el compromiso de seguir contribuyendo a solucionar la gran problemática que acongoja a este sector productivo de nuestro país y de otros países vainilleros interesados.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Programa de Mejoramiento del Profesorado (PRO-MEP) por el financiamiento otorgado al proyecto de Red: "Bases Biotecnológicas para el Mejoramiento Genético de *Vanilla planifolia*", que integra el cuerpo académico UV-CA-234. MARM agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecno-

logía (CONACyT) por la beca N° 275736, que permitió la realización de este trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Borbolla-Pérez V.B., Iglesias-Andreu L.G., Escalante-Manzano E. A., Martínez-Castillo, J., Ortiz-García, M. M., Octavio-Aguilar, P. 2016. Molecular and microclimatic characterization of two plantations of *Vanilla planifolia* (Jacks. ex Andrews) with divergent backgrounds of premature fruit abortion. *Scientia Horticulturae* 212: 240–250.
- FAOSTAT ("Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2017. Statistics división. Producción y comercio de vainilla: país por producto. <<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>> (Consultada 22 de octubre 2017).
- Flores P.S., Otoni W.C., Dhingra O.D., de Souza Diniz S.P.S., dos Santos T.M., Bruckner C.H. 2012. *In vitro* selection of yellow passion

- fruit genotypes for resistance to *Fusarium* vascular wilt. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 108: 37–45.
- Hernández-Hernández J. 2011. Vanilla Diseases. In: Havkin-Frenkel D., Belanger F. C. (eds.). *Handbook of Vanilla Science and Technology*. Wiley-Blackwell Publishing, UK, pp: 16–40.
- Hu C.H., Wei Y.R., Huang Y.H., Yi G.J. 2013. An efficient protocol for the production of chit42 transgenic Furenzhi banana (*Musa* spp. AA group) resistant to *Fusarium oxysporum*. *In Vitro Cellular and Developmental Biology-Plant* 49: 584–592.
- Kuanar A., Nayak P.K., Subudhi E., Nayak S. 2013. *In Vitro* Selection of Turmeric Somaclone Resistant to *Fusarium oxysporum* f.sp. Zingiberi. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences* 84: 1077–1082.
- Mahlanza T., Rutherford R.S., Snyman S.J., Watt M.P. 2013. *In vitro* generation of somaclonal variant plants of sugarcane for tolerance to *Fusarium sacchari*. *Plant Cell Reports* 32: 249–262.
- Minoo D., Nirmal-Babu K., Ravindran P.N., Peter K. V. 2006. Inter specific hybridization in vanilla and molecular characterization of hybrids and selfed progenies using RAPD and AFLP markers. *Scientia Horticulturae* 108: 414–422
- Ramírez-Mosqueda M.A., Iglesias-Andreu L.G. 2015. Indirect organogenesis and assessment of somaclonal variation in plantlets of *Vanilla planifolia* Jacks. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 123: 657–664.
- Ramírez-Mosqueda M.A., Iglesias-Andreu L.G., Luna-Rodríguez, M., Castro-Luna A.A. 2015. *In vitro* phytotoxicity of culture filtrates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae* in *Vanilla planifolia* Jacks. *Scientia Horticulturae* 197: 573–578.
- Ramos-Castella A. L., Iglesias-Andreu L. G., Martínez-Castillo M., Ortiz-García M. Andueza-Noh R. H., Octavio-Aguilar P., Luna-Rodríguez M. 2016. Evaluation of molecular variability in germplasm of vanilla (*Vanilla planifolia* G. Jackson in Andrews) in Southeast Mexico: implications for genetic improvement and conservation. *Plant Genetic Resources* 15: 310–320.
- Sharma T., Rathour R., Plaha P., Katoch V., Khalsa G.S., Patial V., Singh Y., Pathania N.K. 2010. Induction of *Fusarium* wilt (*Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi*) resistance in garden pea using induced mutagenesis and *in vitro* selection techniques. *Euphytica* 173: 345–356.
- Soto-Arenas M.A. 1999. Filogeografía y recursos genéticos de las vainillas de México. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfJ101.pdf>. (Consultado el 22 octubre 2017).
- Tan B.C., Chin C.F., Alderson P. 2013. Effects of sodium nitroprusside on shoot multiplication and regeneration of *Vanilla planifolia* Andrews. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* 105: 457–463.
- Zuraida A.R., Liyana K.H.F., Nazreena O.A., Wan W.S., Che C.M.Z., Zamri Z., Sreeramanan S. 2013. A Simple and efficient protocol for the mass propagation of *Vanilla planifolia*. *American Journal of Plant Sciences* 4: 1685–1692.



# CONSERVACIÓN *ex situ* DE SEMILLAS DE CUATRO ESPECIES ANDINAS DE Pasiflora

*Ex situ* CONSERVATION OF SEEDS OF FOUR ANDEAN SPECIES OF Pasiflora

Romero-Murcia, J.E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis, Subdirección Científica, Grupo Especies y Propagación, Av. Calle 63 No. 68-95. CP. 111071. Bogotá, Colombia.

\*Autor correspondencia: jromero@jbb.gov.co - johanna@catie.ac.cr

## RESUMEN

Colombia tiene especies endémicas de *Pasiflora* L., ubicadas en la región andina, donde afrontan un alto riesgo de extinción por la deforestación, fragmentación y destrucción de hábitats. Los estudios ecofisiológicos en semillas, son importantes para los procesos de selección y conservación *ex situ* de especies nativas, además son un insumo para el mejoramiento de los frutales tropicales. Al respecto, el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis cuenta con una colección viva de 32 especies de Pasiflora, de las cuales siete están representadas en el banco de germoplasma de semillas *ex situ*. El objetivo fue evaluar la respuesta germinativa bajo diferentes tratamientos y la tolerancia a la desecación de ocho pre-accesiones de cuatro especies de Pasiflora de zonas rurales de Bogotá Distrito Capital (*P. tripartita*; *P. tarminiana*; *P. pinnatistipula* y *P. mixta*). Se realizaron pruebas de contenido de humedad, de tolerancia a la desecación y de germinación, evaluando el porcentaje de germinación (PG) y tiempo medio de Germinación (TMG). No se observó efecto de los tratamientos sobre el PG y el TMG, ni latencia endógena en las semillas, y se determinó que, aunque un tratamiento alcance un menor TMG no siempre se obtiene un mayor PG. Seis pre-accesiones presentaron un claro comportamiento Ortodoxo (semillas que sobreviven a desecación), siendo fuentes semilleras útiles para la conservación *ex situ* de estas especies.

**Palabras clave:** Ecofisiología de germinación, tolerancia a la desecación, propagación, Passifloraceae.

## ABSTRACT

Colombia has endemic species of *Passiflora* L. mainly located in the Andean region, where they face a high risk of extinction due to deforestation, fragmentation and destruction of habitats. The studies of seed ecophysiology are important for processes of selection and *ex situ* conservation of native species, in addition to being an input for the improvement of tropical fruit trees. In this regard, the Botanical Garden of Bogota "José Celestino Mutis" has a live collection of 32 species of Pasiflora, of which seven species are represented in the *ex situ* germplasm seed bank. The objective was to evaluate the germinative response under different treatments and the tolerance from the drying of eight pre-accessions of four species of Pasiflora of rural areas of Bogotá Distrito Capital (*P. tripartita*; *P. tarminiana*, *P. pinnatistipula* and *P. mixta*). Several tests were performed of moisture content, desiccation tolerance and germination, evaluating the percentage of germination (PG), and the Average Time of Germination (ATG). An effect of the treatments on PG and ATG was not observed, nor endogenous latency in the seeds, and it was determined that although a treatment can reach a smaller ATG, it not always obtains a higher PG. Six pre-accessions showed a clear orthodox behavior (seeds that survive desiccation), being useful sources of seed for the *ex situ* conservation of these species.

**Key words:** Germination ecophysiology, tolerance to desiccation, propagation, Passifloraceae.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo, 2018. pp: 75-81.

**Recibido:** febrero, 2018. **Aceptado:** marzo, 2018.



## INTRODUCCIÓN

La conservación *ex situ* de semillas de especies nativas andinas, ha sido poco implementada en los bancos de germoplasma, debido a que no tienen características agronómicas deseables, aunque sean una fuente importante de reservorio de genes que pueden tener atributos de adaptación para retos futuros, tales como la seguridad alimentaria, cambio climático, control de plagas, enfermedades, uso eficiente del agua, bioenergía y nuevos usos de la biodiversidad (Lobo, 2006; Valencia *et al.*, 2010, Melgarejo, 2015). En Colombia están reportadas 167 especies de Pasiflora, con 57 endémicas, de las cuales el 95% son andinas, lo que implica un alto riesgo de extinción y pérdida de diversidad (Ocampo *et al.*, 2010). Aunque la propagación de Pasifloras se puede hacer por vía sexual y asexual, esta se realiza principalmente por semilla partiendo de la maduración adecuada del fruto, porque si las semillas no tienen una madurez fisiológica adecuada, el porcentaje de germinación se verá reducido (Miranda *et al.*, 2009). Existen inconvenientes para la germinación de las semillas relacionados con características fisiológicas, tales como la madurez incompleta de la semilla, testa rígida que impide la protrusión de la radícula (latencia exógena), características morfo-fisiológicas del embrión (latencia endógena) y características recalcitrantes que con el tiempo se reflejan en pérdida de la capacidad germinativa, para lo cual existen diferentes tratamientos, como por ejemplo, la hidratación (*hydropriming*), el reacondicionamiento con sales (*osmopriming*) y la aplicación de reguladores de crecimiento (Ramírez *et al.*, 2008). La conservación de las semillas a temperaturas de 4 °C, -20 °C y -196 °C, como recursos fitogenéticos, expresada en la longevidad en el tiempo, presenta variabilidad entre las especies, e incluso varía dentro de la misma especie debido a diferencias en el genotipo, el ambiente de desarrollo de los frutos y semillas, así como a las condiciones de almacenamiento (Hong y Ellis, 1996; Cardona, 2005; Ávila *et al.*, 2013; Posada *et al.*, 2014). Por esto, se considera que el potencial de longevidad de las semillas en el tiempo es una combinación de factores desde el ambiente durante la maduración de los frutos, la cosecha, periodo de cosecha, secado, tiempo de secado y ambiente de almacenamiento de las semillas (Hong y Ellis, 1996). Frente al comportamiento fisiológico de las semillas al almacenamiento, se conocen las categorías de semillas ortodoxas, que aumentan su longevidad a medida que disminuye el contenido de humedad y la temperatura de almacenamiento; semillas intermedias, que tienen una tendencia a que el contenido bajo de agua (entre 7 y 12%), dependiendo de la especie reduce su longevidad; y las semillas recalcitrantes, que no toleran la desecación (Hong y Ellis, 2002). Debido a la importancia de conservación de las pasifloras y la reducida información sobre las especies nativas andinas, es necesario estudiar las técnicas de reproducción, asexual y sexual, y las técnicas de conservación *ex situ*, como medios para su protección y conservación. Actualmente el Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis cuenta con una colección viva de 32 especies de Pasifloras, de las cuales siete están representadas en el banco de semillas provenientes de fuentes semilleras de la región rural del Distrito Capital de Bogotá. El presente estudio evaluó diferentes tratamientos pre-germinativos, y la tolerancia a la desecación en semillas de ocho pre-accesiones (semillas en evaluación, cuando se determina como conservarlas se convierten en accesión) de cuatro especies nativas

andinas de Pasifloras del Banco de Semillas del Jardín Botánico, José Celestino Mutis, bajo condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y METODOS

Los lugares de recolecta fueron cuatro zonas de Bogotá, Distrito Capital, 1) Pasquilla, Páramo de Pasquilla (N4 26 35,4 – W74 9 25.3), 2) Mochuelo Alto, San Francisco (N4 27 48.4 – W74 9 21.7), 3) Reserva Thomas Van der Hammen; Bosque las Mercedes (N4 46 20,5 – W74 5 57) y 4) Jardín Botánico de Bogotá, José Celestino Mutis JBBJCM (N4 39 58.9 – W74 5 57.3). La altitud varió entre 2571m y 3070m (Figura 1). Se recolectaron e ingresaron especímenes de herbario codificados (LVPM 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182 y JRM057) que respaldan la certeza taxonómica, y frutos sanos (sin afectaciones fitopatógenas) en el punto de madurez de cosecha de las plantas madres encontradas en zonas de protección de riachuelos, parches de bosque, bordes de carretera y colecciones de conservación del JBBJCM, entre los meses de julio y agosto de 2016, época donde se encontró abundancia de cosecha de estas especies.

### Especies estudiadas y beneficio de frutos

En las cuatro zonas, se ubicaron cuatro especies de pasifloras, representadas en ocho pre-accesiones: *P. tarminiana* JBB33 y JBB52; *P. pinnastistipula* JBB40; *P. tripartita* JBB34, JBB42, JBB43 y JBB54 y *P. mixta* JBB32, algunas con variedades e introgresiones específicas. Las semillas se extrajeron de la pulpa de los frutos, lavaron y friccionaron contra un tamiz con abundante agua para remover el arilo. Para luego extenderlas sobre papel periódico y dejar secar a temperatura ambiente a la sombra por 48 h, para

finalmente hacer limpieza en seco de las partes remanentes del arilo.

### Pruebas de laboratorio y de germinación

Para determinar el contenido de humedad inicial (CHI), se pesaron cuatro grupos de  $\pm 0.5$  g de semillas, se colocaron en el horno a 103 °C por 17 h, se dejaron enfriar y pesaron para determinar el porcentaje de humedad de cada accesión (ISTA, 2017). Para determinar la disminución del contenido de humedad al 5% (CH 5%), se seleccionaron 200 semillas de cada pre-accesión, se pesaron y posteriormente se pusieron en bolsas de tela dentro de un frasco de vidrio con relación 1 semilla: 2 sílica para bajar su contenido de humedad al 5% de forma gradual en un periodo de entre 15 y 20 h. Para luego determinar la disminución de humedad con la fórmula  $PFS = PIS * [(100 - CHI) / (100 - CH_0)]$ . Donde: PFS: Peso final de las semillas, PIS: Peso inicial de las semillas, CHI: Contenido de humedad inicial, CH<sub>0</sub>: Contenido de humedad objetivo (Rao *et al.*, 2007). Para la prueba de germinación, se sembraron semillas con tratamientos que tenían como objetivo romper la latencia exógena con la realización de un corte basal; endógena con uso de hormona AG<sub>3</sub> a 400 mg kg<sup>-1</sup>, evaluar la respuesta a la tolerancia a la desecación CHI y CH5% y la respuesta al fotoperiodo en invernadero luz u oscuridad los primeros 30 d, para luego exponerlas a condiciones de luz/oscuridad natural en invernadero (Cuadro 1).

Todas se sembraron en bandejas de plástico con sustrato relación 40:40:20 tierra: cascarilla de arroz: turba rubia Klasmann, el cual fue humedecido una o dos veces por semana a capacidad de campo. El ensayo se mantuvo en condiciones de invernadero expuesto a deltas de temperatura variables entre noche y día de 7/33 °C.

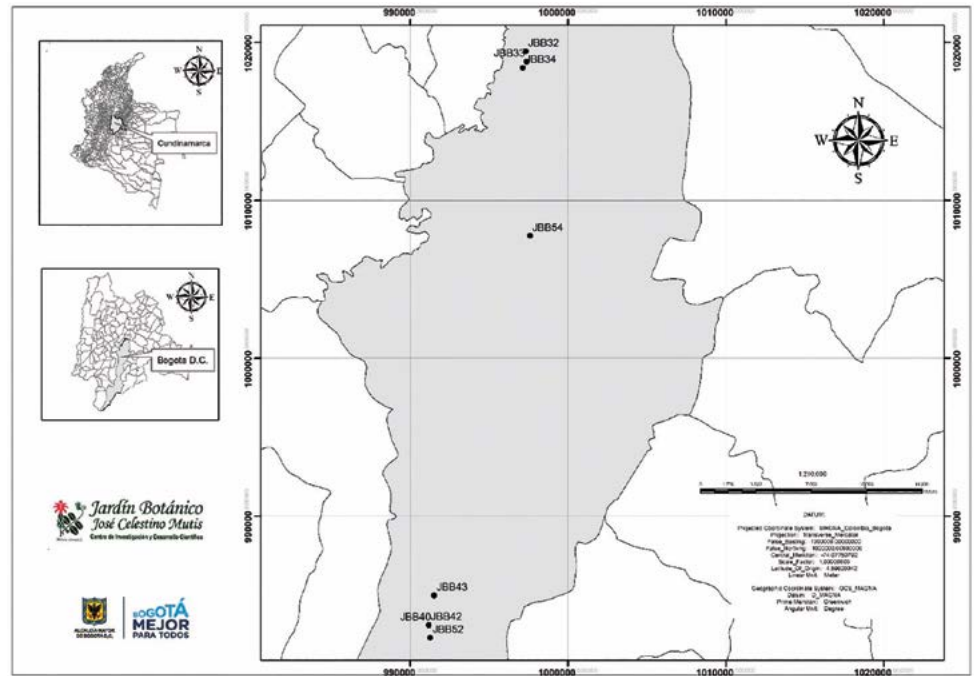


Figura 1. Mapa de ubicación pre-accesiones de *Passiflora* spp., evaluadas.

El ensayo de germinación se realizó en octubre 2016 y enero 2017, considerando como criterio de germinación la emergencia de plántulas, se hicieron lecturas cada ocho días, finalizando a los 102 días tiempo en el cual no se evidenció germinación por tres semanas seguidas o más en los tratamientos. Con los datos obtenidos se calcularon las siguientes variables: Porcentaje de Germinación (PG):  $PG = (N/NS) \times 100$ ; Donde: N=número de semillas germinadas y NS=número de semillas totales (William, 1991). Tiempo Medio de Germinación (TMG):  $TMG = \sum_{i=1}^k ni \times ti / \sum_{i=1}^k ni$ ; Donde: ti=tiempo en días, para la germinación en el i-ésimo día; ni=número de semillas germinadas en el i-ésimo día y k=última germinación (Tompsett y Pritchard, 1998).

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) sembrando cuatro réplicas de 20 semillas por tratamiento. Se evaluó la normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilks (modificado)

(modificado) ( $p \leq 0.05$ ), con las variables que no cumplieron el supuesto de normalidad se hizo un análisis de Kruskal Wallis, y con las que si lo cumplieron, se realizó un análisis de varianza, ANOVA para determinar diferencias entre tratamientos. Además, se

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en semillas de las pre-accesiones de *Passiflora* spp.

Tratamiento	Contenido de Humedad	AG <sub>3</sub> (mg kg <sup>-1</sup> )	Fotoperiodo primeros 30 d
1	CHI	400	Luz
2	CHI	400	Oscuridad
3	CH 5%	400	Luz
4	CH 5%	400	Oscuridad
5	CHI	0.0	Luz
6	CHI	0.0	Oscuridad

hizo un Análisis de Conglomerados (AC) como método exploratorio de la estructura de los resultados entre pre-accesiones. Se utilizó el programa estadístico INFOSTAT Versión 2014 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de humedad y pruebas de germinación

El CH inicial de las pre-accesiones se encontró en un rango entre 9.52% y 12.66% en las semillas (Cuadro 2). En general, la germinación inicio entre los 21 y 35 d después de sembradas las semillas, los resultados de PG mostraron que no hubo diferencias estadísticamente entre tratamientos ( $p=0.8766$ ), pero si entre las pre-accesiones ( $p=2.2e-16$ ) y entre las especies ( $p=8.692e-09$ ); pero en el TMG si se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ( $p=0.01037$ ), las pre-accesiones ( $p=8.692e-09$ ) y las especies ( $p=6.535e-05$ ).

Durante la primera fase de maduración del fruto las semillas aumentan su peso fresco debido al ingreso del agua y a la asimilación de nutrientes, pero al alcanzar su máximo peso fresco el CH tiende a bajar debido a que pasa a una fase donde hay tolerancia a la desecación; por lo tanto, se puede asumir que cuando hay menor CH en la semilla su madurez fisiológica es mayor (Angelovici *et al.*, 2010), no obstante, esto no tuvo una relación con los porcentajes de germinación obtenidos. Al realizar los análisis por pre-accesión (Cuadro 3) se observa que la JBB34 presentó diferencias estadísticas significativas

entre tratamientos ( $p=0.019$ ), siendo T2(CHi-AG<sub>3</sub>-Oscu) y T6(CHi-SinAG<sub>3</sub>-Oscu) los que presentaron mayor PG, del 25%, los cuales tuvieron en común el CHI y la oscuridad los primeros 30 dds. Asimismo, en el TMG también se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p=0.0127$ ) siendo T4 (CH5%-AG<sub>3</sub>-Oscu) el que tuvo el menor TMG (28,88d). No obstante, que las pre-accesiones JBB42, JBB43, JBB54 y JBB33 no presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $p>0.05$ ) en su PG, si registraron diferencias estadísticas en el TMG ( $p<0.05$ ), teniendo el menor TMG JBB42(23,8d), JBB43(20,13d) y JBB33(28,6d) en el T2(CHi-AG<sub>3</sub>-Oscu) y en JBB54(25,25d) en el T5(CHi-SinAG<sub>3</sub>-Luz); en tanto, las pre-accesiones JBB52, JBB40 y JBB32 no mostraron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos al evaluar el PG y el TMG ( $p>0.05$ ).

Al analizar el conjunto de datos (Cuadro 3) se observa que T3(CH5%-AG<sub>3</sub>-Luz) fue el tratamiento que mostró repetidamente los mayores PG y que el T4(CH5%-AG<sub>3</sub>-Oscu) fue el que tuvo los menores TMG, indicando que quizás un bajo contenido de humedad puede mejorar el PG y disminuir el TMG. Se observa también, que las pruebas de germinación independientemente de los tratamientos, presentaron resultados mayores a 60% bajo condiciones de invernadero, debido posiblemente al efecto de la escarificación de la testa y a los cambios de temperatura que se asemejan a los que se presentan en un medio natural, escenario que permitió la expresión de un buen potencial de germinación de las

**Cuadro 2.** Contenido de Humedad de las semillas de Pasiflora<sup>1</sup>.

Pre-accesión	Especie	Origen/altitud (m)	Humedad semillas (%)
JBB34	<i>P. tripartita</i> ; Var. Mollissima	RTVH 2571	12,66
JBB42	<i>P. tripartita</i> ; Var. Mollissima	Moch 3064	10,53
JBB43	<i>P. tripartita</i> ; Var. Mollissima Introgresión <i>P. mixta</i>	Pasq 3029	11,98
JBB54	<i>P. tripartita</i> ; Var. Mollissima	JBB 2594	9,52
JBB33	<i>P. tarminiana</i> ; Introgresión <i>P. tripartita</i> Var. Mollissima	RTVH 2575	9,78
JBB52	<i>P. tarminiana</i> ; Intrigresión <i>P. tripartita</i> Var. Tripartita	Pasq 3070	9,99
JBB40	<i>P. pinnatistipula</i>	Pasq 3017	10,19
JBB32	<i>P. mixta</i>	RTVH 2584	11,25

<sup>1</sup>Pasq (Páramo de Pasquilla), Moch (Mochuelo Alto), RTVH (Reserva Thomas Van der Hammen), JBB (Jardín Botánico de Bogotá).



**Cuadro 3.** Resultados de PG y TMG de cada pre-accesión de *Pasiflora* y sus tratamientos<sup>1</sup>.

Pre-accesión	Variable Respuesta	n*T	Tratamientos						P Valor
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	
JBB34 <i>P. tripartita</i> RTVH	PG	80	17,5 ab	<b>25,0 b</b>	7,5 a	8,75 a	<b>22,5 b</b>	<b>25,0 b</b>	0,019**
	D.E.		5,0	5,77	6,4	6,2	5,0	15,8	
	TMG	80	43,3	55,1	30,0	<b>28,8</b>	54,4	43,2	0,0127
	D.E.		6,3	4,4	22,2	19,4	6,0	6,0	
JBB42 <i>P. tripartita</i> Moch	PG	80	23,7	22,5	23,7	26,2	23,7	20	0,9798
	D.E.		6,2	6,4	11,0	19,3	8,5	9,1	
	TMG	80	38,1 bc	<b>23,8 a</b>	48,1 c	40,6 c	41 c	<b>28,9 ab</b>	0,0007**
	D.E.		3,9	7,0	8,0	8,9	7,1	1,1	
JBB43 <i>P. tripartita</i> Pasq	PG	80	10	12,5	21,2	16,2	21,2	16,2	0,1761
	D.E.		4,0	2,8	8,5	11,0	4,7	6,2	
	TMG	80	32,3	<b>20,1</b>	39,0	30,5	40,6	33,2	0,0316
	D.E.		5,2	13,6	13,1	2,3	8,3	3,9	
JBB54 <i>P. tripartita</i> JBB	PG	80	25,0	22,5	36,2	32,5	28,7	27,5	0,1392
	D.E.		7,0	2,8	7,5	6,4	11,0	6,4	
	TMG	80	52,3 b	41,4 ab	47,7 b	35,1 ab	<b>25,2 a</b>	39,7 ab	0,0516**
	D.E.		15,2	13,7	3,9	3,8	17,3	6,5	
JBB33 <i>P. tarminiana</i> RTVH	PG	80	50,0 ab	52,5 ab	61,2 b	56,2 ab	43,7 ab	36,2 a	0,1753**
	D.E.		8,16	17,0	2,5	21,3	11,0	12,5	
	TMG	80	31,5 a	<b>28,6 a</b>	41,4 c	36,8 b	36,4 b	29,3 a	<0,0001**
	D.E.		2,4	3,0	1,2	2,9	0,5	1,1	
JBB52 <i>P. tarminiana</i> Pasq	PG	80	23,7 ab	30,0 b	30,0 b	15,0 ab	12,5 a	18,7 ab	0,1112**
	D.E.		6,2	9,1	14,7	10,8	6,4	11,8	
	TMG	80	50,7	46,5	52,9	28,3	51,9	46,0	0,2724
	D.E.		10,0	4,5	5,6	28,2	7,4	0,8	
JBB40 <i>P. pinnatistipula</i> Pasq	PG	80	5,0 a	8,7 a	7,5 a	2,5 a	7,5 a	12,5 a	0,3319**
	D.E.		4,0	8,5	8,6	5,0	2,8	5,0	
	TMG	80	23,6	17,9	25,3	8,7	54,0	24,0	0,5629
	D.E.		17,4	12,3	20,0	17,5	38,1	3,5	
JBB32 <i>P. mixta</i> RTVH	PG	80	11,2	7,5	3,7	5	11,2	11,2	0,0837
	D.E.		4,7	2,8	4,7	4,0	2,5	4,7	
	TMG	80	41,7	48,1	28,3	25,3	42,0	41,1	0,4441
	D.E.		6,3	19,4	37,2	17,9	7,5	12,7	

<sup>1</sup>Pasq(Páramo de Pasquilla), Moch(Mochuelo Alto), RTVH(Reserva Thomas Van der Hammen), JBB(Jardín Botánico de Bogotá), T1(CHi-AG<sub>3</sub>-Luz), T2(CHi-AG<sub>3</sub>-Oscu), T3(CH5%-AG<sub>3</sub>-Luz), T4(CH5%-AG<sub>3</sub>-Oscu), T5(CHi-SinAG<sub>3</sub>-Luz), T6(CHi-SinAG<sub>3</sub>-Oscu), PG(Porcentaje de Germinación), TMG(Tiempo Medio de Germinación), D.E.(Desviación Estándar), (\*\*)Análisis de Varianza, medias con letras iguales no difieren estadísticamente.

pre-accesiones. Al respecto, se ha documentado que la remoción parcial de la testa por métodos mecánicos, y el cambio drástico de temperatura, son factores determinantes en la germinación de las pasifloras (Gutiérrez *et al.*, 2011; Velásquez *et al.*, 2012). Sin embargo, las diferencias encontradas para PG y TMG entre los tratamientos en algunas pre-accesiones, no registraron una tendencia clara que permitiera concluir un efecto determinante a un tratamiento, al igual que las diferen-

cias encontradas en tolerancia a la desecación de las semillas entre las pre-accesiones y dentro de una misma especie (ortodoxas e intermedias o recalcitrantes), lo que corrobora que la variabilidad de respuesta entre las pre-accesiones y dentro de las especies se da probablemente por diferencias en el genotipo, el ambiente de desarrollo de las semillas, y por el bajo grado de domesticación de las pre-accesiones recolectadas (Lobo, 2006; Hong y Ellis, 1996).

Todas las pre-accesiones excepto JBB34 y JBB32, presentan un claro comportamiento ortodoxo al responder los tratamientos con CH5% similar a los de CHI, lo que permite su conservación a largo plazo a bajas temperaturas (-20 °C). Discrepante a lo que sucede en general con las Pasifloras domesticadas, que se catalogan como semillas ortodoxas o tolerantes a la desecación con posibilidad de secarlas entre 6% y 8% (Miranda *et al.*, 2009). Se pudo establecer que las pre-accesiones evaluadas no tienen dormancia endógena debido a que no se encontraron diferencias claras en los PG en presencia o ausencia de AG<sub>3</sub>. Contrario a lo reportado por Cardozo (1988) y Velásquez *et al.* (2012) tanto en laboratorio como en invernadero en *P. mollisima* y *P. edulis*, respectivamente, quienes indican que la mayor cantidad de semillas germinadas se obtienen al realizar corte apical con aplicación de AG<sub>3</sub>. También, se observó que no hubo un patrón de respuesta de la germinación a la presencia o ausencia de la luz los primeros 30 días después de sembradas las semillas, mostrando que, bajo las condiciones del ensayo, la luz o la oscuridad no fue un factor determinante para la germinación, indicando que las semillas de las especies evaluadas no son fotoblasticas. No obstante, Aular *et al.* (1994) han determinado la fuerte influencia de la luz sobre la germinación de las semillas de *Passiflora edulis* registrando prácticamente inhibida la germinación en presencia de luz fluorescente continúa. Las fallas en la germinación dependen del tipo de luz que se utiliza, y no tiene el mismo efecto sobre la germinación en semillas de Pasiflora (Miranda *et al.*, 2009, Flores, 2010). Por lo tanto, a futuro es importante evaluar este tratamiento a parte y con tratamientos continuos de luz y oscuridad para poder concluir específicamente sobre esta variable.

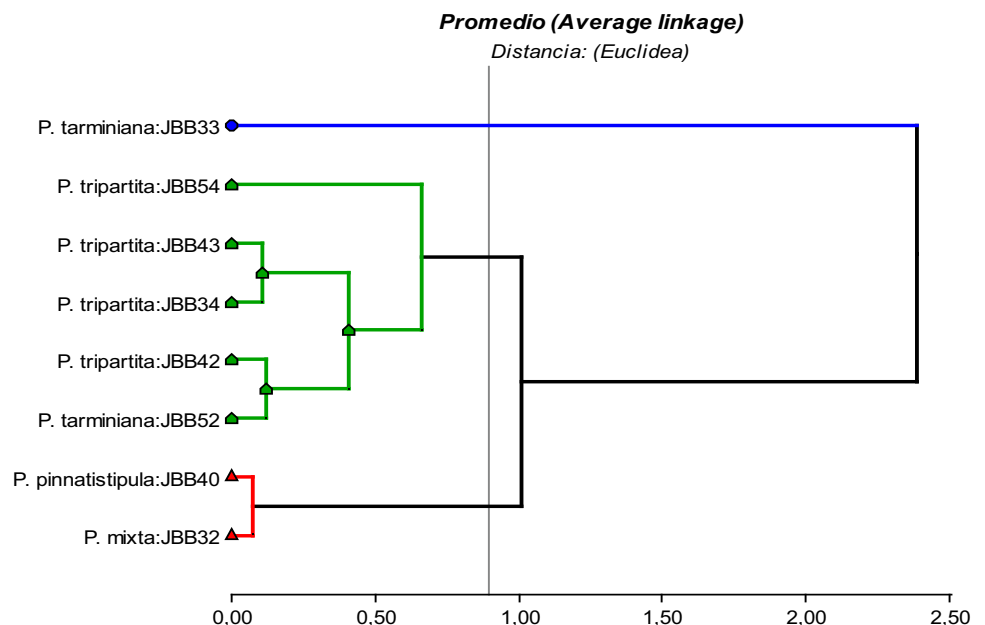
**Respuesta interespecífica**

Al usar los resultados únicamente de la variable respuesta PG para el Análisis de Conglomerados (Figura 2) se encontró, que se forman tres grupos según la respuesta a la germinación, el primero separa a *P. tarminiana* JBB33 pre-accesión que ha demostrado ser la que obtuvo mayores PG, seguido del segundo que agrupa principalmente a pre-accesiones

de *P. tripartita* y una de *P. tarminiana* que se determinó con introgresión *P. tripartita* y por último el tercero que agrupa a las dos especies que tuvieron menores PG *P. pinnatistipula* y *P. mixta*. El análisis multivariado es una opción importante para determinar asociaciones y estructuras de las variables respuesta, en este caso se permitió evaluar la similitud de comportamiento entre diferentes pre-accesiones frente al PG estableciendo que para la conservación *ex situ* de las especies *P. tarminiana* y *P. tripartita*, las pre-accesiones JBB33 y JBB54 respectivamente, son mejores por su respuesta de germinación, y que para *P. pinnatistipula* y *P. mixta* se debe buscar y evaluar más fuentes semilleras que tengan mejor potencial germinativo, lo que a su vez se puede reflejar en un mejor potencial de conservación a largo plazo.

**CONCLUSIONES**

No se encontró una efectividad determinante de un tratamiento sobre el PG y TMG en las pre-accesiones y las especies, el efecto de AG<sub>3</sub> no tuvo una respuesta diferencial en la germinación lo que indica la ausencia de dormancia endógena. Un tiempo medio de germinación bajo no siempre se traduce en un alto porcentaje de germinación. La mayoría de las pre-accesiones son altamente potenciales para la conservación *ex situ* a largo plazo (-20°C) al responder con PG similares a los de CHI y CH5% con y sin hormona AG<sub>3</sub>, determinándolas como ortodoxas. Las evaluaciones de ecofisiología germinativa bajo diferentes condiciones son importantes para poder conocer todo el



**Figura 2.** Dendrograma de las pre-accesiones de Passiflora, evaluadas sobre la variable respuesta PG.

potencial germinativo de las pre-accesiones, lo cual es relevante para el guarde de las semillas a bajas temperaturas 4°C–20°C y para la posterior reactivación de una accesión luego de salir de condiciones de almacenamiento, permitiendo hacer comparaciones significativas para evaluar la viabilidad de las semillas en el tiempo y la efectividad del método de conservación.

## AGRADECIMIENTOS

A la Subdirección Científica del Jardín Botánico de Bogotá por apoyar y financiar el desarrollo de estas investigaciones, a Juan Manuel Pech-Canché por la colaboración en la revisión del artículo y a John Albeiro Ocampo Pérez por el apoyo para la determinación botánica.

## LITERATURA CITADA

- Angelovivi R., Galili G., Fernie A., Fait A., 2010. Seed desiccation: a bridge between maturation and germination. *Trends in Plant Science*. (USA). 15:11-218.
- Aular J., Bautista D., Maciel N. 1994. Influencia de la luz, la profundidad de siembra y el almacenamiento sobre la germinación y emergencia de la parchita. *Agronomía Tropical*. (Venezuela) 46:73-83.
- Ávila T., Mercado G., Aguilar N. 2013. Crioconservación de germoplasma vegetal en Bolivia. En: Gonzáles M.T., Florent E. 2013. Crioconservación de plantas en América Latina y el Caribe. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. p. 65-74.
- Cardona C.E., Aramendiz H., Robles J., López V., Ubames J. 2005. Efecto de diferentes ambientes y empaques sobre la viabilidad de semillas de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Deneger). *Temas Agrarios*. (Colombia). 10(2):15-25.
- Cardozo G. 1988. Efecto de la escarificación y la dosis del ácido giberélico (AG<sub>3</sub>) en la germinación de semilla de curuba (*Passiflora mollisima*). *Acta Biológica Colombiana*. (Colombia). 1(4):127-132.
- Di Renzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2008. InfoStat (versión 2008), Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. p 167-231.
- Flores E.M. 2010. Biología de las semillas. En: Vozzo JA (Ed.) Manual de semillas de árboles tropicales. Departamento de Agricultura de los Estado Unidos, Servicio Forestal. Estados Unidos, Washington DC. p 9-120.
- Gutiérrez M.A., Miranda D., Cárdenas JF. 2011. Efecto de tratamientos pregerminativos sobre la germinación de semillas de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.), granadilla (*Passiflora ligularis* Juss.) y cholupa (*Passiflora maliformis* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* (Colombia) 5(2): 209-219.
- Hong T.D., Ellis R.H. 1996. A protocol to determine seed storage behavior. Technical Bulletin No. 1. Engels and Toll (eds). International Plant Genetic Resources Institute IPGRI, Rome, Italy. 62p.
- Hong D.T., Ellis R.H. 2002. Almacenamiento. In: Vozzo JA (Ed.). *Tropical tree seed manual*. USDA Forest Service. USA, Washington DC. p 129-142.
- ISTA 2017. International Rules for Seed Testing. The International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland. Disponible desde Internet en: <https://www.seedtest.org/en/ista-rules-for-2017-content--1--1448.html>. [Con acceso el 01/07/2017].
- Lobo M. 2006. Recursos genéticos y mejoramiento de frutales andinos: una visión conceptual. *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (Colombia). 7(2): 40-54.
- Melgarejo L.M. 2015. Granadilla (*Passiflora ligularis* Juss): Caracterización ecofisiológica del cultivo. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias: Colciencias: Corporación Centro de Desarrollo Tecnológico de las Pasifloras de Colombia – CEPAS (Bogotá). 304p.
- Miranda D., Perea M., Magnitskiy S. 2009. Propagación de especies pasifloráceas. En: Miranda D., Fischer G., Carranza C., Magnitskiy S., Casierra F., Piedrahita W., Flárez L. (Ed). *Cultivo, poscosecha y comercialización de las pasifloráceas en Colombia: maracuyá, granadilla, gulupa y curuba*. Sociedad Colombiana de Ciencias Hortícolas. Bogotá, Colombia. p: 69-96.
- Ocampo J., Coppens G., Jarvis A. 2010. Distribution of the genus *Passiflora* L. diversity in Colombia and its potential as an indicator for biodiversity Management in the Coffee Growing Zone. *Diversity* (Switzerland). 2(11): 1158-1180.
- Posada P., Ocampo J., Santos L.G. 2014. Estudio del comportamiento fisiológico de la semilla de tres especies cultivadas de *Passiflora* L. (Passifloraceae) como una contribución para la conservación *ex situ* *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* (Colombia) 8(1):9-19.
- Ramirez C., Hilhorst H., Hodson E. 2008. Viability and seed germination of *Passiflora mollisima* (H.B.K) Bailey according to provenance and fruit ripening stage. *Red Alfa Lagrotech*. 146-190pg. Disponible desde internet en: [http://educon.javeriana.edu.co/lagrotech/images/claudia\\_ramirez.pdf](http://educon.javeriana.edu.co/lagrotech/images/claudia_ramirez.pdf)
- Rao N.K., Hanson J., Dulloo E.M., Ghosh K., Nowell D., Larinde M. 2007. Manual para el manejo de semillas en bancos de germoplasma No.8. Bioersivity International. Roma, Italia. 165p.
- Tompsett P.B., Pritchard H.W. 1998. The effect of chilling and moisture stress on the germination, desiccation tolerance and longevity of *Aesculus hippocastanum* L. seeds. *Annals of Botany* (Oxford, United Kingdom) 82:249-261.
- Valencia R., Lobo M., Ligarreto G. 2010. Estado del arte de los recursos genéticos vegetales en Colombia: Sistema de Bancos de Germoplasma. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* (Colombia) 11(1):85-94.
- Velásquez J.D. Melgarejo L.M., Stanislav M. 2012. Tratamientos pregerminativos en semillas de Gulupa *Passiflora edulis* Sims. En: Melgarejo LM (Ed) *Ecofisiología del cultivo de la gulupa* (*Passiflora edulis* Sims). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. p: 84-89.
- William R. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. ROMA. FAO. Disponible desde Internet en: <http://www.fao.org/docrep/006/ad232s/ad232s00.htm#TOC>. [Con acceso el 01/23/2017].

# CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS Y GERMINACION DE SEMILLAS DE *Cedrela odorata* L.

MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS AND SEED GERMINATION OF *Cedrela odorata* L.

Arce-Cordova, D.<sup>1</sup>, Espinosa-Zaragoza, S.<sup>2</sup>, Aguirre-Medina, J.F.<sup>2</sup>, Wong-Villarreal, A.<sup>3</sup>,  
Avendaño-Arrazate, C.H.<sup>4</sup>, Cadena-Iñiguez, J.<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Estudiante del Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Sustentabilidad (DOCAS). Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Facultad de Ciencias Agrícolas. Carretera Costera entronque Huehuetán Pueblo, Huehuetán, Chiapas, México. CP 30660. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH). Facultad de Ciencias Agrícolas. Carretera Costera entronque Huehuetán Pueblo, Huehuetán, Chiapas, México. CP 30660. <sup>3</sup>Universidad Tecnológica de la Selva. División Agroalimentaria. Entronque Toniná Carretera Ocosingo-Altamirano, Col. Predio Laltic, Ocosingo, Chiapas, México. CP 29950. <sup>4</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INI-FAP). Campo Experimental Rosario Izapa, Km 18.5 Carretera Tapachula-Cacahoatán, Tuxtla Chico, Chiapas, México. CP 30780. <sup>5</sup>Colegio de Posgraduados (COLPOS). Campus San Luis Potosí, Calle Iturbide No. 73, Salinas de Hidalgo, S.L.P., México. C.P. 78600.

\*Autor de correspondencia: jocadena@gmail.com

## RESUMEN

Con el objetivo de identificar la calidad de semilla de *Cedrela odorata* L. en árboles con variables dasométricas deseables para ser considerados candidatos a árboles padre, se recolectó la semilla de 60 árboles en diferentes ambientes de Chiapas, México, durante febrero y marzo del 2017. Una vez cosechada la semilla, la investigación se realizó en el Laboratorio de Semillas forestales de la Facultad de Ciencias Agrícolas Campus IV (UNACH). Se determinaron diversas variables de acuerdo a las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA, 2010) a los 15 días después de su recolecta; las variables fueron, peso de 100 semillas (g), porcentaje de germinación y de pureza, humedad (CH) y de viabilidad (tetrazolio). Se establecieron los ensayos en Diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones de 30 semillas de cada árbol. Los resultados se graficaron con el programa Sigma Plot (ver. 10.0) de Jandel Scientific y se consideró el error estándar como medida de dispersión en los promedios. El análisis estadístico mediante el programa GLM de SAS versión 8.1 y las diferencias entre medias según Tukey ( $p \leq 0.05$ ). Los resultados indicaron que las variables más contrastantes fueron el peso de la semilla, porcentaje de germinación y número de semillas por  $\text{kg}^{-1}$ . La menor germinación de las recolectas se registró en la región fisiográfica Llanura costera cercana al litoral. Los ecosistemas Sierra Lacandona, Sur de Chiapas y Llanura Costera hacia la sierra madre de Chiapas, se sugieren como ambientes para seleccionar árboles padres de *Cedrela odorata* L. con presencia de lluvias todo el año o abundantes lluvias en verano (3000-3500 mm), temperaturas de 20-28 °C, suelos litosoles, cambisoles, regosoles y/o Phaeozem y altitud de 500 a 1000 m.

**Palabras clave:** Cedro tropical, peso, germinación y viabilidad.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo. 2018. pp: 82-89.

**Recibido:** noviembre, 2017. **Aceptado:** febrero, 2018.



## ABSTRACT

With the objective of identifying the quality of the seed of *Cedrela odorata* L. in trees with desirable dasometric variables to be considered candidates to become parent trees, the seed from 60 trees was collected in different environments of Chiapas, México, during February and March 2017. Once the seed was harvested, the research was carried out in the Laboratory of Forest Seeds from the School of Agricultural Sciences Campus IV (UNACH). Different variables were determined according to the rules of the International Seed Testing Association (ISTA, 2010), 15 days after their collection; the variables were: weight of 100 seeds (g), percentage of germination and purity, moisture (CH) and viability (tetrazolium). The essays were established in a completely random experimental design with three repetitions of 30 seeds from each tree. The results were graphed with the Sigma Plot software (ver. 10.0) by Jandel Scientific, and the standard error was considered as a dispersion measurement in the averages. The statistical analysis was performed through the GLM software from SAS version 8.1, and the differences between means according to Tukey ( $p \leq 0.05$ ). The results indicated that the most contrasting variables were the weight of the seed, the percentage of germination and the number of seeds per  $\text{kg}^{-1}$ . The lowest germination of the seeds collected was found in the physiographic regions: coastal plains close to the littoral. The ecosystems Sierra Lacandona, South of Chiapas and Coastal Plain toward the Chiapas Sierra Madre, were suggested as environments to select parent trees of *Cedrela odorata* L. with presence of rains all year long and abundant rains in the summer (3000-3500 mm), temperatures of 20-28 °C, Leptosol, Cambisol, Regosol and/or Phaeozem soils, and altitude of 500 to 1000 m.

**Keywords:** Tropical cedar, weight, germination and viability.

1991; Putz, 1993; Plumptre, 1995), pero con mayor aplicación en sistemas de manejo coetáneo (Smith 1986). En sistemas coetáneos, se eligen árboles grandes para que suministren semillas después del aprovechamiento intensivo; sin embargo, la falta de control del origen de la semilla ha limitado el éxito de programas de reforestación y el establecimiento de plantaciones forestales. Las tendencias actuales pretenden, entre otras situaciones, favorecer la disponibilidad de germoplasma de calidad con buena germinación. La selección de los individuos y la adecuada medición de la calidad son factores trascendentes y en general poco trabajados en especies tropicales (Agustín-Sandoval *et al.*, 2017). La germinación de semillas está influenciada también por las condiciones ambientales durante el desarrollo y maduración. La duración del día, temperatura, ambiente fototérmico del progenitor, calidad de luz y elevación (Fenner, 1991, 1992; Güttermann, 1991). Factores adicionales incluyen la posición de la inflorescencia en los árboles parentales, la posición de la semilla en el fruto o la infrutescencia, y la edad de los árboles parentales durante la inducción floral (Güttermann, 1994). Se evaluó la calidad de semillas de *Cedrela odorata* L. en árboles con características dasométricas deseables para ser considerados candidatos a árboles padre en diferentes ambientes de Chiapas, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 230 árboles en Chiapas, México, entre las coordenadas 14° 32' y 17° 59' N y 90° 22' a los 94° 14' O, con características fenotípicas deseables, tales como el fuste recto sin bifurcaciones, pocas ramas y sin problemas sanitarios. Con estas variables, mediante

## INTRODUCCIÓN

*Cedrela odorata* L. es una especie con alto valor comercial y en los sistemas agroforestales tropicales es de gran interés su establecimiento. Esta especie se ha distribuido naturalmente en numerosos ambientes y ha propiciado diversidad genética entre las poblaciones. Su conservación y mantenimiento a largo plazo permitirá disponer de variación genética intraespecífica en poblaciones aisladas para enfrentar, factores bióticos y abióticos adversos, tales como la tolerancia a sequía y adaptación a diversas condiciones del suelo (Sterne y Roche 1974), o bien disponer de otros atributos morfológicos y fisiológicos que ayuden a protegerlas del cambio climático (Muller-Starck y Schubert 2001). Una estrategia de rescate, conservación, restauración y manejo forestal de los fragmentos de vegetación nativa, son las fuentes semilleras o unidades productoras de germoplasma forestal, integradas por el conjunto de árboles con características deseables para la producción de semillas. La retención de árboles semilleros durante el aprovechamiento forestal es importante para garantizar la regeneración natural y asegurar la futura disponibilidad de especies maderables comerciales en los bosques tropicales sujetos a manejo disetáneo (Janzen y Vázquez-Yanes,

un análisis de medidas de tendencia central se eligieron 60 árboles. De los árboles seleccionados se recolectaron las semillas en febrero y marzo de 2017 y se trasladaron al Laboratorio de semillas en la Facultad de Ciencias Agrícolas (15° 00' N y 94° 30' O) a 44 m de altitud, donde se mantuvieron a temperatura ambiente de  $23 \pm 2$  °C hasta peso constante en envases de plástico ziploc®. Se determinaron pruebas básicas iniciales de calidad que establecen las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA, 2010), a los 15 días después de su recolecta. Se evaluaron variables morfométricas y de germinación. En las variables Peso de 100 semillas y Pureza se utilizó una balanza digital (Marca Ohaus, Modelo SocutPro SP401 USA) con precisión de 0.1 g y en el Contenido de Humedad (CH), Las diferencias de peso se obtuvieron en g en balanza analítica (Marca Denver Instruments, Modelo M310 USA) con precisión de 1.0 mg.

**Peso de 100 semillas.** Se pesaron 100 semillas (g) y con el valor final se determinó de acuerdo a ISTA (2010): Número de semillas por kg=(Número de semillas de la muestra/Peso de la muestra)\*100.

**Pureza.** Del lote original se pesaron 100 semillas (g) en y con ayuda de una pinza de disección se retiraron otras especies de semillas y la materia inerte en la muestra. Posteriormente se pesaron las semillas puras y se cuantificó el porcentaje de pureza con apoyo de la Fórmula: % de pureza=(Peso de semillas Puras/Peso de la muestra)\*100.

El contenido de humedad de la semilla (CH), se determinó en porcentaje (%) y para tal fin se utilizaron 100 semillas puras de cada recolecta. Se colocaron en sobres de papel estraza para secarse en estufa de aire forzado (VWR International, Modelo Sheldon Manufacturing, USA) a 95 °C ( $\pm 3$  °C) por 48 h, hasta peso constante. El contenido de humedad se calculó de la siguiente manera: % de contenido de humedad=[(Peso con humedad–Peso sin humedad)/peso con humedad]\*100 (ISTA, 2010).

**Germinación.** Se midió en porcentaje (%) a través del método de germinación en papel. Se seleccionaron las semillas y después de permanecer cinco días en cámara húmeda se realizó el primer conteo de semillas germinadas. Este procedimiento prosiguió hasta el día 20. El porcentaje de germinación se determinó con la fórmula:

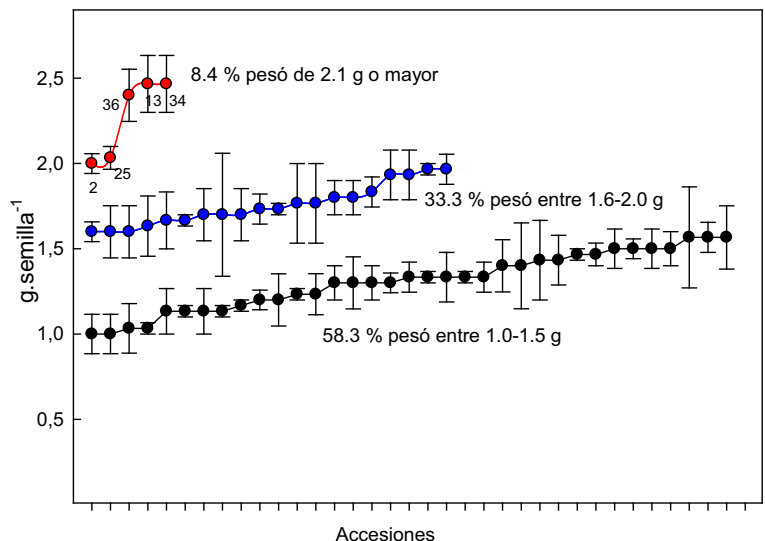
mula: % de germinación=(Número de semillas germinadas/Número total de semillas)\*100 (Mardoqueo, 2005 e ISTA, 2010).

**Viabilidad.** Se reportó en porcentaje (%), y se hizo a través de la prueba topográfica por Tetrazolio (TZ) (Hartmann y Kester, 1998; Padilla, 2010). El TZ se preparó al 1.0%. De cada recolecta se tomaron 100 semillas por repetición y se pusieron en agua por 24 h. Después de éste tiempo, se eliminó la testa y a los embriones se les agregaron 10 gotas de Tetrazolio diluido (1% p/v). Se eliminó el exceso de tetrazolio y se cubrieron con papel aluminio para su incubación. La tinción de las semillas de color rosa a rojo, indicó que el tejido estaba vivo, y su cálculo fue con la fórmula: % de viabilidad=(Número de semillas coloreadas/número total de semilla)\*100. Para la determinación de las variables de la semilla se establecieron los ensayos en un diseño completamente al azar con tres repeticiones de 30 semillas de cada árbol.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la mayoría de las accesiones el peso de 100 semillas varió entre 1.0 y 1.5 g (35 árboles). Las semillas de 20 accesiones pesaron entre 1.6 y 2.0 g y solamente cinco de ellas pesaron entre 2.0 y 2.5 g (Figura 1).

La germinación de las semillas fue contrastante entre las diferentes colectas. Los valores más altos, del 90 al 97 % lo presentaron 14 de ellas y el porcentaje intermedio, entre 70 y 80 % de germinación, se encontró en la semilla



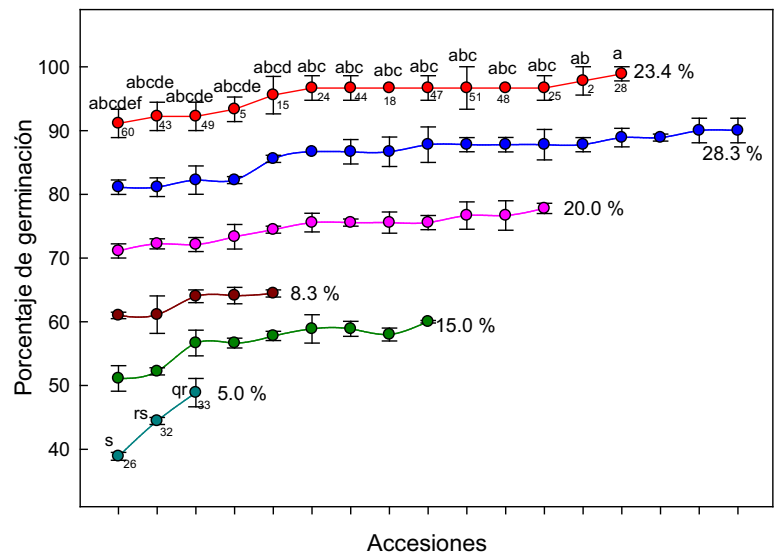
**Figura 1.** Peso seco de 100 semillas (g) en las 60 recolectas de *Cedrela odorata* L. originarias de diferentes ambientes en Chiapas. Los valores son promedios de 3 repeticiones de 30 semillas  $\pm$  error estándar.

cosechada de 29 colectas. El valor más bajo del 40 al 60 % lo tuvieron 12 colectas (Figura 2).

En general, la semilla, presentaron aumento en el peso por semilla y porcentaje de germinación superior al 90% en los árboles creciendo en clima Am y Aw con precipitaciones entre los 3000 y 3500 mm (Figura 3). En las pruebas de germinación de primavera (*Roseodendron donnell-smithii*), Agustín-Sandoval *et al.* (2017) identificaron, además, que las semillas con incidencia indirecta de luz germinaron mejor que algunas pruebas establecidas a la sombra o en ausencia de luz.

En la Sierra Lacandona (Chiapas) con clima dominante cálido húmedo con lluvias todo el año, se tuvieron las recolectas número 2 y 13 con mayor peso. En la llanura Costera, la recolecta 25 y, 2, mientras que, en la Sierra Sur de Chiapas, las recolectas 36 y 34 con clima Aw y abundantes lluvias en verano fueron las mejores. La temperatura promedio va de 20 a 22 °C en la Sierra Lacandona y de 26 a 28 °C en la sierra Sur de Chiapas y la Llanura Costera. El mayor peso de semillas se presentó en los grandes grupos de suelos Litosol, Fluvisol y Cambisol eútrico y en estos mismos se registraron las recolectas con porcentaje mayor de germinación a 90%. En esta última variable, también se incluye a los suelos Luvisoles crómicos. Muchas semillas de angiospermas almacenan la mayor parte de los alimentos en los cotiledones. La estructura de las semillas de angiospermas permite la transferencia directa de los suplementos alimenticios del endospermo o cotiledones debido a que están físicamente unidos al embrión, por ello, ocasionalmente se prefieren semillas más grandes sin que ello represente mejor calidad genética. Las tres recolectas con menor germinación (inferior a 50%) fueron obtenidas en la Llanura Costera creciendo con suelos Solonchak gleyico, Acrisol órtico, y una de ellas en un suelo Cambisol eútrico. La precipitación de 1500 y 2500 mm a una altitud de 0-500 m.

El número de semillas  $\text{kg}^{-1}$  superiores a 70000 se presentaron en climas dominantes Am (tres recolectas) y dos de ellas en clima Af. El número de semillas menor a 40000 se localizó en dos recolectas con clima Aw y una en clima Am (Figura 3 y 5). El mayor número de semillas por kg se obtuvo en los suelos Litosoles, Cambisoles eútricos, Feozem háplico y Regosol eútrico, y el menor número en dos recolectas procedentes de un suelo



**Figura 2.** Germinación de las semillas cosechadas en 60 árboles de *Cedrela odorata* L. originarias de diferentes ambientes en Chiapas. Los valores son promedios de tres repeticiones  $\pm$  error estándar. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

Cambisol eútrico, y uno, de Feozem háplico. CONAFOR (2010) y CONABIO (2010), registran valores inferiores a los reportados en este trabajo, con cerca de 20 mil a 50 mil semillas  $\text{kg}^{-1}$  en cedro. En contraste Quinto *et al.* (2009) cuantificaron hasta 94,697 semillas  $\text{kg}^{-1}$ . Esta variable tiene una amplia variación en las recolectas de cedro empleadas en este trabajo; ya que la mayoría (25 procedencias) presentaron en promedio 43946 semillas y cinco de ellas 78846 (Figura 5).

En general el número de semillas depende de los propios genotipos y del ambiente donde crece. En *Tabebuia rosea*, Salazar (1997), menciona que el número de semillas por kilogramo fue aproximadamente de 42000, mientras que Aguilera (2001) señala que el número varía de 40 mil a 72 mil semillas.

La viabilidad de las semillas en respuesta al tetrazolio mostró variaciones contrastantes, 30 procedencias presentaron la coloración rojiza correspondiente, y representó el 50% del total (Figura 6).

Cabe señalar que la viabilidad responde de manera diferencial según el genotipo. Gold, *et al.* (2004), citan la importancia de mantener o disminuir la humedad de las semillas a un nivel que minimice el envejecimiento. Mápula *et al.* (2008) reportaron en *Pseudotsuga menziesii* grandes diferencias entre distintos materiales con variación de 2% hasta 87% de viabilidad, y los valores inferiores pueden deberse a que la semilla generalmente

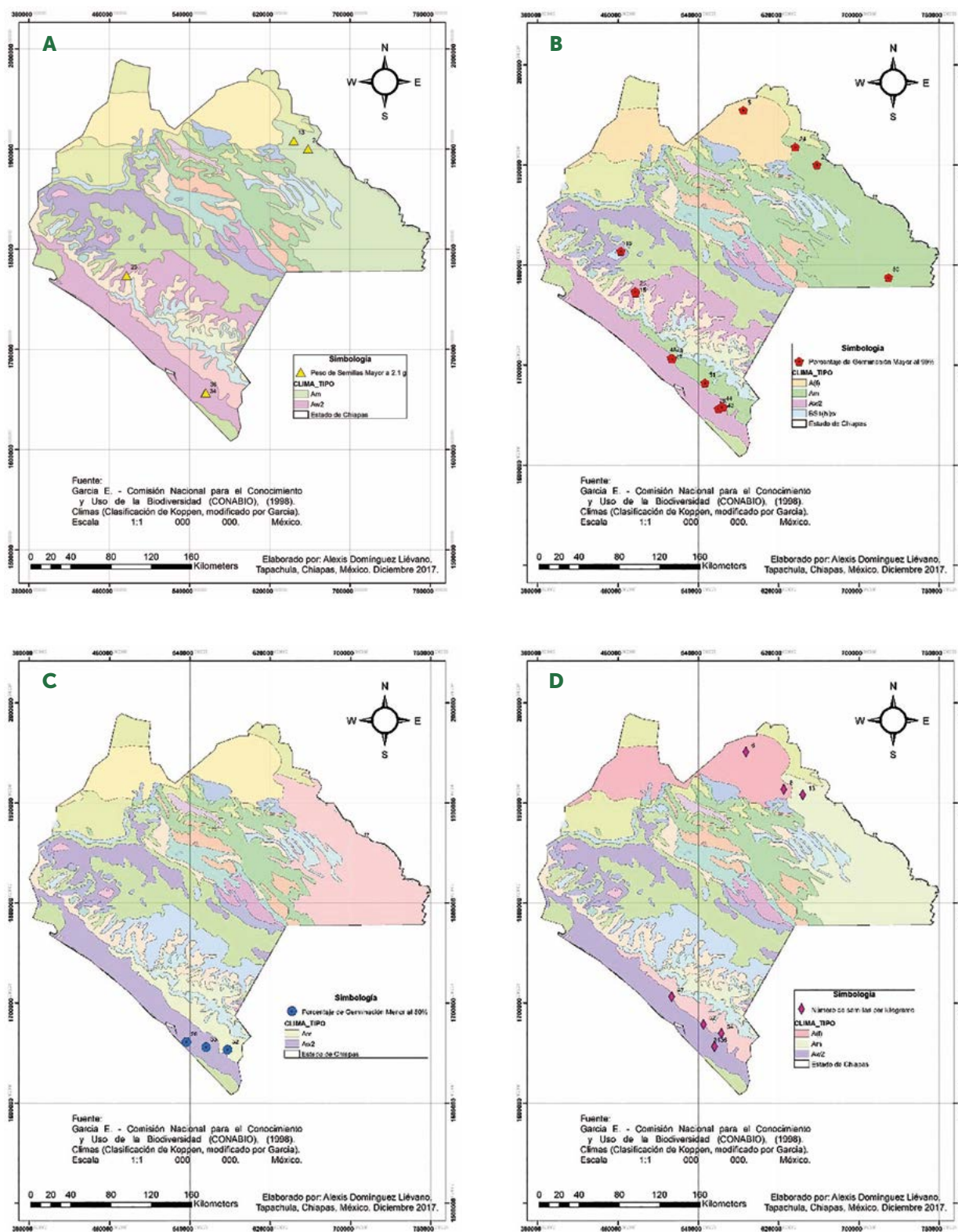


Figura 3. Peso de semilla superior a 2.0 g (A), germinación mayor a 90 % (B), germinación menor al 50 % (C) y número de semillas por kg (D) en las recolectas de *Cedrela odorata* L. obtenidas en los diferentes tipos de clima en Chiapas, México.



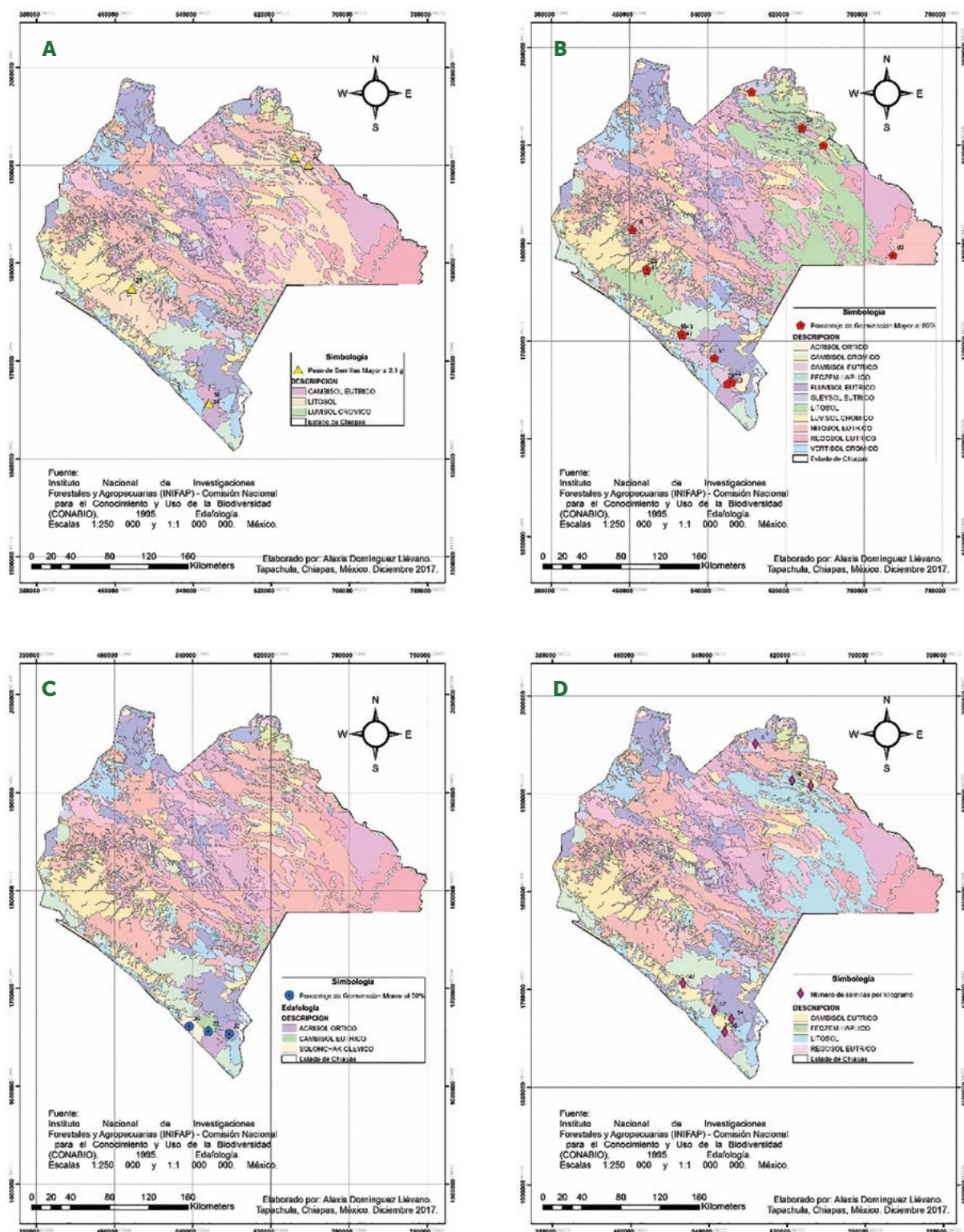
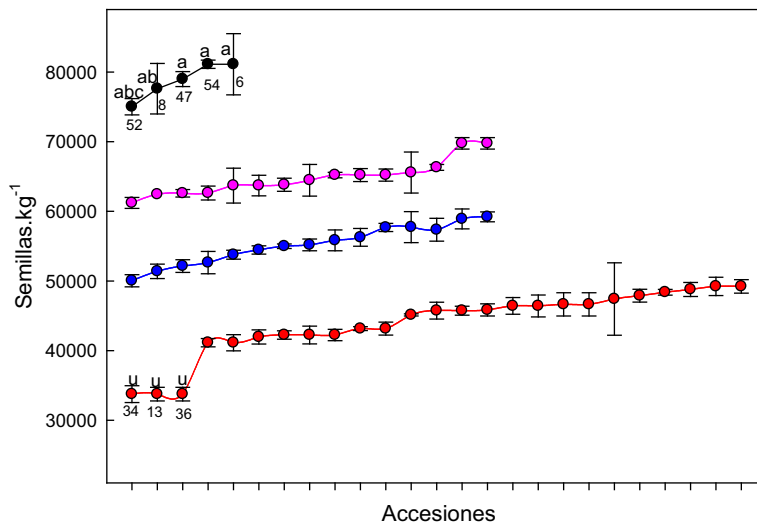


Figura 4. Peso de semilla superior a 2.0 g (A), germinación mayor a 90 % (B), germinación menor al 50 % (C) y número de semillas por kg (D) en las recolectas de *Cedrela odorata* L. obtenidas en los diferentes grupos de suelos en Chiapas, México.



**Figura 5.** Número de semillas por kg en 60 árboles de *Cedrela odorata* L. originarias de diferentes ambientes en Chiapas, México. Los valores son promedios de tres repeticiones  $\pm$  error estándar. Los promedios con distinta letra son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p \leq 0.05$ ). Coeficiente de variación 4.7 %.

es inmadura y presenta menor capacidad y velocidad germinativa. Si las semillas de cedro se conservan en condiciones ambientales, su viabilidad disminuye rápidamente después de un mes, pero almacenadas adecuadamente se conservan por varios meses. Las semillas almacenadas en bolsas de polietileno a 5 °C, y 7% de contenido de humedad, mantienen un porcentaje de germinación de 50% a 60%, a los dos años (García Rojas y Abdelnour, 2013). El porcentaje de pureza de la semilla fue entre el 80% y 90% en el 90% de las procedencias; y solamente seis presentaron 75% y 79% (Figura 7).

El menor porcentaje de pureza en las semillas recolectadas se presentó en la Llanura y los pantanos Tabasqueños (procedencia 6), La Sierra Lacandona (procedencia 10 y 19), La Sierra Norte de Chiapas (procedencia 8) y la Llanura Costera (procedencia 54 y 47). En estos ambientes la temperatura promedio fluctúa de 24 °C a 26 °C y de 26 °C y 28 °C con precipitación media anual de 2 500 a 3500 mm (Figura 4). En primavera *Roseodendron donnell-smithii* Rose (Miranda), Agustín-Sandoval et al. (2017) citan que las únicas impurezas encontradas fueron restos de alas y semillas vanas por las características típicas de las semillas aladas con un tegumento externo y membranoso. En otra especie, Alzugaray et al. (2006), reportan en quebracho blanco (*Aspidosperma*: Apocynaceae) un porcentaje de pureza del 99.9%. En relación al contenido de humedad de las semillas, se registró entre

6.5% y 7.6%, semejante a los que cita el Programa Nacional de Reforestación-Secretaría del Medio Ambiente y Pesca (PRONARE-SEMARNAP, 2000), para semillas de *Tabebuia rosea* y *Tabebuia chrysantha*, entre 6-8 % de humedad respectivamente.

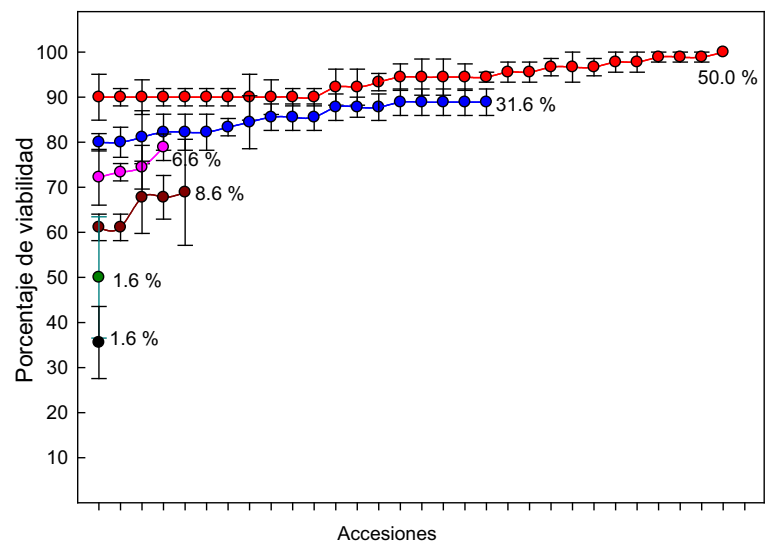
## CONCLUSIONES

En las recolectas realizadas, las variables más contrastantes fueron el peso de la semilla, porcentaje de germinación y el número de semillas por kilogramo. Las semillas que presentan menor germinación se realizaron en las regiones fisiográficas Llanura costera que presenta suelos solonchak y acrisoles con menor precipitación, mayor temperatura ambiental y menor altitud. Los ecosistemas Sierra Lacandona, Sur de Chiapas y Llanura Costera se sugieren como ambientes para seleccionar

árboles padres de *Cedrela odorata* L. que presentan lluvias todo el año o abundantes lluvias en verano (3000 a 3500 mm) temperaturas de 20 °C a 28 °C, suelos litosoles, cambisoles, regosoles y/o Phaeozem y con altitud de 500 a 1000 m.

## AGRADECIMIENTOS

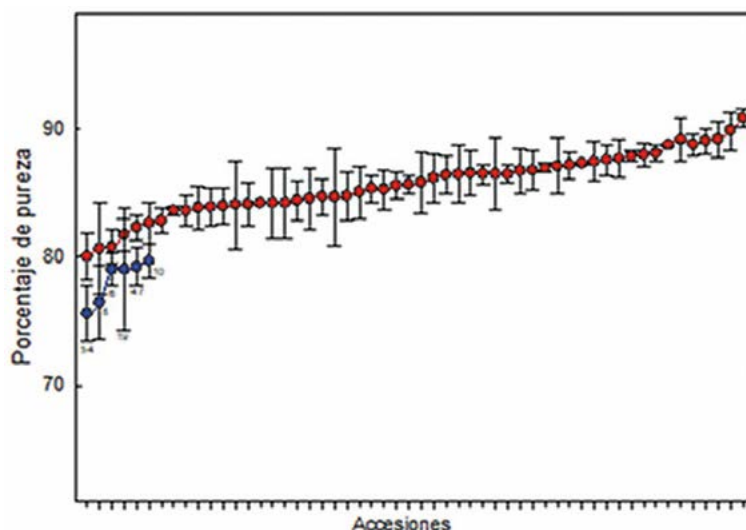
Al fondo sectorial CONACYT-CONAFOR por el financiamiento de esta investigación a través del proyecto "Establecimiento de cuatro huertos semilleros asexuales regionales con el establecimiento y evaluación temprana de 12 ensayos de progenies (tres ensayos por cada huerto) de *Cedrela odorata*" y al Ing. Alexis Domínguez Liévano por su apoyo en la elaboración de mapas.



**Figura 6.** Viabilidad de las semillas cosechadas en 60 árboles de *Cedrela odorata* L. originarias de diferentes ambientes en Chiapas, México. Los valores son promedios de tres repeticiones  $\pm$  el error estándar. CV=3.6 %.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera M. 2001. *Tabebuia chrysantha* (Jacq.) Nicholson. SIRE-Paquetes Tecnológicos. CONABIO, CONAFOR. 5 pág. Consultado el 7 de Enero del 2018. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1006Tabebuia%20chrysantha.pdf>
- Agustín-Sandoval W.G., Espinosa-Zaragoza S., Avendaño-Arrazate C.H., Reyes-Reyes A. L., Ramírez-González S.I., López-Báez O., Andrade-Rodríguez M., Rangel-Zaragoza J.L. 2017. Calidad de semillas de primavera (*Roseodendron donnell-smithii* Miranda syn *Tabebuia donnell-smithii* Rose). *Agroproductividad*, 10 (3): 81-86.
- Alzugaray C., Carnevale N. J., Salinas A.R., Pioli R. 2006. Calidad de Semillas de *Aspidosperma quebracho* blanco S. Quebracho (Santiago del Estero), (13), 26-35. Recuperado en 06 de enero de 2018, de [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1851-30262006000100004&lng=es&lng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-30262006000100004&lng=es&lng=es).
- CONABIO. 2010. *Cedrela odorata*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. [www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/36-melia2m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/36-melia2m.pdf)
- CONAFOR. 2010. Cedro (*Cedrela odorata* L.). Protocolo para su Colecta, Beneficio y Almacenaje. COMISIÓN NACIONAL FORESTAL. Región XII Península de Yucatán. Departamento de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales. Programa De Germoplasma Forestal. Estado De Yucatán. 21 p. [www.conafor.gob.mx:8080/documentos/download.aspx?articulo=1299](http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/download.aspx?articulo=1299)
- Fenner M. 1991. The effects of the parent environment on seed germinability. *Seed Science Research*, 1: 75-84.
- Fenner M. 1992. Environmental influences on seed size and composition. *Horticultural Reviews*, 13: 183-213.
- García Rojas T., Abdelnour Esquivel A. 2013. Crioconservación de ápices y semillas de cedro (*Cedrela odorata* L.) mediante las técnicas de vitrificación y deshidratación. *Agronomía Costarricense*, 37(1):113-126. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43628796009>
- Gold K., León-Lobos P., Way M. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA N° 110, 62 p.
- Gutterman Y. 1991. Comparative germination study on seeds matured during winter or summer of some bi-seasonal flowering perennial desert plants from the Aizoaceae. *Journal of Arid Environments*, 21: 283-291.
- Gutterman Y. 1994. Strategies of seed dispersal and germination in plants inhabiting deserts. *Botanical Review*, 60(4):373-425.
- Hartmann H., Kester D. 1998. Propagación de plantas. Sexta reimpression. Compañía Editorial Continental, S.A de C.V. México.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2010. Reglas del ISTA. Septiembre de 2010. Publicado en línea en: [http://www.analisisdesemillas.com.ar/index.php?option=com\\_content&task=view&id=15&Itemid=31](http://www.analisisdesemillas.com.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=15&Itemid=31)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Anuario Estadístico y Geográfico de Chiapas. 2016. [http://www.datatur.sectur.gob.](http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/CHIS_ANUARIO_PDF16.pdf)



**Figura 7.** Porcentaje de pureza en las semillas cosechadas en 60 árboles de *Cedrela odorata* L. originarias de diferentes ambientes en Chiapas, México. Los valores son promedios de tres repeticiones  $\pm$  error estándar.

[mx/ITxEF\\_Docs/CHIS\\_ANUARIO\\_PDF16.pdf](http://www.datatur.sectur.gob.mx/ITxEF_Docs/CHIS_ANUARIO_PDF16.pdf). Consultado el 28 de diciembre del 2017.

- Janzen D.H., Vásquez-Yanes C. 1991. Aspects of tropical seed ecology of relevance to management of tropical forested wild lands. *In: Gomez-Pompa A., T. C. Whitmore and M. Hadley (Eds.). Rainforest regeneration and management. MAB Book Series 6. Carnforth, Lanes, UK. pp. 137-154.*
- Mápula L. M., López U. J., Vargas H. J. J., Hernández L. A. 2008. Germinación y vigor de semillas en *Pseudotsuga menziesii* de México. *Ra Ximhai*, 4(1): 119-134
- Mardoqueo G. J. 2005. Guía Técnica: cultivo de jiquilite (*Indigofera* sp.) en el Salvador. Volumen 1.
- Padilla J.D. 2010. Prueba de Viabilidad con Tetrazolio. Consultado en línea: [http://snics.sagarpa.gob.mx/certificacion/Paginas/Manual\\_de\\_procedimientos.aspx](http://snics.sagarpa.gob.mx/certificacion/Paginas/Manual_de_procedimientos.aspx). Febrero de 2011.
- Plumptre A. 1995. The importance of "seed trees" for the natural regeneration of selectively logged tropical forest. *The Commonwealth Forestry Review*, 74(3): 253-258. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/42608376>
- PRONARE-SEMARNAP. 2000. Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal. Programa Nacional de Reforestación-Secretaría del Medio Ambiente y Pesca. 2000. núm 4. 3948 p.
- Putz F.E. 1993. Hope for Tropical Forestry and Conservation. *Conservation Biology*. 7(3): 734-736. Doi: 10.1046/j.1523-1739.1993.07030734.x
- Quinto L., Martínez-Hernández P.A., Pimentel-Briebesca L., Rodríguez-Trejo D.A. 2009. Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(1): 23-28.
- Salazar R. 1997. *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. Nota Técnica sobre Manejo de Semillas Forestales, CATIE, No. 8. 2 pp.
- Smith D.M. 1986. *The Theory and Practice of Silviculture*. John Wiley and Sons, New York, NY.
- Sterne K., Roche L. 1974. *Genetics of forest ecosystems*. Srping-Verlag, New York, USA.

# CALIDAD DE SEMILLA DE ÁRBOLES SELECTOS DE *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. EN EL SOCONUSCO, CHIAPAS, MÉXICO

## SEED QUALITY OF SELECT TREES OF *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. IN THE SOCONUSCO REGION, CHIAPAS, MÉXICO

Gálvez-López, L.<sup>1</sup>; Jasso-Mata, J.<sup>1\*</sup>; Espinosa-Zaragoza, S.<sup>2</sup>; Jiménez-Casas, M.<sup>1</sup>; Ramírez-Valverde, B.<sup>3</sup>; Rangel-Zaragoza, J.L.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco. Km 36.5. Texcoco 56230, Edo. de México. <sup>2</sup>Universidad Autónoma de Chiapas, Facultad de Ciencias Agrícolas. Campus IV. Entronque Carretera Costera, Huehuetán. 30660, Chiapas. <sup>3</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Carretera Federal México-Puebla Km 12.5, Santiago Momoxpan 72760, Puebla. <sup>4</sup>Universidad Autónoma Chapingo, CIESTAAM. Carretera México-Texcoco. Km 36.5. Texcoco 56230, Edo. de México.

\*Autor responsable: jejama@colpos.mx

### RESUMEN

*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., es una especie forestal maderable ampliamente utilizada para la fabricación de muebles en México, por lo cual ha sido explotada en exceso perdiéndose algunos genotipos con potencial genético importante. Para evitar lo anterior, se puede aplicar la estrategia de conservación forestal llamada unidades de germoplasma forestal. En Chiapas, México, se ha iniciado un programa de selección de individuos fenotípicamente superiores de la especie; sin embargo, existe escasa información sobre la calidad de semilla por individuos, y específicamente en sus características reproductivas, siendo parte de la eficiencia y el éxito de la producción de plantas en vivero. El objetivo de este estudio fue conocer la variación morfológica de frutos y calidad de la semilla de 11 individuos de *T. rosea*, considerados putativamente como árboles "plus", provenientes de una población distribuida en cuatro localidades de la Región Soconusco, Chiapas. En la morfología de frutos se encontraron diferencias significativas entre individuos. También se encontraron altos porcentajes de pureza (92.50%) lo cual facilita su manejo en la limpieza. El número de semillas promedio por kilogramo fue de 53,410. El contenido de humedad fue de 11.05%, por lo que se sugiere darle seguimiento para almacenamiento, la germinación registró un promedio de 68.8%.

**Palabras clave:** caracterización morfológica, pureza de semilla, árboles plus.

### ABSTRACT

*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC., is a timber-yielding forest species used for the fabrication of furniture in México, which is why it has been exploited excessively and some genotypes with important genetic potential are being lost. To avoid this, the strategy of forest conservation called units of forest germplasm can be applied. In Chiapas, México, a selection program for individuals that are phenotypically superior in the species has been implemented; however, there is scarce

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo, 2018. pp: 90-97.

**Recibido:** agosto, 2017. **Aceptado:** diciembre, 2018.

information about the quality of seed per individual, and specifically in their reproductive characteristics, being part of the efficiency and success of plant production in nursery. The objective of this study was to understand the morphological variation of fruits and the seed quality of 11 *T. rosea* individuals, considered supposedly as "plus" trees, from a population distributed in four localities of the Soconusco Region, Chiapas. Significant differences were found in fruit morphology between individuals. High percentages of purity (92.50 %) were also found, which eases their management in cleaning. The average number of seeds per kilogram was 53,410. The moisture content was 11.05 %, which is why it is suggested to monitor them for storage; germination showed an average of 68.8%.

**Keywords:** morphologic characterization, seed purity, plus trees.

## INTRODUCCIÓN

*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. (Bignoniaceae), distribuida en áreas tropicales, y en México, en el Golfo de México desde el sur de Tamaulipas a la Península de Yucatán y por la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas (Pennington y Sarukhán, 2005). Debido a la belleza de sus flores es utilizada como ornato, también se utiliza para cercas vivas y combustible; sin embargo el uso principal está en su madera, utilizada para la elaboración de muebles y construcción de casas (Herrera Canto, 2015; Orantes-García y Moreno-Moreno, 2013). Tiene un crecimiento rápido que alcanza una altura de 25 a 30 m y hasta un diámetro normal de 1 m. Crece en una gran variedad de hábitats, desarrollándose mejor en suelos con buen drenaje y textura fina. El rango de elevación varía desde el nivel del mar, hasta los 1200 m, temperatura de 20 a 30 °C y precipitación media anual de sobre los 500 mm. (Flores y Marín, 2010). La demanda de sus productos ha incrementado su aprovechamiento en el Estado de Chiapas, México, utilizándose de forma clandestina y disgénica, los árboles en su hábitat natural; sin embargo, esto aún no ha sido documentado, por lo que la especie pronto podría estar amenazada. En Veracruz, México, reportan que desde los años cuarenta existe preocupación por la desaparición de especies tropicales, entre ellas *T. rosea* (Benítez *et al.*, 2002).

Con las Unidades Productoras de Germoplasma Forestal (UPGF) se pueden establecer estrategias de rescate, conservación y mejoramiento genético de esta especie (García de la Cruz *et al.*, 2011); que, en determinado tiempo podrían generar ganancias económicas de manera local y a la industria maderera con el establecimiento de Plantaciones Forestales Comerciales (PFC). Para ello se requiere de investigación que genere información adecuada que garantice el apropiado manejo silvicultural y la disponibilidad de semillas de buena calidad.

Dado que el tiempo entre la siembra y el crecimiento de los árboles para la obtención del beneficio suele ser largo, es importante utilizar semillas de buena calidad, por lo que la selección de árboles fenotípicamente superiores para la obtención de semilla es un aspecto básico para el establecimiento de PFC, además de programas de mejoramiento genético, pues ayudaría a obtener un suministro seguro de plantas adaptadas y genéticamente deseables. Además, el conocimiento de la calidad física y fisiológica de la semilla utilizada es un aspecto fundamental, pues permitirían desarrollar procedimientos adecuados para el manejo, procesamiento, almacenaje, producción de planta en vivero e identificar tempranamente cualquier problema de conservación en los lotes de semilla. Al respecto, no se ha generado información sobre la calidad y producción de semilla de árboles fenotípicamente superiores de *T. rosea* en rodales de Chiapas.

En varias especies forestales se han establecido programas para establecer ensayos de progenie y huertos semilleros, partiendo de la selección de fenotipos superiores, para producir planta requerida en las PFC con la calidad demandada por la industria. A la fecha se desconoce la calidad de semilla producida por árboles putativamente plus de *T. rosea*, que aún permanecen en rodales semilleros de Chiapas. Por lo que en este sentido, una caracterización intraespecífica, podría ayudar a conocer el patrón de variación en la calidad de semilla recolectada entre los árboles putativamente plus de *T. rosea* en el Sureste de Chiapas. De esta forma se elegirían los árboles con el mejor fenotipo y mejor calidad de semilla que podrían ser destinadas al establecimiento de las PFC y evitar la explotación que se da en el hábitat natural de la especie. Con base en lo anterior, se determinó la variación morfológica de frutos y calidad de la semilla de 11 individuos de *T. rosea*, considerados putativamente como árboles "plus", proveniente de una población distribuida en cuatro Municipios de la Región Soconusco,

Chiapas, México, bajo la hipótesis de que existe alta variación entre la morfología de frutos y calidad de la semilla de árboles seleccionados.

### MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH), con semillas de 11 árboles considerados putativamente "plus" de *T. rosea* distribuidos en cuatro regiones Municipales del Soconusco, Chiapas (se indica su nomenclatura por nombre en el Cuadro 1), del Programa de Mejoramiento de Especies Forestales en la UNACH. Cabe señalar que debido a la discontinuidad en la producción de semilla del año en estudio, no se pudo tener la misma cantidad de individuos en las diferentes regiones. En general, el Soconusco, se caracteriza por tener clima templado húmedo, semicálido húmedo y cálido húmedo con abundantes lluvias en verano y cálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 16-30 °C. Precipitación total anual de 1200-4500 mm y suelos de tipo Litosol, Acrisol, Regosol, Solonchak, Andosol, Luvisol, Nitosol y Cambisol

(Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad [CONABIO], 2012).

Las características utilizadas en la selección de los árboles madre fueron que primeramente estuvieran sanos, totalmente a la vista, fenotípicamente proporcionados (fuste/copa) y con muy buena rectitud de fuste limpio y cilíndrico, con una altura total mayor de 20 m y diámetro normal entre 40 y 50 cm, esto con el objetivo de seleccionar árboles con cierta similitud en la edad debido a que la selección fue hecha en un rodal natural incoetáneo.

Durante los meses de abril y mayo, 2015, a cada árbol seleccionado se le recolectaron frutos para la obtención de semillas, dichos frutos son "vainas", dehiscentes, lisas y con dos suturas laterales, que contienen numerosas semillas aladas y delgadas (Pennington y Sarukhán, 2005), las cuales a su vez, se recolectaron cuando cambiaron su coloración a café claro e iniciaba la dehiscencia. Posteriormente, las vainas se trasladaron a los laboratorios en donde se llevó a cabo la caracterización del fruto, para ello se utilizaron 10

vainas por árbol. Con ayuda de una regla graduada y un vernier digital se tomaron datos de: longitud, ancho y grueso, y el peso se obtuvo en una balanza analítica. Después se les dio el manejo postcosecha, que consistió en mantener las vainas en un lugar techado para evitar la luz directa del sol, éstas se colocaron sobre el piso durante cuatro días, hasta liberar las semillas. Enseguida se realizaron tres pruebas físicas utilizando tres repeticiones de 100 semillas para cada prueba, éstas fueron: pureza (%P), número de semillas por kilogramo (NSXKG) y contenido de humedad (%CH), además se incluyeron los siguientes parámetros germinativos: porcentaje de germinación (%G), velocidad de germinación (VG), valor pico (VP) y la germinación media diaria (GMD). El análisis de pureza se realizó para determinar el porcentaje de material inerte en el lote de semillas (Ceballos-Freire y López-Ríos, 2007) con una muestra del total de semilla obtenida al final del manejo postcosecha. El ensayo consistió en tomar una muestra representativa del lote de semillas y pesar la muestra en una balanza analítica en conjunto con las impurezas, (International

**Cuadro 1.** Datos de ubicación de los individuos de *Tabebuia rosea* utilizadas para la caracterización de frutos en el Soconusco, Chiapas, México.

Regiones	Individuo	Ubicación		Altitud (m)	Precipitación (mm)	Temperatura media anual máxima y mínima (°C)
		Latitud	Longitud			
Tuzantán	Xo	15° 7' 47"	92° 26' 43"	43	2500	35-24
Mazatán	Mz1	14° 52' 19"	92° 26' 52"	36	2000	33-18
	Mz2					
	Mz3					
	Mz4					
Huixtla	Un1	15° 3' 44"	92° 30' 26"	18	2300	30-22
	Un2					
	Un3					
Metapa	Mt1	14° 51' 29"	92° 11' 21 "	160	4000	22-18
	Mt2					
	Mt3					

Seed Testing Association [ISTA], 2015). Enseguida se procedió a separar manualmente las impurezas y se pesó nuevamente la muestra, la determinación del % P se calculó con la fórmula:  $\%P = \frac{\text{peso de la semilla pura}}{\text{peso de la muestra original}} \times 100$  (Ceballos-Freire y López-Ríos, 2007; Willan, 1991).

Se registró el peso puro de las semillas por muestra, y con ello se determinó la cantidad de semilla existente en un kilogramo, tomando la fórmula:

$$NSXKG = \frac{1000 \times 1000}{\text{peso de 1000 semillas}} \quad (\text{Willan, 1991}).$$

Para determinar el contenido de humedad existente en el lote de semillas, se pesó una muestra representativa, cada muestra fue colocada en bolsas de papel que se introdujeron a una estufa de secado marca VWR modelo 1390FM, donde permanecieron a una temperatura de 70 °C durante dos días, momento en el cual el peso era constante, determinándose con la fórmula:

$$\%CH = \frac{\text{peso húmedo} - \text{peso seco}}{\text{peso húmedo}} \times 100$$

(Ceballos-Freire y López-Ríos, 2007).

Para determinar el porcentaje de germinación las semillas se sumergieron en agua destilada por un periodo de 24 horas para hidratarlas e iniciar el proceso metabólico (Ramírez-Marcial *et al.*, 2012). Posteriormente, se utilizó el método de entre papel que consistió en colocar las semillas sobre papel estraza blanco humedecido y enrollado, las muestras se colocaron bajo luz artificial blanca a una temperatura de 26±1 °C; la hidratación se mantuvo constante agregando agua cuando lo requería. El conteo de las semillas germinadas se realizó diariamente una vez que inicio la germinación, siendo la protrusión de la radícula el criterio de evaluación (Basto y Ramírez, 2015), el diseño estadístico utilizado fue completamente aleatorizado. En la evaluación final se consideraron únicamente las plántulas normales es decir, aquellas con hipocotilo y epicotilo bien desarrollados, sanas y sin deformaciones (ISTA, 2015), estimada de acuerdo a las fórmulas de Czabator (1962) y Willan (1991)

$$\%G = \frac{\text{número de plantas normales}}{\text{número de semillas sembradas}} \times 100$$

ya la VG con la fórmula:  $\%VG = \frac{\%G \text{ acumulado}}{\text{número de días transcurridos desde la siembra}}$

el VP fue el valor más alto que alcanzó la VG, y la GMD se obtuvo con la

$$\text{fórmula: } GDM = \frac{\%G}{\text{número de días transcurridos a partir del primer conteo}}$$

(Willan, 1991).

Se realizaron análisis de normalidad para cada variable mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y el procedimiento GLM del programa SAS. Las variables que no la cumplieron se analizaron con la prueba de Kruskal-Wallis. Se realizó una comparación de medias por Tukey ( $\alpha=0.05$ ); y un análisis de correlación de Pearson para determinar relación entre variables. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + I_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:  $Y_{ij}$ : Es la respuesta de la variable de interés;  $\mu$ : Es la media general del experimento;  $I_i$ : Es el efecto del  $i$ -ésimo individuo;  $\varepsilon_{ij}$ : Es el error aleatorio asociado a la respuesta  $Y_{ij}$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las variables para la caracterización de la vaina, se registraron diferencias ( $p=0.0001$ ) entre árboles (Cuadro 2), resultando el largo,  $X_0$  22.2% mayor que  $Mt_2$ ; en el ancho,  $Mz_3$  41.5% mayor que  $Un_1$ ; en el grosor,  $Un_3$  68.8% mayor que  $Mz_2$ ; y en el peso,  $X_0$  51.9% mayor que  $Mt_2$ . El Cuadro 2 muestra que los árboles:  $X_0$ ,  $Un_1$  y  $Mt_3$  son constantes en la obtención de mayores valores en cuanto a largo, grosor y peso; mientras que  $Mz_4$ ,  $Mt_2$  y  $Mt_1$  mostraron menores valores. El resultado promedio en longitud, ancho, grueso y peso de vainas fue de: 33.1 cm, 11.7 mm, 10.8 mm y 24.4 g, respectivamente para los 11 árboles; sin embargo, Álvarez (2000), encuentra un promedio de 30.91 cm, 13.5 mm, respectivamente, mientras que para la variable grueso no se encontró información disponible para una comparación. En cuanto a peso, se obtuvo un promedio de 27.64 g. Con los datos obtenidos y realizando la comparación (Álvarez, 2000) se obtuvieron diferencias morfológicas entre los lugares de estudio; es decir, registrando vainas más largas, menos anchas pero más pesadas. Con estos datos se observaron las diferencias morfológicas, confirmando que existe variabilidad entre frutos por árbol; dicha variación puede estar asociada a la adaptación fisiológica en respuesta a condiciones ambientales en las que se encuentran los individuos (Gómez-Jiménez *et al.*, 2010), además de algunos factores genéticos. En los resultados de la correlación Pearson

**Cuadro 2.** Comparación de medias en la caracterización morfológica de frutos de 11 individuos de *Tabebuia rosea* en el Soconusco, Chiapas, México.

Individuo	Largo (cm)	Ancho (mm)	Grosor (mm)	Peso (g)
Un1	36.49±0.75 a	9.75±0.16 d	13.59±0.25 a	26.26±1.07 abc
Un2	33.64±0.59 ab	10.02±0.2 d	12.42±0.49 ab	23.63±1.75 bcd
Un3	31.60±0.76 bc	10.81±0.26 cd	13.99±0.29 a	27.21±1.72 abc
Xo	37.14±1.57 a	10.74±0.13 cd	13.54±0.14 a	30.19±1.05 a
Mz1	32.00±1.33 bc	12.50±0.29 ab	9.24±0.24 cde	24.58±1.83 abcd
Mz2	33.83±1.17 ab	10.60±0.14 cd	8.29±0.12 e	21.22±1.13 cd
Mz3	30.44±0.79 c	13.80±0.22 a	9.88±0.16 bcd	22.71±1.06 bcd
Mz4	31.47±0.48 bc	11.46±0.37 bc	9.06±0.26 de	21.41±0.58 cd
Mt1	31.31±1.07 bc	12.98±0.24 a	9.36±0.23 cde	22.48±1.57 bcd
Mt2	30.40±0.61 c	12.22±0.17 ab	9.52±0.13 cd	19.88±0.82 d
Mt3	35.99±0.86 a	13.63±0.14 a	10.22±0.22 bc	28.51±1.35 ab

Nota: ±Error estándar. Medias con letras iguales no son significativamente diferentes, (Tukey, 0.05).

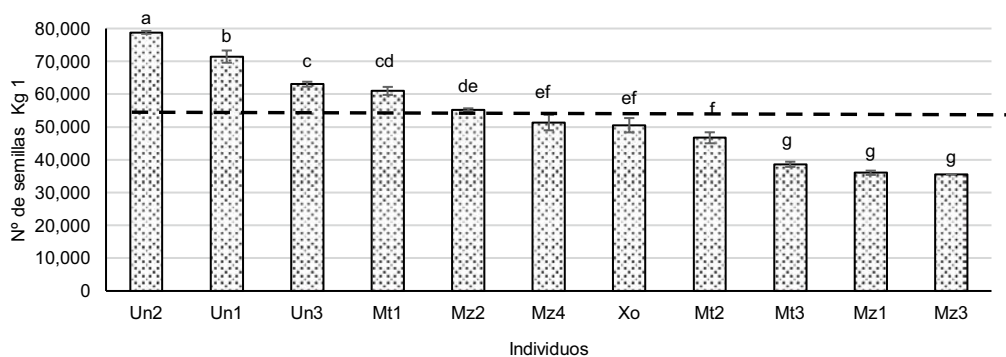
se obtuvo una correlación positiva de 0.733 ( $p=0.0103$ ) entre las variables largo-peso y entre la variable grosor-peso hubo una correlación de 0.709 ( $p=0.0146$ ), es decir a mayor longitud y grosor de vainas se obtiene mayor peso. Asimismo, se obtuvo correlación negativa de  $-0.573$  con ( $p=0.0066$ ) entre ancho/grosor, es decir, vainas más anchas son menos gruesas.

En el análisis del % P, no se encontraron diferencias significativas, mientras que el NSXKG obtuvo diferencias estadísticamente ( $p=0.001$ ), al igual que en el % CH ( $p=0.013$ ). El % P osciló en un rango de 88-97% y un valor medio de 92.5%, mientras que Quinto *et al.* (2009) reportan porcentajes más bajos (81.14%). En este estudio, en promedio, el porcentaje más alto fue obtenido por Mz1 (95%), y el valor más bajo por Mt1 (90%). Cabe mencionar que la mayor parte de las impurezas fueron los restos de ala de las semillas, debido a que las semillas se sacan directamente de la vaina evitando contaminarse de otros elementos, este comportamiento permite tener un mejor manejo y disminuir el tiempo y trabajo en esta actividad; el resultado es similar a lo reportado por

Alzugaray *et al.* (2006). El peso de 1000 semillas ayudó a determinar el NSXKG (Figura 1). En el análisis de varianza se observa que los individuos con mayor número de semillas fueron: Un2, Un1 y Un3, y los de menor valor los obtenidos por Mz3, Mz1 y Mt3, es decir, Un2 obtiene un número de 78,802 y Mz3 obtiene 35,587 semillas, por lo que Un2 obtiene una diferencia de 121% más que Mz3.

Los individuos con mayor número de semillas pertenecen a la región de Huixtla, y los más bajos a Mazatán, pudiendo asociarse a que los individuos de Huixtla reciben mayor precipitación, así también el efecto de la altitud y temperatura podrían asociarse a este comportamiento. En promedio se obtuvo un NSXKG de 53,480 semillas, mientras que Quinto *et al.* (2009) contabilizan 40,209, probablemente estas diferencias estén asociadas a los lugares de estudio y sus condiciones climáticas donde se desarrollan.

Los valores del % CH se ubicaron de 5.9-16.9 % con un promedio de 11%. La humedad más alta fue obtenida por Mz1, 58.3% más que Un3, la cual fue la más baja (Figura



**Figura 1.** Número promedio de semillas por kilogramo de 11 individuos de *Tabebuia rosea* en el Soconusco, Chiapas, México. Individuos con letras iguales no son significativamente diferentes, (Tukey, 0.05). La línea punteada es el promedio general de la especie.



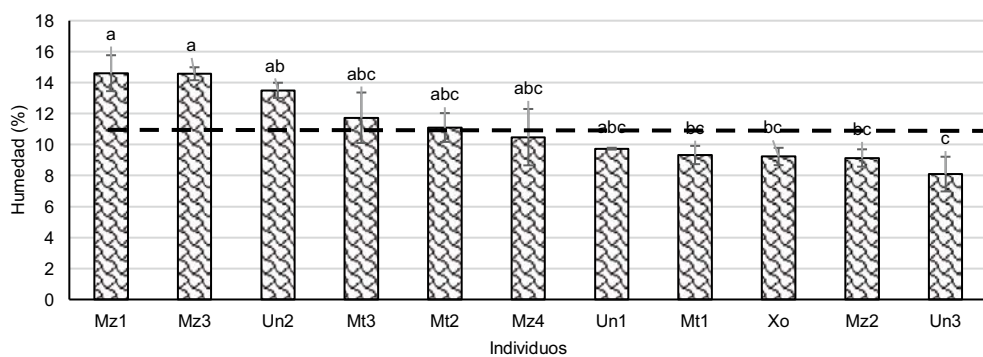
2). Los resultados son variados entre individuos pero más altos que los reportados por Quinto et al. (2009) quienes reportaron 8.7%, las diferencias encontradas pueden derivarse tanto a la madurez como al manejo de la semilla durante la recolecta (Orantes-García y Moreno-Moreno, 2013).

Vargas-Figueroa et al. (2015) consideran que estas semillas tienen un comportamiento ortodoxo pues tienen un contenido de humedad bajo después de salir del fruto. Lo anterior ha sido observado en otras especies de la familia Bignoniaceae, considerándose como una característica importante denominada tolerancia a la deshidratación (hasta del 5%) (Magnitskiy y Plaza, 2007). También se ha reportado que esta especie aun teniendo un comportamiento ortodoxo, presenta un decaimiento en la viabilidad en el periodo de un año, aun estando en condiciones de almacenamiento (Orantes-García y Moreno-Moreno, 2013), por ello es importante tomar en cuenta el manejo de la humedad en la semilla, en este caso para los individuos: Mz1, Mz2 y Un2 que tienen una humedad más alta, ya que si se desea almacenar se podría generar un ataque de hongos y pérdida de viabilidad en menor tiempo.

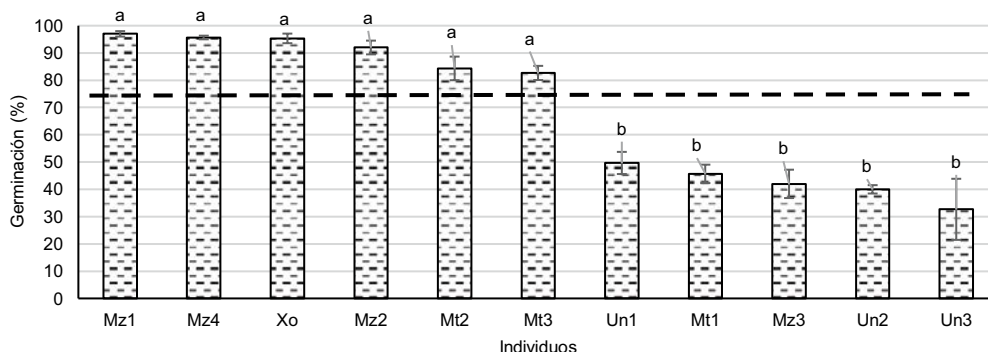
En el % G el análisis de varianza mostró que existen diferencias significativas ( $p=0.0015$ ), destacando seis individuos que se encuentran por arriba de la media pobla-

cional, siendo los mejores: Mz1, Mz4 y Xo en hasta 151% mejor respecto a Un3, Un2 y Mz3 que fueron los más bajos (Figura 3). El % G promedio fue de 68.8%. En Colombia, Vargas-Figueroa et al. (2015) reportan porcentajes superiores a 90% sembradas en papel, y Ribeiro, Costa et al. (2012) registraron 100% con semillas sembradas en sustrato. Otras especies como *Handroanthus albus*, obtienen 72% de germinación de semillas recién cosechadas, y después de un periodo de almacenamiento de seis meses este porcentaje aumenta, para disminuir seis meses posteriores hasta 18% (Duarte et al., 2014). Por tal motivo es importante tomar en cuenta este tipo de observaciones y comparar si se encuentra un comportamiento similar en la especie en estudio.

Es importante señalar que, aunque el estudio no se realizó por poblaciones, se observa que los individuos procedentes al municipio de Mazatán, obtienen los mejores resultados, y 75% de ellos obtienen buena germinación, en contraste con los individuos pertenecientes a Huixtla, donde todos los individuos obtuvieron resultados menores. Entre los individuos procedentes de Metapa, 65% de sus individuos poseen alta germinación; y para el caso de Xochiltepec, se registró un individuo con una alta germinación, por lo cual no es comparable, pero es relevante. En general la baja germinación de semillas pudo estar influenciada a la discontinuidad de la producción de semilla en el año de recolecta, el cual fue



**Figura 2.** Contenido de humedad promedio en semillas de 11 individuos de *Tabebuia rosea* en el Soconusco, Chiapas, México. Individuos con letras iguales no son significativamente diferentes, (Tukey, 0.05). La línea punteada es el promedio general de la especie.



**Figura 3.** Porcentaje de germinación promedio de semillas de 11 individuos de *Tabebuia rosea* en el Soconusco, Chiapas, México. Individuos con letras iguales no son significativamente diferentes, (Tukey, 0.05). La línea punteada es el promedio general de la especie.

desfasado para unos árboles y ausente para otros en las procedencias. Las diferencias encontradas en los lotes de semilla de cada árbol evaluado, pudo también deberse a distintos factores, entre ellos, la calidad genética que se presenta en cada árbol, la madurez fisiológica del árbol y de la semilla, las condiciones climáticas donde se desarrolla el fruto y la posición del fruto en relación al movimiento del sol (Ribeiro *et al.*, 2012) es importante tomar en cuenta este tipo de análisis para crear nuevas investigaciones que logren explicar con más claridad las distintas variaciones generadas por cada individuo.

La germinación inició al cuarto día después de la siembra en la mayoría de los lotes, culminando la evaluación a los 12 días, tiempo en el cual la tasa de germinación se mantuvo constante; los resultados son similares a los obtenidos por Ribeiro *et al.* (2012) aunque dicha evaluación fue llevada a cabo sobre sustrato, y obtuvieron el inicio de la germinación al quinto día, culminando a los 15. Asimismo, se considera que el proceso de germinación en esta especie es rápida, pues comparado con los resultados de Zamora-Cornelio *et al.* (2010) en su estudio sobre la germinación de algunas especies forestales tropicales, obtuvieron la germinación entre los 13 y 67 días.

En el presente estudio, cinco individuos obtuvieron una VG mayor, siendo los más rápidos: Mz4, Mz2 y Mz1, con su máximo valor al séptimo y octavo día,

manifestando de esta forma el vigor de la semilla, mediante la rapidez y uniformidad en la germinación (Navarro *et al.*, 2015). Mientras que el resto de los individuos fue más lento (Figura 4). El % G estuvo asociado a la GMD y VP demostrando el vigor de las plantas (Cuadro 3). Por lo tanto los mejores individuos respecto a %G y VG fueron: Mz1, Mz4, Xo y Mz2.

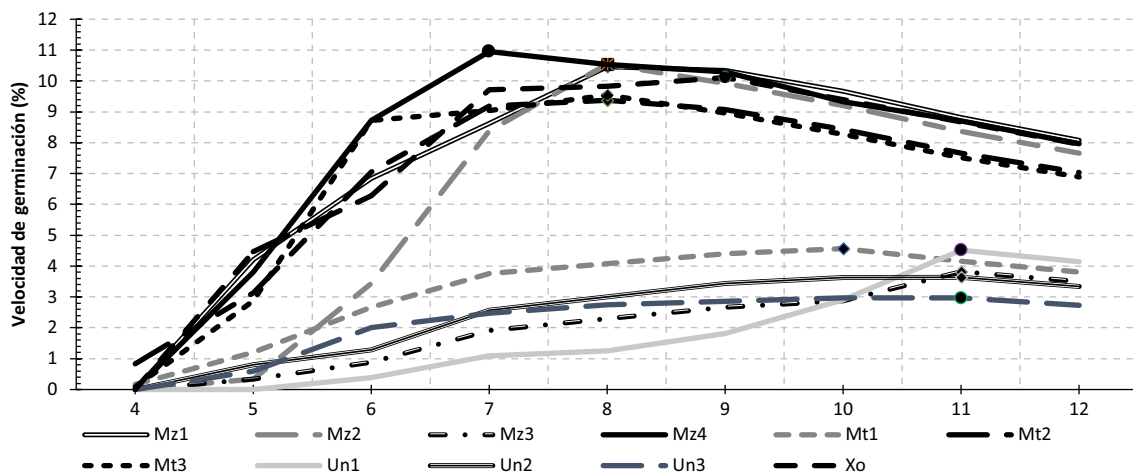
### CONCLUSIONES

Entre árboles existe alta variación en la morfología del fruto, pero sin relación con la calidad de semilla producida, la cual tiene alta variación entre árboles considerados putativamente plus de la región Soconusco, Chiapas. Dentro de la región, los árboles de Mazatán producen semilla de alta calidad y los de Huixtla de

**Cuadro 3.** Comparación de medias en el comportamiento germinativo de semillas de 11 individuos de *Tabebuia rosea* en el Soconusco, Chiapas, México.

Individuo	Valor pico	Germinación media diaria
Un1	4.52±0.37 bc	3.82±0.31 bc
Un2	3.9±0.05 c	3.08±0.12 c
Un3	3.21±1.25 c	2.51±0.86 c
Xo	10.4±0.28 ab	7.33±0.14 a
Mz1	11.63±1.24 a	7.46±0.08 a
Mz2	10.54±0.4 ab	7.08±0.19 ab
Mz3	3.82±0.47 c	3.23±0.4 c
Mz4	11.11±0.24 a	7.36±0.05 a
Mt1	4.67±0.39 bc	3.51±0.26 bc
Mt2	9.63±0.62 abc	6.49±0.33 abc
Mt3	9.54±0.33 abc	6.36±0.2 abc

Nota: ±Error estándar. Individuos con letras iguales no son significativamente diferentes, (Tukey, 0.05).



**Figura 4.** Velocidad de germinación diaria en semillas de 11 individuos de *Tabebuia rosea* en el Soconusco, Chiapas, México. Individuos con letras iguales no son significativamente diferentes, (Tukey, 0.05). La línea punteada es el promedio general de la especie.

baja calidad. Los individuos Mz1, Mz4, Xo y Mz2, pueden ser utilizados para producir semillas destinadas a la producción de plantas que podrían utilizarse para establecimiento de PFC. Aunque en este estudio se muestra la variación existente en la calidad de semilla, a través de la distribución natural presente en la región del Soconusco.

## LITERATURA CITADA

- Álvarez M. 2000. Caracterización de frutos y semillas de *Cedrela odorata* L., *Tabebuia rosea*, *Alnus acuminata* y *Cupressus lusitanica*. En 2. Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina 18-22 Oct 1999 Santo Domingo (R. Dominicana). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Alzugaray C., Carnevale N.J., Salinas A.R., Pioli R. 2006. Calidad de semillas de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schlecht. Quebracho, (13): 26–35.
- Basto S., Ramírez C. 2015. Effect of light quality on *Tabebuia rosea* (Bignoniaceae) seed germination. *Universitas Scientiarum*, 20(2): 191–199. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.SC20-2.elqt>
- Benítez G., Equihua M., Pulido M.T. 2002. Diagnóstico de la situación de los viveros oficiales de Veracruz y su papel para apoyar programas de reforestación y restauración. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 8(1): 5–12.
- Ceballos A. J., López J. A. 2007. Conservación de la calidad de semillas forestales nativas en almacenamiento. *Cenicafé*, 58(4): 265–292.
- CONABIO 2012. Lista de regiones hidrológicas prioritarias-Soconusco [online]. Recuperado el 10 de marzo de 2016, a partir de <http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doctos/Hlistado.html>
- Czabator F.J. 1962. Germination value: an index combining speed and completeness of pine seed germination. *Forest Science*, 8: 386–396.
- Duarte E., Avico E., Sansberro P., Luna C. 2014. Efecto de la testa sobre la germinación de semillas de *Handroanthus heptaphyllus* tras distintos tiempos de almacenamiento. *Revista Ciencias Agronomicas*, 14(24): 29–35.
- Flores E.M., Marín W. A. 2010. *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC. En J. A. Vozzo (Ed.), *Manual de semillas de arboles tropicales* (pp. 719–721). Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- García Y., Ramos J. M., Becerra J. 2011. Semillas forestales nativas para la restauración ecológica. *CONABIO. Biodiversitas*, 94: 12–15.
- Gómez D.M., Ramírez C., Jasso J., López J. 2010. Variación en características reproductivas y germinación de semillas de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. & Cham. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(4): 297–304.
- Herrera E.E. 2015. *Tabebuia rosea* (Bertol) DC., un árbol de color rosa y sus usos tradicionales. *Herbario CICY*, (7): 52–54.
- ISTA 2015. *ISTA Rules Full Issue*. International Rules for Seed Testing, 2015(1): 1–276. <https://doi.org/10.15258/istarules.2015.F>
- Magnitskiy S.V., Plaza G. a. 2007. Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Agronomía Colombiana*, 25(1): 96–103.
- Navarro M., Febles G., Herrera R.S. 2015. Vigor: essential element for seed quality. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 49(4): 447–458.
- Orantes C., Moreno R.A. 2013. Efecto del almacenamiento sobre la viabilidad de las semillas de *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. y *Tabebuia donnell-smithii* Rose (Bignoniaceae) en Chiapas, México. *Lacandonia*, 7(2): 67–72.
- Pennington T.D., Sarukhán K.J. 2005. *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies* (3a ed.). México: UNAM-Fondo Cultura Económica.
- Quinto L., Martínez P.A., Pimentel L., Rodríguez D.A. 2009. Alternativas para mejorar la germinación de semillas de tres árboles tropicales. *Revista chapingo Serie Ciencias Forestales y del ambiente*, 15(1): 23–28.
- Ramírez N., Luna A., Castañeda H.E., Martínez M., Holz S.C., Camacho A., González M. 2012. Guía de propagación de árboles nativos para la recuperación de bosques. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México: El Colegio de la Frontera Sur.
- Ribeiro C. A. D., Costa M. do P., de Senna D.S., Caliman J. P. 2012. Fatores que afetam a germinacao das sementes e a biomassa de plântulas de *Tabebuia heptaphylla*. *Floresta*, 42(1): 161–168.
- Vargas J. A., Duque O. L., Torres A. M. 2015. Germinación de semillas de cuatro especies arbóreas del bosque seco tropical del Valle del Cauca, Colombia. *International Journal of Tropical Biology and Conservation*, 63(1): 249–261. <https://doi.org/10.15517/rbt.v63i1.14123>
- Willan R. L. 1991. *Guía para la manipulación de semillas forestales* (R. L. Willan, Ed.). Roma, Italia: FAO-Centro de Semillas Forestales de DANIDA.
- Zamora L. F., Ochoa S., Vargas G., Castellanos J., de Jong, B. H. J. 2010. Germinación de semillas y clave para la identificación de plántulas de seis especies arbóreas nativas de humedales del sureste de México. *Revista de Biología Tropical*, 58(2): 717–732. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252010000100020>



# ANÁLISIS PALINOLÓGICO DE LA MIEL DE *Apis mellifera* L., PRODUCIDA EN EL ALTIPLANO DEL ESTADO DE PUEBLA, MÉXICO

## PALYNOLOGY ANALYSIS OF *Apis mellifera* L. HONEY, PRODUCED IN THE HIGH PLATEAU OF THE STATE OF PUEBLA, MÉXICO

Pérez-Sato, M.<sup>1\*</sup>; Flores-Garrido, A.F.<sup>2</sup>; Castro-González, N.P.<sup>1</sup>; Escobar-Hernández, R.<sup>1</sup>; Soni-Guillermo, E.<sup>1</sup>; Pérez-Hernández, H.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, PE de Ingeniería Agronómica y Zootecnia, Reforma 165 Colonia Centro, Tlatlauquitepec Puebla. C. P. 73900. <sup>2</sup>Maestría en Manejo Sostenible de Sistemas Agrícolas de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Av. Universidad s/n, San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla. C. P. 73800. <sup>3</sup>El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Av. Rancho Polígono2-A, Ciudad Industrial, 24500, Lerma Campeche, Campeche. México.

\*Autor de correspondencia: marcos.perez@correo.buap.mx

### RESUMEN

Se realizó un estudio palinológico con el objetivo de analizar la miel de *Apis mellifera* L., producida en la región altiplano del estado de Puebla y determinar su origen botánico, índices de diversidad y equidad, hábito de pecoreo y estrato vegetal de importancia, para lo cual se recolectaron nueve muestras directamente de los tanques de sedimentación de miel, así como flores en la proximidad de los apiarios en siete municipios de dicha región. Los granos de polen contenidos en 10 g de miel en cada muestra fueron extraídos por centrifugación, tratados por acetólisis y montados en gelatina glicerada. Se encontraron 51 tipos polínicos, de los cuales, sólo cuatro son considerados de importancia pertenecientes a las especies *Brassica* spp., y *Lopezia* spp.; a la familia Asteraceae y un tipo polínico desconocido. Las mieles fueron clasificadas como monoflorales de Asteraceae excepto la proveniente de San Salvador el Seco, que se consideró como multifloral con predominancia de Asteraceae. El índice de diversidad fue en un rango de 1.23 a 2.00, con una media de  $1.59 \pm 0.3$  considerado bajo en comparación con lo registrado en zonas tropicales. El índice de equidad se ubicó entre 0.46 y 0.76, con una media de  $0.58 \pm 0.1$ , lo que concuerda con el aprovechamiento de un reducido número especies. El estrato vegetal de importancia fue el herbáceo, y sólo en una muestra un tipo polínico estuvo representado por más del 70%, que determina un hábito de pecoreo polilético con fuerte preferencia por la familia Asteraceae.

**Palabras clave:** palinología, tipo polínico, Asteraceae, polilético.

## ABSTRACT

A palynology study was carried out with the objective of analyzing honey from *Apis mellifera* L., produced in the high plateau region of the state of Puebla and defining its botanical origin, indexes of diversity and equity, foraging habit, and plant stratum of importance, for which nine samples were collected directly from the honey sedimentation tanks, as well as flowers in the proximity of apiaries in seven municipalities of that region. The pollen grains contained in 10 g of honey in each sample were extracted through centrifugation, treated by acetolysis and mounted on glycated gel. Fifty-one (51) pollen types were found, of which only four are considered important, belonging to the species *Brassica* spp. and *Lopezia* spp., to the family Asteraceae, and one unknown pollen type. The honeys were classified as monofloral from Asteraceae except the one from San Salvador el Seco, which was considered multifloral with predominance of Asteraceae. The diversity index was in a range of 1.23 to 2.00, with a mean of  $1.59 \pm 0.3$  considered low in comparison to what is found in tropical zones. The equity index was placed between 0.46 and 0.76, with a mean of  $0.58 \pm 0.1$ , which agrees with the exploitation of a reduced number of species. The important plant stratum was the herbaceous, and only in one sample of pollen type was represented by more than 70 %, which determines a polylectic foraging habit with strong preference for the Asteraceae family.

**Keywords:** palynology, pollen type, Asteraceae, polylectic.

racterización melisopalinológica de la miel de *Scaptotrigona mexicana* Guérin y *Apis mellifera* L., en la sierra norte, por Ramírez-Arriaga y Martínez-Hernández (2007). Por lo antes expuesto, la presente investigación tuvo como objetivo analizar mediante estudios palinológicos la miel de *Apis mellifera* L., producida en la región altiplano del estado de Puebla, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó con muestras de miel producida en la región del altiplano del estado de Puebla, México, que corresponde a la provincia biogeográfica Eje Neovolcánico y a la subprovincia Lagos y volcanes del Anáhuac, caracterizada por la presencia de llanuras y valles (CONABIO, 2011). Se recolectaron muestras de los municipios de Aljojuca, Amozoc, Atlixco, Huejotzingo, Nopalucan, San Salvador el Seco y San Nicolás Buenos Aires. Las muestras se recolectaron de 500 ml de miel, directamente del tanque de sedimentación de productores apicultores, en los meses de octubre y noviembre de 2016 (Cuadro 1). Se realizaron visitas a las zonas de pecoreo y se recolectaron 24 plantas en floración en las que se observó visita de abejas, las

## INTRODUCCIÓN

La miel de abeja (*Apis mellifera* L.) es el principal producto de la colmena y es considerado como un alimento esencialmente energético, en el que se han encontrado propiedades curativas desde tiempos ancestrales (Weirich *et al.*, 2002). Es por ello, que existe una creciente demanda por mieles diferenciadas (Ciappini *et al.*, 2009) que pueden variar de acuerdo a su origen botánico (Zandamela, 2008). En la miel se encuentran granos de polen provenientes, de las plantas pecoreadas por las abejas, por lo que es de interés su análisis a través de estudios palinológicos los cuales ayudan para la determinación de su origen botánico, proveen información sobre su calidad en relación al proceso de extracción o adulteración (Von Der Ohe *et al.*, 2004); permiten la observación de los hábitos de pecoreo de las abejas (Ciappini *et al.*, 2009; Stawiarz y Wróblewska, 2010) y promueven la conservación y recuperación de algunos tipos de vegetación de importancia apícola (Ramírez-Arriaga *et al.*, 2011), que contribuyen al sostenimiento de la producción y amortiguan la actividad humana en general (Silva *et al.*, 2006); contribuyendo a hacer de la apicultura una actividad sustentable. En México, se cuenta actualmente con estudios palinológicos de la miel producida en el Valle de México (Piedras y Quiroz, 2007), Yucatán (Alfaro *et al.*, 2010), Tabasco (Castellanos, 2010), Oaxaca (Ramírez-Arriaga *et al.*, 2011) y Zacatecas (Acosta-Castellanos *et al.*, 2011), entre otros. Por lo que respecta al estado de Puebla, se cuenta con la ca-

**Cuadro 1.** Clasificación de las muestras de miel de *Apis mellifera* L., producida en la región altiplano del estado de Puebla, México, por su procedencia durante otoño 2016.

Municipio	Clasificación
Nopalucan	ALT1
Nopalucan	ALT2
Atlixco	ALT3
Huejotzingo	ALT4
San Salvador el Seco	ALT5
San Nicolás Buenos Aires	ALT6
Aljojuca	ALT7
Chachapa	ALT8
Amozoc	ALT9

cuales fueron montadas para su posterior identificación. Además, se obtuvieron muestras de flores de las mismas especies las cuales se colocaron en alcohol al 70% y procesadas para extraer el material polínico (Sajwani *et al.*, 2007). Adicionalmente se realizó una consulta con apicultores locales para identificar especies vegetales de importancia y determinar sus épocas de floración.

**Extracción y preservación del material polínico de miel y de referencia**

Para la obtención de los granos de polen presentes en la miel, así como a las flores del material polínico de referencia, se utilizó la metodología de Louveaux *et al.* (1978) y fueron procesadas mediante el método de acetólisis de Erdtman (1969), ambas metodologías recopiladas y descritas por Alfaro *et al.* (2010). Todas las muestras fueron montadas de forma individual en un portaobjetos y preservadas con grenetina glicerada hasta la realización de los análisis microscópicos. Las variables evaluadas fueron: Caracterización botánica (Louveaux *et al.*, 1978), índice de diversidad (Shannon-Weaver, 1949), índice de equidad (Pielou, 1984), hábito de pecoreo (Quiroz y Palacios, 1999) y estrato vegetal de importancia.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se encontraron 51 tipos polínicos; sin embargo, muchos de ellos tuvieron un nivel de representación menor al 3%. Únicamente cuatro tipos se consideraron de importancia: los tipos *Brassica* spp., *Lopezia* spp y tipo 10. El tipo Asteraceae se catalogó como dominante (Cuadro 2), por lo que las muestras se consideraron monoflorales

para éste tipo, excepto la muestra ALT5 perteneciente a San Salvador el Seco, la cual puede considerarse multifloral con predominancia de la familia Asteraceae.

**Índice de diversidad**

El índice de diversidad sirve para determinar el tamaño de nicho trófico a través del número de taxa presentes en las muestras de miel. En el presente estudio, los valores de diversidad se encontraron en un rango de 1.23 a 2.00 (Figura 1).

**Índice de equidad**

El índice de equidad (*J'*) permite conocer la uniformidad de pecoreo de las abejas. El pecoreo es uniforme si el valor se aproxima a 1 y heterogéneo cuando el valor se aproxima a 0. En la presente investigación se registraron valores de 0.46-0.76 (Figura 2).

**Hábito de pecoreo**

De las muestras analizadas, en la procedencia de Atlixco, se registró que una familia de plantas estuvo representada por más del 70% de los granos de polen contados (82.86%).

**Estrato vegetal de importancia**

La presencia como tipo polínico de mayor importancia por las especies *Brassica* spp., *Lopezia* spp. (Asteraceae) indicaron que el estrato de preferencia es herbáceo.

En cuanto a la caracterización botánica los resultados concuerdan con lo mencionado por Girón (1995) en

**Cuadro 2** Frecuencias relativas (%) de los tipos polínicos encontrados en mieles del altiplano de Puebla, México, y su clasificación.

Tipo polínico*	Muestra								
	ALT1	ALT2	ALT3	ALT4	ALT5	ALT6	ALT7	ALT8	ALT9
Brassica spp.	17.17SE	26.61SE		6.97IM	31.33SE	32.69SE	34.42SE	14.48IM	38.08SE
Asteraceae	50.05DO	47.04DO	82.86DO	62.02DO	42.30SE	59.09DO	60.09DO	47.36DO	45.34DO
Lopezia spp.			2.4 Mi		22.92SE				5.31IM
10	4.51IM	3.67IM	2.03Mi	20.51SE				28.01SE	7.08IM
12	8.44IM	3.49IM							
19				2.85Mi					
21			4.61IM						
22			2.21Mi	3.04IM					
23		5.73IM							
27		3.05IM							
46								3.17IM	

\* DO, polen dominante (>45%); SE, polen secundario (16-45%); IM, polen importante minoritario (3-15%); Mi, polen minoritario (<3%) (Louveaux *et al.*, 1978).

Colombia, quien, de 53 tipos reportados, indica que las especies de importancia sólo fueron dos: *Coffea arabica* y *Mimosa púdica*. Ramírez-Arriaga y Martínez-Hernández (2007) en la sierra norte de Puebla, reportaron 14 especies en la muestra de miel de *Apis mellifera* L.; sin embargo, sólo cuatro fueron de importancia (*Muntingia calabura* L., *Coffea arabica* L., *Pimenta dioica* (L) Merr., y *Miconia artentea* L.). La presencia de especies con frecuencias relativas bajas puede deberse a la contaminación debida al procesamiento del polen por parte de las abejas y la presencia de polen anemófilo (Quiroz y Palacios, 1999). Ramalho *et al.* (1985), mencionaron que los tipos con porcentajes de representación entre el 1% y 10%, pueden considerarse como fuentes secundarias, poco atractivas, pero con potencial para complementar los requerimientos alimenticios de la colonia. Sólo las especies con representación del 10% o más, se consideran fuentes importantes de alimento. Resultados similares mencionan Quiroz-García y Arreguín-Sánchez (2008), quienes, en Morelos, México, identificaron tres tipos de importancia para la localidad de Tlayacapan, cinco en Cuernavaca, y sólo dos para la localidad de Tepoztlán, clasificándose ésta última como monofloral de la familia Asteraceae.

Piedras y Quiroz (2007) en dos localidades del sur del Valle de México encontraron que los recursos de mayor importancia fueron los géneros *Brassica* spp., *Eucalyptus* spp., y *Lopezia* spp., así como otros de la familia Asteraceae. Las mieles se clasificaron como multiflorales, siendo la miel de Tláhuac multifloral con dominancia de Asteraceae. La importancia de la familia Asteraceae se debe a su diversidad y abundancia, como lo mencionan Ramalho *et al.* (1985), además

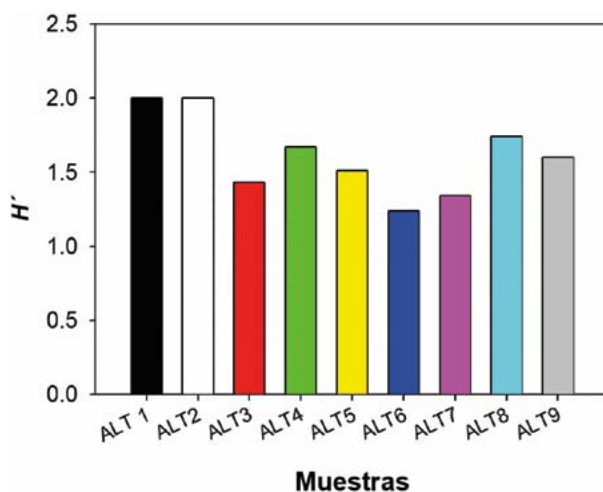
son ampliamente visitadas por las abejas al proporcionar néctar y polen (Valle *et al.*, 2000). Es importante considerar, que la apicultura desarrollada en la región de estudio, es principalmente de tipo trashumante y las colonias son trasladadas a la región del altiplano en la época de floración abundante de dicha familia.

Los valores de  $J'$  presentaron una media de 0.58. En la muestra ALT5 del municipio

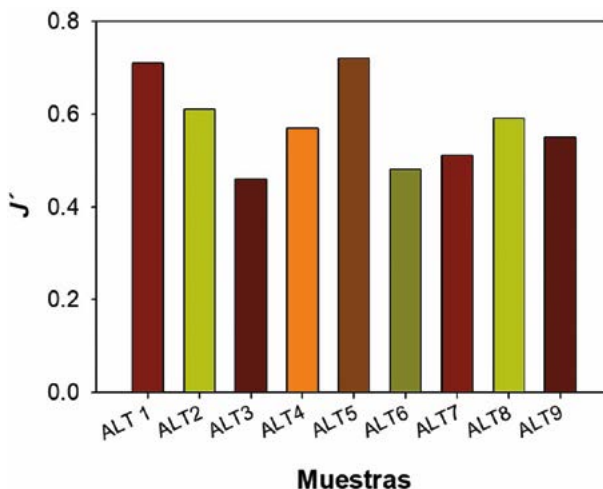
de San Salvador el Seco, se observó el índice de equidad más alto correspondiendo a un pecoreo más homogéneo y puede relacionarse positivamente con la presencia de la familia Asteraceae y las especies *Brassica* spp., *Lopezia* spp., todos como tipos secundarios (SE). Estas dos últimas especies ya han sido reportadas como de importancia para la alimentación de las abejas *Lopezia* spp., como recurso nectífero y *Brassica* spp., como recurso néctar-polinífero en Argentina (Andrada *et al.*, 1998; Basualdo *et al.*, 2006); en el estado de México (Piedras y Quiroz, 2007), y Zacatecas (Acosta-Castellanos *et al.*, 2011).

En ALT3, del municipio de Atlixco, se encontró el índice de equidad más bajo, lo que indica un pecoreo heterogéneo y se relaciona con la dominancia del tipo Asteraceae (83.86%) lo que significa que esta especie es aprovechada de forma intensa como lo mencionan

Ramírez-Arriaga y Martínez-Hernández (2007). Estos índices de equidad son similares a los encontrados por Piedras y Quiroz (2007) en Xochimilco (0.50) y Tláhuac (0.66) en la Ciudad de México; sin embargo, ellos reportan una relación positiva entre el índice de diversidad y de equidad que es lo contrario a lo encontrado en el presente trabajo para ALT5 en la que, a pesar de la preferencia por la familia Asteraceae observada en



**Figura 1.** Valores de los índices de diversidad ( $H'$ ) de la miel producida en la región altiplano del estado de Puebla. Otoño 2016.



**Figura 2.** Valores de los índices de equidad ( $J'$ ) en la miel producida en la región altiplano de estado de Puebla. Otoño 2016.

las otras muestras, podría existir menor abundancia de dicha familia en el municipio de procedencia.

De acuerdo con la clasificación de Müller (1996) citado por Quiroz y Palacios (1999), las abejas muestran un hábito de pecoreo poliléctico con fuerte preferencia por Asteraceae. Sin embargo, las otras ocho muestras no mostraron esta característica, determinando un hábito de pecoreo poliléctico. Dicho comportamiento fue igual en el estado de México (Piedras y Quiroz, 2007), el norte de Puebla (Ramírez-Arriaga y Martínez-Hernández, 2007), Oaxaca (Ramírez-Arriaga *et al.*, 2011) y Tabasco (Castellanos-Potenciano *et al.*, 2012); lo que demuestra que las abejas pueden visitar un gran número de especies; sin embargo, pocas son las de real importancia, indicando que la relación entre abejas y flores es conductual y fisiológica (Piedras y Quiroz, 2007), como lo apuntan Ramalho *et al.* (1985), al indicar que la utilización de un número determinado de especies depende del tamaño de la colonia, la diversidad y distribución de los recursos locales y la abundancia de recursos atractivos. El estrato herbáceo, las especies *Brassica* spp., *Lopezia* spp. (Asteraceae), en ocasiones son consideradas malezas y crecen de forma natural a las orillas de los caminos, de las zonas boscosas (Ramalho *et al.*, 1985), o en zonas cuya vegetación original ha sido perturbada (Piedras y Quiroz, 2007). Estas plantas nativas son importantes para las abejas, sobre todo cuando no se encuentran especies cultivadas que les sean atractivas (Girón, 1995), lo cual se hace patente al observar que la mayor parte de la superficie de los municipios muestreados se dedica a la agricultura (Aljojuca 69%, Amozoc 55%, Atlixco 69%, Huejotzingo 65%, Nopalucan 85%, San Salvador el Seco 65%, San Nicolás Buenos Aires 72%). No obstante, el espectro polínico depende en parte de la riqueza floral de la región donde se halla la colmena (Piedras y Quiroz, 2007). En Yucatán, México, Alfaro *et al.* (2010), encontraron que el estrato arbóreo y herbáceo fueron aprovechados casi en la misma proporción. Castellanos-Potenciano *et al.* (2012) en el estado de Tabasco, registraron que el estrato arbóreo fue el más utilizado (55.2%) seguido del herbáceo (27.6%) y por último el arbustivo (17.2).

## CONCLUSIONES

Las muestras analizadas provenientes de los municipios de Aljojuca, Amozoc, Atlixco, Huejotzingo, Nopalucan y San Nicolás Buenos Aires, de Puebla, se catalogaron como monoflorales para el tipo polínico Asteraceae; únicamente la muestra procedente de San Salvador el

Seco, se clasificó como multifloral con predominancia de Asteraceae. La abeja mostró un comportamiento de pecoreo poliléctico, con bajos índices de diversidad y un comportamiento tendiente a ser heterogéneo como lo demuestran sus bajos índices de equidad, confirmando el hábito generalista de la abeja, con la característica de aprovechar de forma intensiva un número reducido de especies vegetales. El estrato utilizado como recurso nectífero es el herbáceo y las plantas de importancia en las muestras analizadas, fueron un tipo polínico desconocido y las especies *Brassica* spp., *Lopezia* spp., y la familia Asteraceae; las cuales suelen ser consideradas como malezas, por lo cual, es necesario realizar esfuerzos para su conservación, tal como sucede con otras especies en el mundo, pues contribuyen en gran medida a la sostenibilidad de la producción apícola.

## LITERATURA CITADA

- Acosta-Castellanos S., Quiroz-García L., Arreguín-Sánchez M. L., Fernández-Nava R. 2011. Análisis polínico de tres muestras de miel de Zacatecas, México. *Polibotánica* 32: 179-191.
- Alfaro B. R. G., González A. J. A., Ortiz D. J. J., Viera C. F. A., Burgos P. A. I., Martínez H. E., Ramírez A. E. 2010. Caracterización palinológica de las mieles de la península de Yucatán. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Editorial Universidad Autónoma de Yucatán, México. 137 p.
- Andrada A., Valle A., Aramayo E., Lamberto S., Cantamutto M. 1998. Análisis polínico de las mieles de las sierras australes de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetales* 13: 265-276.
- Basualdo M., Pereda A., Bedascarrasbure E. 2006. Caracterización botánica y geográfica de mieles de la cuenca del salado, provincia de Buenos Aires, Argentina. *RIA* 35: 5-14.
- Castellanos-Potenciano B. P., Ramírez-Arriaga E., Zaldívar-Cruz J. M. 2012. Análisis del contenido polínico de mieles producidas por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el estado de Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28: 13-36.
- Ciappini M. C., Gattuso S. J., Gatti M. B., Di Vito M. V., Gómez G. 2009. Miele de la provincia de Santa Fe (Argentina). Determinación palinológica, sensorial y fisicoquímica, según provincias fitogeográficas. Primera parte. Universidad del Centro Educativo Latinoamericano Argentina. *Invenio* 12: 109-120.
- CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2011. La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 p.
- Erdtman G. 1960. The acetolysis method: a revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift* 54: 561-564.
- Girón V. M. 1995. Análisis palinológico de la miel y la carga de polen colectada por *Apis mellifera* en el suroeste de Antioquia, Colombia. *Bol. Mus. Ent. Univ. Valle* 3: 35-54.
- Louveaux J., Maurizio A., Vorwohl G. 1978. Methods of Melissopalynology. *Bee World* 59: 139-157.
- Piedras G. B., Quiroz G. D. L. 2007. Estudio melisopalínológico de dos mieles de la porción sur del Valle de México. *Polibotánica* 23: 57-75.



- Pielou E. C. 1984. The interpretation of ecological data. John Wiley and Sons, Inc. New York. 262 p.
- Quiroz-García D. L., Arreguín-Sánchez M. L. 2008. Determinación palinológica de los recursos florales utilizados por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el estado de Morelos, México. *Polibotánica* 26: 159-173.
- Quiroz G. D. L., Palacios C. R. 1999. Determinación palinológica de los recursos florales utilizados por *Centris inermis* Friese (Hymenoptera: Apidae) en Chamela, Jalisco, México. *Polibotánica* 10: 59-72.
- Ramalho V. L. M., Imperatriz-Fonseca., Kleinert-Giovannini A., Cortopassi-Laurino M. 1985. Exploitation of floral resources by *Plebeia remota* Holmberg (Apidae, Meliponinae). *Apidologie* 16: 307-330.
- Ramírez-Arriaga E., Martínez-Hernández E. 2007. Melissopalynological characterization of *Scaptotrigona Mexicana* Gúerin (Apidae: Meliponini) and *Apis mellifera* L. (Apidae: Apini) honey samples in northern Puebla state, Mexico. *Journal of Kansas Entomological Society* 80: 377-391.
- Ramírez-Arriaga E., Navarro-Calvo L. A., Díaz-Carbajal E. 2011. Botanical characterization of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis. *Grana* 50: 40-54.
- Sajwani A., Farooq S. A., Patzelt A., Eltayeb E. A., Bryant V. M. 2007. Melissopalynological studies from Oman. *Palynology* 3: 63-79.
- Shannon C. E., Weaver W. 1949. The mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press. 117 p.
- Stawiarz E., Wróblewska A. 2010. Melissopalynological analysis of multifloral honeys from the Sandomierska upland area of Polonia. *Journal of Apicultural Science* 54: 65-75.
- Valle A., Aramayo E., Andrada A., Gill M., Lamberto S. 2000. Análisis polínico de las mieles de tres partidos con litoral marítimo del sur de la Provincia de Buenos Aires, Argentina. *IDESIA* 18: 33-40.
- Von Der Ohe W., Persano O. L., Piana M. L., Morlot M., Martin P. 2004. Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie* 35: 18-25.
- Weirich G. F., Collins A. M., Williams V. P. 2002. Antioxidant enzymes in the honey bee. *Apis mellifera* L. *Apidologie* 33: 3-14.
- Zandamela M. E. M. 2008. Caracterización físico-química y evaluación sanitaria de la miel de Mozambique. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. 57 p.



# RENTABILIDAD DE DOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉ CEREZA (*Coffea arabica* L.) EN PLUMA HIDALGO, OAXACA, MÉXICO

## PROFITABILITY OF TWO PRODUCTION SYSTEMS OF COFFEE CHERRY (*Coffea arabica* L.) IN PLUMA HIDALGO, OAXACA, MÉXICO

Barrita-Ríos, E.E.<sup>1</sup>, Espinosa-Trujillo, M.A.<sup>2</sup>, Pérez-Vera, F.C.<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Licenciado en Administración por la Universidad NovaUniversitas. Carretera a Puerto Ángel Km. 34.5, Ocotlán de Morelos, Oaxaca, México C.P. 71513. <sup>2</sup>Profesor-Investigador. Universidad NovaUniversitas. Carretera a Puerto Ángel Km. 34.5, Ocotlán de Morelos, Oaxaca, México C.P. 71513. <sup>3</sup>Doctorado en Economía por el Colegio de Postgraduados. Carretera México-Texcoco km 36.5 Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56230.

\*Autor de correspondencia: florvera\_95@hotmail.com

### RESUMEN

Con el fin de determinar la rentabilidad de producción de café cereza (*Coffea arabica* L.), en una región de Oaxaca, México, se realizó un estudio de campo para estimar la relación beneficio-costo del café producido bajo el sistema convencional y orgánico; seleccionando un área de producción para cada sistema, en el municipio Pluma Hidalgo, Oaxaca. El estudio se realizó en tres etapas, aplicando en la primera, un cuestionario exploratorio, para identificar la problemática y variables implicadas; en la segunda, se procedió a seleccionar productores de acuerdo a las variables: superficie sembrada, variedad y cafetos con edad similar; y en la tercera, se analizaron los datos para determinar la rentabilidad de las unidades de producción. Para la producción convencional el indicador de rentabilidad fue de 1.05, indicando recuperación de inversión y de cinco centavos, mientras que, para la producción orgánica, el indicador fue de 1.42, mostrando mayor rentabilidad.

**Palabras clave:** Orgánico, utilidad, inversión, costo total, ingreso total.

### ABSTRACT

With the aim of determining the profitability of production of coffee cherry (*Coffea arabica* L.) in a region of Oaxaca, México, a field study was performed to estimate the benefit-cost relation of the coffee produced under the conventional and organic system, selecting a production area for each system, in the municipality of Pluma Hidalgo, Oaxaca. The study was carried out in three stages, applying in the first an exploratory questionnaire, in order to identify the problematic and variables implied; in the second, producers were selected according to the variables: surface sown, variety and coffee trees with similar age; and in the third, the data were analyzed to determine the profitability of production units. For conventional production the profitability indicator was 1.05, showing a restoration of the investment and of five cents, while for organic production, the indicator was 1.42, showing higher profitability.

**Keywords:** organic, profit, investment, total cost, total income.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo, 2018. pp: 104-107.

**Recibido:** noviembre, 2017. **Aceptado:** febrero, 2018.

## INTRODUCCIÓN

En México la producción de café (*Coffea arabica* L.) es una de las principales actividades dentro del sector agrícola. Se comenzó a plantar desde el siglo XVIII y se ha convertido en uno de los cultivos más importantes generadores de empleo y de ingreso en las comunidades rurales, en al menos 349,701 unidades de producción (Robles, 2011). Para el año 2016, la producción fue de 824,082 toneladas con un valor de 4,523.9 millones de pesos, misma que se produjo en una superficie sembrada de 730,011 hectáreas (SIAP, 2017) y se concentró el 74% de esta superficie en los estados de Chiapas, Veracruz y Oaxaca. Una de las principales características de este cultivo es su adaptabilidad en diferentes ecosistemas del país, tales como la selva tropical húmeda, bosques de pino-encino, selvas bajas caducifolias y bosques mesófilos de montaña (Moguel y Toledo, 1996). Respecto a la distribución de la producción agrícola a nivel nacional, el 73% fue destinada para la venta y el 23% para autoconsumo, para aquellos productores que destinaron su producción al mercado, el 42.3% se lo vendieron a un intermediario (INEGI, 2015), este nivel de intermediarismo ha generado que en los principales estados productores de café se organicen, con la finalidad de comercializar su producción de manera directa con organizaciones sociales. En la Región Frailesca del Estado de Chiapas el 63% de los cafecultores comercializan el café pergamino bajo este esquema (Medina *et al.*, 2016). El costo del transporte es uno de los principales problemas que motiva al productor a vender el café a los intermediarios, tal como es el caso del municipio de Huehuetla, Puebla (Alvarado *et al.*, 2006) o en la región Selva-fronteriza de Chiapas, que presenta dificultades para introducir insumos y sacar las cosechas de café (Vargas, 2007). El acceso al crédito, los altos costos de insumos, pérdida de la cosecha por las condiciones climáticas, plagas y enfermedades, falta de asistencia técnica e incertidumbre en el precio del café, se suman a esta circunstancia (Robles, 2011), además de que el café se comercializa en cereza en el mercado local, lo que implica un escaso valor agregado, generando precios relativamente bajos (Perea, 2008). Actualmente, la demanda de productos con calidad, inocuos y la preocupación en la conservación del medio ambiente, exige a los productores ofrecer productos que cubran las expectativas y preferencias del consumidor, produciendo alimentos orgánicos que cumplen estas exigencias. En el sector productivo del café, en 2016, se cultivaron 22,127 hectáreas bajo esta modalidad, lo que representó un incremento del 8.4% respecto al 2011 (SIAP, 2017) y esto permite obtener un mayor precio en relación a los productos convencionales, además de contribuir con el cuidado del medio ambiente y generar fuentes de empleo (Gómez *et al.*, 1999). Los problemas mencionados anteriormente, han sido una limitante para los productores, debido a que han tenido que absorber el costo que implica su solución, afectando de manera directa sus ingresos. Para 2016 el municipio obtuvo una producción total de café cereza de 959.7 t, de las cuales 630 correspondieron a café orgánico, aportando el 28% del total de la producción estatal, equivalente a 2,234.4 t (SIAP, 2017). Existe una visible tendencia en la producción orgánica de este cultivo, dado que el 65.6% de la producción total del municipio se produjo bajo este sistema, lo cual permite a los productores obtener mayores beneficios, además de ser una fuente generadora de empleos directos e indirectos. La población total de Pluma Hidalgo es de 2,871 personas, de las cuales 51.86% son mujeres. Respecto a su

distribución según la actividad económica, se tiene que el 53% de la población ocupada busca oportunidades de ingresos dentro del sector primario, realizando actividades en la agricultura y la ganadería (INEGI, 2016). El municipio también se caracteriza por sus altos niveles de pobreza. Hasta el año 2010, 60.6% de la población no contaba con el ingreso suficiente para adquirir una canasta de alimentos que contribuya a sus requerimientos de energía y nutrientes necesarios para un buen desarrollo (CONEVAL, 2011). Antecedentes que obligan a obtener indicadores de rentabilidad de unidades de producción que permitan conocer la magnitud de las utilidades obtenidas por el productor, y que estas sean un soporte de decisión o incentivo para que este, transite de una producción convencional a una orgánica y le permita contribuir en el desarrollo económico y social de su comunidad. El objetivo, fue determinar la rentabilidad de café cereza orgánico y convencional en el municipio de Pluma Hidalgo, Oaxaca, México, por ser el principal productor de café orgánico del Estado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en tres etapas. En la primera, se aplicó un cuestionario de carácter exploratorio, con el fin de identificar los problemas, las variables implicadas y sus relaciones con el fenómeno a estudiar (Cazau, 2006); en la segunda etapa se procedió a seleccionar a los productores de acuerdo a características similares, tales como superficie sembrada, variedad de café y cafetos con edades similares; y en la tercera etapa se analizaron los datos obtenidos para determinar la rentabilidad de las unidades de producción seleccionadas. El

indicador utilizado para medir la rentabilidad de las unidades de producción fue la Relación Beneficio-Costo (RB-C), esto es:

$$RB-C=IT/CT; IT=PV*R; CT=CF+CV$$

Donde: *IT*=Ingreso Total; *CT*=Costo Total; *PV*=Precio de Venta; *R*=Rendimiento; *CF*=Costos Fijos; *CV*=Costos Variables.

Los costos fijos son en los que incurre el productor pero que no dependen del nivel de producción, y los costos variables son erogaciones que se realizan y están vinculados directamente con la cantidad producida (Mankiw, 2012). Se consideraron los siguientes criterios, mismos que definen la rentabilidad de las unidades de producción en estudio:

Si  $RB-C=1$ , implica que no se pierde ni se gana algún beneficio;  $RB-C<1$ , implica que se generan pérdidas; y si  $RB-C>1$ , entonces se obtienen ganancias.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la producción de café orgánico y convencional,

la mano de obra fue el rubro que generó mayores gastos al productor, con una participación de 93% y 98%, respectivamente, siendo la cosecha y poda de saneamiento el mayor costo, seguido de la fertilización para el sistema convencional y control de maleza para el orgánico (Cuadro 1).

En general, son las mismas actividades para ambos sistemas de producción, a excepción de la fertilización y composteo. El productor convencional lleva a cabo la fertilización, y el orgánico la aplicación de composta. Las labores culturales son las mismas en ambos sistemas: la poda de cariño, levantamiento de sombra, control de maleza y terrazas se hacen obligatoriamente. El productor seleccionado de café convencional, tiene 45 años produciendo bajo este sistema, cuenta con 70 hectáreas de tierra; sin embargo, solo 10 hectáreas se encuentran en producción de café. En la cosecha, contrata hasta 20 trabajadores eventuales. Su capital productivo consta de un vehículo, bodega, despulpadora de motor, estanque de cemento, patio de secado, tostadora, molino y selladora de bolsas. Este productor acopia la producción de café pergamino de la región para tostarlo, molerlo y venderlo directamente al consumidor. Mientras que el productor

de café orgánico cuenta con experiencia de más de 100 años, y apartir del año 2000 obtiene la certificación, cuenta con 180 hectáreas de tierra, pero únicamente 10 hectáreas tienen en producción de café. Su capital productivo consta de estanque de cemento, patio de secado, despulpadora, bodega y transporte. La utilización de fertilizantes o composta estuvo determinada por la capacidad monetaria de cada productor. El productor de café convencional no aplica agroquímicos con intensidad y carece de un programa de fertilización y análisis de suelo por la falta de recurso económico, únicamente aplicó productos agroquímicos para fertilizar y prevenir de plagas y enfermedades en cafetos más jóvenes, mientras que el productor en la modalidad orgánica, hizo uso de abono orgánico obtenido por su composta, que indica, es insuficiente para aplicar en todas las plantas, no emplea fuentes orgánicas comerciales, esto hace que la inversión en insumos sea considerablemente baja. El costo de jornal en la región es de \$120.00 por día; sin embargo, en temporada de cosecha es común observar que en las fincas de Pluma Hidalgo se acostumbre a pagar a destajo (comisión), por

**Cuadro 1.** Costos de producción de café cereza en Pluma Hidalgo, ciclo 2015-2016.

Conceptos	Convencional (\$)	Orgánico certificado (\$)
Mano de obra		
Construcción y mantenimiento de terrazas	480	360
Fertilización granulada	720	-
Levantado de sombra	360	240
Control de maleza	480	864
Fertilización foliar	144	-
Control de plaga y enfermedades	216	192
Cosecha y poda de saneamiento	7,680	7,560
Preparación de la composta	-	180
Aplicación de composta	-	432
Insumos		
Fertilizante sintético	131	-
Combustible	54	100
Fertilizante orgánico	-	100
Certificación		
Costo anual por certificación	-	494.1
<b>Costo total por hectárea</b>	<b>10,265.2</b>	<b>10,522.1</b>

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en la investigación. \$=Pesos mexicanos equivalente a \$18.90 pesos por un dólar americano.

lata (19 litros de capacidad) de café cereza cosechado. Los costos de mano de obra para la cosecha representan 74.8% del total de los costos para el productor convencional y 71.8% para el productor de café orgánico (Cuadro 1). Se debe considerar que el productor de café orgánico requiere de más labores culturales, tales como el composteo y su aplicación en la planta.

En relación a beneficios obtenidos por programas públicos, los productores reciben apoyo para la implementación de viveros, con el fin de reponer las plantas dañadas por las plagas, también reciben algunos insumos para elaborar trampas y controlarlas, además de herramientas menores, tales como palas, machetes y barretas por parte de Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Algunos productores mencionaron que la asesoría técnica es escasa, y cuando hay, la consideran insuficiente, superficial y no apta a los sistemas productivos que existen en la región. El rendimiento promedio del café por hectárea en Pluma Hidalgo fue de siete quintales (SIAP, 2016). En la presente investigación se encontró que el rendimiento fue de 4.5 a 6 quintales, debido a que las plagas afectaron el rendimiento y, finalmente, el ingreso de los productores. De acuerdo a los resultados obtenidos, se tiene que la relación beneficio-costo para el productor convencional fue de 1.05, lo que indica que la producción de café es rentable, esto es, por cada peso que

el agricultor invirtió, recupera su inversión y obtiene una ganancia adicional de cinco centavos. Para el caso del productor de café orgánico, el indicador de rentabilidad fue de 1.42, por lo que se concluye que la producción bajo este sistema es rentable, puesto que, por cada peso invertido obtiene una ganancia adicional de 42 centavos (Cuadro 2).

Durante el ciclo 2015-2016, los gastos e ingresos generados en la producción de café orgánico y convencional, hizo que los productores obtuvieran una ganancia de \$534.8 y \$4,477.9 por hectárea, respectivamente (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Relación beneficio-costo en dos sistemas de producción de café en Pluma Hidalgo, Oaxaca, México, ciclo 2015-2016.

Concepto <sup>1</sup>	Café convencional	Café orgánico certificado
Rendimiento (quintales/ha)	4.5	6
Precio por quintal (\$)	2,400	2,500
Ingreso Total (\$)	10,800	15,000
Costo Total (\$)	10,265.2	10,522.1
RB-C	1.05	1.42

<sup>1</sup>Para una hectárea; Fuente: elaboración propia con datos obtenidos en la investigación.

## CONCLUSIONES

La rentabilidad del productor de café orgánico es mayor al del productor convencional, lo que implica mayores utilidades. La producción de café orgánico es una alternativa generadora de ingresos y de empleos para el municipio de Pluma Hidalgo, Oaxaca, dado el volumen producido y el nivel de rentabilidad obtenido, por lo que existe una tendencia en

la adopción de este sistema en el Municipio.

## LITERATURA CITADA

- Alvarado C., Juárez H., Ramírez B. 2006. La comercialización de café en una comunidad indígena: estudio en Huehuetla, Puebla. *Ra Ximhai*. 2(2): 293-318.
- Cazau Pablo, 2006. Introducción a la Investigación en Ciencias Sociales. 3ra. Edición. Buenos Aires, marzo 2006.
- Chávez-Becker C., Natal A. 2012. Desarrollo regional y acción de base: el caso de una organización indígena de productores de café en Oaxaca. *Economía, Sociedad y Territorio*. 12(40): 597-618.
- CONEVAL. 2011. Medición de la pobreza en México 2010, a escala municipal. Disponible en: <<http://www.coneval.org.mx/Medicion/Paginas/Medici%C3%B3n/Informacion-por-Municipio.aspx>>. Consultado el 17 de mayo de 2017.
- Gómez L., Gómez M. A., Schwentesius R. 1999. Desafíos de la agricultura orgánica en México, comercialización y certificación. Ed. Mundiprensa-Universidad Autónoma Chapingo. México. 224 p.
- INEGI. 2015. Encuesta Nacional Agropecuaria 2014. Disponible en: <<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/encuestas/agropecuarias/ena/ena2014/doc/minimonografia/mininacena14.pdf>>. Consultado el 17 de mayo de 2017.
- INEGI. 2016. Encuesta intercensal 2015. Disponible en: <<http://www.beta.inegi.org.mx/proyectos/enchogares/especiales/intercensal/default.html>>. Consultado el 20 de mayo de 2017.
- Mankiw G. 2012. Principios de Economía. Ed. Cengage Learning. México. 857 p.
- Medina J.A., Ruiz R. E., Gómez J. C., Sánchez J. M., Gómez G., Pinto O. 2016. Estudio del sistema de producción de café (*Coffea arabica* L.) en la región Frailesca, Chiapas. *CienciaUAT*. 10(2): 33-43.
- Moguel P., Toledo V. M. 1996. El café en México, ecología, cultura indígena y sustentabilidad. *Ciencias*. (43): 40-51.
- Perea J., Rivas L. A. 2008. Estrategia competitiva para los productores cafetaleros de la región de Córdoba, Veracruz, frente al mercado mundial. *Contaduría y Administración*. (224): 9-33
- Robles H.M. 2011. Los productores de café en México, problemática y ejercicios del presupuesto, reporte 14. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Washington D.C. 62 p.
- SIAP. 2017. Anuario estadístico de la producción agrícola. Disponible en: <[http://nube.siap.gob.mx/cierre\\_agricola/](http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/)>
- Vargas P. 2007. Mujeres cafetaleras y producción de café orgánico en Chiapas. *El Cotidiano*. 22(142): 74-83.

# DIAGNÓSTICO DE LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS EN ÁREAS DE BOSQUE, Y PRODUCTIVAS DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA EL TRIUNFO

## DIAGNOSIS OF THE PROPERTIES OF SOILS IN FOREST AND PRODUCTIVE AREAS OF THE EL TRIUNFO BIOSPHERE RESERVE

López-Báez, W.<sup>1</sup>; Ramírez-Vilchis, C.E.<sup>2</sup>, Reynoso-Santos, R.<sup>1</sup>, Cadena-Iñiguez, P.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Investigadores del Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Km 3 carretera Ocozocoautla-Cintalapa, A.P. Num. 1, C.P. 29140 Ocozocoautla, Chiapas. <sup>2</sup>Centro Académico Regional Chiapas de la UAAAN, Rancho la Concordia, Cintalapa Chiapas, C.P 30400.

\*Autor de correspondencia: cadena.pedro@inifap.gob.mx

### RESUMEN

El estudio se realizó en una microcuenca representativa de la Reserva de la Biósfera El Triunfo (REBITRI), con el propósito de evaluar la situación en que se encuentran las propiedades de los suelos en tres tipos de uso. Se estudiaron 83 sitios de los cuales 49 fueron de suelos cultivados con café (*Coffea arabica* L.), 24 de suelos con cubierta de bosque y 10 de suelos cultivados con *Zea mays* L.; las variables analizadas fueron: acidez del suelo, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónica (CIC), contenido de fósforo, los cationes básicos (Ca, K, Mg, Na), los micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn y Zn), densidad aparente ( $\text{g cm}^{-3}$ ), porosidad (%), y velocidad de infiltración. Se determinaron e interpretaron de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT 2000 (DOF, 2002), mientras que para las propiedades físicas se determinó mediante el método de cilindros recomendado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1999), con estos datos se obtuvieron medidas de centralidad y dispersión, a través de las cuáles se hicieron pruebas de hipótesis y análisis de correlación y regresión. Los resultados mostraron diferencias significativas entre suelos con cubierta de bosque en comparación con los cultivados con café y maíz; este último, presentó los mayores niveles de degradación. La velocidad de infiltración fue significativamente mayor en los suelos con bosque, confirmando la importancia de la reserva como zona de recarga hídrica. Los suelos cultivados con maíz fueron los menos profundos y los únicos que no presentaron el horizonte "A" (caracterizado por el color oscuro por materia orgánica), debido al proceso de erosión hídrica y al poco aporte de materia orgánica que han tenido durante su explotación. Se concluye que los suelos de maíz y café requieren de un programa de manejo para recuperar y mantener su capacidad productiva, debido al constante lavado por erosión hídrica y la falta de reposición de los nutrientes extraídos por las cosechas.

**Palabras clave:** Área natural protegida, bosque, café, maíz, suelo.

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo, 2018. pp: 108-114.

**Recibido:** noviembre, 2017. **Aceptado:** febrero, 2018.

## ABSTRACT

The study was carried out in a representative micro-basin of the El Triunfo Biosphere Reserve (Reserva de la Biósfera El Triunfo, REBITRI), with the purpose of evaluating the situation present in the properties of the soils under three types of use. Eighty-three (83) sites were studied, of which 49 were soils cultivated with *Zea mays* L.; the variables analyzed were: soil acidity, organic matter, cationic exchange capacity (CEC), content of phosphorus, basic cations (Ca, K, Mg, Na), micronutrients (B, Cu, Fe, Mn and Zn), apparent density ( $\text{g cm}^{-3}$ ), porosity (%), and speed of infiltration. They were determined and interpreted according to the NOM-021-SEMARNAT 2000 (DOF, 2002), while the physical properties were determined through the cylinder method recommended by the Natural Resources Conservation Service of the United States Department of Agriculture (USDA, 1999); with these data, measures of centrality and dispersion were obtained, through which hypothesis tests were made, and correlation and regression analyses. The results showed significant differences between soils with forest coverage compared to those cultivated with coffee and maize; the latter presented the highest levels of degradation. The speed of infiltration was significantly higher in soils with forest, confirming the importance of the reserve as a zone of water recharge. The soils cultivated with maize were the least deep and the only ones that did not present the horizon "A" (characterized by the dark color from organic matter), due to the process of hydric erosion and the small contribution of organic matter that they've had during their exploitation. It is concluded that maize and coffee soils require a management program to recover and maintain their productive capacity, due to the constant washing from hydric erosion, and to the lack of replacement of nutrients extracted by the harvests.

**Keywords:** natural protected area, forest, coffee, maize, soil.

y mucho menos pagos por utilizarlos (López *et al.*, 2014; López *et al.*, 2016). En las últimas décadas la degradación de los suelos ha alcanzado niveles preocupantes. Especialmente la atención se debe fijar en la destrucción de los bosques, la disminución de la biodiversidad, la contaminación del aire y la reducción de la cantidad y calidad del suelo (Alba, 2008). Aunque se sabe que las propiedades de los suelos con cubierta de bosque en comparación con otros usos, presentan condiciones diferentes debido a su manejo y tipo de cobertura, en la zona de la REBITRI no se disponen de estudios formales que permitan con datos confiables sensibilizar a la población, valorar y comparar las diferencias entre los usos de suelo, así como identificar las causas de esas diferencias. Por otra parte, se necesitan datos de las propiedades físicas y químicas de los suelos cultivados con café y maíz (principales medios de vida de la población), que pongan de manifiesto la importancia de su conservación para un aprovechamiento sostenible de los mismos, ya que la pérdida de su capacidad productiva, es un aliciente para expandir la frontera agropecuaria a expensas de los bosques. El objetivo del estudio fue realizar un diagnóstico de las propiedades de los suelos cultivados con café y maíz en comparación con los suelos cubiertos con bosque, como un insumo para buscar alternativas de solución al problema de decremento en la producción. El estudio se enmarca dentro de la estrategia del sector cafetalero para la adaptación, mitigación y reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático de la Sierra Madre de Chiapas, propuesto por la alianza entre instituciones, ONG's y productores (Conservación Internacional, 2011).

## INTRODUCCIÓN

El suelo constituye el fundamento más importante de la producción agropecuaria, y, en consecuencia, de la alimentación humana. Tiene como función ser el hábitat para una gran diversidad de organismos, además de ser factor en regulación de los ciclos del agua y carbono, regulación del intercambio de radiación y calor con la atmósfera y la función de filtro y tampón (buffer) para agua, ácidos y sustancias tóxicas (Benzing, 2001); y por ello, es importante monitorear los cambios que sufren las propiedades de los suelos según el uso al que están sometidos para garantizar que estas funciones se mantengan en el tiempo para el bienestar de la humanidad, plantas y animales y los ecosistemas en general. A pesar de la importancia nacional e internacional de la Reserva de la Biósfera El Triunfo (REBITRI) (Chiapas, México), su conservación se encuentra amenazada por la falta de estrategias en el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales (especialmente los suelos), debido entre otras causas, al desconocimiento e inadecuada valoración que la sociedad y los niveles de gobierno hacen de los servicios ecosistémicos que proporciona, los cuales son aprovechados para su bienestar sin que exista reconocimiento

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los suelos de bosque, café y maíz analizados se encuentran dentro de la microcuenca La Suiza ubicada en el municipio de Montecristo de Guerrero (Figura 1), con una superficie total de 6,437.1 ha, de las cuales el 82% se encuentra dentro de la REBITRI (López *et al.*, 2012). De acuerdo a Palacios (2012), el 55.7% de la superficie de la microcuenca está ocupada con bosque, el 37.2% (2,391 ha) con café y el 3.7% potreros. En la Microcuenca la Suiza los climas predominantes son semicálido húmedo y Templado húmedo. Se encuentra altitudes desde 1000 a 2600 m con precipitación anual de 2000 a 3000 mm en la parte baja, y de 2500 a 4500 mm en la parte alta, los meses más lluviosos se presentan de abril a octubre. La temperatura promedio anual es de 18 °C a 22 °C en la parte baja y de 12 a 18 °C en la parte alta (Palacios, 2012).

De acuerdo a la información edafológica de la serie II, 1:250,000 (INEGI (2006), en el 95% del área de la microcuenca predominan los suelos clasificados como Leptosoles del tipo Mólico (producto de material calcáreo meteorizado), caracterizados por ser muy someros sobre roca continua y extremadamente gravillosos y/o pedregosos con menos de 20% (en volumen) de tierra fina y con alta susceptibilidad a la erosión (FAO, 2014). En total se estudiaron 83 sitios dentro de toda el área de la microcuenca, de los cuales 49 fueron de suelos cultivados con café, 24 de suelos con cubierta de bosque y 10 de suelos cultivados con maíz (Figura 2). Las muestras de suelos fueron extraídas a una profundidad de 0-30 cm, estrato en el que se encuentra el 86% de las raíces absorbentes

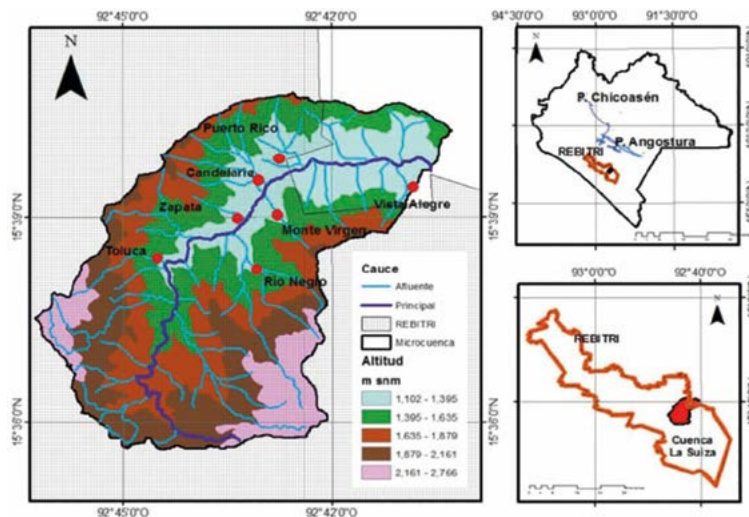


Figura 1. Ubicación de la microcuenca la suiza.

de los cultivos (Carvajal *et al.*, 1969). En cada predio las propiedades físicas fueron medidas en cinco repeticiones, y para el caso de las propiedades químicas se obtuvo una muestra compuesta de suelo a partir de la mezcla de cinco submuestras.

**Métodos analíticos**

En los predios estudiados se determinaron e interpretaron de acuerdo a la NOM-021-SEMARNAT 2000 (DOF, 2002), las siguientes propiedades químicas: pH en agua (1:2), materia orgánica (%), K, Ca, Na, Mg y acidez intercambiable (KCl 1N) en  $\text{cmoles} + \text{Kg}^{-1}$  y micronutrientes B, Zn, Mn, Cu y Fe en  $\text{mg kg}^{-1}$  por DTPA. Mientras que para las propiedades físicas se analizó, la densidad aparente ( $\text{g cm}^{-3}$ ), porosidad (%) y velocidad de infiltración determinada mediante el método de cilindros recomendado por el Servicio de Conservación de Recursos Naturales del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1999). De los datos se obtuvieron medidas de centralidad y de dispersión, a través de las cuáles se hicieron pruebas de hipótesis y análisis de correlación y regresión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se presentan los valores medios y extremos de las propiedades estudiadas. En general, se observa una elevada variabilidad en todas las propiedades

químicas de los suelos con casos extremos como la Acidez intercambiable en la cual el coeficiente de variación es superior a 100% en los tres usos del suelo. Se asume que esta variabilidad es producto de la interacción que existe entre los niveles de precipitación, orografía accidentada, material parental y por las

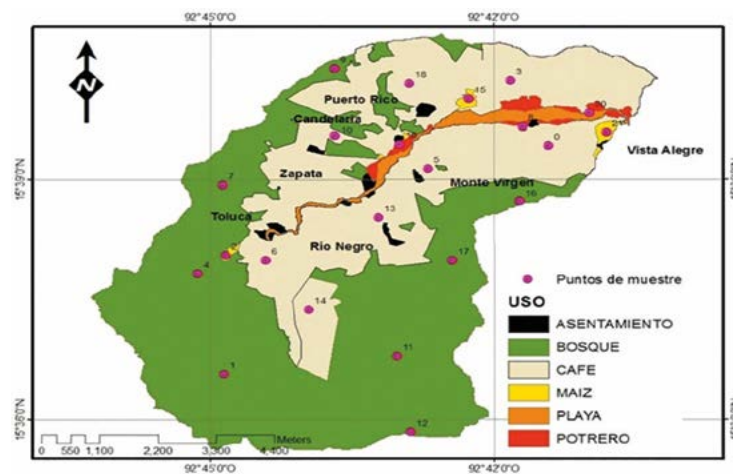


Figura 2. Ubicación de puntos de muestreo según uso de suelo.



**Cuadro 1.** Estadística de las propiedades químicas del suelo en bosque, café y maíz en la microcuenca la Suiza.

Variable	Promedio	Mínimo	Máximo	±desviación estándar	Coficiente Variación (%)
pH (1:2) Agua Bosque	5.8	4.9	6.7	0.543	9.33
pH (1:2) Agua Café	5.9	4.4	6.8	0.480	8.19
pH (1:2) Agua Maíz	5.3	4.8	5.9	0.298	5.63
Materia orgánica (%) Bosque	10.60	3.7	24.8	5.90	55.7
Materia orgánica (%) Café	8.51	2.61	21.8	4.40	51.7
Materia orgánica (%) Maíz	7.06	3.4	12.1	2.53	35.8
CIC (meq/100g) Bosque	17.7	3.5	50.5	13.32	75.44
CIC (meq/100g) Café	16.4	4.3	47.0	7.959	48.52
CIC (meq/100g) Maíz	7.8	3.7	13.2	3.114	39.70
Acidez Intercambiable Bosque	10.0	0.0	70.9	18.609	185.39
Acidez Intercambiable Café	2.9	0.0	29.1	7.287	247.72
Acidez Intercambiable Maíz	11.0	0.0	54.8	16.461	149.90
Fósforo (ppm) Bosque	20.1	0.7	92.6	25.13	124.79
Fósforo (ppm) Café	27.8	1.1	140.6	27.64	99.47
Fósforo (ppm)Maíz	11.1	0.7	41.1	13.0	117.17

prácticas de manejo del cultivo del café y maíz (aplicación de materia orgánica, fertilización y realización de prácticas para control de la erosión). Aunque con diferencias entre los usos del suelo, el pH es la variable más homogénea con coeficientes de variación inferiores a 10%,

### La acidez del suelo

El pH es probablemente la característica química más importante del suelo porque influye en casi todos los demás aspectos del mismo (Bloom, 2000; Benzing, 2001). Los valores obtenidos indicaron una acidez generalizada en el suelo independientemente del uso al que está sometido (Cuadro 1), ya que tanto en café, bosque y maíz la mayoría de ellos se clasifican como moderadamente ácidos, con valores promedios de pH entre 5.1 y 6.5. Esta acidez generalizada puede ser atribuida al material parental que dio origen a los suelos y a la acción constante de lavado al que están sometidos los suelos por la erosión hídrica (Palacios, 2012). Es probable que las condiciones de acidez están frenando el desarrollo de las bacterias y abatiendo el proceso de mineralización de materia orgánica, con alta proliferación de hongos y nulificación de la actividad bacteriana (Noriega et al., 2014).

No se observó diferencia estadística entre los valores de pH de bosque ( $5.8 \pm 0.54$ ) y café ( $5.9 \pm 0.48$ ). Sin embargo, los valores de pH de los suelos cultivados con maíz ( $5.3 \pm 0.3$ ) fueron estadísticamente diferentes a los

obtenidos en los suelos con café y bosque; la mayor acidez en los suelos maiceros es resultado de su deterioro por erosión hídrica, quema de residuos de cosecha y al uso de fertilizantes amoniacales (sulfato de amonio). De acuerdo a Valencia (1998) cuando el pH es menor de 5.5 existen otros factores asociados a la acidez que realmente limitan el desarrollo de las plantas, uno de ellos es la presencia de aluminio (Al) en la solución del suelo, que afecta el crecimiento radicular impidiendo que la planta pueda absorber normalmente nutrientes y agua. Por ello, el porcentaje de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) que está ocupado por Al e H, es el mejor criterio para diagnosticar problemas de acidez, y aunque, cada cultivo tiene su grado de tolerancia a la acidez, en general, ningún cultivo soporta más de 60% de saturación de acidez y el valor deseable para la mayoría de las plantas oscila entre 10% y 25%. En particular, las plantas de café y maíz son afectadas cuando la saturación de aluminio es mayor a 25% (Molina, 1988). La presencia de aluminio se observó en 80% de los sitios cultivados con maíz, en el 63% de los bosques y en 39% de los de café. Los suelos con café presentaron los menores porcentajes de saturación de Al en la CIC con 2.9% ( $\pm 7.3$ ) y fueron estadísticamente diferentes a los suelos de bosque ( $10 \pm 18.6$ ) y maíz ( $11 \pm 16.5$ ).

### Materia orgánica

Los suelos de bosque presentaron el promedio más alto con 10.6% ( $\pm 5.9$ ) y fueron estadísticamente diferentes a los suelos de maíz con 7.1% ( $\pm 2.53$ ) y café con 8.5%



( $\pm 4.4$ ). De acuerdo a los criterios de la NOM-021-SEMARNAT-2000, sólo 12% de los sitios de bosque se ubicaron en las categorías de muy bajo y bajo contenido de materia orgánica, mientras que en los sitios cultivados con café y maíz fueron de 28.6% y 30%. El valor máximo de materia orgánica encontrado en los suelos de maíz fue de 12.1%, inferior a los valores máximos encontrados en los suelos de bosque y café con 24.8% y 21.8%; el menor contenido de materia orgánica en los suelos con uso agrícola es de producto del lavado constante por la erosión y la ausencia de prácticas de conservación particularmente en los suelos cultivados con maíz.

### La Capacidad de Intercambio Catiónica (CIC)

La CIC constituye uno de los parámetros más importante de la fertilidad del suelo debido a su papel como almacén de K, Mg y Ca fácilmente disponibles, pero protegidos contra el proceso de lixiviación (Benzing, 2001; Arcila y Farfán, 2010). Los suelos cultivados con maíz presentaron el promedio más bajo de CIC con una media de 7.8 ( $\pm 3.1$ ) meq/100 g de suelo y fueron estadísticamente diferentes a los suelos cultivados con bosque y café con 16.4 ( $\pm 7.9$ ) y 17.7 ( $\pm 13.3$ ) meq/100 g respectivamente. Los promedios entre los suelos de café y bosque fueron estadísticamente iguales. Los coeficientes de variación indicaron que los valores de CIC en los suelos con maíz son más consistentes por presentar la menor variabilidad. Estos datos indican que los suelos cultivados con maíz tienen la menor capacidad para retener e intercambiar cationes en el suelo (Chávez, 2012).

### Contenido de Fósforo

Se observó alta variabilidad en el contenido de fósforo independientemente del uso del suelo. Sin embargo, en los suelos maiceros se presentó el contenido más bajo con un promedio de 11.1 mg kg<sup>-1</sup> ( $\pm 13.0$ ), seguido por los suelos de bosque y café con 20.1 ( $\pm 25.1$ ) y 27.9 ( $\pm 27.6$ ) respectivamente. De acuerdo a los criterios de la NOM-021-SEMARNAT-2000, el 80% de los sitios cultivados con maíz se ubicaron en la categoría de bajo contenido al presentar valores inferiores a 15 mg kg<sup>-1</sup>, mientras que para los suelos de café y bosque el porcentaje fue de 49 y 62.5 mg kg<sup>-1</sup>.

### Los cationes básicos (Ca, K, Mg, Na)

El promedio los suelos cultivados con maíz presentaron los niveles más bajos de Ca con 5.3 meq/100 g ( $\pm 2.8$ ) y fueron estadísticamente diferentes a los contenidos en los suelos de bosque (13.33 $\pm 12.0$ ) y de café (12.8 $\pm 7.2$ ); entre bosque y café no hubo diferencia estadística. De

acuerdo a los criterios de la NOM-021-SEMARNAT-2000, el 50% y 67% de los sitios de bosque y café se ubican en la categoría de alto contenido de Ca con valores superiores a 10 meq/100g de suelo; mientras que en los suelos con maíz no se ubicó ningún sitio en esta categoría. Con respecto al contenido de K, no se registró diferencia estadística entre los usos del suelo con promedio de 0.6 ( $\pm 0.21$ ) meq/100g para bosque, 0.6 ( $\pm 0.30$ ) para café y 0.7 ( $\pm 0.22$ ). Con excepción de un 8% de los sitios de café que ubicaron en la categoría de bajo contenido, el resto de los sitios sin importar el uso del suelo se ubicaron en las categorías de media y alta con valores por arriba de los 0.3 meq/100g de suelo. Para el caso del Mg, los suelos cultivados con maíz presentaron los niveles más bajos con promedio de 1.1 ( $\pm 0.48$ ) meq/100g, y fueron estadísticamente diferentes a los suelos de bosque (3.2 $\pm 2.0$ ) y café (2.7 $\pm 1.2$ ). Resalta el hecho de que 98% de los sitios de café se ubicaron en la categoría de muy bajo contenido de Mg con valores menores a 0.5 meq/100g de suelo, mientras que en el bosque y maíz estos valores fueron de 21 y 30 respectivamente. En cuanto al sodio los promedios fueron iguales con valor de 0.1 meq/100g en los tres usos de suelos.

### B, Cu, Fe, Mn y Zn

De todos los micronutrientes analizados, el Boro y Zinc fueron los elementos más deficientes independientemente del uso del suelo. En promedio los suelos con maíz presentaron los niveles más bajos de B con 0.2 ( $\pm 0.1$ ) mg kg<sup>-1</sup> y fueron estadísticamente diferentes a los contenidos en los suelos de bosque (0.6 $\pm 0.6$  mg kg<sup>-1</sup>) y de café (0.5 $\pm 0.3$  mg kg<sup>-1</sup>); entre bosque y café no hubo diferencia estadística. De acuerdo a los criterios de la NOM-021-SEMARNAT-2000, el 100% de los sitios de maíz se ubicaron en la categoría de muy bajo contenido de B con valores inferiores a 0.39 mg kg<sup>-1</sup>; mientras que para los suelos con bosque y café fueron de 42% y 43%. Con respecto al contenido de Zn, los suelos con maíz presentaron el contenido más bajo 0.9 ( $\pm 0.7$  mg kg<sup>-1</sup>) seguido del bosque con 1.8 ( $\pm 1.6$  mg kg<sup>-1</sup>) y café ( $\pm 3.2$  mg kg<sup>-1</sup>). El 50% de los suelos de maíz se ubicaron en la clase de marginal y deficiente con valores menores a 1.0 mg kg<sup>-1</sup>, mientras que, en los suelos de café, este valor fue de 12%, y 29% en los de bosque. En los que respecta a las propiedades físicas, en el Cuadro 2, se presentan los valores medios y extremos para los tres usos del suelo.

### Densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>) y porosidad

Los suelos cubiertos de bosque en promedio presentaron además de la menor variabilidad en los datos

**Cuadro 2.** Estadística de las propiedades físicas del suelo en bosque, café y maíz en la microcuenca la Suiza.

Variable		Promedio	Mínimo	Máximo	± desviación estándar	C.V. (%)
Densidad aparente ( $\text{g cm}^{-3}$ )	Bosque	0.76	0.61	0.96	0.10	13.43
	Café	0.89	0.57	1.36	0.17	19.63
	Maíz	0.91	0.61	1.12	0.17	18.44
Porosidad (%)	Bosque	71.4	63.8	77.0	3.8	5.38
	Café	69.2	49.0	87.0	7.6	11.0
	Maíz	65.6	57.7	77.0	6.3	9.6
Tiempo de infiltración (segundos) de 543 ml	Bosque	54.90	13.87	145.500	33.80	61.56
	Café	298.44	8.00	1500.00	137.20	115.28
	Maíz	201.18	3.128	476.500	146.90	73.02

(C.V.=13.43%), los menores valores de densidad aparente con  $0.76 (\pm 0.10) \text{ g/cm}^3$ , en comparación con los suelos cultivados con café y maíz con valores de  $0.89 (\pm 0.17) \text{ g/cm}^3$  y  $0.91 (\pm 0.17) \text{ g/cm}^3$  respectivamente; resultando estadísticamente diferentes. Entre los suelos de café y maíz no hubo diferencia estadística. Se deduce que la porosidad encontrada en los suelos de bosque se reduce al cambiar el uso hacia los cultivos de café y de maíz, probablemente por el constante pisoteo de las personas que realizan las prácticas de cultivo, especialmente durante la temporada de lluvia cuando los suelos están húmedos y son más susceptibles a la compactación. Usando los criterios señalados por USDA (1999), a pesar de la diferencia entre ellos, en ninguno de los usos del suelo, los niveles de densidad aparente fueron tan altos para ocasionar afectaciones por compactación en el crecimiento radicular de las plantas. Lo anterior, es congruente con los valores promedios de porosidad estimados para el bosque de 71.4% ( $\pm 3.8$ ), café de 69.2% ( $\pm 7.6$ ) y maíz de 65.6% ( $\pm 6.3$ ); los cuales son considerados adecuados por FAO (2015) y clasificados como de alta y muy alta porosidad (Flores y Alcalá, 2005).

### Velocidad de infiltración

En promedio la tasa de infiltración en los suelos de bosques fue de  $8.43 \text{ ml s}^{-1}$  la cual fue estadísticamente diferentes a los de los suelos de café  $1.55 \text{ ml s}^{-1}$  y maíz de  $2.3 \text{ ml s}^{-1}$ . Entre los suelos de café y maíz no hubo diferencia estadística. El mayor contenido de materia orgánica influyó para que la velocidad de infiltración en los bosques fuera 4.5 y 3.7 veces más rápida que en los suelos de café y maíz respectivamente; a pesar de que los bosques se ubican en terrenos con mayores pendientes (69%) en comparación con los suelos de café y

maíz ubicados en pendientes de 48% y 47% respectivamente. La clasificación de los suelos según su velocidad de infiltración tomando los criterios sugeridos por USDA (1999). Se observa que el 100% de los sitios con bosque, el 53% de café y el 70% de maíz se ubicaron en la clase de muy rápida infiltración con velocidades menores a los  $1.18 \text{ min cm}^{-1}$ .

### CONCLUSIONES

**Se observa** una acidez generalizada en el suelo independientemente del uso al que está sometido; sin embargo, los suelos cultivados con maíz presentaron los menores valores de pH y mayor presencia de Al. Los suelos de bosque poseen mayor materia orgánica que los cultivados con maíz y café, los cuales tienen contenidos similares. Los suelos maiceros tienen la menor capacidad para retener e intercambiar cationes en el suelo mientras que en el bosque y café no hay diferencia. 80% de los sitios cultivados con maíz son pobres en fósforo con menos de  $15 \text{ mg kg}^{-1}$ , y también tienen los niveles más bajos de Ca, Mg, B y Zn. En ningún uso del suelo se detectó posible afectación de la compactación en el crecimiento radicular de las plantas, aunque en los suelos de maíz y café los valores de densidad aparente fueron mayores. La capacidad de infiltración en los suelos de bosques fue 5.4 y 3.7 veces mayor que en el café y maíz, debido a su mayor contenido de materia orgánica. En general los suelos más degradados son los de maíz debido deterioro por erosión hídrica, quema de residuos de cosecha, uso de fertilizantes amoniacales y ausencia de prácticas de conservación. Se requieren acciones de restauración y conservación de los suelos cultivados con café y maíz para garantizar su capacidad productiva y disminuir la presión sobre la REBITRI.



## LITERATURA CITADA

- Alba-Pazos F.A. 2008. Indicadores de la calidad agronómica de los suelos hortícolas del ejido de Mixquic, DF, 133pp
- AMECAFE. 2010. Padrón nacional cafetalero. Asociación Mexicana de la Cadena Productiva del Café, A.C. México. (cartografía digital).
- Arcila P.J., Farfán V.F. 2010. Consideraciones sobre la nutrición mineral y orgánica en la producción de la finca. En Sistema de producción de café en Colombia. Capítulo 9. Pp. 202-232.
- Benzing A. 2001. Materia orgánica-Fósforo. En agricultura organica (Vol. 1, p. 56,166-167,193). Alemania: Neckar-Verlag
- Bloom P.R. 2000. Soil pH and pH buffering. En: Summer Me et al (eds) Handbook of soil science. CRC, Boca Ratón. BMELF (1984-1999). Agrarbericht. Bonn. Pp. B333-B352
- Carvajal J. F., Acevedo, A., Lopéz C.A. 1969. Nutrient uptake by the coffee tree during a yearly cycle. Turrialba, Costa Rica, CA. 19(1):13-20.
- Chávez S.M. 2012. Relaciones catiónicas y su importancia para la agricultura. Revista Ventana Lechera. Edición No. 18. Año 6, febrero 2012. Pp 11-20.
- Conservación Internacional. 2011. Estrategia del sector cafetalero para la adaptación, mitigación y reducción de la vulnerabilidad ante el cambio climático de la Sierra Madre de Chiapas. 80 p.
- Diario Oficial. 2002. Interpretación de Resultados de Materia Orgánica. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreos y análisis. DOF del día martes 31 de diciembre de 2002. México. 85 p.
- FAO. 2014 Propiedades del suelo. Propiedades químicas. En portal de suelos. Consultado en <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>
- FAO. 2015 Propiedades del suelo. Propiedades químicas. En portal de suelos. Consultado en <http://www.fao.org/soils-portal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>
- Farfán V.F., Urrego J.B. 2007. Descomposición de la hojarasca y liberación de nutrientes de *Coffea arabica*, *Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa* y *Eucalyptus grandis*, en sistemas agroforestales con café. Cenicafé 58(1):20-39.
- Gerardo N.A., Brenda C.R. Manuel A.G.C., Rita S.R., Sergio C.H., Jesús L.B., Eduardo G. de la R., Ulises Iván L. R., Alexander M.H. 2014. Intensificación de la producción en la agricultura orgánica: caso café. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.5 Núm.1 1 de enero - 14 de febrero, 2014 p. 163-169
- López-Báez W., Salinas-Cruz E., Reynoso-Santos R. 2011. Conectividad hídrica entre municipios, cuencas y Reserva de la Biósfera El Triunfo. Potencial para la creación de un mercado local de agua. Libro Técnico No. Campo Experimental Centro Chiapas, INIFAP. 80 p.
- López-Báez W., Magdaleno-G.R., Castro-Mendoza I. 2012. Riesgo a deslizamientos de laderas en siete microcuencas de la Reserva de la Biósfera El Triunfo. Libro Técnico No. 7. Campo Experimental Centro de Chiapas, INIFAP. Ocozocoautla, Chiapas, México. 208 p.
- López-Báez W., Camas-Gómez R., Reynoso-Santos R., Cadena-Iñiguez P., Castro-Mendoza I. 2014. Conectividad hídrica entre cuencas, municipios y reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Publicación especial No. 8. Pp. 1417-1423.
- López-Báez W., Palacios G.B., Reynoso-Santos R. 2016. Diagnóstico de los servicios ecosistémicos en la Reserva de la Biósfera El Triunfo, Chiapas, México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales. Vol.7 No. 34. Pp. 21-34.
- OEIDRUS. 2011. Estadísticas agropecuarias de Chiapas. Cultivos cíclicos y perennes 2009. Modalidad riego y temporal. En: [http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus\\_chi/](http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_chi/).
- Palacios B. 2012. Análisis participativo de la oferta, amenazas y estrategias de conservación de los servicios ecosistémicos (SE) en áreas prioritarias de la subcuenca "La Suiza"-Chiapas México. Tesis de Maestría en Ciencias. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 118 p.
- SAGARPA. 2010. Servicio de información agroalimentaria y pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. (programa informático)
- USDA. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Departamento de Agricultura. Instituto de calidad de suelos. 88 p.
- Valencia G. 1998. Nutrición del cafeto. En Manual de Nutrición y fertilización del café (pp. 18-34). Costa Rica.



# CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL FRUTO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN HÍBRIDOS DE TIMOR

## PHYSICAL CHARACTERISTICS OF COFFEE CHERRIES (*Coffea arabica* L.) IN TIMOR'S HYBRIDS

Juárez-Bravo, A.<sup>1</sup>; Debernardi-De la Vequia, H.<sup>1</sup>; Quevedo-Nolasco, A.<sup>2</sup>; Malagón-González, F.<sup>3</sup>; Morales-Ramos, V.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados. Campus Córdoba, km 348 Carretera Federal Córdoba-Veracruz, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C.P. 94946. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo, km 36.5 Carretera México-Texcoco, Texcoco, Estado de México, México. C.P. 56230. <sup>3</sup>Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz. Campus Cuitláhuac, Av. Universidad No.350, Carretera Federal Cuitláhuac-La Tinaja, Localidad Dos Caminos, Cuitláhuac, Veracruz, México. C.P. 94910.

\*Autor de correspondencia: vicmor@colpos.mx

### RESUMEN

Conocer las características físicas del fruto de café (*Coffea arabica* L), en diferentes estados de madurez, permite determinar el tiempo exacto de cosecha que produzca los mayores rendimientos de café pergamino y tomar previsiones sobre el manejo postcosecha. En este trabajo se estudiaron la densidad aparente, el ángulo de reposo, la masa de 50 frutos, las dimensiones y color de la epidermis de frutos de los Catimores: Colombia, Costa Rica y Oro Azteca, en tres estados de madurez: inmaduro, pintón-maduro y seco. Los resultados indicaron que las propiedades físicas dependen del estado de madurez del fruto, a excepción del ángulo de reposo donde no se observó diferencia significativa ( $P > 0.05$ ). En la masa y dimensiones (largo y ancho), los frutos secos presentaron los valores menores, seguidos de los inmaduros y posteriormente los pintones-maduros. En el color de la epidermis hubo una diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) entre estados de maduración: la luminosidad ( $L^*$ ) fue significativamente mayor en los inmaduros (41.85), precedidos por los pintones-maduros ( $L^* = 30.18$ ) y los secos ( $L^* = 24.88$ ); la tonalidad ( $h^*$ ) fue significativamente menor en pintones-maduros ( $h^* = 29.84^\circ$ ), seguido de secos ( $h^* = 56.49^\circ$ ) e inmaduros ( $h^* = 101.95^\circ$ ); y en pureza o saturación de color ( $C^*$ ) el dato significativamente mayor fue para inmaduros (31.35), posteriormente pintones-maduros (24.34) y secos (7.74). Las propiedades físicas evaluadas podrían ser usadas para la discriminación entre diferentes estados de madurez con fines de clasificación, pues existe evidencia de la correlación entre grado de madurez y calidad en taza del café.

**Palabras clave:** variedades de café, grados de madurez, color de fruto, densidad aparente, ángulo de reposo.

## ABSTRACT

Understanding the physical characteristics of the coffee cherry (*Coffea arabica* L), in different states of maturity, allows defining the exact time of harvest that produces the highest parchment coffee yields and taking provisions regarding the post-harvest management. In this research, the following characteristics were studied: apparent density, rest angle, weight of 50 fruits, dimensions and color of epidermis of fruits from the Colombia, Costa Rica and Oro Azteca Catimores, in three states of maturity: immature, half ripened-mature, and dry. The results indicated that the physical properties depend on the state of maturity of the fruit, except for the rest angle where no significant difference was observed ( $P>0.05$ ). In the mass and dimensions (length and width) the dried cherries present lower values, followed by the immature, and then the half ripened-mature. In the color of the epidermis there was a significant difference ( $P\leq 0.05$ ) between states of maturation: luminosity ( $L^*$ ) was significantly higher in the immature (41.85), preceded by the half ripened-mature ( $L^*=30.18$ ) and the dry ( $L^*=24.88$ ); the tonality ( $h^*$ ) was significantly lower in half ripened-mature ( $h^*=29.84^\circ$ ), followed by dry ( $h^*=56.49^\circ$ ) and immature ( $h^*=101.95^\circ$ ); and in purity or color saturation ( $C^*$ ), the significantly higher piece of data was for immature (31.35), then half ripened-mature (24.34) and dry (7.74). The physical properties evaluated could be used for discrimination between different states of maturation with the purpose of classification, for there is evidence of the correlation between degree of maturity and quality of the coffee cup.

**Keywords:** varieties of coffee, degrees of maturity, color of fruit, apparent density, rest angle.

de renovación de las variedades tradicionales susceptibles, por otras tolerantes o resistentes a la roya, entre ellas los Catimores. Por lo anterior, el objetivo de éste trabajo fue evaluar y analizar las características físicas: densidad aparente, ángulo de reposo, masa, tamaño (dimensiones) y color de la epidermis del fruto (luminosidad,  $L^*$ ; tonalidad,  $h^*$  y pureza o saturación,  $C^*$ ) de los principales catimores introducidos a México: Colombia, Costa Rica y Oro Azteca, en tres estados de madurez: inmaduro, pintón-maduro y seco.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Material vegetal.** Se usaron muestras de 1.5 kg de café cereza de las variedades Colombia, Costa Rica y Oro azteca, cosechadas en la misma fecha con tres grados de madurez: inmaduros, pintones-maduros y secos; en la parcela experimental del Colegio de Postgraduados Campus Córdoba, en diciembre de 2014 (Figura 1). A cada muestra se le determinaron las características físicas: densidad aparente, ángulo de reposo, masa, dimensiones y color de la epidermis del fruto.

**Densidad aparente.** Un recipiente con volumen de un litro, se llenó con cada muestra de café, con tres repeticiones cada una, y se obtuvo la masa del grano (con una balanza electrónica VELAB™, Max=5000 g, d=100 mg), reportando la densidad aparente en kilogramos por litro.

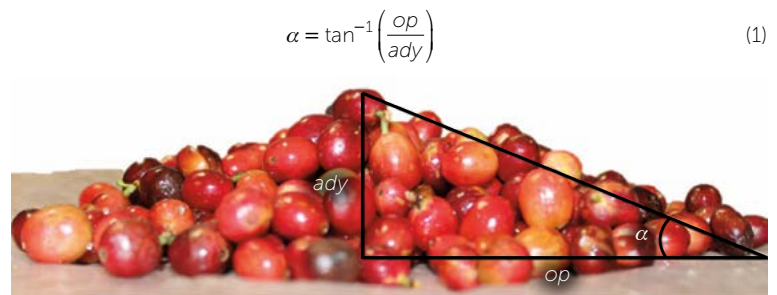
## INTRODUCCIÓN

El principal indicador de madurez del fruto de café, que se toma en cuenta para decidir el momento de cosecha, es el cambio de color, al pasar de un color verde a un rojo cereza u amarillo en algunas variedades (Marín *et al.*, 2003a). El conocimiento de las características físicas del fruto del cafeto, incluyendo el color, son requisito indispensable para el diseño de equipos nuevos de cosecha, selección y despulpado (Evanila y Sidebang, 2015). El estudio de las características físicas del fruto del cafeto ha sido abordado por autores como Chandrasekar y Viswanathan (1999), quienes mencionan que no hay influencia en las características físicas (dimensiones, masa y densidad aparente) por estado de maduración del fruto, contrario a lo reportado por Marín *et al.*, (2003b), Sanz-Urbe *et al.* (2008), Carvajal *et al.* (2011) y Carvajal *et al.* (2012), quienes al evaluar el color de la epidermis, encontraron una diferencia significativa por estado de madurez. En México a partir de 2012, con el ataque masivo de la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk. & Broome), se ha iniciado un proceso



**Figura 1.** Estado de madurez: inmaduro (verde), pintón-rojo y seco en frutos de café.

**Ángulo de reposo.** Una muestra de frutos de café contenida en un recipiente de 1 L se vertió sobre una base con pendiente de 0°, formándose un cono invertido de granos, al cual se midió, utilizando un vernier (TRUPER®, STAINLESS STEEL de 200 mm), el radio ( $op$ ) y la altura ( $ady$ ) en tres réplicas (Figura 2). A partir de las medidas, se calculó el ángulo de reposo ( $\alpha$ ), de acuerdo a la ecuación 1 (Swokowski y Cole, 2011).



**Figura 2.** Cono formado por frutos maduros, donde  $op$ =radio,  $ady$ =altura y  $\alpha$ =ángulo de reposo.

**Masa.** Se tomaron al azar 50 frutos de café por grado de madurez y se obtuvo su masa (con una balanza electrónica VELAB™, Max=5000 g, d=100 mg), en tres repeticiones.

**Dimensiones.** A 150 frutos de café, tomados al azar de cada variedad y grado de madurez, se les midió el largo y ancho utilizando un vernier (TRUPER®, STAINLESS STEEL de 200 mm) (Figura 3).

**Color de la epidermis del fruto.** A 150 frutos de café, tomados al azar de cada variedad y grado de madurez, se les midió el color usando un colorímetro Hunter Lab, Modelo MSEZ1250, con la escala CIELab, iluminante D65 y un ángulo de 10° (Figura 4). Se tomaron tres lecturas por fruto, obteniendo las variables  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . A partir de estos valores se calculó el tono ( $h^*$ ) y el índice de saturación ( $C^*$ ), de acuerdo a la ecuación 2 (McGuire, 1992).

**Análisis estadístico.** Para cada característica física estudiada en los tres estados de maduración y variedades, se realizó un análisis de varianza y se corrió la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95% para la separación de medias por estado de madurez. A las variables de dimensión (de las tres variedades y estados de maduración) y color (por estado de maduración) de la

epidermis del fruto se les determinó intervalos de confianza con un nivel de confianza del 95%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Densidad aparente.** De los resultados (Cuadro 1) se observa que la densidad aparente es significativamente menor en el fruto seco de las tres variedades, en concordancia con lo reportado por Alfonso-Júnior *et al.* (2007) para la variedad Catuai; quienes establecen que a medida que disminuye el contenido de humedad en el fruto, también disminuye la densidad aparente. Respecto a las variedades, se aprecia que la variedad Colombia tiene una densidad aparente significativamente mayor ( $P \leq 0.05$ ) a las otras dos variedades en fruto inmaduro y pintón-maduro. Mientras que Costa Rica y Oro Azteca exhiben una diferencia estadística significativa ( $P \leq 0.05$ ) por estados de maduración, contrario a lo reportado por Chandrasekar y Viswanathan (1999) y Mutua (2000), quienes no encuentran diferencia significativa por estados de maduración, reportando valores ( $0.92 \text{ kg L}^{-1}$  y  $0.80 \text{ kg L}^{-1}$ , respectivamente) superior a lo reportados en el Cuadro 1.

**Ángulo de reposo.** En estados de pintón-maduro y seco el ángulo de reposo del fruto de café no presentó diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre las variedades estudiadas; mientras que el fruto inmaduro de la variedad

Costa Rica permitió un ángulo de reposo significativamente mayor que Oro Azteca, variedad que no presentó diferencia significativa en el ángulo de reposo entre los diferentes estados de madurez. Situación contraria a lo reportado por Evanila y Sidebang (2015), quienes encontraron diferencia significativa entre los cuatro estados de



**Figura 3.** Medición de largo y ancho en frutos de café.

$$h^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (2)$$

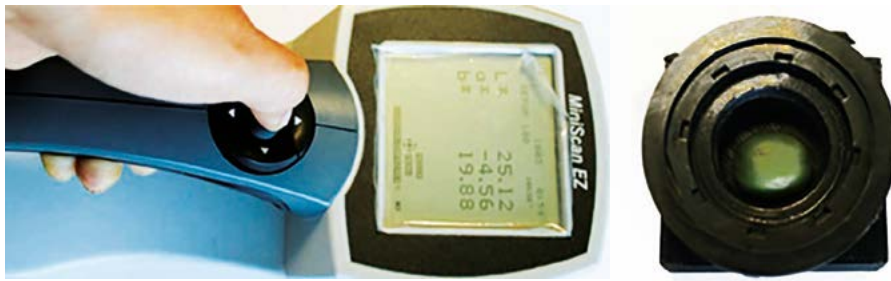


Figura 4. Lectura de color en fruto inmaduro.

madurez estudiados en la variedad Robusta de *Coffea canephora*.

**Masa.** El peso de los 50 frutos es estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) entre los tres estados de madurez evaluados, evidenciando la importancia de cosechar fruto maduro. Si 100 kilogramos de fruto pintón-maduro se dejaron secar en la planta, al final se cosecharían solo 25 kilogramos de café seco; mientras que, si esos mismos frutos se cosecharan inmaduros, se obtendrían solo 60 kilogramos de café. Dado que el café cereza es un producto que se paga por kilo, es del mayor interés para el productor cosechar sólo fruto pintón-maduro. Marín *et al.* (2003a) reportan resultados similares

para los tres estados de madurez [secos=33 g, inmaduros=66.5-87 g y maduros=99.5 g], mientras que Montilla-Pérez *et al.* (2008), reportan una masa mayor (102 g) en frutos maduros de la variedad Colombia; aunque esta variable depende también de la cantidad de frutos que tienen los cafetos (mayor cantidad generalmente implica menor tamaño y menor peso) y de las condiciones del clima que prevalecen al momento de la evaluación (frutos húmedos o frutos secos), entre otros factores.

**Dimensiones.** El estado de madurez afectó significativamente ( $P \leq 0.05$ ) las dimensiones del fruto en las tres variedades evaluadas. Los frutos de mayor tamaño fueron

los pintones-maduros (largo=16.31 mm y ancho=14.88 mm) y los de menor dimensión correspondieron a los frutos secos (largo=12.32 mm y ancho=9.14 mm). En el estado de pintón-maduro los frutos de Oro Azteca son significativamente ( $P \leq 0.05$ ) más anchos y pesados que en el resto de las variedades evaluadas. Similarmente, Carvajal *et al.* (2012) reportaron las dimensiones más altas de largo (16.53 mm) y ancho (14.84 mm) en frutos maduros, encontrando diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre frutos maduros e inmaduros.

En el Cuadro 2 se observa que las dimensiones de largo y ancho, contemplando los tres estados de maduración y variedades, variaron en intervalos de 14.51-14.69 mm y 11.85-12.08 mm, con valores extremos de 9.48-18.86 mm y 6.78-18.84 mm, respectivamente.

**Color de la epidermis del fruto.** Las variables de luminosidad ( $L^*$ ), tonalidad ( $h^*$ ) y pureza o saturación ( $C^*$ ) de color varían significativamente ( $P \leq 0.05$ ) por estado de maduración, mientras que para un mismo estado de madurez estas variables fueron muy similares en-

**Cuadro 1.** Características físicas de frutos de café cosechados de la parcela del COLPOS, Córdoba, Veracruz, México (2014).

Variedad	Estado de maduración	Densidad aparente (kg L <sup>-1</sup> )	Angulo de reposo (°)	Masa de 50 frutos (g)	Dimensiones	
					Largo (mm)	Ancho (mm)
Colombia	Inmaduro	0.69 <sup>f</sup>	18.85 <sup>cd</sup>	56.33 <sup>c</sup>	14.51 <sup>c</sup>	11.16 <sup>c</sup>
Costa Rica	Inmaduro	0.64 <sup>e</sup>	20.18 <sup>d</sup>	61.00 <sup>d</sup>	15.39 <sup>d</sup>	11.75 <sup>d</sup>
Oro Azteca	Inmaduro	0.64 <sup>e</sup>	15.09 <sup>ab</sup>	59.33 <sup>d</sup>	14.64 <sup>c</sup>	12.15 <sup>e</sup>
Colombia	Pintón-maduro	0.67 <sup>f</sup>	17.35 <sup>bc</sup>	94.66 <sup>f</sup>	16.31 <sup>e</sup>	14.25 <sup>f</sup>
Costa Rica		0.60 <sup>c</sup>	15.98 <sup>ab</sup>	90.66 <sup>e</sup>	16.14 <sup>e</sup>	14.10 <sup>f</sup>
Oro Azteca		0.62 <sup>d</sup>	16.29 <sup>ab</sup>	99.33 <sup>g</sup>	16.03 <sup>e</sup>	14.88 <sup>g</sup>
Colombia	Seco	0.49 <sup>b</sup>	17.45 <sup>bc</sup>	24.33 <sup>a</sup>	12.43 <sup>a</sup>	9.14 <sup>a</sup>
Costa Rica	Seco	0.49 <sup>b</sup>	16.30 <sup>ab</sup>	30.00 <sup>b</sup>	13.59 <sup>b</sup>	10.24 <sup>b</sup>
Oro Azteca	Seco	0.419 <sup>a</sup>	15.24 <sup>ab</sup>	22.00 <sup>a</sup>	12.32 <sup>a</sup>	10.00 <sup>b</sup>

Medias con letra diferente en una columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).



**Cuadro 2.** Dimensiones de frutos de café cosechados de la parcela del COLPOS, Córdoba, Veracruz, México (2014).

Dimensión	Media (mm)	Límites de confianza (95%)		Observaciones extremas (mm)	
		LI	LS	Inferior	Superior
Largo	14.60	14.51	14.69	9.48	18.86
Ancho	11.96	11.85	12.08	6.78	18.84

LI=límite de confianza inferior y LS=límite de confianza superior.

tre las variedades estudiadas. Por ejemplo, no se encontró diferencia estadística significativa ( $P>0.05$ ) en la luminosidad ( $L^*$ ) y el tono ( $h^*$ ) entre variedades en frutos inmaduros (Cuadro 3).

En la Figura 5 se muestra de manera gráfica las diferencias en Luminosidad ( $L^*$ ), tonalidad ( $h^*$ ) y pureza o saturación del color ( $C^*$ ) por variedad y grado de madurez.

Los frutos pintones-maduros presentaron una coloración rojiza ( $h^*=29.84^\circ$ ), medianamente luminosa ( $L^*=30.18$ ) y una pureza del color baja ( $C^*=24.34$ ). Los frutos inmaduros mostraron una coloración amarillo-verdosa ( $h^*=101.95^\circ$ ), con una luminosidad media ( $L^*=41.85$ ) y una pureza del color baja ( $C^*=31.35$ ). Finalmente, los frutos secos se encuentran en una tonalidad rojiza ( $h^*=56.49^\circ$ ), con una luminosidad baja ( $L^*=24.88$ ) y con poca pureza del color ( $C^*=7.74$ ), lo que indica que son tonalidades grises. Carvajal *et al.* (2011) encontraron diferencias significativas entre frutos con diferente estado de maduración, reportando que los valores de  $L^*$ ,  $h^*$  y  $C^*$  disminuyen durante la maduración del café. También en los Cuadros 3 y 4 se aprecia que los valores de las variables de color ( $L^*$ ,  $h^*$  y  $C^*$ ) de frutos maduros son menores con respecto a los inmaduros.

## CONCLUSIONES

Las características físicas de los frutos de café en los Catimores: Colombia, Costa Rica y Oro Azteca, provenientes del mismo predio y de las mismas condiciones de cultivo y de cosecha, varían por efecto

de la variedad y del grado de madurez. Así, la densidad aparente es significativamente mayor en los frutos inmaduros de las variedades Costa Rica y Oro Azteca en comparación con sus frutos secos o pintones-maduros. Mientras que en la

variedad Colombia no hay diferencia significativa entre los frutos inmaduros o pintones-maduros. El ángulo de reposo sólo varía significativamente en los frutos inmaduros de las variedades Colombia y Costa Rica ( $18.85^\circ$  y  $20.18^\circ$ , respectivamente). La masa de 50 frutos de café varía por variedad, pero principalmente por grado de madurez, aumenta al pasar de inmaduro a pintón-maduro y disminuye al secarse. Similarmente, los frutos pintones-maduros tienen las dimensiones más altas (largo= $16.31$  mm y ancho= $14.88$  mm) en comparación con los frutos inmaduros o secos. El color varía de acuerdo al estado de madurez. Los frutos con mayor luminosidad son los inmaduros ( $L^*=41.85$ ) y los del valor menor son los secos ( $L^*=24.88$ ). Las tonalidades

**Cuadro 3.** Color de frutos de café cereza por variedad cosechados de la parcela del COLPOS, Córdoba, Veracruz, México (2014).

Variedad	Estado de maduración	Color		
		*L	$h^*$ ( $^\circ$ )	$C^*$
Colombia	Inmaduro	41.73 <sup>e</sup>	102.29 <sup>e</sup>	30.96 <sup>fg</sup>
Costa Rica	Inmaduro	41.53 <sup>e</sup>	102.33 <sup>e</sup>	31.05 <sup>gh</sup>
Oro Azteca	Inmaduro	42.32 <sup>e</sup>	101.22 <sup>e</sup>	32.02 <sup>h</sup>
Colombia	Pintón-maduro	31.47 <sup>d</sup>	31.15 <sup>b</sup>	24.18 <sup>d</sup>
Costa Rica	Pintón-maduro	29.99 <sup>c</sup>	27.97 <sup>a</sup>	25.46 <sup>e</sup>
Oro Azteca	Pintón-maduro	29.08 <sup>c</sup>	30.41 <sup>b</sup>	23.38 <sup>d</sup>
Colombia	Seco	25.34 <sup>b</sup>	58.62 <sup>d</sup>	8.27 <sup>c</sup>
Costa Rica	Seco	22.96 <sup>a</sup>	51.70 <sup>c</sup>	7.69 <sup>bc</sup>
Oro Azteca	Seco	26.35 <sup>b</sup>	59.14 <sup>d</sup>	7.26 <sup>ab</sup>

Medias con letra diferente en una columna presentan diferencia estadística (Tukey,  $\alpha=0.05$ ).

**Cuadro 4.** Límites y medias de color en frutos de café cosechados de la parcela del COLPOS, Córdoba, Veracruz, México (2014).

Variable	Inmaduro			Pintón-maduro			Seco		
	Media (mm)	Límites de confianza (95%)		Media (mm)	Límites de confianza (95%)		Media (mm)	Límites de confianza (95%)	
		LI	LS		LI	LS		LI	LS
$L^*$	41.85 <sup>c</sup>	41.62	42.08	30.18 <sup>b</sup>	29.80	30.56	24.88 <sup>a</sup>	24.7	25.07
$h^*$ ( $^\circ$ )	101.95 <sup>c</sup>	101.71	102.18	29.84 <sup>a</sup>	29.15	30.54	56.49 <sup>b</sup>	55.96	57.01
$C^*$	31.35 <sup>c</sup>	31.14	31.55	24.34 <sup>b</sup>	23.96	24.72	7.74 <sup>a</sup>	7.61	7.87

Medias con letra diferente en una columna presentan diferencia estadística (Tukey,  $\alpha=0.05$ ). LI=límite de confianza inferior y LS=límite de confianza superior.

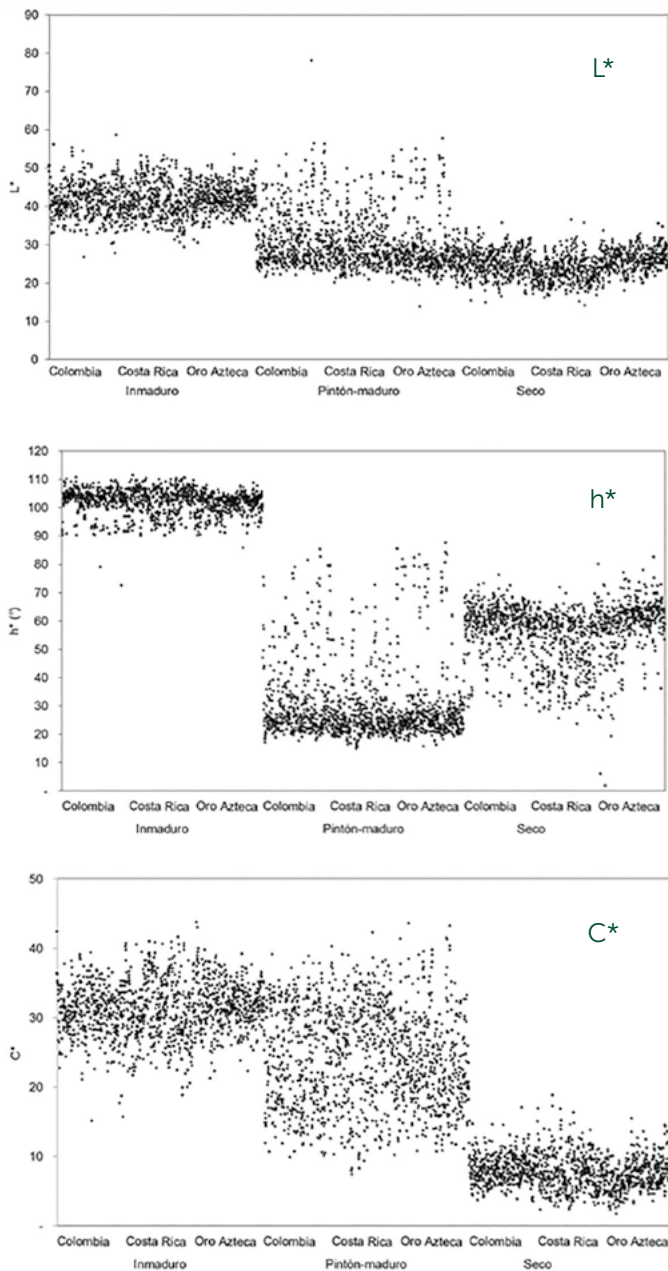


Figura 5. Valores de las variables de color.



varían de rojizo (pintón-maduro), rojizo-naranja (seco) a verde-amarillento (inmaduros).

## LITERATURA CITADA

- Alfonso-Júnior P.C., Corrêa P.C., Pinto F.A.C., Queiroz D.M. 2007. Aerodynamic properties of coffee cherries and beans. *Biosystems Engineering*, 98 (1), 39-46.
- Carvajal H.J.J., Aristizábal T.I.D., Oliveros T.C.E., Mejía M.J.W. 2011. Colorimetría del fruto (*Coffea arabica* L.) durante su desarrollo y maduración. *Revista Facultad Nacional Agronomía- Medellín*, 64 (2), 6229-6240.
- Carvajal H.J.J., Aristizábal T.I.D. y Oliveros T.C.E. 2012. Evaluación de propiedades físicas y mecánicas del fruto de café (*Coffea arabica* L. var. Colombia) durante su desarrollo y maduración. *Dyna*, 73 (173), 116-124.
- Chandrasekar V., Viswanathan R. 1999. Physical and Thermal Properties of Coffee. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 73(3), 227-234.
- Evanila S.Y., Sidebang B. 2015. Engineering properties of coffee beans from various colors of coffee cherries. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 3(1), 274-277.
- Marín S.M., Arcila J., Montoya E., Oliveros C. 2003a. Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L. var. Colombia). *Cenicafé* 54(3), 208-225.
- Marín S.M., Arcila J, Montoya E., Oliveros C. 2003b. Relación entre el estado de madurez del fruto del café y las características de beneficio, rendimiento y calidad de la bebida. *Cenicafé*, 54(4), 297-315.
- Mcguire R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Montilla.Pérez J., Arcila-Pulgarín J., Aristizábal-Loaiza M., Montoya-Restrepo E.C., Puerta-Quintero G.I., Oliveros-Tascón C.E., Cadena-Gómez G. 2008. Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional. *Cenicafé*, 59(2), 120-142
- Mutua J. 2000. Postharvest handling and processing of coffee in African countries. Rural Infraestructure and Agro-Industries Division. Agriculture and Consumer Protection. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Rome, Italy. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-x6939e/index.html> (Consultado 29 de febrero de 2017).
- Sanz-Urbe J.R., Ramos-Giraldo P.J., Oliveros-Tascón C.E. 2008. Optoelectronic analyzer of coffee fruits. Trabajo presentado en el World Congress on Engineering and Computer Science- WCECS. San Francisco, USA.
- Swokowski E.W., Cole J.A. 2011. Álgebra y trigonometría con geometría analítica. 13a ed. CENGAGE. México. ISBN 978-0-8400-6852-1. pp. 378.

# EVALUACIÓN DE RENTABILIDAD DE MADERA DE PINO BAJO OPCIONES REALES EN LA SIERRA NORTE DE OAXACA, MÉXICO

## EVALUATION OF PROFITABILITY OF PINE WOOD UNDER REAL OPTIONS IN NORTHERN SIERRA OF OAXACA, MÉXICO

Vásquez-García, A.<sup>1</sup>, Cetina-Alcalá, V.M.<sup>2\*</sup>, San Germán-Jarquín, D.M. de J.<sup>2</sup>, Matus-Gardea, J.A.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Postgrado en Economía, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco Km. 36.5, C. P. 56230, Montecillo Texcoco, Edo. de México. <sup>2</sup>Postgrado en Ciencias Forestal, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. Carretera México- Texcoco Km. 36.5, C. P. 56230, Montecillo Texcoco, Edo. de México. <sup>3</sup>Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Campo experimental Valle de México. Carretera Los Reyes- Texcoco, km. 13.5. INIFAP. C. P. 56250. Coatlinchán, Texcoco, Edo. de México.

\*Autor para correspondencia: vicmac@colpos.mx

### RESUMEN

Se realizó un análisis de rentabilidad de madera de pino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México, donde el aprovechamiento forestal es únicamente maderable y se hace exclusivamente mediante la cosecha de árboles de diversas especies de pino, a través de sistemas de aprovechamiento de fustes enteros y de madera corta. La madera se clasifica a pie de calle según longitudes, calidades y se transporta al aserradero de propiedad comunal. Se recabó información económica para calcular los indicadores financieros y determinar la rentabilidad del aprovechamiento de madera de pino mediante el enfoque tradicional: Valor actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), complementada con el enfoque de opciones reales utilizando el método de Black Scholes considerando una opción de abandono y una opción de expansión. Mediante la evaluación de proyectos por el método tradicional se obtuvo un  $VAN > 0$ ,  $TIR = 34\%$  y relación beneficio costo = 1.04. Estos indicadores muestran que la empresa tiene una rentabilidad financiera positiva. La metodología de opciones reales indica que la opción de abandono es menos redituable comparada con la opción de expansión de acuerdo a los resultados obtenidos con una diferencia de \$14, 556,250 pesos mexicanos (\$18.90/USD).

**Palabras clave:** Valor actual neto, Tasa interna de retorno, opciones reales, abandono, expansión.

## ABSTRACT

A profitability analysis of pine wood was carried out in Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México, where forest exploitation is solely timber-yielding, and is done exclusively through the harvest of trees of various pine species, through exploitation systems of whole shafts and short wood. The wood is classified at street level according to lengths, qualities, and is transported to the communal property sawmill. Economic information was gathered to calculate the financial indicators and to determine the profitability of the pine wood exploitation through the traditional approach: Net Present Value (NPV) and Internal Rate of Return (IRR), complemented by the real options approach using the Back Scholes method, considering an option of abandonment and an option of expansion. Through the evaluation of projects by the traditional method,  $NPV > 0$ ,  $IRR = 34\%$  and  $benefit-cost\ relation = 1.04$  were obtained. These indicators show that the enterprise has a positive financial profitability. The methodology of real options indicates that the option of abandonment is less profitable compared to the option of expansion, based on the results obtained, with a difference of \$14,556,250 MX pesos (\$18.90/USD).

**Keywords:** Net Present Value, Internal Rate of Return, real options, abandonment, expansion.

rez, inicio los primeros aprovechamientos forestales en la década de los cuarentas, con la concesión del bosque a Manuel F. García, quien generó empleo para los habitantes de la comunidad, sin retribuirles ningún otro beneficio colectivo de tipo económico o social (CONAFOR, 2013). El manejo de los recursos era realizado con metodologías europeas no adecuadas a las condiciones de los bosques mexicanos (Montes 1995). En el 2005, la comunidad toma el control del aprovechamiento de su bosque obteniendo el proceso productivo integrado desde el árbol en pie hasta su transformación en muebles (Figura 1).

Actualmente el aprovechamiento forestal maderable se realiza exclusivamente de acuerdo a la cosecha de árboles de las diversas especies de pinos, para madera en rollo y madera aserrada (Gasca, 2014). Esta última, sigue un proceso el cual se muestra en la Figura 2.

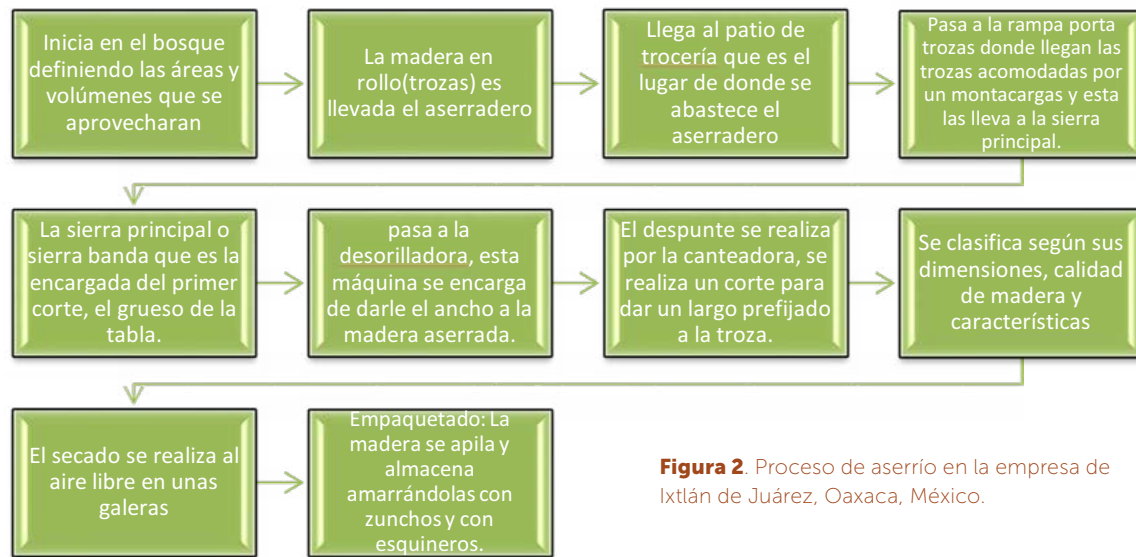
Sin embargo, desde el inicio del aprovechamiento forestal, ha habido una disminución importante en

## INTRODUCCIÓN

**El estado** de Oaxaca, México, tiene una superficie forestal de seis millones de hectáreas, equivalentes a 65.3% del territorio estatal. Los principales ecosistemas que integran esta superficie son: bosques de clima templado (51.7%), Selvas (44.2%), Matorral Xerófilo (0.7%), Manglar (0.4%), otras asociaciones (2.6%) y otras áreas forestales (0.4%). Estas cifras colocan a Oaxaca en el séptimo lugar a nivel nacional por su superficie forestal (PAT OAXACA, 2013). El municipio de Ixtlán de Juárez



**Figura 1.** Historia del aprovechamiento forestal en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México. Fuente: Elaboración propia con datos de Montes, 1995 y Sastre, 2008.



**Figura 2.** Proceso de aserío en la empresa de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México.

la derrama económica, además hay poca información confiable de su productividad, por lo que el objetivo de este trabajo fue determinar la rentabilidad financiera del aprovechamiento de madera de pino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, por medio del método tradicional comple-

mentándolo con la metodología de opciones reales utilizando el método de Black Scholes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio fue en el estado de Oaxaca se ubica al sur del país; y el municipio de Ixtlán de Juárez se ubica a 65 km de la capital del estado en la región de la sierra norte, pertenece al Distrito de Ixtlán de Juárez (17° 20' N y 96° 29' O), a una altitud de 2,030 m. Ixtlán tiene una superficie total de 19.310,14 ha, de las cuales 12.389,5 están incluidas en el Programa de Manejo Forestal 2003-2013. En la Figura 3 se muestra la división del territorio en la zona urbana, la de aprovechamiento y la zona de conservación en el distrito de Ixtlán de Juárez.

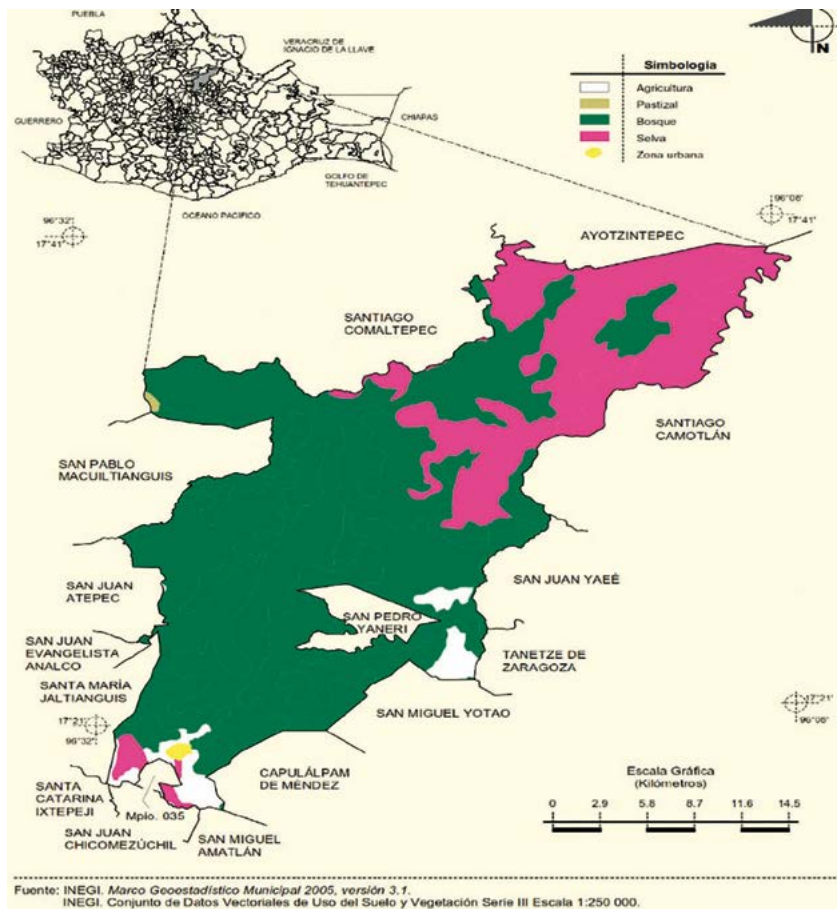
## METODOLOGIA

### Evaluación Tradicional

Se elaboró el presupuesto de inversión con todos los activos financieros que necesita la empresa para trabajar, así también el presupuesto de costos e ingresos. Con los presupuestos se calculó el flujo de efectivo, el punto de equilibrio y los datos necesarios para calcular el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR).

### Valor Actual Neto (VAN)

Este indicador se determinó según Baca, (2010), el cual expresa que el valor actual



**Figura 3.** Uso de suelo y vegetación de Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México.  
Fuente: INEGI. Marco geo estadístico municipal 2005, versión 3.1

neto se define como la sumatoria de los flujos netos anuales actualizados menos la Inversión inicial. Este indicador de evaluación representa el valor del dinero actual que se reportará en el proyecto en el futuro, a una tasa de interés y un periodo determinado. El VAN se determinó de la expresión:

$$VAN = -A + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1+k)^i}$$

Dónde:  $A$ : Inversión inicial;  $Q_i$ : Flujo neto del periodo  $i$ ;  $k$ : tasa de descuento o TREMA;  $n$ : años de duración del Proyecto

La tasa de descuento representa la tasa de interés a la cual los valores futuros se actualizan al presente. Un valor significativo se produce para  $VAN > 0$ , y significa que el proyecto cumple con las exigencias del inversionista, es decir, es la mejor alternativa que las que hay en el mercado en ese momento. Los criterios para la toma de decisión fueron:  $VAN > 0$ , el proyecto es rentable,  $VAN = 0$ , es indiferente realizar,  $VAN < 0$ , el proyecto no es rentable.

#### Tasa de Rendimiento Mínima Aceptable (TREMA)

González *et al.* (2002) explican que la TREMA es la tasa que representa una medida de rentabilidad, la mínima que se le exigirá al proyecto de tal manera que permita cubrir la totalidad de la inversión inicial, los egresos de operación, los intereses que deberán pagarse por aquella parte de la inversión financiada con capital ajeno a los inversionistas del proyecto, los impuestos, la rentabilidad que el inversionista exige a su propio capital invertido.

Se determinó la TREMA de acuerdo a Ocampo (2006) quien considera lo siguiente la tasa de interés o costo de capital, la inflación y la utilidad del inversionista.

$$TREMA = i + f + u$$

Dónde:  $i$ : tasa de interés;  $f$ : índice inflacionario (inflación);  $u$ : utilidad del inversionista.

El valor de la TREMA influye significativamente en el resultado del VPN: a mayor TREMA, menor VPN y viceversa.

#### La Tasa Interna de Retorno TIR

Se determinó según Baca (2010) que la define como la

tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero con la siguiente ecuación:

$$0 = -A + \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{(1 * TIR)^i}$$

La TIR muestra al inversionista la tasa de interés máxima a la que puede comprometer préstamos, sin que incurra en futuros fracasos financieros. Para lograr esto se busca aquella tasa que aplicada al Flujo neto de caja hace que el VAN sea igual a cero. A diferencia del VAN, donde la tasa de actualización se fija de acuerdo a las alternativas de Inversión externas, aquí no se conoce la tasa que se aplicará para encontrar la TIR; por definición la tasa buscada será aquella que reduce el VAN de un Proyecto a cero. En virtud a que la TIR proviene del VAN, primero se debe calcular el valor actual neto. La TIR se determina mediante aproximaciones sucesivas hasta acercarnos a un  $VAN = 0$ .

#### La relación beneficios a costos B/C

Este indicador muestra la cantidad de dinero actualizado que recibirá el proyecto por cada unidad monetaria invertida. Esta se determinó dividiendo los ingresos brutos actualizados (beneficios) entre los costos actualizados. Para el cálculo generalmente se emplea la misma tasa que la aplicada en el VAN.

$$B/C = \frac{\text{Valor actual de los beneficios}}{\text{Valor actual de los costos}}$$

#### Evaluación con opciones reales por el método Black-Scholes

##### Opción de expansión

Las opciones de expansión constituyen la posibilidad de realizar inversiones adicionales ligadas al proyecto de inversión, en este proyecto la finalidad de esta inversión es aumentar la producción y la capacidad de la empresa al doble de acuerdo al supuesto de que el bosque se puede aprovechar y la demanda de madera aserrada es suficiente. Esto se realizará estableciendo un aserradero con la misma capacidad de producción y el mismo tipo de maquinaria, pagando un costo extra de \$15, 000,000 de pesos. Pudiendo elegir en el año cuatro continuar con la escala de producción o expandirla.

Para calcular la opción de expandir se usaron los siguientes datos:

- X: Precio del ejercicio (costo de la inversión).
- S: El valor actualizado de los flujos de fondo por un periodo de cinco años.
- T: El tiempo hasta el vencimiento del proyecto en este caso cinco años.
- $\sigma$ : la volatilidad.

La volatilidad se calculó según Serna (2004) sobre el índice real de precios mensuales de madera aserrada obtenidos de deflactar los precios nominales para cada producto por el índice nacional de precios al consumidor (INPC) y se utilizó la siguiente formula:

$$\text{Volatilidad} = \sigma (\ln(p_t / p_{t-1})) * \sqrt{T}$$

Dónde:  $\sigma$ : desviación estándar;  $P_t$ : precio actual;  $P_{t-1}$ : precio anterior;  $T$ : Intervalo de acuerdo a los datos (12).

- Para calcular el valor de la opción de compra se utilizaron las fórmulas de Black Scholes (1973):

$$C = SN(d1) - Xe^{rT}N(d2)$$

$$d_1 = \frac{\ln \frac{S}{X} + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T)}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

- Para calcular N (d1) y N (d2), se utiliza la tabla de distribución normal estandarizada. Y se sustituye en C.
- Para calcular la VAN con opción se usa la fórmula que sigue:

$$VAN\ TOTAL = VAN\ CLASICA + VAN\ CON\ OPCION$$

### Opción de abandono

Para la opción de abandono se usó la fórmula del modelo de Black-Scholes (1973) de vender

$$P = Xe^{rT}N(-d2) - SN(-d1)$$

$$d_1 = \frac{\ln \frac{S}{X} + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)(T)}{\sigma\sqrt{T}}$$

$$d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Dónde:  $P$ : Valor de la opción real de venta;  $X$ : Lo que me ofrecen por el proyecto en el año elegido;  $S$ : El valor presente del flujo de efectivo;  $r$ : tasa continua libre de riesgo;  $\sigma$ : volatilidad;  $d_1$  y  $d_2$ : Valores que se localizan en las tablas z de distribución normal.

Primero se calculan los valores  $d_1$  y  $d_2$ . Para obtener los valores de  $N(-d_1)$  y  $N(-d_2)$  se buscan en la tabla z y nótese que se debe cambiar de signo.

Para comprobar que los cálculos son correctos se usa la ecuación de comprobación

$$C - P = S - Xe^{-rT}$$

Para poder comprobar con la formula anterior se utilizó el mismo año que la opción de expansión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción anual de acuerdo al tipo y calidad de madera aserrada es la que se muestra en la Figura 4, la cual indica, que la madera aserrada que más se produce es la de tercera y cuarta calidad también se puede ver que la de menor producción es la de primera y segunda calidad.

Los resultados de acuerdo a la evaluación tradicional fueron los que se muestran en el Cuadro 1.

El  $VAN > 0$  por lo tanto el proyecto se acepta dado que es rentable, y que durante la vida útil del proyecto a una tasa de actualización del



Figura 4. Cantidad producida en pie tabla de acuerdo a las calidades de madera.

**Cuadro 1.** Indicadores financieros de aprovechamiento de madera de pino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México.

Indicador	Valor
TREMA	25.74%
Valor Actual Neto	8,329,080
Relación Beneficio/Costo	1.05
Tasa Interna de Retorno	34%

Fuente: Elaboración propia.

27.74%, se va obtener una utilidad neta de \$8, 329,080 pesos. La TIR > que la tasa de actualización (TREMA), y esto quiere decir que se recupera la inversión y se obtiene una rentabilidad promedio de 34%. La Relación B/C es >1, A una tasa de actualización del 27.74%, por cada peso invertido se recupera la inversión y se tendrá 0.05 centavos de beneficio.

Los resultados obtenidos de la evaluación de opciones reales son los siguientes:

$$C = SN(d1) - Xe^{-rT}N(d2)$$

$$P = Xe^{-rT}N(-d2) - SN(-d1)$$

Fórmula de comprobación

$$C - P = S - Xe^{-rT}$$

$$15,993,965 - 1,437,714 = 29,325,905 - 14,769,654$$

$$14,556,51 = 14,556,251$$

De acuerdo a los resultados obtenidos por la metodología de opciones reales usando los datos del mismo año para efectuar una comprobación se puede ver cómo donde hay expansión el valor de la opción es de \$15,993,965, es decir, para tener la opción a comprar en el año nueve, un proyecto que vale hasta ese mismo año \$29,325,905 y en la fórmula de comprobación se observa que los cálculos son correctos debido a que nos da resultados iguales de acuerdo a la formula.

### CONCLUSIONES

La metodología de opciones reales no elimina a la metodología de evaluación de proyectos por el método tradicional, si no que se complementan. El valor de la opción a expandirse es de \$15,993,965. Esto es, para tener el derecho de comprar el proyecto en el noveno año por \$25,344,827, se debe pagar en la actualidad \$15,993,965, la opción de compra es muy redituable, por lo que conviene expandir el aserradero ya que se obtendrá un VAN total de \$24,323,045 comparado con el VAN inicial de \$8,853,919, por lo que hay una diferencia de \$15,993,965 que es el valor de la opción. El valor de la opción de abandono es de \$1, 437,714. Esto es, para tener el derecho de vender el proyecto en el noveno año por \$25,344,827, se debe pagar \$1,437,714, por lo cual la opción de venta es redituable. De acuerdo a los resultados obtenidos en los dos tipos de opciones la de abandono es menos redituable comparada con la opción con una diferencia de \$14,556,250 pesos. Con la

**Cuadro 2.** Evaluación de rentabilidad de aprovechamiento de madera de pino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca, México por el método Black Scholes.

Opción a expandirse		Opción de abandono	
VAN	8,329,080.19	VAN	8,329,080.19
S=	29,325,905	S=	29,325,905
X=	25,344,827	X=	25,344,827
r=	0.06	r=	0.06
T=	9	T=	9
$\sigma^2$ =	0.062	$\sigma^2$ =	0.062
$\sigma$ =	0.248	$\sigma$ =	0.248
d1=	1.29	d1=	1.29
d2=	0.55	d2=	0.55
N(d1)	0.90	N(-d1)	0.10
N(d2)	0.71	N(-d2)	0.29
$Xe^{-rt}$	14,769,654	$Xe^{-rt}$	14,769,654
$s*N(d1)$ =	26,451,655	$s*N(-d1)$ =	2,874,250
C=	<u>15,993,965</u>	P=	<u>1,437,714</u>
VAN total=VAN+VAN de la opción	24,323,045	VAN total=VAN+VAN de la opción	9,766,794

Fuente: Elaboración propia.



metodología de opciones reales se mostró que se puede cuantificar el costo de la opción, ya sea de compra o venta que los productores tendrían que pagar para evitar pérdidas convirtiendo la incertidumbre y la flexibilidad en una oportunidad para invertir.

## LITERATURA CITADA

- Black F., Scholes M. 1973. The pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of political Economy*. N° 81. Mayo-Junio. Pp. 637-659
- Baca-Urbina G., 2010. Evaluación de proyectos. Sexta edición. Editorial Mc Graw Hill. 333 p
- CONAFOR. 2013. (Comisión Nacional Forestal), Gerencia Estatal de Oaxaca. Programa de Fomento a la Organización Social, Planeación y Desarrollo Regional Forestal. Oaxaca México 60 p
- Gasca-Zamora J., 2014. Gobernanza y gestión comunitaria de recursos naturales en la Sierra Norte de Oaxaca, Región y Sociedad. Vol.26. Num.60. Pp. 89-120.
- Montes N.A., González A., Correa A., Acosta M. 2002. Factores determinantes de la rentabilidad financiera de las pymes. *Revista española de financiación y contabilidad*. Vol. 31. (112) pp. 395-492.
- INEGI. 2005. Marco geoestadístico municipal, versión 3.1. Áreas geostadísticas municipales. [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m\\_g\\_0.aspx](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/geoestadistica/m_g_0.aspx)
- Montes N.A. 1995. "Uso y manejo de los recursos naturales en la comunidad de Ixtlán de Juárez." Tesis Licenciatura Biología. D.F., México, IPN. 74 p.
- Ocampo J.E. 2006. Costos y Evaluación de proyectos. México. Compañía Editorial Continental. Primera Edición, México. 143 p.
- Sastre-Merino S. 2008. Análisis de la gestión forestal comunitaria y sus implicaciones sociales en Ixtlán de Juárez, Oaxaca México. Documento de la Escuela Técnica de Ingenieros de Montes, Universidad Politécnica de Madrid. España. 290 p.
- Serna\_Calvo G.M. 2002. Valoración de opciones con sonrisas de volatilidad: Aplicación al mercado español de opciones sobre el futuro del índice IBEX-35. *Revista Española de Financiación y Contabilidad*. Vol. XXXI (113) España. pp. 1203-1227.



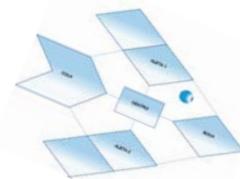
# EL MODELO DEL PEZ: HERRAMIENTA DE APOYO EN FORMULACIÓN DE PROYECTOS

## THE FISH MODEL: SUPPORTING TOOL IN PROJECT FORMULATION

Martínez-Cruz, R.<sup>1\*</sup>, Portillo-Vázquez, M.<sup>1</sup>, Del Valle-Sánchez, M.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Económico Administrativas. Km 38.5, Carretera México-Texcoco, Chapingo, Texcoco, Estado de México, CP 56230.

\*Autor de Correspondencia: macrocentro@hotmail.com



### RESUMEN

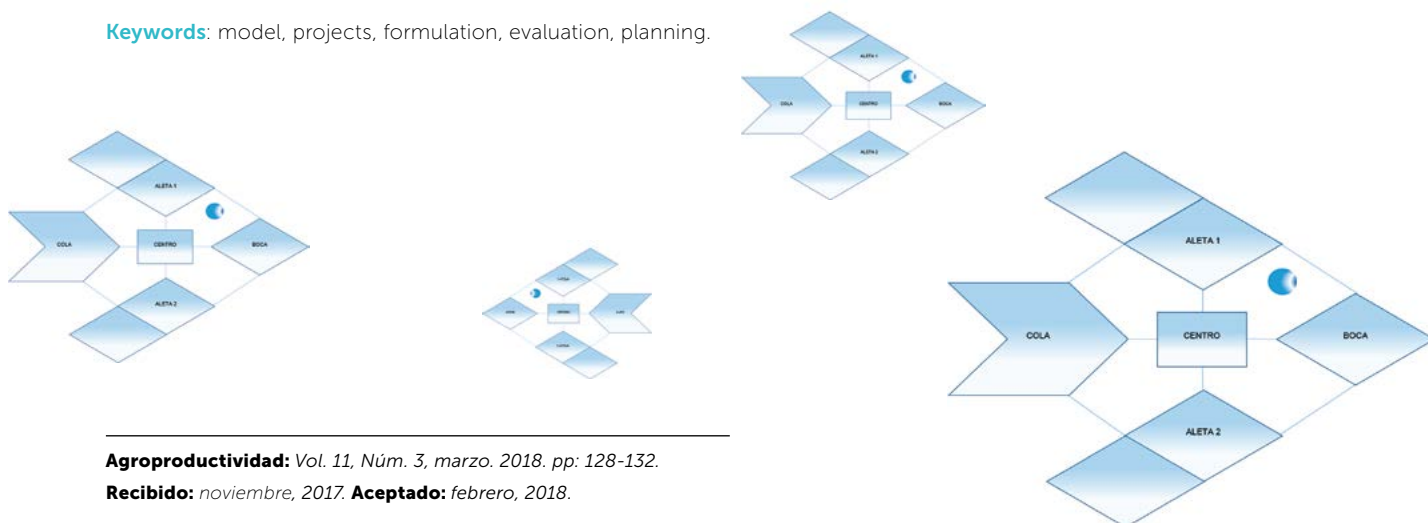
La ineficiencia en la forma de abordar la metodología de formulación y evaluación de proyectos, produce planteamientos de propuestas de inversión desarticulados, por ello, el objetivo fue diseñar un modelo de representación, análisis e interpretación, que permitiera entender, aprender, explicar y enseñar de manera práctica, fácil, rápida y ordenada, la forma lógica de enfocar el desarrollo del método de formulación, basando su diseño en cinco componentes del pez: cola, centro, boca, aleta 1 y aleta 2. Se demostró que aplicando este modelo, es posible lograr eficiencia en el desarrollo del proceso y se pueden elaborar propuestas de inversión coherentes acompañadas de programación y planificación de actividades, que permiten cumplir los objetivos a nivel significativo.

**Palabras clave:** Modelo, proyectos, formulación, evaluación, planeación.

### ABSTRACT

The inefficiency in the way of addressing the methodology of formulation and evaluation of projects produces suggestions of inarticulate investment proposals; therefore, the objective was to design a model for representation, analysis and interpretation, which allows understanding, learning, explaining and teaching in a practical, easy, fast and ordered manner, the logical way of focusing the development of the formulation method, basing its design in five components of the fish: tail, center, mouth, fin 1 and fin 2. It was shown that applying this model, it is possible to achieve efficiency in the development of the process and coherent investment proposals can be elaborated, accompanied by programming and planning of activities, which allow fulfilling the objectives at a significant level.

**Keywords:** model, projects, formulation, evaluation, planning.



**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo. 2018. pp: 128-132.

**Recibido:** noviembre, 2017. **Aceptado:** febrero, 2018.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto de inversión es un plan que, si se le asigna determinado monto de capital y se le proporcionan insumos de varios tipos, producirá un bien o un servicio, útil al ser humano o a la sociedad (Baca, 2010). El proyecto constituye el elemento operativo más pequeño preparado y ejecutado como una entidad independiente de un plan o programa nacional de desarrollo agrícola (Gittinger, 1983). Este plan debe plasmarse en un documento estructurado bajo la metodología de formulación y evaluación de proyectos. Como la metodología es compleja, su desarrollo se complica y se produce una desarticulación en el planteamiento, estructuración y análisis de la propuesta de inversión. Cuando se procede a formular y evaluar un proyecto de inversión se hace la interrogante *¿existe alguna forma práctica, fácil, rápida y ordenada que simplifique el desarrollo del procedimiento y el aprendizaje?* Hasta el momento la respuesta es no. Sin embargo, la demanda para formular proyectos es muy amplia, mientras que es muy limitado el número de individuos que, como resultado de su experiencia práctica, han desarrollado una efectiva capacidad para realizarla (FAO, 1988). La solución que se propuso fue la representación gráfica del proceso de formulación y evaluación de proyectos en un mapa conceptual al que se denominó **“el modelo del pez”** que permitió lograr un aprendizaje significativo, y un eficiente desarrollo de la metodología. Existe gran número de publicaciones, muchas de ellas en forma de guías o manuales, que tratan la planificación y el análisis de proyectos. Sin embargo, prácticamente, dichos textos se concentran exclusivamente en el problema de cómo analizar o evaluar el valor de la inversión de un proyecto, después que ha sido elaborado un diseño o un plan detallado para el mismo. Son muy pocos lo que tienen algo que decir acerca de cómo, en primer lugar, se elabora un determinado diseño de proyecto (FAO, 1988).

Novak (1988), desarrolló la teoría del mapa conceptual, plasmada en su libro *Aprendiendo a aprender*, donde definió el mapa conceptual como una técnica usada para la representación gráfica del conocimiento. Ausubel (1983), afirmó que el

aprendizaje es significativo cuando los contenidos son relacionados de modo no arbitrario y sustancial (no al pie de la letra) con lo que el alumno ya sabe. El modelo del pez, como herramienta didáctica, complementaria y de apoyo en el proceso de formulación y evaluación de proyectos de inversión permite, al estudiante que aprende, al profesor que enseña y al consultor que elabora proyectos, desarrollar la metodología con claridad, rumbo y dirección lógica y objetiva. El objetivo de la investigación fue diseñar un modelo conceptual de representación, análisis e interpretación, que permite entender, aprender, explicar y enseñar de forma práctica, fácil, rápida y ordenada, el desarrollo eficiente del método de formulación y evaluación de proyectos de inversión y lograr planteamientos significativos de propuestas de inversión.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño del modelo se desarrolló en el tema de proyectos de inversión; la forma del modelo se basó en la teoría del mapa conceptual de Joseph Novak (1988), y el contenido, en la teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel (1983). La estructura del modelo consistió en cinco componentes del pez: cola, centro, boca, aleta 1 y aleta 2. A esta estructura se adaptó la formulación de proyectos en seis elementos fundamentales de forma articulada y coherente: comerciales, técnicos, administrativo, legales, económicos y financieros (Murcia, 2009). Se identificaron los conceptos principales de cada componente del proyecto. Se definió el desarrollo de la metodología, con el modelo del pez, bajo el siguiente orden lógico: **Fase de formulación:** diseño técnico, diseño organizacional, diseño de mercado y diseño económico. **Fase de evaluación:** análisis financiero. El modelo diseñado se probó en cursos de proyectos de inversión impartidos a consultores, maestros y estudiantes, y se realizaron los ajustes correspondientes. Se revisó la teoría clásica de proyectos y se validó el modelo en foros académicos.

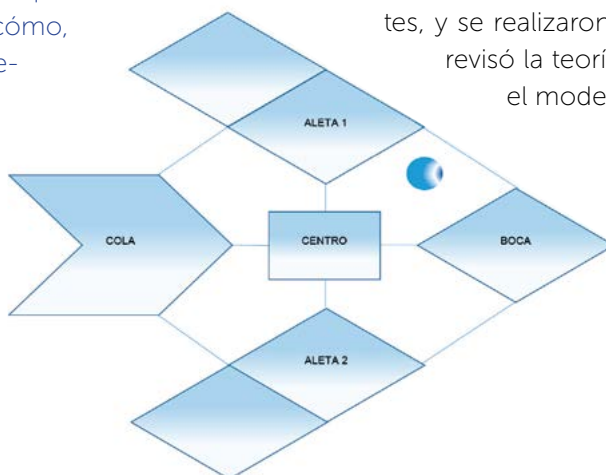


Figura 1. El modelo del pez. Elaboración propia, 2017.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo el modelo del pez (Figura 1), como un esquema de representación, análisis e interpretación, que permite el aprendizaje significativo de forma práctica, fácil, rápida y ordenada, del proceso de formula-

ción y evaluación de proyectos de inversión, basando su estructura en cinco componentes del pez: cola, centro, boca, aleta 1 y aleta 2.

Con el modelo se representó los diseños que estructuran el documento del proyecto, bajo una secuencia lógica, coherente y objetiva, haciendo hincapié en las partes conceptuales y sus relaciones: diseño técnico, diseño organizacional, diseño de mercado, diseño económico y análisis financiero (Cuadro 1).

En el diseño técnico los conceptos del modelo son elementos de los que se obtiene el proceso productivo, en el organizacional son áreas que definen el organigrama, en el de mercado son agentes económicos y definen el mercado objetivo, en el económico son categorías económicas que generan el estado económico, y en el financiero son categorías financieras para obtener el estado financiero del proyecto.

**Diseño técnico bajo el modelo del pez**

Es la representación conceptual de los elementos del proceso productivo: materia prima, mano de obra, máquinas y productos, así como el conjunto de relaciones técnicas-productivas que se generan, lo que facilita el entendimiento, análisis e interpretación de la estructura general del diseño técnico del proyecto, de una forma práctica, fácil, rápida y ordenada (Figura 2).

Los elementos que estructuran el diseño técnico son: **Materia prima (M.P.)**. Conjunto de recursos naturales: factor tierra (objetos de trabajo). **Máquinas**. Conjunto de recursos artificiales: fac-

tor capital (medios de trabajo). **Productos**. Resultado de la combinación y coordinación eficiente de los insumos de la producción (tierra, trabajo y capital). **Mano de obra (M.O.)**. Conjunto de recursos humanos: factor trabajo (fuerzas de trabajo). El resultado de la estructuración de estos elementos, y la dinámica de relaciones entre ellos, es el proceso productivo, que representa el eje medular del diseño técnico del proyecto.

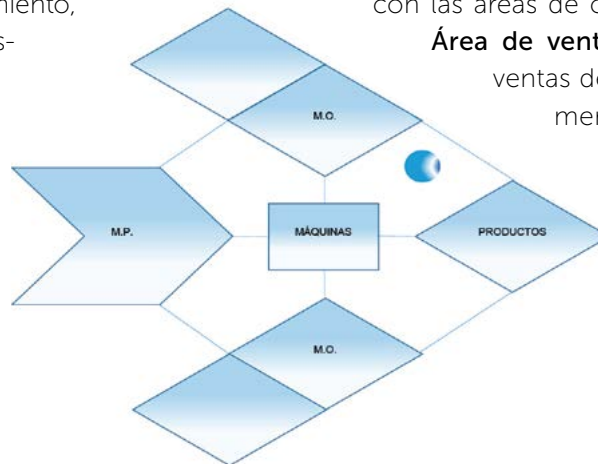
**Diseño organizacional bajo el modelo del pez**

Es la representación conceptual de las áreas de compras, producción, ventas y administración de la empresa, que coordina el conjunto de relaciones productivas-sociales-comerciales generadas entre estas, interna y externamente, lo que facilita el entendimiento, análisis e interpretación de la estructura general del diseño organizacional del proyecto, de forma significativa (Figura 3).

Las áreas de la empresa del diseño organizacional son:

**Área de compras**. Coordinación externa de las compras de insumos con los proveedores en el mercado y coordinación interna del suministro permanente y seguro de información con el área de producción, ventas y administración. **Área de producción**. Coordinación interna de las actividades de producción y flujo de información con las áreas de compras, ventas y administración.

**Área de ventas**. Coordinación externa de las ventas de productos con los clientes en el mercado y coordinación interna del suministro permanente y seguro de información con el área de compras, producción y administración. **Área de administración**. Coordinación general interna con todas las áreas de la empresa y coordinación general externa con todos los agentes económicos del mercado. El resultado de la



**Figura 2.** Diseño técnico bajo el modelo del pez. Elaboración propia, 2017.

<b>Cuadro 1.</b> Conceptos del diseño en el modelo del pez. Elaboración propia, 2017.				
Diseño \ modelo	Cola	Centro	Boca	Aleta 1 y 2
Técnico	Materia prima	Máquinas	Productos	Mano de obra
Organizacional	Compras	Producción	Ventas	Administración
Mercado	Proveedores	Empresa	Clientes	Competencia
Económico	Costos	Flujos	Ingresos	Financiamiento
Financiero	Inversión	TIR	VAN	Tasa de actualización

estructuración de las áreas, y la dinámica de relaciones que se generan entre ellas, es el organigrama de la empresa, que representa el eje medular del diseño organizacional del proyecto.

### Diseño de mercado bajo el modelo del pez

Es la representación conceptual de los agentes económicos; la empresa, los proveedores, los clientes y la competencia, así como el conjunto de relaciones comerciales-económicas que se generan entre estos en el mercado, lo que facilita el entendimiento, análisis e interpretación de la estructura general del diseño de mercado del proyecto, de una forma práctica (Figura 4).

Los agentes económicos del diseño de mercado son: **Proveedores.** Empresas físicas o morales oferentes de insumos al proyecto. **Empresa.** Agente económico central, propuesta del proyecto de inversión. **Clientes.** Consumidores demandantes del producto a ofrecer por el proyecto. **Competencia.** Empresas físicas o morales que ofrecen el mismo producto o uno sustituto.

El resultado de la estructuración de los agentes económicos, y la dinámica de relaciones que se generan entre ellos, es el mercado objetivo, que representa el eje medular del diseño de mercado del proyecto.

### Diseño económico bajo el modelo del pez

Es la representación conceptual de las categorías económicas: flujos, costos, ingresos y financiamiento, que visualiza las relaciones económicas que se generan entre estas, lo que facilita el entendimiento, análisis e interpretación de la estructura general del diseño económico del proyecto, de una forma ordenada (Figura 5).

Las categorías económicas, del diseño económico

son: **Costos.** Expresión monetaria de los egresos del proyecto. **Flujos.** Diferencia de ingresos menos costos. **Ingresos.** Expresión monetaria de los beneficios del proyecto. **Financiamiento.** Aportación del recurso monetario para el proyecto.

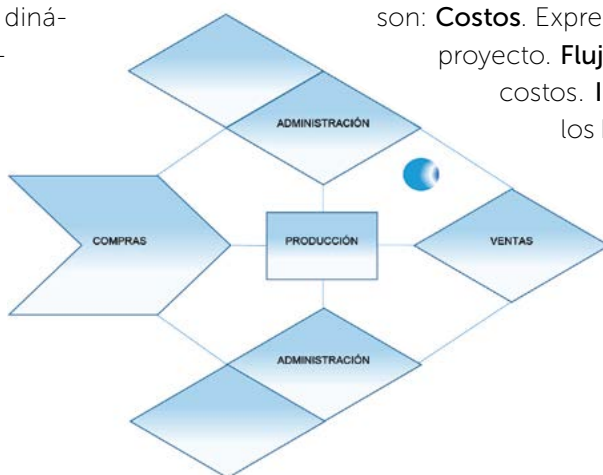


Figura 3. Diseño organizacional bajo el modelo del pez. Elaboración propia, 2017.

El resultado de la estructuración de las categorías económicas, y la dinámica de relaciones que se generan entre ellas, es el estado económico, que representa el eje medular del diseño económico del proyecto.

### Análisis financiero bajo el modelo del pez

Es la representación conceptual de las categorías financieras: la Inversión, la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa de Actualización (TA), así como las relaciones económicas-financieras que se generan entre estas, lo que facilita el entendimiento, análisis e interpretación de la estructura general del análisis financiero del proyecto, de una forma práctica, fácil, rápida y ordenada (Figura 6).

Las categorías del análisis financiero son: **inversión.** Costo de la inversión total. **TIR.** Tasa de utilidad o pérdida neta generada periódicamente por el proyecto. **VAN.** Utilidad o pérdida neta descontada generada por el proyecto. **TA.** Tasa del costo financiero de la inversión. El resultado de la estructuración de las categorías financieras, y la dinámica de relaciones que se generan entre ellas, es el estado financiero, que representa el eje medular del análisis financiero del proyecto.

### CONCLUSIONES

El modelo del pez, como herramienta didáctica, complementaria y de apoyo, de representación, análisis e interpretación, sí permite entender, aprender, explicar y enseñar de manera práctica, fácil, rápida y ordenada, el desarrollo eficiente del proceso de formulación y evaluación de proyectos de inversión y el logro de conocimiento significativo, constituyendo

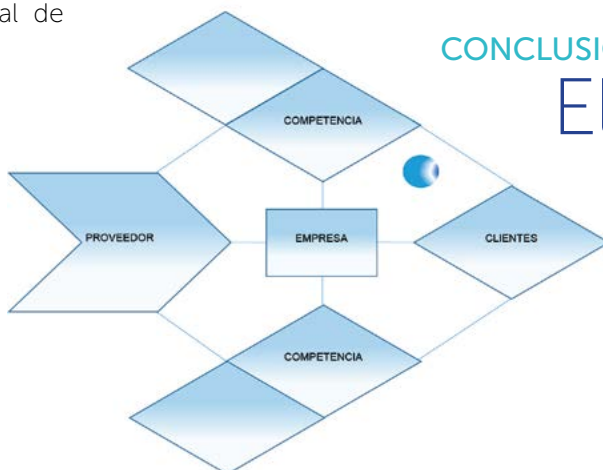
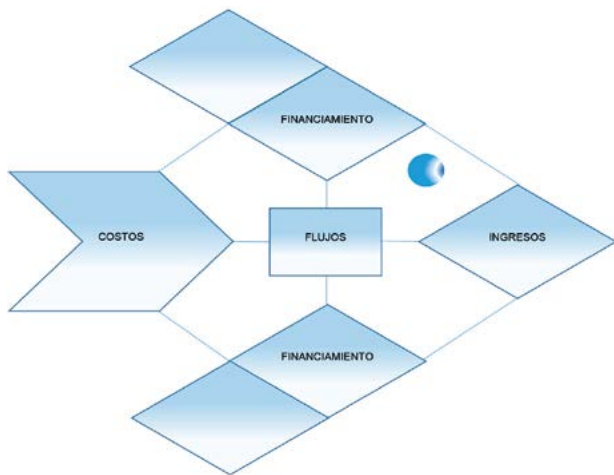
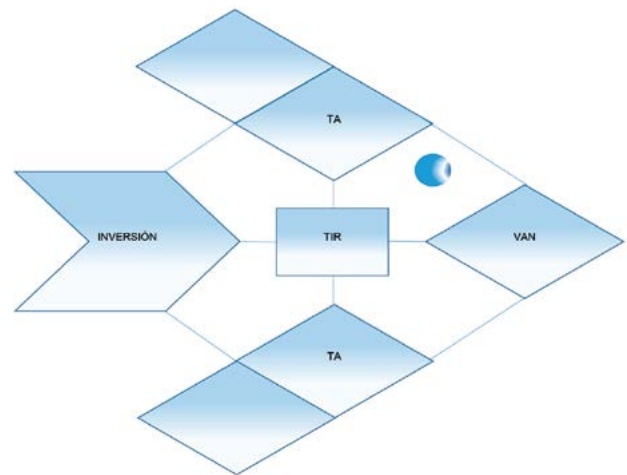


Figura 4. Diseño de mercado bajo el modelo del pez. Elaboración propia, 2017.



**Figura 5.** Diseño económico bajo el modelo del pez. Elaboración propia, 2017.



**Figura 6.** Análisis financiero bajo el modelo del pez. Elaboración propia, 2017.

un método de planeación estratégica para el estudiante, el profesor y el consultor, en la elaboración de planteamientos de propuestas de inversión de calidad, coherencia y objetividad. La aplicación del modelo del pez en la formulación y evaluación de proyectos de inversión permitió desarrollar el proceso de manera lógica y demostró que sí existe un orden evolutivo natural en que se debe abordar el diseño del proyecto: diseño técnico, diseño organizacional, diseño de mercado, diseño económico y análisis financiero. El modelo fue aceptado por estudiantes, maestros y consultores.

### LITERATURA CITADA

- Ausubel D.P., Novak J.D. y Hanessian H. 1983. Psicología Educativa. Trillas. México. 621 p.
- Baca U. G. 2010. Evaluación de proyectos. Sexta edición, McGrawHill. México, D.F. 330 p.
- Gittinger J. P. 1983. Análisis económico de proyectos agrícolas. Segunda edición, Tecnos. Madrid, España. 555 p.
- Murcia J. 2009. Proyectos, formulación y criterios de evaluación. Primera edición, ALFAOMEGA. México. 492 p.
- Novak J.D., Gowin D.B. 1988. Aprendiendo a aprender. Primera edición, Ediciones Martínez Roca. Barcelona. 228 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1988. Guía para la capacitación en la Formulación de Proyectos de Inversión Agrícola y Rural: Introducción. FAO. Roma. 34 p.



# ESTUDIOS DE PLASTICIDAD FENOTÍPICA Y HERBIVORÍA; UNA REVISIÓN

Daniel Alejandro Cadena-Zamudio<sup>1</sup>, Betsabé Ruiz-Guerra<sup>1\*</sup>, Roger Enrique Guevara-Hernández<sup>1</sup>, José García-Franco<sup>2</sup>, Juan Núñez-Farfán<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ecología Evolutiva. Instituto de Ecología, AC., Km 2.5 carretera antigua a Coatepec no. 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, 91070, México (cadenazamudio@gmail.com); (betsarg@yahoo.com); (roger.guevara@inecol.mx). <sup>2</sup>Departamento de Ecología Funcional. Instituto de Ecología, A.C., km 2.5 antigua carretera a Coatepec no. 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, 91070, México (jose.garcia.franco@inecol.mx). <sup>3</sup>Laboratorio de Genética Ecológica y Evolución, Departamento de Ecología Evolutiva, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México (farfan@unam.mx).

\*Autor para correspondencia: betsarg@yahoo.com

---

## RESUMEN

El conocimiento de las causas y mecanismos subyacentes de la plasticidad fenotípica en respuesta a la variación ambiental es crucial para un mejor entendimiento de la evolución y de la biodiversidad. En este trabajo se describe y analiza la importancia del estudio de la plasticidad fenotípica en plantas, mediante los trabajos de los últimos 17 años concernientes al tema Plasticidad, plasticidad adaptativa, repuestas plásticas, herbivoría, daños por herbívoros, disponibilidad de luz, heterogeneidad ambiental, características foliares, selva tropical. Los resultados muestran que el estudio de la plasticidad es un área poco explorada. Las regiones tropicales donde más estudios se han realizado son América del sur, principalmente la región de Brasil y Chile, seguido por América de norte y Asia, con México y China respectivamente. La mayoría de los estudios se realizaron con plántulas, utilizando principalmente especies demandantes de luz y tolerantes a la sombra, focalizando las investigaciones en los efectos de la luz sobre ciertos atributos. Se resalta la necesidad de aumentar el estudio de la plasticidad fenotípica sobre la biodiversidad en México, considerando no solo la variación de las características ambientales (luz, temperatura, agua, etc.), sino también, sobre factores bióticos como la herbivoría.

**Palabras clave:** Evolución, plasticidad, bosques tropicales, cambio climático, biótico, abiótico, interacción.

## INTRODUCCIÓN

Las plantas como organismos sésiles deben tener una capacidad de adaptación al entorno en el que se han dispersado (Pigliucci, 2001). En los ecosistemas tropicales se generan ambientes altamente dinámicos que varían tanto espacial como temporalmente (Tang y Washitani, 1995), y una forma de hacer frente a estas variaciones del ambiente es por medio de la plasticidad fenotípica (Bradshaw, 1965; McIntyre y Strauss, 2014), la cual permite generar cambios (anatómicos, fisiológicos, morfológicos y estructurales) con los cuales las plantas logran adaptarse a nuevos ambientes (West-Eberhard, 2003). Valladares *et al.* (2000) han sugerido que la plasticidad fenotípica puede ser la clave para que las plantas logren sobrevivir a ambientes heterogéneos y variables debido a su rápida colonización al medio.

Las selvas y bosques tropicales contienen una amplia gama de entornos, que pueden ir desde el sotobosque donde la incidencia de luz es menor al 3 %, hasta sitios muy abiertos, producto de la caída de los árboles (Chazdon, 1988). Una forma eficiente de aclimatarse a la heterogeneidad lumínica es por medio de modificaciones plásticas en las características de las hojas (Rozendaal *et al.*, 2006), por ejemplo, las especies demandantes de luz que crecen expuestas en los claros deben maximizar su capacidad fotosintética produciendo hojas con mayor contenido de nitrógeno y carbono (Givnish, 1984), pero a su vez, deben ser delgadas para perder calor mediante altas tasa de respiración (Westoby y Wrigh, 2006). En cambio, las especies tolerantes a la sombra crecen bajo el dosel de los árboles, por lo que la luz se vuelve

un recurso menos disponible (Poorter y Nagel, 2000). En este sentido, las hojas que crecen en sombra deben de tener mayor área foliar específica que les permitan capturar mayor cantidad de luz, igual o más que las demandantes de luz (Evans y Poorter, 1998), además de poseer hojas con menor contenido de nitrógeno, pero más gruesas y resistentes a herbívoros.

La interacción planta herbívoro altera de manera directa la estructura y el funcionamiento de las plantas (Crawley, 1997). Coley y Barone (1996) mencionan que una planta puede tener hasta 70 % de daño foliar en su vida útil. Se sabe que las especies tolerantes a la sombra tienen menor daño por herbívoros ya que sus hojas son más gruesas y duras, en cambio las demandantes de luz muestran un patrón contrario debido a que invierten más en su desarrollo y crecimiento y menos en defensas (Karban y Baldwin, 1997). Cabe mencionar que el daño producido por los herbívoros limita las repuestas plásticas en las plantas (Blundell y Peart, 2001; Valladares, 2007). Autores como Kursar y Coley (2003) mencionan que la plasticidad en los rasgos foliares tienen efectos directos en compuestos que producen (azúcares, nitrógeno, metabolitos secundarios) que atraen o repelen a los herbívoros.

A pesar de la importancia de la interacción planta herbívoro (Val y Boege, 2012), existe muy poca evidencia sobre el efecto de ésta en el despliegue de plasticidad fenotípica en sistemas tropicales (Marquis, 1984; Valladares *et al.*, 2000; Boege, 2010). La evidencia se restringe al estudio de las estrategias defensivas de las plantas causadas por la herbivoría (Callaway *et al.*, 2003), pero

pocos estudios han abordado las adaptaciones de las plantas debido a factores bióticos (Valladares *et al.*, 2007). La mayoría de los estudios se han realizado en condiciones de invernadero, (ver Niles y Agrawal, 2005; Salgado-Luarte y Gianoli, 2011; Pashalidou *et al.*, 2013; Pardo *et al.*, 2016), y solo dos estudios han evaluado el efecto de la herbivoría en la plasticidad fenotípica en condiciones naturales (Boege y Dirzo, 2004; Salgado-Luarte y Gianoli, 2012). En este sentido, los estudios sugieren evaluar cuantitativamente los daños de la herbivoría en conjunto con factores bióticos en condiciones naturales, con el fin de obtener una mejor comprensión de la plasticidad fenotípica en las plantas. Por lo que el objetivo de este trabajo fue describir y analizar la importancia del estudio de la plasticidad fenotípica de los últimos años en el mundo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una búsqueda de estudios sobre plasticidad fenotípica y herbivoría a partir de literatura electrónica en el buscador Web of Science® de los últimos 17 años. En la búsqueda se utilizaron las siguientes palabras clave: Plasticidad, plasticidad adaptativa, repuestas plásticas, herbivoría, daños por herbívoros, disponibilidad de luz, heterogeneidad ambiental, características foliares. Con lo anterior se elaboró una base de datos donde se analizaron: a) el curso temporal de los estudios, b) los tipos de vegetación donde se han desarrollado los estudios, c) el enfoque de los estudios, d) los organismos estudiados, e) las variables analizadas, y f) las preguntas de estudio.

Se obtuvieron 2704 resultados, de los cuales, al considerar criterios



de discriminación, la muestra se redujo a 62, incluyendo cinco revisiones, tres relacionadas a las respuestas plásticas a factores abióticos, y dos sobre repuestas al cambio climático. Los criterios fueron: estudios que abordaran como tema central la plasticidad fenotípica en plantas, así como cambios causados por factores bióticos y abióticos en ecosistemas tropicales, bosques templados y zonas áridas del mundo; estudios que hubiesen trabajado solo plantas, que reflejaran cambios en la plasticidad fenotípica en condiciones naturales y experimentales. No se incluyeron estudios que abordaran análisis moleculares (genética, epigenética, proteómica, transcriptómica, etc.), escalas espaciales, modelamiento de nicho, modelos nulos, predicciones a corto y largo plazo. Tampoco se integraron investigaciones que estudiaron algas, animales, anfibios, microorganismos y especies invasoras.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Curso temporal de los estudios

Los estudios sobre plasticidad fenotípica y herbivoría en ecosistemas tropicales inician en el año 2000 con un pico de tres publicaciones, y muestran un patrón errático a lo largo del tiempo, con incremento en los últimos cinco años (Figura 1). Lo anterior sugiere que: *i*) la investigación sobre plasticidad fenotípica y herbivoría no es un tema nuevo, *ii*) en los últimos años se observa, un aumento en el número de publicaciones, *iii*) es un tema poco explorado, ya que, en 17 años, se registran 3.6 publicaciones por año en promedio. Lo anterior se puede deber a que los estudios realizados en sistemas tropicales se han restringido a respuestas fenotípicas a un solo factor abiótico (*i. e.* agua, temperatura, nutrientes y principalmente la luz) y en menor medida a los bióticos (herbivoría, metabolismo secundario) (Schlichting, 2002; Sultan, 2000).

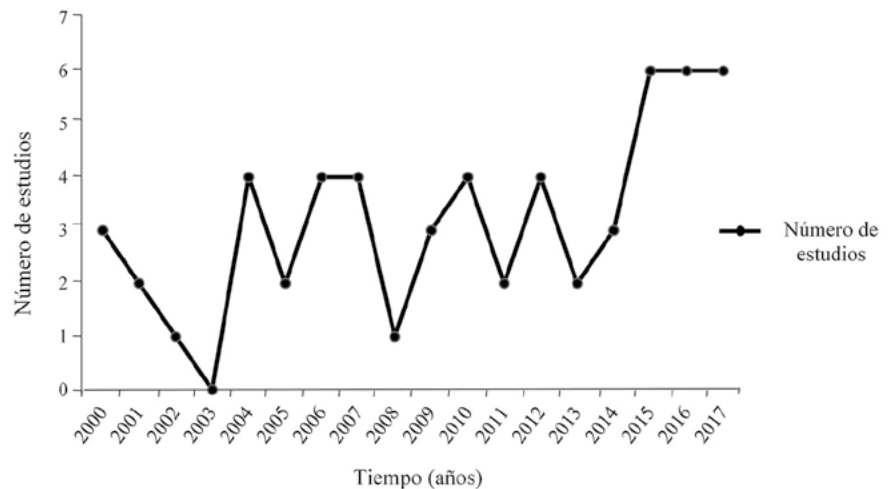
### Tipos de vegetación

Los tipos de vegetación estudiados en los trabajos se agruparon como Tropical (bosque tropical, subtropical, selva húmeda, sabana), Templado y Zonas áridas (matorral xerófilo) (Figura 2a). Se encontró que la mayor parte de los estudios realizados correspondieron a la región de América de sur con 32% trabajos, seguido por América de norte con 25%, Europa con 23% (España, Francia

y Suiza), Asia con 19% (China e India) y África con 2% (Figura 2b). Los estudios se han llevado a cabo en diferentes países, siendo China y México los que más han contribuido con 12 %, seguido por Brasil con 11 %, Chile y España con 9 %, y en menor proporción, Panamá, Bolivia, Canadá, E.U, Francia y Estonia con 5 %, seguido por Australia 4 %, y por último Suiza, Colombia, Italia, India, Indonesia, Hawái y Sudáfrica con 2 % (Figura 2c).

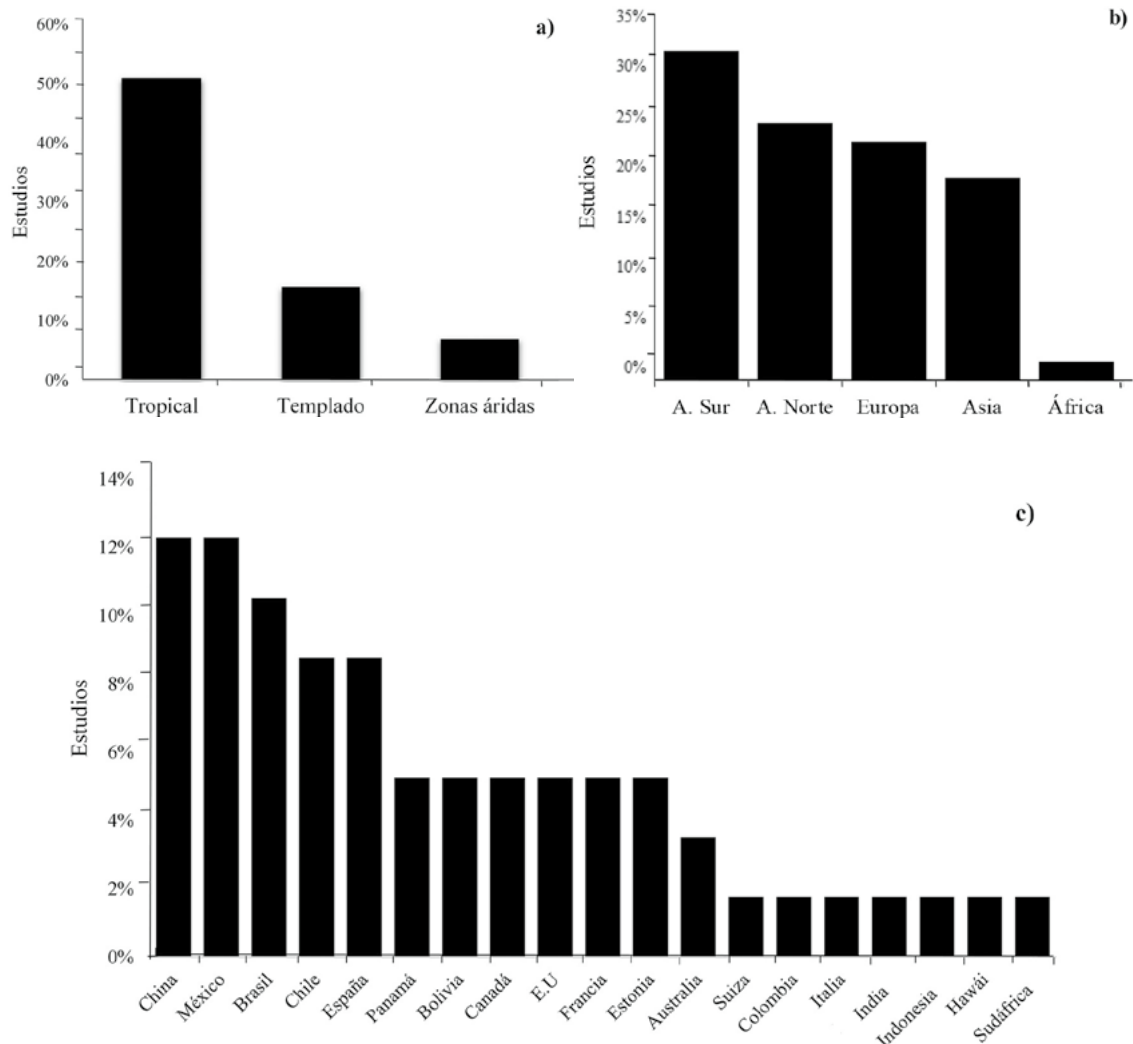
### Enfoques de los estudios

Los estudios de plasticidad fenotípica y herbivoría se han abordado de diferentes maneras, incluyendo trabajos de campo y experimentales. La mayoría de los estudios de plasticidad fenotípica y herbivoría se han llevado a cabo en ecosistemas tropicales, de los cuales 51 % han sido

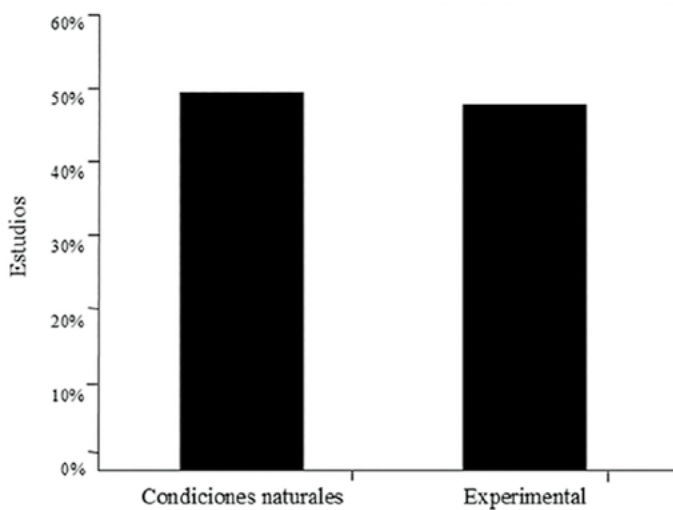


**Figura 1.** Número de estudios de plasticidad fenotípica y herbivoría para el periodo 2000-2017. La línea negra representa el número total de trabajos por año.

en condiciones naturales (Figura 3). En cuanto a los estudios realizados en condiciones experimentales, el porcentaje fue de 49 %. Cabe destacar que la aproximación a través de experimentos es muy cercana a la realizada en condiciones naturales. La ventaja de los estudios experimentales es que muchas de las variables se pueden controlar, lo que genera mayor precisión en contraste con los estudios naturales; sin embargo, si bien se asemejan a las condiciones que las plantas se enfrentan, existe mucha variación y es difícil discernir entre los factores causales (Valladares, 2007). Uno de los problemas que presenta trabajar en condiciones naturales es la representatividad de los genotipos, ya que se han reportado estudios donde se han utilizado tres genotipos en poblaciones naturales (Miner *et al.*, 2005), ocasionando que se obtenga una vista incompleta de la norma de reacción, además de que no se comprenden del todo los cambios plásticos que pueden generar los organismos



**Figura 2.** Estudios de plasticidad fenotípica y herbivoría. a) Tipos de vegetación, b) América del sur, América del norte, Europa, Asia y África. c) distribución por países.

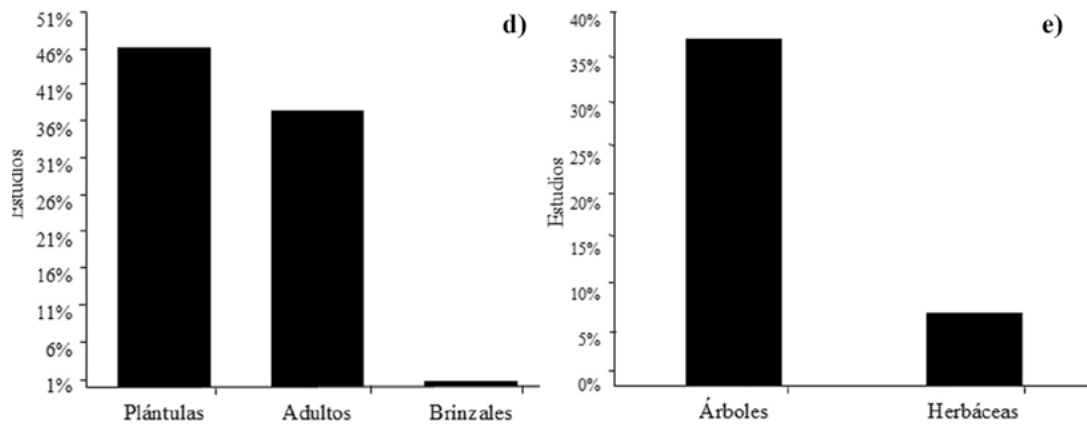


**Figura 3.** Enfoques utilizados en los estudios de plasticidad fenotípica y herbivoría.

de estudio. Autores como Van Kleunen (2005) mencionan que por lo menos se deben trabajar con seis genotipos para poder hacer estudios de plasticidad en plantas, ya que de trabajar con menos se puede obtener una interpretación inadecuada de los resultados, generando sesgos en los mismos.

**Organismos estudiados**

El estadio ontogénico de los organismos encontrados en los estudios de plasticidad fenotípica y herbivoría, fue plántulas, adultos y binzales con 49 %, 39 % y 2 %; respectivamente (Figura 4d). En cuanto a la forma de vida de las especies se encontró que la mayoría de los estudios utilizaron árboles (38 %), y herbáceas (8 %) (Figura 4e). Además, la predominancia en los trabajos fue de la historia de vida de las plantas, donde utilizaron principalmente



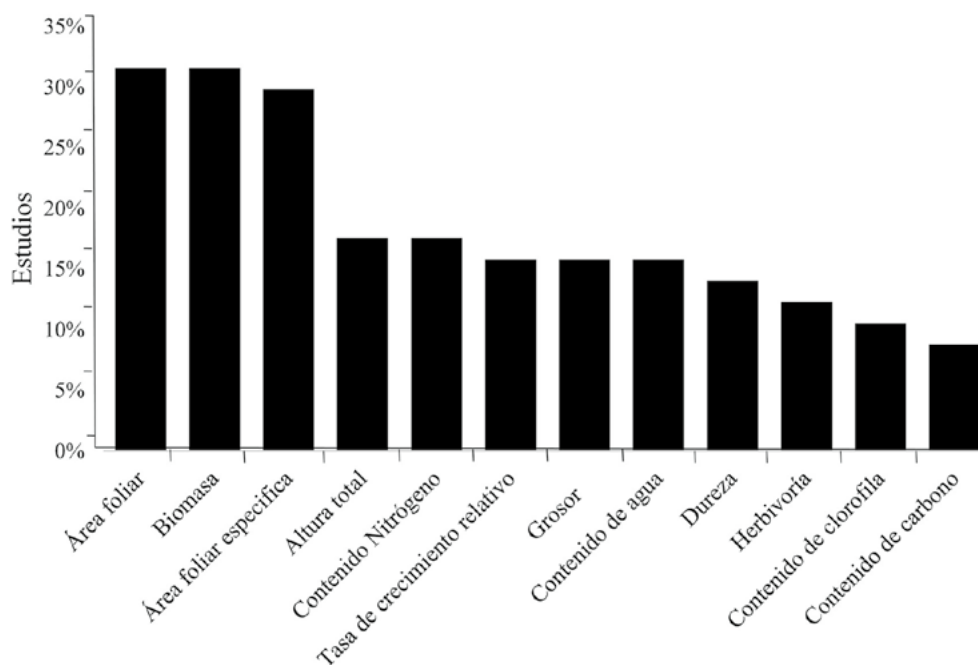
**Figura 4.** Organismos utilizados en los estudios de plasticidad fenotípica y herbivoría.

especies demandantes de luz y tolerantes a la sombra. Lo anterior se relaciona a lo propuesto por Kitajima y Fenner (2000), quienes mencionan que al trabajar con plántulas se puede identificar con mayor rapidez y precisión los cambios plásticos en los organismos.

### Variables

En general, los estudios han utilizado como variables área foliar, área foliar específica, biomasa, altura total, contenido de nitrógeno, tasa de crecimiento relativo, grosor, contenido de agua, dureza, herbivoría, contenido de clorofila y contenido de carbono (Figura 5).

El área foliar, área foliar específica y biomasa son las variables que la mayoría de los estudios han utilizado con 30 %, 30 % y 28 %; respectivamente. Esto se debe a que



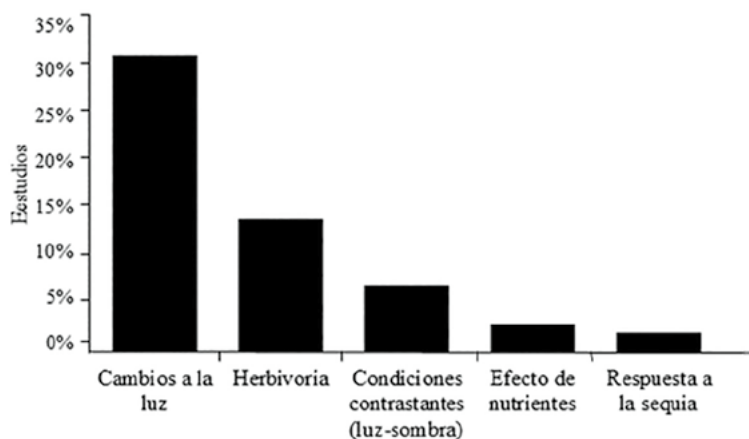
**Figura 5.** Tipo de variables utilizadas en los estudios de plasticidad fenotípica y herbivoría.

las dos primeras son parámetros que se pueden medir relativamente fácil, ya que generan cambios rápidos bajo cualquier estrés (biótico o abiótico), y porque también funcionan como indicadores de cambios a corto plazo (Poorter y Remkes, 1990), además, pueden explicar hasta el 80 % de la variación, lo cual se correlaciona directamente con la tasa de crecimiento (Valladares, 2008). Poorter y Nagel (2000) mencionan que la clorofila y el carbono son menos utilizadas en estudios de plasticidad ya que no proporcionan una interpretación precisa de los cambios plásticos en los organismos.

### Preguntas de investigación

En los estudios se encontraron las siguientes preguntas de investigación: cambios a la luz, herbivoría, condiciones contrastantes, efecto de nutrientes y respuestas a la sequía, todas evaluadas sobre el efecto de la plasticidad (Figura 6).

Los estudios de cambios por luz se han abordado principalmente evaluando las características foliares en diferentes niveles de luz (Quezada y Gianoli 2006; Sánchez-Gómez *et al.*, 2006; Soffoconi *et al.*, 2015; Puglielli *et al.*, 2015; Xiao *et al.*, 2016), indicando cambios plásticos positivos en variables como área folia específica, tasa de crecimiento relativo, elongación del tallo, grosor, altura y densidad estomática. En cuanto a la herbivoría, se han



**Figura 6.** Principales preguntas de investigación en los estudios de plasticidad fenotípica y herbivoría.

enfocado a la selección de rasgos foliares por herbívoros y mecanismos de defensa (Niles y Agrawal 2005; Torres y Rodríguez-López 2007; Boege 2010). En relación a las condiciones contrastantes de luz se han evaluado las historias de vida de las plantas (demandantes de luz y tolerantes a la sombra) en ambientes contrastantes (Valladares *et al.*, 2000; Paquette *et al.*, 2007; Chun-ming *et al.*, 2016). También el efecto de las condiciones edáficas, principalmente en macronutrientes, tales como fósforo, potasio y nitrógeno (Markesteyn *et al.*, 2007; Falcão *et al.*, 2015), y, por último, el crecimiento y asignación de recursos en respuesta a la sequía (Sánchez-Gómez *et al.*, 2008; Dziedek *et al.*, 2017).

### Líneas futuras de investigación

Sin duda, la evidencia que se tiene sobre la plasticidad fenotípica es muy escasa, en particular en su evolución y bajo nuevas condiciones naturales. Esto ha llevado a que muchas preguntas aun permanezcan sin respuestas. Por ejemplo, algunas que requieren mayor información son: ¿Es la expresión de la plasticidad adaptativa dependiente del ambiente?; si no es así, ¿La variación genética heredable es la responsable?; ¿Es la herbivoría junto con otros factores de estrés abiótico generadores o limitantes de la expresión plástica de las plantas? ¿La plasticidad foliar puede ayudar a predecir que especies se desempeñen mejor fuera de su hábitat? ¿Qué especies son las más adecuadas para proyectos de restauración? ¿Cuáles son las especies que se pueden incluir para maximizar la diversidad de los bosques en vía de restauración? (Salgado-Luarte & Gianoli 2011).

Por último, este análisis resalta la falta de estudios de plasticidad fenotípica en México, y principalmente en los

ecosistemas tropicales. Así mismo, hace evidente a la comunidad científica la necesidad de enfocar esfuerzos hacia esta línea de investigación como repuesta a la pérdida de diversidad biológica, por las altas tasas de deforestación y fragmentación de ecosistemas. En relación a los anterior, sobresalen los estudios publicados por Juan Núñez Farfán, Pedro Luis Valverde, Juan Fornoni Agnelli y Karina Boege Paré. Cuyos alcances destacan la evidencia, de haberse enfocado a estudiar la evolución fenotípica, interacción genotipo-ambiente, presión de selección y herbivoría en diferentes ecosistemas, tales como la selva alta, selva mediana, selva seca y matorral xerófilo. Lo anterior da un panorama de cómo está actuando

la selección natural en la interacción planta-insecto, sus adaptaciones y el impacto de la herbivoría sobre las estrategias de regeneración y reclutamiento de plántulas en los ecosistemas tropicales de México.

## CONCLUSIONES

**El estudio** de la plasticidad fenotípica y su relación con la herbivoría es un área relativamente reciente. La mayoría de los estudios se han realizado en sistemas tropicales, siendo América del sur la región predominante con Brasil y Chile, seguido por América de norte y Asia, con México y China respectivamente. El estadio ontogenético más utilizado fueron plántulas, seguido por árboles como forma de vida, además de utilizar como modelo de estudio especies demandantes de luz y tolerantes a la sombra en todos los casos. Los enfoques de los estudios se han llevado tanto en condiciones naturales (poco control de variables), como experimentales (condiciones muy controladas). Las variables usadas con más frecuencia en los estudios fueron el área foliar, biomasa y el área folia específica en campo como en laboratorio. El tópico más estudiado fue el de cambios plásticos a diferentes gradientes de luz, con resultados positivos en la plasticidad fenotípica de las plantas, donde se registra un patrón en las especies demandantes de luz, debido a: i) experimentos en laboratorio, ii) historia de vida de las especies, iii) mismo estadio de desarrollo.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) al por otorgar la beca a Daniel Alejandro Cadena Zamudio (609138 - Maestría en ciencias biológicas), y al Instituto de Ecología A.C.

## LITERATURA CITADA

- Bradshaw A., D. 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics* 13: 115-155.
- Blundell A., G., y D. Peart., R. 2001. Growth strategies of a shade-tolerant tropical tree: the interactive effects of canopy gaps and simulated herbivory. *Journal of Ecology* 89: 608-615.
- Boege K., y R. Dirzo. 2004. Intraspecific variation in growth, defense and herbivory in *Dialium guianense* (Caesalpiniaceae) mediated by edaphic heterogeneity. *Plant Ecology* 175(1): 59-69.
- Boege K. 2010. Induced responses to competition and herbivory: natural selection on multi-trait phenotypic plasticity. *Plant Ecology* 91(9): 2628-37.
- Coley P., D., y J. Barone., A. 1996. Herbivory and plant defenses in tropical forest. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 27: 305-335
- Crawley M., J. 1997. Plant-herbivore dynamics. 401-474pp en: M. J. Crawley, editor. *Plant ecology*. Blackwell Science, Oxford, UK.
- Chazdon R., L. 1988. Sunflecks and their importance to understory plants. *Advances in Ecological Research* 18: 1-63.
- Callaway R., M., S. Pennings C., y C. Richards L. 2003. Phenotypic plasticity and interactions among plants. *Ecology* 84: 1115-1128.
- Chun-ming Y., T. Wu., Y. Geng., Y. Chai., J. Hao. 2016. Phenotypic plasticity of lianas in response to altered light environment. *Ecological Research* 31(3): 375-384.
- Dziedek C., A. Fichtner., L. C., E. Marcos., K. Jansen., M. Kunz., D. W., G. Von Oheimb., y W. Härdtle. 2017. Phenotypic plasticity explains response patterns of European beech (*Fagus sylvatica* L.) saplings to nitrogen fertilization and drought events. *Forests* 8(3): 91.
- Evans J., R., y H. Poorter. 1998. Photosynthetic nitrogen-use efficiency of species that differ inherently in specific leaf area. *Oecologia* 116: 26-37.
- Fordyce J., A. 2006. The evolutionary consequences of ecological interactions mediated through phenotypic plasticity. *Journal of Experimental Biology* 209: 2377-2383.
- Falcão H., M., C. Medeiros., D., B. Silva., L., R., E. Sampaio., V., S., B., J. Almeida-Corteza., S., M. y Santos., G. Phenotypic plasticity and ecophysiological strategies in a tropical dry forest chronosequence: A study case with *Poincianella pyramidalis*. *Forest Ecology and Management* 340: 62-69.
- Givnish T., J. 1984. Leaf and canopy adaptations in tropical forests. *Physiological Ecology of Plants in the Wet Tropics* (eds E. Medina, H.A. Mooney & C. Vasquez-Yanes), pp. 51-84. Dr. Junk, The Hague.
- Karban R., y I. Baldwin. 1997. *Induced responses to herbivory*. The University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- Kursar T., A., y P. Coley., D. 2003. Convergence in defense syndromes of young leaves in tropical rainforest. *Biochemical Systematics and Ecology* 31: 929-949.
- Kalujnaia S., M., I. Zaguinaiko., S., V. Feilen., A., A. Nicholson., L., J. Hazon., N., C. Cutler., P., y G Cramb. 2007. Transcriptomic approach to the study of osmoregulation in the European. *Physiology Genomics* 31: 385-401.
- Kitajima K., y M. Fenner. 2000. Ecology of Seedling Regeneration. In M. Fenner (Ed.), *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*. Pp. 331-359.
- Marquis R., J. 1984. Leaf herbivores decrease fitness of a tropical plant. *Science* 226: 537-539.
- Miner B., G., S. Sultan., E., S. Morgan., G., D. Padilla., K y R. Relyea., A. 2005. Ecological consequences of phenotypic plasticity. *Trends in Ecology & Evolution* 20: 685-692.
- Matesanz S., E. Gianoli., y F. Valladares. 2010. Global change and the evolution of phenotypic plasticity in plants. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1206: 35-55.
- McIntyre P., J., y S. Strauss., Y. 2014. Phenotypic and transgenerational plasticity promote local adaptation to sun and shade environments. *Evolutionary Ecology* 28(2): 229-246.
- Markesteyn L., L. Poorter., F. Bongers., H. Paz., y L. Sack. 2011. Hydraulics and life history of tropical dry forest tree species: coordination of species drought and shade tolerance. *New Phytologist* 191: 480-495.
- Marenco R., A., M. Camargo., A., B., S. Antezana-Vera., A., y M. Oliveira., F. 2017. Leaf trait plasticity in six forest tree species of central Amazonia. *Photosynthetica* 55(4): 679-688.
- Niles S., K., y A. Agrawal., A. 2005. Phenotypic plasticity to light competition and herbivory in *Chenopodium album* (Chenopodiaceae). *American Journal of Botany* 92(1): 21-26.
- Poorter, H., y C. Remkes. 1990. Leaf area ratio and net assimilation rate of 24 wild species differing in relative growth rate. *Oecologia*, 83: 553-559.
- Poorter H., y O. Nagel. 2000. The role of biomass allocation in the growth response of plants to different levels of light, CO<sub>2</sub>, nutrients and water: a quantitative review. *Australian Journal of Plant Physiology* 27: 1191-1191.
- Pigliucci M. 2001. *Phenotypic Plasticity: Beyond Nature and Nurture*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, MD.
- Price P., W., 2002. *Species interactions and the evolution of biodiversity. An Evolutionary Approach*.
- Paquette A., A. Bouchard., y A. Cogliastro. 2007. Morphological plasticity in seedlings of three deciduous species under shelterwood under-planting management does not correspond to shade tolerance ranks. *Forest Ecology and Management* 241(1-3): 278-287.
- Pashalidou F., G., D. Lucas-Barbosa., J. Van Loon., J., A. Dicke., M., y N. Fatouros., E. 2013. Phenotypic plasticity of plant response to herbivore eggs: effects on resistance to caterpillars and plant development. *Ecology* 94: 702-713.
- Puglielli G., M. Fiore., Crescente., A. Rita., Frattaroli., y L. Gratani. 2015. Morphological, anatomical and physiological leaf trait plasticity of *Sesleria nitida* (Poaceae) in open vs shaded conditions. *Polish Journal of Ecology* 63(1): 10-22.
- Pardo A., F. García., M., F. Valladares., y F. Pulido. 2016. Simulated herbivory does not constrain phenotypic plasticity to shade through ontogeny in a relict tree. *Plant Biology* 18: 618-626.
- Quezada I., M., E. Gianoli. 2006. Simulated herbivory limits phenotypic responses to drought in *Convolvulus demissus* (Convolvulaceae). *Polish Journal of Ecology* 54: 499-503.
- Rozendaal D., M., A., V. Hurtado., H., y L. Poorter. 2006. Plasticity in leaf traits of 38 tropical tree species in response to light; relationships with light demand and adult stature. *Functional Ecology* 20(2): 07-216.
- Strauss-Debenedetti S., y F. Bazzaz., A. 1991. Plasticity and acclimation to light in tropical Moraceae of different successional positions. *Oecologia* 87: 377-387.



- Simms E., y J. Triplett. 1994. Costs and benefits of plant responses to disease: resistance and tolerance. *Evolution* 48: 1973-85.
- Sultan S., E. 2000. Phenotypic plasticity for plant development, function and life history. *Trends in Plant Science* 5: 537-542.
- Schlichting C., D. 2002. Phenotypic plasticity in plants. *Plant Species Biology* 17: 85-88.
- Sánchez-Gómez D., F. Valladares., y M. Zavala., A. 2006. Performance of seedlings of Mediterranean woody species under experimental gradients of irradiance and water availability: trade-offs and evidence for niche differentiation. *New Phytologist* 170: 795-806.
- Salgado-Luarte C., y E. Gianoli. 2011. Herbivory may modify functional responses to shade in seedlings of a light-demanding tree species. *Functional Ecology* 25:492-499.
- Salgado-Luarte C., y E. Gianoli. 2012. Herbivores modify selection on plant functional traits in a temperate rainforest understory. *The American Naturalist* 180(2). Pp. E42-E53.
- Sterck F., J., R. Duursma., R. Pearc., W., F. Valladares., M. Cieslak., y M. Weemstra. 2013. Plasticity influencing the light compensation point offsets the specialization for light niches across shrub species in a tropical forest understory. *Journal of Ecology* 101: 971-980.
- Scoffoni C., J. Kunkle., J. Pasquet-Kok., C. Vuong., A. Patel., J. Montgomery., R., A., T. Givnish., J., y. Sack. 2015. Light-induced plasticity in leaf hydraulics, venation, anatomy, and gas exchange in ecologically diverse Hawaiian lobeliads. *New Phytologist* 207: 43-58.
- Torres E., y N. Rodríguez-López. 2007. Plasticidad fenotípica de *Lippia alba* y *Lippia origanoides* (Verbenaceae) en respuesta a la disponibilidad de luz. *Acta Biológica Colombiana* 12: 91-101.
- Tang Y., H., y I. Washitani. 1995. Characteristics of small-scale heterogeneity in light availability within a *Miscanthus sinensis* canopy. *Ecological Research* 10: 189-197.
- West-Eberhard M., J. 2003. *Developmental plasticity and evolution*. Oxford: Oxford University Press.
- Westoby M., I. Wright., J. 2006. Land-plant ecology on the basis of functional traits. *Trends in Ecology and Evolution*. 21(5): 261-8.
- Whitman D., W., y A. Agrawal., A. 2009. What is phenotypic plasticity and why is it important? *In*: Whitman DW, Ananthakrishnan TN (eds). *Phenotypic Plasticity of Insects: Mechanisms and Consequences*. Science Publishers: Enfield, Pp. 1-63.
- Van Kleunen M., y M. Fischer. 2005. Constraints on the evolution of adaptive phenotypic plasticity in plants. *New Phytologist* 166: 49-60.
- Val E., y K. Boege. 2012. *Ecología y evolución de las interacciones bióticas*. Fondo de Cultura Económica, CIECO, UNAM, México, D.F.
- Valladares F., J. Wright., S., E. Lasso., K. Kitajima., y R. Pearcy., W. 2000. Plastic phenotypic responses to light of 16 congeneric shrubs from a Panamanian rainforest. *Ecology* 81: 1925-1936.
- Valladares F., E. Gianoli., y J. Gómez., M. 2007. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New Phytologist*, 176: 749-763.
- Valladares F. 2008. *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (Segunda edición). Ministerio de Medio Ambiente. Pp. 193-230
- Xiao H., C. Wang., J. Liu., L. Wang., y D. Du. 2015. Insights into the differences in leaf functional traits of heterophyllous *Syringa oblata* under different light intensities. *Journal of Forestry Research* 26: 613-62.



# CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA ASIGNACIÓN Y GESTIÓN DE APOYOS A PROYECTOS GUBERNAMENTALES

## CHARACTERISTICS OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE ALLOCATION AND MANAGEMENT OF BACKING OF GOVERNMENT PROJECTS

Lerma-Serna I.<sup>1</sup>, Bauer-Mengelberg J. R.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Posgrado de Cómputo Aplicado, Colegio de Posgraduados, Campus Montecillo, km 36.5 carretera México-Texcoco, Montecillo, Texcoco, Estado de México 56230.

\*Autor responsable: jbauer@colpos.mx

---

### RESUMEN

Se creó un Sistema de información denominado GAP para gestionar apoyos otorgados vía un programa de la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). Este trabajo se utiliza para ilustrar cómo algunos de sus atributos pudieran incrementar la utilidad de un Sistema de gestión de apoyos gubernamentales a productores. Estas características incluyen: los solicitantes actualizan y validan los datos de sus propias solicitudes; se usan las reglas establecidas para el programa para calcular los montos de los apoyos; y se gestionan todas las actividades relacionadas con la verificación de las acciones, incluyendo la asignación de los técnicos que las llevan a cabo. Una prioridad del Sistema es ofrecer, a través de múltiples consultas e informes, información detallada y resumida sobre el programa al público en general, a organismos o instituciones interesadas, a los solicitantes mismos y al personal de la agencia que opera el programa. Otro atributo general del Sistema es la eficiencia computacional —vital para las consultas— pero también la simplicidad de la operación y la parametrización de ciertos elementos para facilitar su mantenimiento.

**Palabras clave:** gestión de solicitudes de apoyo, Sistema de información, transparencia, apoyos a productores.

### ABSTRACT

An information system called GAP was created to manage backing granted through a CONAFOR (Comisión Nacional Forestal, National Forest Commission) program. This study is carried out to illustrate how some of its attributes could increase the utility of a management system of government supports to producers. These characteristics include: the applicants update and validate the data of their own applications; the rules established for the program are used to calculate the amounts of backing; and all the activities related to the verification of actions are handled, including the allocation of technicians that perform them. A priority of the system is to offer, through multiple queries and reports, detailed and summarized information about the program to the public at large, organizations or institutions interested, applicants themselves, and staff from the agency that operates the program. Other general attributes of the system are the computational efficiency —vital for queries— but also the simplicity of operation, and the parameterization of certain elements to facilitate its maintenance.

**Keywords:** management of backing applications, information system, transparency, support to producers.

---

**Agroproductividad:** Vol. 11, Núm. 3, marzo, 2018. pp: 141-147.

**Recibido:** junio, 2017. **Aceptado:** febrero, 2018.

## INTRODUCCIÓN

**Hay muchos** Sistemas para la gestión de apoyos gubernamentales. El SISPLAN de Sánchez (2006) permite identificar y mostrar con un SIG (Sistema de Información Geográfica) los lugares donde se encuentran plantaciones forestales comerciales apoyadas por la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, México). La SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) cuenta con el Sistema de Captura de Proyectos Productivos (SICAPP) para el registro y seguimiento de los proyectos productivos de dos de los programas que administra: FAPPA y PROMUSAG (SAGARPA, 2016); también ofrece a los solicitantes de apoyos el Sistema Único de Registro de Información (SURI) con el fin de estandarizar, sistematizar y normalizar a nivel nacional el proceso de recepción y atención de solicitudes de los programas de la secretaría (SAGARPA, 2016a).

La CONAFOR tiene un Sistema para gestión de apoyos llamado SIGA II cuyas funciones incluyen el registro e integración de información del proceso de gestión y pagos del programa; sin embargo, no transparenta de forma adecuada la información al público en general: en particular los solicitantes de apoyos tienen que acudir a las oficinas de atención para conocer cómo se asignaron recursos a sus solicitudes.

La mayoría de los Sistemas de este tipo no se describen en sitios públicos; por lo tanto, resulta difícil conseguir información sobre los mismos, excepto comentarios sobre los faltantes de dichos Sistemas hechos por usuarios de los mismos.

Tras analizar las funcionalidades y la información que proporcionan los Sistemas descritos, se determinó que la automatización de ciertas actividades podría agilizar y facilitar la formulación y validación de las solicitudes de apoyo, la posterior gestión y asignación de los apoyos; pero en especial mejorar los procesos mediante los cuales se divulga la información. El modelo de programa gubernamental que se utilizó para poder proyectar el diseño y planear el desarrollo del GAP fue el ProÁrbol. El objetivo de este escrito es presentar cómo se diseñó, desarrolló e implementó el SI\_GAP con el objetivo principal de ofrecer toda la información relativa al programa a todos los interesados en la misma.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseñó una base de datos relacional (Coronel *et al.*, 2010; Date, 2012) implementada con el gestor de base de datos Microsoft® SQL Server®. El Sistema se desarrolló en la plataforma Microsoft® Visual Studio® 2010; en especial, VB.net y ASP.net para la programación de los componentes que se usarían en modo local y remoto (vía Internet) respectivamente. El reto más importante del diseño de un Sistema consiste en la definición de los requisitos de todo tipo. El nivel más básico que se debe identificar es quiénes necesitan qué información, dónde, cuándo y cómo (Laudon y Laudon, 2012). Las reglas de operación del ProÁrbol (SEMARNAT, 2011) sirvieron de base para la formulación de los requisitos del GAP. Se realizaron entrevistas con

personal de la CONAFOR, específicamente de la Gerencia Estatal de Durango, México, para obtener los procedimientos administrativos relacionados con la gestión de apoyos. De las solicitudes publicadas en las reglas de operación, se investigaron a detalle los siguientes procesos: la asignación de puntajes a los diversos tipos de apoyo de acuerdo a las características de la solicitud; la asignación de recursos monetarios a los apoyos solicitados; el modo de pago, y cómo se efectúan y registran los mismos; todo el proceso de verificación y su consecuencia en ajustes a los importes y el modo de hacerlos efectivos. La cantidad de información que genera la CONAFOR y la diversidad de la misma determinaron el diseño de la base de datos, para el cual se aplicaron criterios para proporcionar eficiencia computacional, precisión de los datos y facilidad de operación para todos los involucrados. Quizá el aspecto más importante que se consideró, fue la información que proporcionaría el Sistema. Se diseñaron consultas para tres categorías de interesados potenciales en la información que podría ofrecer el Sistema: los responsables de algún aspecto del programa mismo, incluyendo a los solicitantes mismos, las autoridades interesadas en cualquier aspecto de los apoyos y el público en general. Las consultas se ofrecen como informes detallados, consolidados y estadísticas, siguiendo los lineamientos de la Ley de transparencia y acceso a la información pública gubernamental (Cámara de Diputados, 2016).

Con el fin de agrupar sus funciones, el GAP consta de cuatro módulos, que se describen en la sección de resultados.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Módulo 1: Elaboración y validación de solicitudes

Las características impuestas a este módulo incluyeron la protección contra modificaciones no autorizadas; la facilidad para la introducción de los datos y la determinación de que las solicitudes están completas. Para el diseño de las interfaces de este módulo se tomaron algunos consejos de Ambler (2000). El solicitante formula una solicitud, cuyos datos más importantes son los apoyos que solicita. Los componentes de una solicitud (Figura 1), mediante un resumen del modelo de datos que los almacena. Debido a que los tipos de apoyo tienen descriptores diferentes, hay una tabla de la base de datos para cada tipo de apoyo (Figura 2).

Las interfaces de este módulo (Figura 3) solicitan los datos en pasos que reflejan un orden comprensible; muestran los que “faltan” para que el usuario los proporcione y los agrupan del modo que refleja la Figura 1 que muestra las dos entidades principales del modelo y los catálogos que usan, respectivamente. Cuando el programa detecta que la solicitud está completa y correcta en todos sus aspectos, automáticamente pasa al proceso de asignación de recursos a apoyos.

### Módulo 2: Asignación de recursos a las solicitudes y pagos iniciales

La aprobación de apoyos y la consecuente asignación de recursos están basadas en *puntos* que se calculan de acuerdo a los datos más significativos de cada tipo de apoyo.

Por ejemplo, el número de hectáreas es fundamental en casi todos los apoyos, mientras que el número de beneficiados indirectos puede aplicar sólo a algunos de ellos. Los montos se asignan a los apoyos que obtienen el mayor puntaje hasta que se agoten los fondos disponibles para cada entidad federativa y tipo de apoyo. Por lo tanto, el módulo consta de las tres partes que se describen a continuación.

**Fondos estatales:** permite introducir los fondos disponibles en cada entidad por tipo de apoyo. A medida que se asignan a apoyos de solicitudes se acumulan en un campo de la tabla; cuando se agotan los fondos, los apoyos subsecuentes no obtendrán recursos.

**Cálculo de los puntajes asignados a los apoyos:** se diseñaron estructuras de datos que permiten almacenar y actualizar los criterios de prelación especificados en las reglas de operación para asignar puntajes a los apoyos de acuerdo a ciertas características. En Lerma-Serna (2013) están detallados los aspectos técnicos de estas

funciones, especialmente cómo se abstraieron las reglas para introducirlas, tales como los datos —y no como funciones del programa. Esto le confiere flexibilidad al Sistema puesto que los cambios a dichas reglas se

introducen en la tabla correspondiente, sin tener que modificar programas.

**Cálculo de los recursos asignados por apoyo:** Los criterios de ProÁrbol se almacenan en una estructura diseñada para tal efecto lo que permite actualizar los valores cuando cambian las reglas correspondientes. Se

usan estos criterios para asignar apoyos por entidad federativa y tipo de apoyo, para lo cual se ordenan en forma descendente de los puntos obtenidos. Habrá apoyos solicitados que no obtengan fondos porque ya se agotaron. El módulo incluye funciones para el registro de los pagos

efectuados (o recibidos por los solicitantes).

### Módulo 3: Seguimiento de la verificación de apoyos y ajuste de recursos

Hay funciones destinadas a la verificación de apoyos y los ajustes a los montos asignados cuando procedan por alguna circunstancia. A este módulo se le exigió que automatizara la asignación de técnicos, sin excluir la po-

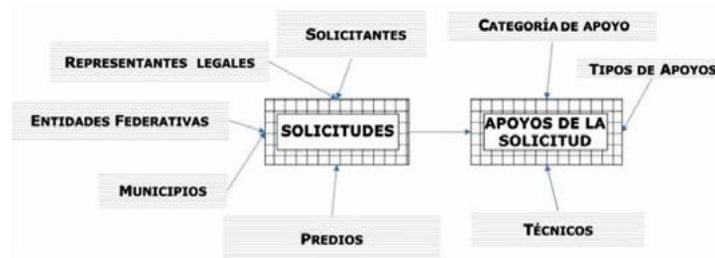


Figura 1. El modelo de datos para almacenar datos de la solicitud misma.

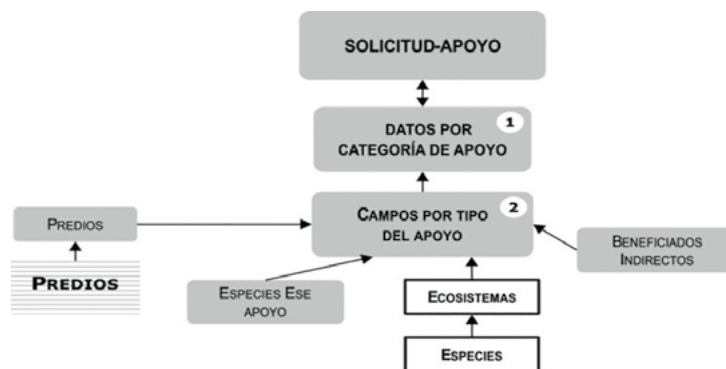


Figura 2. Las tablas de la base de datos para cada tipo de apoyo.

sibilidad de modificar estas asignaciones por algún usuario autorizado para ello. Los propios técnicos introducen los informes de las verificaciones, aunque se ofrece su captura por otros medios. También se calculan los ajustes resultantes de los informes a los montos finales que repercutirán en los pagos finales a los solicitantes.

#### Módulo 4: Información que ofrece el GAP

El acceso a la información es una prioridad del GAP, de modo que incluye consultas on-line que permiten tener un panorama general del manejo de los recursos, y presentan datos consolidados sobre el grado de avance de las actividades a nivel nacional o de una entidad en especial. Dependiendo del contenido de la información presentada, ésta se presenta como listas, cuadros y gráficas de pie o de barras.

Se elaboró una lista de consultas que se podrían ofrecer con la información proporcionada por el Sistema. Se dividieron en las que podría ver el público en general (cualquier persona) y las restringidas a ciertos usuarios (tomando en cuenta la confidencialidad de la información). Para las consultas restringidas, el usuario debe estar registrado en el Sistema e identificarse al iniciar la sesión. Se incluyó como proceso de autenticación una palabra clave, un control de acceso basado en roles, y para ello se usó el modelo RBAC de Bauer-Mengelberg (2005).

Se incluyeron las facilidades para que los solicitantes pudieran consultar sus solicitudes. Podrán analizar los aspectos relacionados con los criterios de prelación aplicados, conocer el desglose detallado del cálculo de los puntajes asignados a



- Carga los datos de la solicitud a esta forma
- Muestra la forma correspondiente
- Indica que está completo (correcto)
- Indica que faltan datos
- Agregar una solicitud nueva
- Localiza el número de la solicitud
- Muestra la forma del apoyo

Figura 3. Interfaz que utiliza el solicitante para proporcionar los datos de su solicitud.

sus solicitudes y sus apoyos, para lo cual se les presentan las reglas aplicadas y los valores que el solicitante proporcionó al presentar su solicitud. El personal de la CONAFOR podrá ver cualquier información del Sistema y su base de datos. La edición (actualización) de datos está restringida a los funcionarios responsables de las diversas actividades involucradas. Se desarrolló un sitio web (en ASP.Net) y se determinó cuáles consultas se ofrecerían por este medio. Otras, especialmente las relacionadas con la operación del Sistema, se ejecutarían en el cliente.

La etapa final consistió en el diseño de las interfaces con las que interactúa el usuario de las consultas. Se utilizaron conceptos del diseño de interfaces extraídos de Gena y Ardisson (2009) y de Tidwell (2010), en particular, el usuario debe indicar lo que desea averiguar, y el Sistema debe presentar la información de manera interpretable por el que la solicita. Finalmente, para la puesta a punto de los programas y las estimaciones de las duraciones de diversas consultas se usaron datos simulados, parecidos a lo que podrían ser los de un programa anual, pero sin relación alguna con datos reales pasados o presentes.

#### Aspectos técnicos de las consultas on-line para el público en general

La complejidad de la base de datos y el gran número de datos que se generan resulta en que muchas consultas pueden ser relativamente lentas debido al proceso necesario para preparar los resultados; en ocasiones podrían rebasar los tiempos de espera tolerables por el usuario (Fui-Hoon, 2004). Para eliminar esta circunstancia, se agregó a la base de datos una tabla llamada Resumendb, cuyos campos se muestran en el Cuadro 1. Esto resultó en que todo tipo de consultas en el sitio web del GAP fueran casi instantáneas, además de mejorar el rendimiento del sitio. Un proceso periódico mantiene actualizada esta estructura a medida que se agregan datos sobre solicitudes. Estas consultas se ofrecen aún antes de la asignación de montos a los apoyos, al proporcionar una cuantificación de lo solicitado.

#### Algunos aspectos de las consultas no restringidas que ofrece el GAP

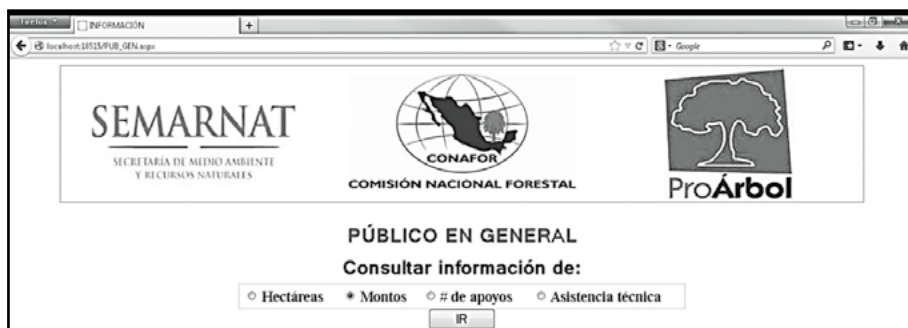
La selección de la consulta deseada se realiza en dos pasos. Primero, el usua-

**Cuadro 1.** Los campos de la tabla Resumendb que usan las consultas en línea.

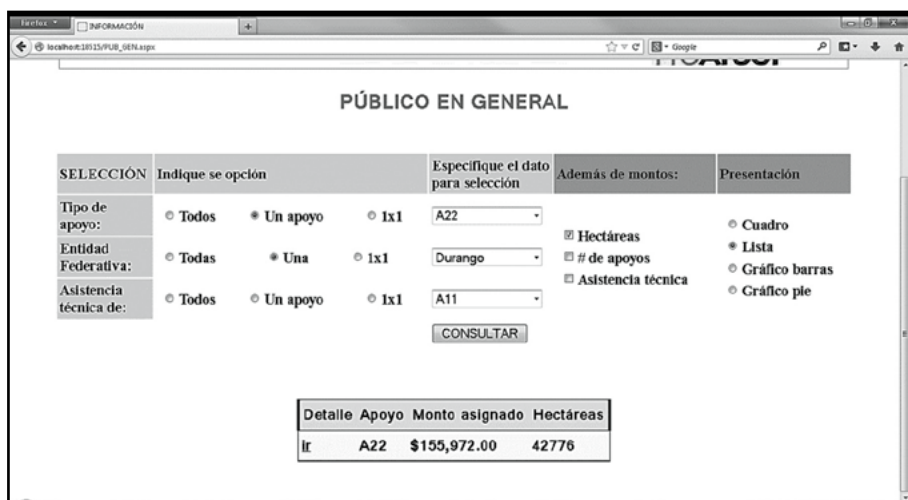
CAMPO	DESCRIPCIÓN
TIPO-DE-APOYO	INDICA EL TIPO DE APOYO AL CUAL SE REFIERE ESTE REGISTRO
ENTIDAD-FEDERATIVA	INDICA LA ENTIDAD FEDERATIVA A LA CUAL SE REFIERE ESTE REGISTRO
NÚMERO-DE-APOYOS	CANTIDAD DE APOYOS DEL MISMO TIPO EN UNA ENTIDAD
APOYOS-APROBADOS	NÚMERO DE APOYOS QUE RECIBIERON RECURSOS
APOYOS-RECHAZADOS	NÚMERO DE APOYOS QUE NO RECIBIERON RECURSOS
MONTOS-ASIGNADOS	SUMA DE LOS MONTOS ASIGNADOS A ESTE TIPO DE APOYO Y ENTIDAD
ASISTENCIA-TÉCNICA	SUMA DE LOS MONTOS DE ASISTENCIA TÉCNICA POR TIPO DE APOYO Y ENTIDAD
HECTÁREAS	CANTIDAD DE HECTÁREAS BENEFICIADAS CON LOS APOYOS
BENEFICIARIOS-INDIRECTOS	NÚMERO DE PERSONAS BENEFICIADAS POR LA EJECUCIÓN DE LOS RECURSOS
FONDO-DISPONIBLE	MONTO QUE NO SE ASIGNÓ EN ESTE TIPO DE APOYO Y ENTIDAD
FONDO-ASIGNADO	MONTO DE LOS RECURSOS DISTRIBUIDOS PARA ESTE TIPO DE APOYO Y ENTIDAD
NÚMERO-DE-SOLICITUDES	SUMA DE LAS SOLICITUDES QUE CONTIENEN ESTE TIPO DE APOYO EN LA ENTIDAD

rio usa la forma mostrada en la Figura 4, para indicar el tipo de datos que considera como el “principal” en su consulta. A continuación, usando la forma ilustrada en la Figura 5, completa la especificación de lo que quiere averiguar. En esta misma forma aparece el resultado

de la consulta: para este ejemplo se muestra el monto asignado para todas las hectáreas beneficiadas para el apoyo tipo A2.2 en el estado de Durango; si se solicitara el “Detalle” aparecería una lista con cada uno de estos apoyos.



**Figura 4.** Forma para seleccionar el dato principal deseado.



**Figura 5.** Parámetros de búsqueda y resultado de la consulta.

### Consultas de transparencia

Un usuario registrado como solicitante que accede al SI\_GAP con su contraseña puede consultar todos los aspectos de sus solicitudes a detalle por apoyo: el monto solicitado y asignado, el puntaje obtenido por apoyo solicitado y el número de puntos otorgados por criterio aplicado. Al ingresar aparece la forma ilustrada en la Figura 6, en la cual se indica el apoyo, la entidad y los años a consultar. La función denominada “Cómo se calculó el apoyo” (Figura 6), resulta en una tabla que indica las solicitudes que obtuvieron recursos durante el proceso de asignación y los montos ya asignados y disponibles durante el proceso (Figura 7).

La invocación de “solo mis solicitudes” resulta en una lista de los apoyos de las solicitudes registradas a su nombre (Figura 8), señalando aquéllos a los que se asignaron recursos.

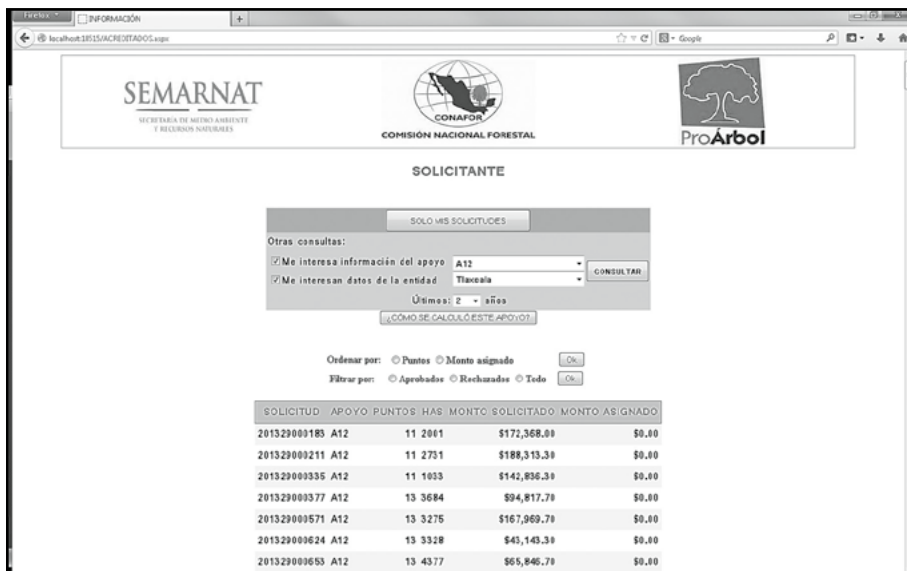


Figura 6. Opciones de consulta.

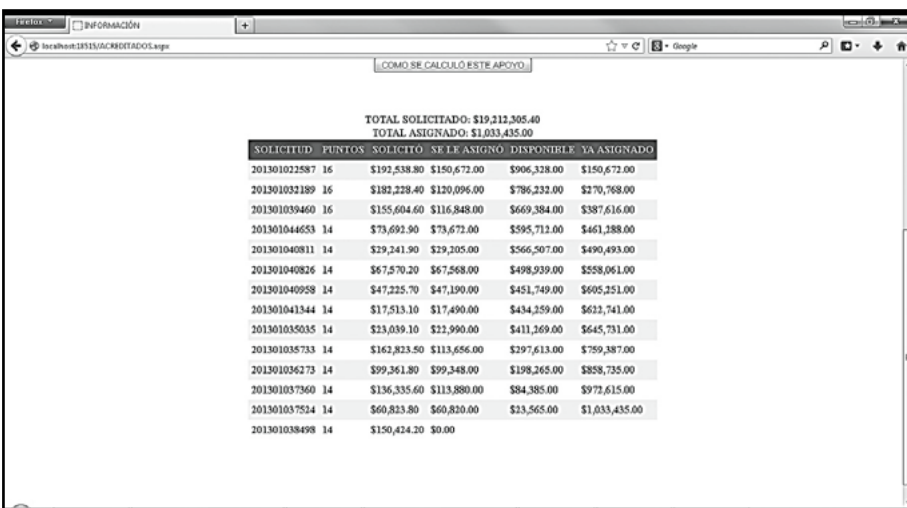


Figura 7. Cálculo de montos para un tipo de apoyo en una entidad.

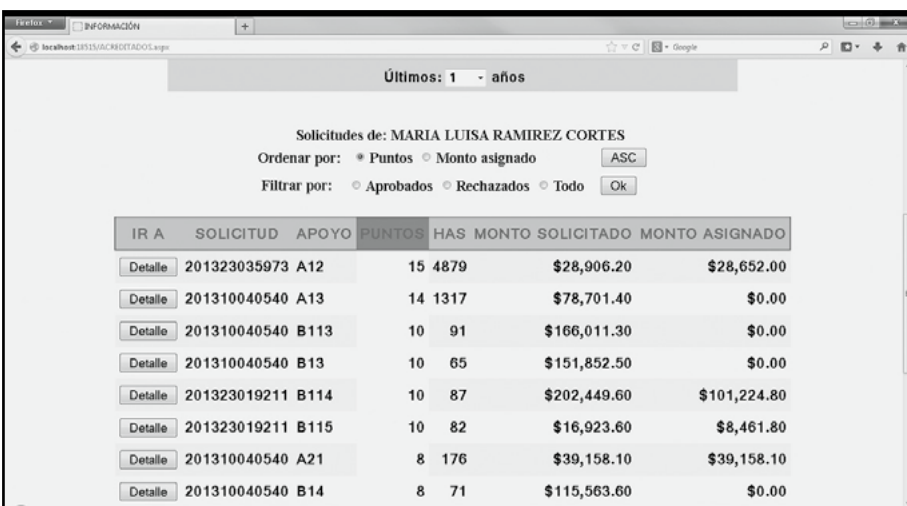


Figura 8. Los apoyos de un solicitante.

El botón “Detalle” invoca la descripción de los criterios (reglas del cálculo) de puntaje aplicables al tipo de apoyo en cuestión en una forma como la que se muestra en la Figura 9. El botón “Ver” asociado a cada uno de estos criterios muestra en una forma, como la que ilustra la Figura 10, la regla a detalle e incluye los parámetros de su apoyo (ha, beneficiados, etcétera) que resultaron en el puntaje asignado.

Cabe señalar que el personal de la CONAFOR (o de la institución que se trate) debidamente acreditado y dado de alta en el Sistema, podrá consultar todos los detalles de todas las solicitudes y los apoyos solicitados en las mismas.

## CONCLUSIONES

El Sistema desarrollado, además de ofrecer todas las facilidades necesarias para la operación del programa, satisface los requisitos y atributos que hacen que el Sistema permita a los solicitantes ingresar en forma organizada, y completa de una solicitud, además de que automatiza y transparenta el cálculo de los puntajes de los apoyos y los montos asignados de acuerdo a las reglas establecidas para tales efectos. Se enfatizó el uso de la información tanto para la toma de decisiones como para las verificaciones de los procesos, además de presentar diversas estadísticas de los apoyos otorgados. Todas las funciones del Sistema y el tipo de información proporcionada están restringidas a usuarios autorizadas para ello. En cuanto a investigación futura y la ampliación de la funcionalidad del GAP, se usarán mapas (tipo SIG) para las consultas y para sus resultados, además de ofrecer ciertas consultas en dispositivos móviles.

## LITERATURA CITADA

Ambler S. W. 2000. User Interface Design: Tips and Techniques. <http://www2.fiit.stuba.sk/~bielik/courses/psi-slov/material/ui-design.pdf>. (18/09/2016).

Bauer-Mengelberg J. R. 2005. Teaching System Access Control. Issues in Informing Science and Information Technology 2(1):139-158.

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. 2016. Ley de transparencia y acceso a la información pública gubernamental. Diario Oficial de la Federación. [http://www.dof.gob.mx/avisos/2493/SG\\_090516/SG\\_090516.html](http://www.dof.gob.mx/avisos/2493/SG_090516/SG_090516.html) (06/06/2016).

Coronel C., Morris S., Rob P. 2010. Database Systems: Design, Implementation, and Management. Cengage Learning. Boston MA, USA. 724 p.

Date C. J. 2012. Database Design and Relational Theory. O'Reilly Media. Sebastopol, CA, USA. 276 p.

Fui-Hoon N. F. 2004. A study on tolerable waiting time: how long are Web users willing to wait? Behaviour & Information Technology, 23 (3): 153-163.

Gena C., Ardissono L. 2009. A User-Centered Approach to the Retrieval of Information in an Adaptive Web Site In: Zaphiris p., C. Siang A. Human Computer Interaction: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications. Information Science Reference, Hershey, NY, USA. pp. 791-806.

Laudon K. C., Laudon J. P. 2012. Management information systems. 12 ed. Pearson educational Inc. Upper Saddle River, New Jersey. 588 p.

Lerma-Serna I. 2013. Un Sistema para la gestión y divulgación de apoyos del Proárbol. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. [http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/2141/1/Lerma\\_Serna\\_L\\_MC\\_Computo\\_Aplicado\\_2013.pdf](http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/10521/2141/1/Lerma_Serna_L_MC_Computo_Aplicado_2013.pdf)

Sánchez M. E. A., González G. M. J., Del Valle P. D., Valdez L. J. R. 2006. SISPLAN: Sistema de información para administrar plantaciones comerciales en México. Madera y Bosques. 12(2):77-90.

### PUNTOS DE LA SOLICITUD 201310040540: 5

¿por qué? #	CRITERIO	..
Ver	1 Nunca ha recibido apoyo	0
Ver	2 Zona prioritaria sedesol	0
Ver	3 Municipio mayoría indígena	3
Ver	4 El solicitante es mujer	2
Ver	5 Certificado de buen manejo	0

### PUNTOS DEL APOYO A13: 9

¿por qué? #	CRITERIO	..
Ver	6 Atp o certificación en proceso	0
Ver	7 Tipo de estudio	3
Ver	8 Zona de producción	0
Ver	8 Zona de producción (b)	3
Ver	9 Tiene servicios ambientales	0
		12

Critério aplicado	Puntos
El terreno está ubicado en un municipio con mayoría de población indígena	
Sí	3

Valor del criterio 3 : Sí

Figura 9. Detalle de puntajes de un apoyo.

MODALIDAD	MONTO DE APOYO EN PESOS	SUPERFICIE DE APOYO EN HA	FORMA DE OTORGAR EL APOYO
A1.1 Manifestación de impacto ambiental particular o regional.	Hasta 270,000 de acuerdo al presupuesto aprobado	No aplica.	
A1.2 Programa de manejo forestal maderable.	10,000 para 10 ha y hasta 500/ha adicional hasta 20 ha	Mínima de 10 y máxima de 5,000 ha.	Se otorgará el 100% del apoyo contra la presentación del oficio de autorización y copia electrónica del Programa de manejo autorizado, incluyendo los archivos tipo shape del predio, con su rodalización, zonificación forestal y plan de corta. La fecha de autorización deberá comprender del 1 de enero de 2012 en adelante.
	15,500 para 21 ha y hasta 274/ha adicional hasta 100 ha		
37,000 hasta 101 ha y hasta 137/ha adicional hasta 1,000 ha			
A1.3 Estudios técnicos para el aprovechamiento de recursos forestales no maderables y obtención de germoplasma forestal.	Hasta 160/ha de la 1,001 en adelante, de acuerdo al presupuesto aprobado	Mínima de 20 ha y máxima de 5,000 ha.	
	5,480 de 20 a 100 ha		
	Hasta 55/ha de 101 a 1,000 ha		
	\$4,800 y hasta 28/ha adicional arriba de 1,000 ha		

Figura 10. Reglas de asignación de montos.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016. SICAPP: Sistema de captura de Proyectos Productivos. <http://sicapp.sagarpa.gob.mx/inicio.do#> (18/09/2016).

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2016a. Sistema Único de Registro de Información. <https://www.suri.sagarpa.gob.mx/> (18/09/2016).

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2011. Reglas de Operación ProArbol 2012. Diario oficial de la Federación, 21 de diciembre de 2011.

Tidwell J. 2010. Designing Interfaces. O'Reilly Media. 2nd Edition. Sebastopol, CA, USA. 576 p.

# CURSO INTERNACIONAL

## AUTOMATIZACIÓN Y USO DE **BIORREACTORES** PARA LA **MICROPROPAGACIÓN COMERCIAL DE PLANTAS**

*Embriogénesis somática: desafíos y oportunidades*

**DEL 11 AL 14 DE SEPTIEMBRE DE 2018**

**DURACIÓN: 30 horas • TIPO: Teórico-Práctico**

**SEDE:  
Colegio de Postgraduados | Campus Córdoba**

**Costo por participante | Estudiantes**  
**\$ 7,000.00 M.N. | \$3,500.00 M.N.**



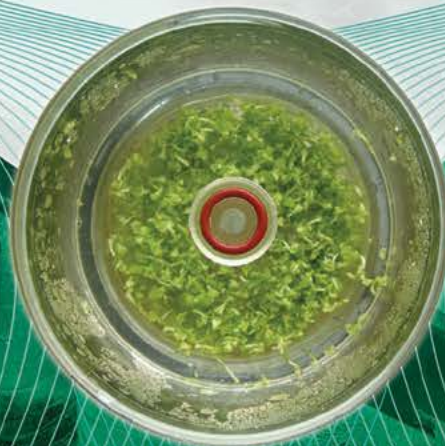
### INFORMES:

**Dr. Fernando C. Gómez Merino • Dr. Jericó J. Bello Bello**

Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba  
Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348,  
Amatlán de los Reyes, Veracruz, C.P. 94946, México

Correo: [cursobiorreactores@gmail.com](mailto:cursobiorreactores@gmail.com)

Tel: (+52) 01 271 71 6 60 55 y 00  
Móvil: 271 105 85 06



Laboratorio de Cultivo  
de Tejidos Vegetales

# INNOVACIÓN AGROALIMENTARIA SUSTENTABLE

## PROGRAMA DE MAETRÍA EN CIENCIAS

### Objetivo

Formar talento humano con conocimiento de vanguardia en los procesos de producción, transformación y comercialización, que cuenten con habilidades y actitudes pertinentes, que les permitan contribuir al desarrollo e innovación tecnológica, socioeconómica y ambiental de los sistemas agroalimentarios, bajo una perspectiva sustentable.

### Perfil de ingreso

El aspirante a la Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable debe tener estudios concluidos de licenciatura o ingeniería en las áreas de agronomía, biología, veterinaria, agroindustria, alimentos, química, maquinaria, estadística, economía, psicología, sociología, administración y carreras afines.



### Lineas del Conocimiento (LGAC)

Las líneas de investigación del programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable se dividen en tres ejes principales:

**1** Eficiencia y sustentabilidad en la producción primaria en sistemas agroalimentarios

**2** Innovación y desarrollo de procesos agroalimentarios para el bienestar social

**3** Comercialización y competitividad agroalimentaria con responsabilidad social y ambiental



**CONACYT**  
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología  
Programa Nacional de  
Posgrados de Calidad (PNPC)

### Becas

Contamos con becas del Programa Nacional de Posgrado de Calidad (PNPC) del CONACYT

### Informes

Subdirección de Educación del  
Campus Córdoba  
☎ 01(271) 716 60 00 / 57 / 55 Ext. 114  
✉ admision\_cordoba@colpos.mx

Los requisitos de ingreso y formatos de admisión pueden ser obtenidos en la página web oficial  
[www.colpos.mx/posgrado/ias/index.php](http://www.colpos.mx/posgrado/ias/index.php)  
[www.colpos.mx](http://www.colpos.mx)

**f** Colegio de Postgraduados Campus Córdoba  
**f** Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable  
✉ [mcinnovaciones@colpos.mx](mailto:mcinnovaciones@colpos.mx)  
📍 Colegio de Postgraduados / Campus Córdoba  
km 348 / Carr. Federal Córdoba-Veracruz  
Amatlán de Los Reyes, Ver. / CP 94946