

Volumen 2, Número 3 – Abril – Junio - 2015

ISSN 2410-356X

# Revista de Ciencias

## Naturales y Agropecuarias

**ECORFAN<sup>®</sup>**

**Bases de datos**

**Google Scholar.**



## **ECORFAN-Bolivia**

### **Directorio**

#### **Principal**

RAMOS ESCAMILLA- María, PhD.

#### **Director Regional**

SERRUDO GONZALES- Javier, BsC

#### **Director de la Revista**

ESPINOZA GÓMEZ- Éric, MsC

#### **Relaciones Institucionales**

IGLESIAS SUAREZ- Fernando, BsC

#### **Edición de Logística**

DAZA CORTEZ- Ricardo, BsC

#### **Diseñador de Edición**

RAMOS ARANCIBIA- Alejandra, BsC

Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias, Volumen 2, Número 3, de Abril a Junio 2015, es una revista editada trimestralmente por Ecorfan-Bolivia. Santa Lucía N-21, Barrio Libertadores, Cd. Sucre. Chuquisaca, Bolivia. WEB: [www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org), [revista@ecorfan.org](mailto:revista@ecorfan.org). Editora en Jefe: Ramos Escamilla- María, Co-Editor: Serrudo González-Javier. ISSN-2410-356X. Responsables de la última actualización de este número de la Unidad de Informática Ecorfan. Escamilla Bouchán - Imelda, Luna Soto-Vladimir, actualizado al 30 de Junio 2015.

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

Queda terminantemente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin permiso del Instituto Nacional del Derecho de Autor.

## **Consejo Editorial**

YAN-TSAI, Jeng, PhD.  
(*Tamkang University*), Taiwan

MIRANDA-TORRADO, Fernando, PhD.  
(*Universidad de Santiago de Compostela*),  
Spain

PALACIO, Juan, PhD.  
(*University of St. Gallen*), Switzerland

GUZMÁN-SALA, Andrés, PhD.  
(*Université de Perpignan*), France

VARGAS-HERNÁNDEZ, José, PhD.  
(*Keele University*), England

HIRA, Anil, PhD.  
(*SimonFraserUniversity*), Canada

VILLASANTE, Sebastian, PhD.  
(*Royal Swedish Academy of Sciences*),  
Sweden.

PACHECO-BONROSTRO, Joaquín, PhD.  
(*Universidad de Burgos*), Spain.

## **Consejo Arbitral**

GONZÁLEZ-GAXIOLA, Oswaldo, PhD  
(Universidad Autónoma Metropolitana), México

MORÁN-CHIQUITO, Diana María, PhD  
(Universidad Autónoma Metropolitana), México

KARAM-CHEMONTE, Alejandro, BsC  
(Universidad Panamericana), México

URBINA-NÁJERA, Argelia Berenice, MsC  
(Universidad Politécnica de Puebla), México

LUGARDO-BRAVO, María Teresa, MsC  
(Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco), México

FRAGOSO-DÍAZ, Socorro, MsC  
(Corporativo Universitario México), México

DE LA LLAVE-HERNÁNDEZ, María Alondra, PhD  
(Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla), México

CAMPOS-RANGEL, Cuauhtemoc Crisanto, PhD  
(Universidad Autónoma de Tlaxcala), México

## Presentación

ECORFAN, es una revista de investigación que publica artículos en el área de: Ciencias Naturales y Agropecuarias

En Pro de la Investigación, Enseñando, y Entrenando los recursos humanos comprometidos con la Ciencia. El contenido de los artículos y opiniones que aparecen en cada número son de los autores y no necesariamente la opinión del Editor en Jefe.

En el primer número es presentado el artículo *Calidad agronómica de composta con residuos de cítricos* por DE LUNA-VEGA, Alicia, GARCÍA-SAHAGÚN, María Luisa, RODRÍGUEZ-GUZMÁN, Eduardo y PIMIENTA-BARRIOS, Enrique, como siguiente artículo esta *El fruto del pitayo silvestre (Stenocereus queretaroensis (Weber) Buxbaum), una alternativa alimenticia, nutricional, y socioeconómica en época de estiaje* por ARRIAGA-RUIZ, Ma. Cruz, NERI-LUNA, Cecilia, PIMIENTA-BARRIOS, Enrique y SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, José con adscripción Universidad de Guadalajara, como siguiente artículo esta *Variación espacial y temporal del contenido de carbono en bosques de la sierra madre occidental: avances preliminares* por GONZÁLEZ-CÁSARES, Marcos, POMPA-GARCÍA, Marín, MELÉNDEZ-SOTO, Arnulfo y SOLÍS-MORENO, Raúl, como siguiente artículo esta *Salud reproductiva. Una perspectiva desde los jóvenes universitarios yucatecos* por ANDUEZA-PECH, María Guadalupe, HOIL-SANTOS, Jolly Josefina, RODRÍGUEZ-ANGULO, Elsa María y OJEDA-RODRÍGUEZ, Ricardo con adscripción Centro de Investigaciones Regionales “Dr. Hideyo Noguchi”. Universidad Autónoma de Yucatán, como siguiente artículo esta *Mejoramiento Genético de Solanum lycopersicum para Resistencia a Phytophthora infestans en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara* por ARELLANO-RODRÍGUEZ, Luis Javier, RODRÍGUEZ-GUZMAN, Eduardo, PADILLA-GARCÍA, José Miguel y ARELLANO-ZARAGOZA, Diana Yareli con adscripción Universidad de Guadalajara, como siguiente artículo esta *Análisis fitoquímico y actividad antimicrobiana de plantas que crecen en la Huasteca Potosina* por CARRILLO, María, REYES, Abigail y CARRANZA, Candy con adscripción Universidad Autónoma de San Luis Potosí, como siguiente artículo esta *Desarrollo de geles a partir de pulpa de capulín (prunus virginiana) y biopolímeros naturales* por ARENALES, Irene, SANDOVAL, Ofelia, RAMÍREZ, César y VICTORIANO, Sonia, como siguiente artículo esta *Diversidad de helechos y licofitas en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México* por HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, Victoria \*†, LARIOS-PATLÁN, Hugo Benjamín y COLLI-MULL, Juan Gualberto con adscripción Departamento de Biología, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como siguiente artículo esta *Evaluación de la actividad antinociceptiva y efectos secundarios del extracto etanólico de J. spicigera en un modelo murino* por ALVARADO, Brenda, LEÓN, Angel, MUNGUÍA, Abigail y HERNÁNDEZ, Jaime con adscripción Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca-Universidad Autónoma de San Luis Potosí, como siguiente artículo esta *Diversidad de coleopteros en la comunidad “el ocotero” xichú, parte de la reserva de la biósfera sierra gorda de Guanajuato* por COLLI-MULL, Gualberto, DE LA RIVA-DE LA RIVA, Alberto, HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, Victoria y HERNÁNDEZ-MATA, Raúl con adscripción Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, como siguiente artículo esta *Propiedades fisicoquímicas de cinco variedades de guayaba, adaptadas a la región productora de zitácuaro Michoacán* por CORTES, Consuelo, CAZAREZ, Alejandra, YAHUACA, Berenice y JUAREZ, Ma. De Jesús.

Como siguiente artículo esta *Efecto bioinsecticida de extracto etanólico de higuera (Ricinus communis L) y lantana (Lantana camara L) sobre mosca blanca (Bemisia tabaci Genn) en tomate* por GUEVARA, Luis, ANDRIO, Enrique, CERVANTES, Francisco, RODRÍGUEZ, Daniel, ROBLES, René, MONDRAGON, Wendy y PEREZ, Davino, como siguiente artículo esta *Establecimiento de un Huerto Semillero para obtención de germoplasma de Moringa Oleífera, en el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Michoacán* por PANIAGUA, Antonio, CHORA, José y CASTAÑEDA, Maricela, como siguiente artículo esta *Calidad de semilla y vigor inicial de plántula en Ricinus communis* por CERVANTES, Francisco, SEGUNDO, José, ANDRIO, Enrique, GUEVARA, Luis, RODRÍGUEZ, Daniel, CISNEROS, Hugo, PÉREZ, Davino, MENDOZA, Mariano, HERNÁNDEZ, Miguel con adscripción en Instituto Tecnológico de Roque, INIFAP-CEBAJ, como siguiente artículo esta *Efecto del agua residual y la lombricomposta sobre las características fisicoquímicas del suelo y desarrollo del cilantro (Coriandrum sativum)* por RODRIGUEZ, Nellybeth, TOVAR, Xochitl, SANCHEZ, Susana y NOGUEZ, Juan, como siguiente artículo esta *Estudio de Razas Occidentales de Maíz Nativo (Zea mays, L. poaceae) y sus Características para Forraje* por JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel, JIMÉNEZ-PLASCENCIA, Cecilia, MORENO-LLAMAS, Gabriel y GUERRERO-GARCÍA, Fátima con adscripción Instituto para Manejo y Aprovechamiento de los Recursos Fitogenéticos (IMAREFI). Centro de Estudios de Nutrición Animal, CUCBA. Departamento de Producción Animal, CUCBA. Cuerpo académico Sistemas Pecuarios de Producción, como siguiente artículo esta *Potencial biotecnológico de Tagetes lucida Cav. y Helianthus laciniatus A. Gray como fuentes de colorantes naturales para la industria textilera* por PADILLA-ESCAMILLA, Jazmín Patricia, LÓPEZ-RAMÍREZ, Varinia, MORALES-VARGAS, Adán y CARRILLO-LANDELL, Felipe con adscripción Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Irapuato, Gto, como siguiente artículo esta *Patrón de actividad de lipoxigenasa en relación con la maduración y senescencia de frutos de chayote (Sechium edule Jacq. sw.)* por DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés, ROJAS-REYES, José Orlando, VELA-GUTIÉRREZ, Gilber y GARCÍA-GALINDO, Hugo Sergio con adscripción Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos. Instituto Tecnológico de Veracruz, como siguiente artículo esta *Caracterización de la matriz polimérica de poli(ácido acrílico-co-acrilato de butilo) reforzada con nanotubos de carbono* por NUNEZ-RIVERA, J. C. y NÚÑEZ-PÉREZ, Francisco con adscripción UNADM, Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas Michoacán, como siguiente artículo esta *Tendencias en el consumo de alimentos y capacidad de compra en la Región V del Estado de México* por VAQUERO, Alejandro, MORENO, Miguel Ángel, BECERRA, Ma del Rocío y ROMERO, Nallely Alejandra.

## Contenido

Artículo	Página
<b>Calidad agronómica de composta con residuos de cítricos</b> DE LUNA-VEGA, Alicia, GARCÍA-SAHAGÚN, María Luisa, RODRÍGUEZ-GUZMÁN, Eduardo y PIMIENTA-BARRIOS, Enrique	354-361
<b>El fruto del pitayo silvestre (<i>Stenocereus queretaroensis</i> (Weber) Buxbaum), una alternativa alimenticia, nutricional, y socioeconómica en época de estiaje</b> ARRIAGA-RUIZ, Ma. Cruz, NERI-LUNA, Cecilia, PIMIENTA-BARRIOS, Enrique y SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, José	362-367
<b>Variación espacial y temporal del contenido de carbono en bosques de la sierra madre occidental: avances preliminares</b> GONZÁLEZ-CÁSARES, Marcos, POMPA-GARCÍA, Marín, MELÉNDEZ-SOTO, Arnulfo y SOLÍS-MORENO, Raúl	368-372
<b>Salud reproductiva. Una perspectiva desde los jóvenes universitarios yucatecos</b> ANDUEZA-PECH, María Guadalupe, HOIL-SANTOS, Jolly Josefina, RODRÍGUEZ-ANGULO, Elsa María y OJEDA-RODRÍGUEZ, Ricardo	373-381
<b>Mejoramiento Genético de <i>Solanum lycopersicum</i> para Resistencia a <i>Phytophthora infestans</i> en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara</b> ARELLANO-RODRÍGUEZ, Luis Javier, RODRÍGUEZ-GUZMAN, Eduardo, PADILLA-GARCÍA, José Miguel y ARELLANO-ZARAGOZA, Diana Yareli	382-386
<b>Análisis fitoquímico y actividad antimicrobiana de plantas que crecen en la Huasteca Potosina</b> CARRILLO, María, REYES, Abigail y CARRANZA, Candy	387-391
<b>Desarrollo de geles a partir de pulpa de capulín (<i>prunus virginiana</i>) y biopolímeros naturales</b> ARENALES, Irene, SANDOVAL, Ofelia, RAMÍREZ, César y VICTORIANO, Sonia	392-400
<b>Diversidad de helechos y licofitas en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México</b> HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, Victoria, LARIOS-PATLÁN, Hugo Benjamín y COLLI-MULL, Juan Gualberto	401-408
<b>Evaluación de la actividad antinociceptiva y efectos secundarios del extracto etanólico de <i>J. spicigera</i> en un modelo murino</b> ALVARADO, Brenda, LEÓN, Angel, MUNGUÍA, Abigail y HERNÁNDEZ, Jaime	409-414
<b>Diversidad de coleopteros en la comunidad “el ocotero” xichú, parte de la reserva de la biósfera sierra gorda de guanajuato</b> COLLI-MULL, Gualberto, DE LA RIVA-DE LA RIVA, Alberto, HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, Victoria y HERNÁNDEZ-MATA, Raúl	415-422



<b>Propiedades fisicoquímicas de cinco variedades de guayaba, adaptadas a la región productora de zitácuaro michoacán</b>	423-427
CORTES, Consuelo, CAZAREZ, Alejandra, YAHUACA, Berenice y JUAREZ, Ma. De Jesús	
<b>Efecto bioinsecticida de extracto etanólico de higuera (Ricinus communis L) y lantana (Lantana camara L) sobre mosca blanca (Bemisia tabaci Genn) en tomate</b>	428-434
GUEVARA, Luis, ANDRIO, Enrique, CERVANTES, Francisco, RODRÍGUEZ, Daniel, ROBLES, René, MONDRAGON, Wendy y PEREZ, Davino	
<b>Establecimiento de un Huerto Semillero para obtención de germoplasma de Moringa Oleífera, en el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Michoacán</b>	435-448
PANIAGUA, Antonio, CHORA, José y CASTAÑEDA, Maricela	
<b>Calidad de semilla y vigor inicial de plántula en Ricinus communis</b>	449-457
CERVANTES, Francisco, SEGUNDO, José, ANDRIO, Enrique, GUEVARA, Luis, RODRÍGUEZ, Daniel, CISNEROS, Hugo, PÉREZ, Davino, MENDOZA, Mariano, HERNÁNDEZ, Miguel	
<b>Efecto del agua residual y la lombricomposta sobre las características fisicoquímicas del suelo y desarrollo del cilantro (Coriandrum sativum)</b>	458-467
RODRIGUEZ, Nellybeth, TOVAR, Xochitl, SANCHEZ, Susana y NOGUEZ, Juan	
<b>Estudio de Razas Occidentales de Maíz Nativo (Zea mays, L. poaceae) y sus Características para Forraje</b>	468-476
JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel, JIMÉNEZ-PLASCENCIA, Cecilia, MORENO-LLAMAS, Gabriel y GUERRERO-GARCÍA, Fátima	
<b>Potencial biotecnológico de Tagetes lucida Cav. y Helianthus laciniatus A. Gray como fuentes de colorantes naturales para la industria textilera</b>	477-489
PADILLA-ESCAMILLA, Jazmín Patricia, LÓPEZ-RAMÍREZ, Varinia, MORALES-VARGAS, Adán y CARRILLO-LANDELL, Felipe	
<b>Patrón de actividad de lipoxigenasa en relación con la maduración y senescencia de frutos de chayote (Sechium edule Jacq. sw.)</b>	490-499
DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés, ROJAS-REYES, José Orlando, VELA-GUTIÉRREZ, Gilber y GARCÍA-GALINDO, Hugo Sergio	
<b>Caracterización de la matriz polimérica de poli(ácido acrílico-co-acrilato de butilo) reforzada con nanotubos de carbono</b>	500-510
NUNEZ-RIVERA, J. C. y NÚÑEZ-PÉREZ, Francisco	
<b>Tendencias en el consumo de alimentos y capacidad de compra en la Región V del Estado de México</b>	511-518
VAQUERO, Alejandro, MORENO, Miguel Ángel, BECERRA, Ma del Rocío y ROMERO, Nallely Alejandra	

*Instrucciones para Autores*

*Formato de Originalidad*

*Formato de Autorización*

## Calidad agronómica de composta con residuos de cítricos

DE LUNA-VEGA, Alicia\*†, GARCÍA-SAHAGÚN, María Luisa, RODRÍGUEZ-GUZMÁN, Eduardo y PIMIENTA-BARRIOS, Enrique

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

El presente trabajo se realizó durante 2014 en el campo experimental y Laboratorio del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. El objetivo general fue evaluar la calidad como abono orgánico de la composta producida a partir de residuos de cítricos, durante la fase madurez. Se evaluaron dos variables biológicas, cinco variables físicas y doce variables químicas. En el bioensayo de porcentaje de germinación y de sobrevivencia en semillas de chile (*Capsicum annuum*) y cebolla (*Allium cepa*) se observó que la germinación y sobrevivencia fue mejor con la composta que con el testigo. En general se puede apreciar que la población hongos fue la población dominante. En el caso de las características físicas, estas presentaron valores dentro de los rangos recomendados como sustrato para fines agrícolas. En el caso de las características químicas el pH final de la composta fue alcalino, la conductividad eléctrica final se ubicó dentro de norma, los valores de absorbencia disminuyen conforme la composta avanza en el proceso de maduración, si bien la cantidad de nutrientes encontrados en la composta no son tan altos, estos cumplen con los requerimientos mínimos de las normativas para ser utilizado como sustrato y mejorador de suelo en aplicaciones hortícolas.

### Residuos de cítricos, composta

### Abstract

The present work was carried out during 2014 in the experimental field and laboratory of the University Center of biological sciences and livestock at the University of Guadalajara. The general objective was to assess quality as compost, the compost produced from citrus waste, for the maturity phase. Two biological variables, five physical variables and twelve chemical variables were evaluated. In the bioassay of percentage of germination and survival in pepper and onion seeds we observed that germination and survival was better than compost with the witness. In general you can see that the fungal population was the dominant population. In the case of physical characteristics, these showed values within the ranges featured as a substrate for agricultural purposes. Chemical characteristics of the compost: final pH was alkaline; final electrical conductivity was within standard; values of absorbance decrease as the compost in the maturation process, while the amount of nutrients found in compost are not so high, they comply with the minimum requirements of the regulations to be used as substrate and soil in horticultural applications breeder.

### Citrus waste, compost

**Citación:** DE LUNA-VEGA, Alicia, GARCÍA-SAHAGÚN, María Luisa, RODRÍGUEZ-GUZMÁN, Eduardo y PIMIENTA-BARRIOS, Enrique. Calidad agronómica de composta con residuos de cítricos. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:354-361

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: dva20851@cucba.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

México es líder en producción de cítricos, al ubicarse como el quinto productor a nivel mundial (4.6% del total) detrás de China (21%), Brasil (18%), Estados Unidos (8%) y la India (6%). La citricultura en México es una actividad de gran importancia económica y social: Se realiza en poco más de medio millón de hectáreas en regiones con clima tropical y sub-tropical en 23 entidades federativas. De esa superficie, aproximadamente 80% se destina a los denominados cítricos dulces, cuya producción es del orden de 4.9 millones de toneladas por cosecha, principalmente de naranja (83% del total), toronja (8%), mandarina (5%) y tangerina (4%). El cultivo de cítricos dulces representa una fuente importante de ingresos en las zonas rurales donde se lleva a cabo. Se estima que cerca de 69 mil familias dependen de esta actividad, con un valor superior a siete mil 100 millones de pesos. (SAGARPA 2013).

De acuerdo a la producción de cítricos en México, se generan el 2% de residuos que si no se les da una buena utilización, son fuente de contaminación, con el compostaje estos residuos se pueden transformar en materia orgánica, a su vez esta materia orgánica se puede utilizar como un sustrato en la producción de cultivos siempre y cuando esta materia orgánica cumpla con los requisitos de un sustrato

Conforme al manual publicado en 2012 *30 things you should never compost or recycle* (Mother Nature) Hay cosas que se deben agregar en muy baja cantidad a la composta, como las frutas cítricas porque alteran la acidez del suelo. Corroborando Tyler Storey 2013 sugiere que las cáscaras de naranjas e incluso las naranjas completas son muy buenas adiciones a la pila de compost.

Pero deben agregarse en las cantidades apropiadas si no están bien balanceadas las cantidades de todos los materiales que se estén utilizando se puede tener una relación C/N (carbono/ nitrógeno) que no sea adecuada para que las plantas puedan aprovechar los nutrientes que aporte el compost. El compost requiere por lo menos proporciones iguales de materia verde alta en nitrógeno como cáscaras frescas de naranjas y materia marrón rica en carbono como paja, hojas trituradas o virutas de madera.

El composteo es una forma importante de reciclar elementos orgánicos residuales de la industria, agricultura y la ganadería. Una de las principales tecnologías es el uso de composta que el productor puede elaborar en su unidad de producción, utilizando los materiales de que dispone localmente como en este caso son los residuos de cítricos. En la práctica, para valorar la calidad de un sustrato no basta con conocer las propiedades generales de sus principales componentes, sino que es necesario determinarlas para cada ingrediente o mezcla particular, ya que las variaciones suelen ser muy importantes. (De Luna y Vázquez, 2009).

Las propiedades físicas de los sustratos de cultivo son determinantes. Una vez que la planta esté creciendo en él, no es posible modificar las características físicas básicas de dicho sustrato.

Las propiedades químicas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del sustrato; reacciones de disolución e hidrólisis de los constituyentes minerales (química), reacciones de intercambio de iones (físico-química) y reacciones de biodegradación de la materia orgánica (bioquímica) Los abonos orgánicos producen efectos benéficos a los cultivos, dependiendo de la naturaleza del abono, características del suelo, tipo de cultivo, periodicidad de la aplicación y cantidad del abono.

Entre otros, se logrará la revitalización de los residuos orgánicos para convertirlos en composta (Triano et al., 2005).

Las propiedades físicas más importantes de un sustrato son la densidad, la porosidad y su reparto entre las fases sólida y líquida, es decir, la porosidad de aire y la capacidad de retención de agua. La curva de desorción o de liberación de agua representa las proporciones de agua y aire en el sustrato a diferentes tensiones comprendidas en el intervalo entre 10 y 100 cm, simulando la succión por la planta del agua retenida por el sustrato. La curva de desorción permite calcular la porosidad de aire del sustrato y las diferentes fracciones de agua retenida: agua disponible o fácilmente asimilable, agua de reserva y agua difícilmente asimilable. En principio, los criterios de interpretación de las propiedades físicas tradicionalmente empleados son válidos para los nuevos métodos desarrollados en las normas técnicas europeas, aunque en ciertos casos puede requerirse de alguna adecuación (Masaguer et al., 2013).

El uso del compost como sustrato o componente de sustratos ha sido objeto de un excelente trabajo (Abad et al., 2008), en el que se analizan los principales factores limitantes y se efectúan unas recomendaciones genéricas, planteándose alternativas de futuro que permitan obtener compost de calidad, con unas propiedades adecuadas para su empleo como sustrato o componente de sustratos de cultivo. El grado de madurez del compost es, juntamente con la salinidad, una de las características más importantes que condicionan la promoción del compost de biorresiduos, ya que los compost frescos, no suficientemente maduros, presentan fitotoxicidad residual, que puede afectar negativamente a la fisiología de las raíces y las plantas.

La búsqueda de sustratos alternativos a base de materiales orgánicos que sean de fácil acceso y que resulten baratos, es uno de los principales objetivos de los productores hortícolas (Dede et al., 2006). Normalmente, dichos materiales son procesados para formar composta antes de ser usados como sustratos y tienen efectos benéficos en las plantas, si se usan en proporciones adecuadas (García-Gómez et al., 2002). El presente trabajo plantea como objetivo general evaluar la calidad de la composta como abono orgánico, producida con residuos de cítricos, objetivos particulares, determinar las características físicas, químicas y biológicas de la composta elaborada a partir de residuos de cítricos y su utilización como sustrato en la producción de cultivos sin acidificar éstos, además de transformar una fuente de contaminación en materia orgánica.

### **Materiales y métodos**

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo experimental, así como en el laboratorio de Agromicrobiología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara. La elaboración de la composta se realizó utilizando 50 kg de estiércol de bovino, 50 kg de residuos de cítricos 50 kg de rastrojo de maíz, 500 g de levadura para pan y 500 g de azúcar, estos ingredientes se pusieron a fermentar durante 21 días, la preparación consistió en construir un “montón” a partir de capas paralelas de cada uno de los materiales, se aplicó el agua y la mezcla de azúcar y levadura para humedecer sin provocar escurrimiento.

En los primeros tres días se mezcló el montón por la mañana y por la tarde y a partir del cuarto día, se volteó una sola vez. Finalmente, entre los 12 y 15 días el abono fermentado logró su maduración, su temperatura fue igual a la ambiental, adquiriendo un color gris claro, estaba seco y de consistencia suelta después se hicieron análisis.

Tomando los parámetros de pH, nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica para las variables químicas y para las físicas, capacidad de absorción de agua, capilaridad, densidad aparente e infiltración.

Para determinar la calidad como abono orgánico de la composta, se plantearon las variables físicas químicas y biológicas. El diseño experimental utilizado para ubicar y evaluar el efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de germinación de semillas, fue el denominado bloque completo al azar, utilizando tres repeticiones. Los datos obtenidos en las diferentes variables, se sometieron al análisis de varianza y a la prueba de separación de medias denominada DMS  $P > 0.05$  (Padrón, 2003; Reyes, 1999).

En las variables físicas y químicas no hubo repeticiones, por lo que los resultados se presentan en forma de cuadros.

En las variables físicas se determinaron las siguientes mediciones según el manual de Fisher et al. (2003): a) Densidad aparente (gr.  $\text{cm}^{-3}$ ), b) Capacidad de absorción de agua (gr.  $\text{cm}^{-3}$ ), c) Capilaridad (gr.  $\text{cm}^{-3}$ ), d) Infiltración (min.). Variables químicas, pH, nitrógeno, fósforo, potasio y materia orgánica. Las determinaciones físicas, y químicas, así como el pH, conductividad eléctrica y absorbencia fueron efectuadas en el laboratorio ambiental y de abonos orgánicos ubicado en el CUCBA, de la Universidad de Guadalajara. La determinación de las variables biológicas en la composta se realizó para observar: El efecto de la composta, sobre el porcentaje de germinación de semillas de chile y cebolla. El número de microorganismos como Unidades Formadoras de Colonias (UFC) presentes en la composta.

### Variables físicas

Capacidad de absorción de agua. La determinación de la capacidad de absorción de agua se realizó en una maceta con capacidad de 300 ml y se colocó sobre una palangana. La maceta se rellenó del sustrato hasta la marca (250 ml) dejándola caer varias veces para comprimir y rellenando nuevamente hasta la marca, una vez nivelado el sustrato se pesó (peso seco), se agregó agua a la palangana hasta una altura poco menor a la altura de la maceta, se retiró la maceta una vez que la superficie del sustrato se observaba ligeramente cubierta de agua, se dejó escurrir toda el agua de la maceta y posteriormente se pesó (peso húmedo).

Capilaridad. Para determinar la capilaridad se utilizó una maceta de 300 ml y se rellenó la maceta con composta hasta la marca (250 ml), se dejó caer varias veces y se volvió a rellenar hasta la marca, se registró su peso (peso seco), se agregó agua a la palangana (3 cm) y se depositó la maceta dentro, se retiró después de 15 min.; se dejó escurrir por 10 min.; y se pesó (peso húmedo).

Densidad aparente. Para la determinación de la densidad (peso/volumen) se utilizó una probeta de 500 ml de capacidad, a la que se le registró el peso. El sustrato se depositó en la probeta hasta los 400 ml y se pesó. Se agitó para disminuir el espacio vacío y nivelar la superficie y leer el volumen compactado.

Velocidad de infiltración. Para la prueba de infiltración se utilizó una maceta de plástico de 300 ml de capacidad. El sustrato se colocó en la maceta hasta los 250 ml En una probeta se midieron 100 ml de agua, la que se agregó a la maceta haciendo movimientos circulares. Se activó el cronometro al momento de la caída del agua y se detuvo hasta que ésta se filtró completamente en el sustrato.

Los resultados se registraron como el tiempo de infiltración de los 100 ml.

Variables químicas: Medición de pH y conductividad eléctrica (CE). Se pesó un frasco vacío y sin tapadera, se pesaron 20 gr. de sustrato y se depositaron en el frasco, se midieron 40 ml de agua destilada en una probeta, se vació al recipiente y se cerró el frasco, se agitó durante 10 minutos en el agitador (AROS 160). En la suspensión se determinó el pH y la CE con un equipo Hanna (HI-9810). Las demás variables químicas se determinaron de acuerdo a los manuales establecidos en el laboratorio de agromicrobiología.

Variables biológicas. La determinación de las variables biológicas en la composta se realizó para observar:

El efecto de la composta, sobre el porcentaje de germinación de semillas y plántulas de chile (*Capsicum annum*) y cebolla (*Allium cepa*). Se realizó mediante un bioensayo de porcentaje de germinación y de sobrevivencia. Las pruebas de germinación de semilla y sobrevivencia se llevaron a cabo con semillas de cebolla y chile. Se colocaron 20 semillas de cada especie en cajas de Petri de 10 cm de diámetro, se colocaron 5 mm de composta. La composta fueron saturada mediante la adición de agua destilada, posteriormente se colocaron las semillas. Las cajas se mantuvieron en una incubadora a 28°C y en la obscuridad, hasta que se evaluó el porcentaje de germinación después de cuatro días. Posteriormente a los siete días se evaluó el porcentaje de sobrevivencia.

Conteo de microorganismos. Se cuantificaron las poblaciones de hongos, bacterias y actinomicetos. Los medios de cultivo utilizados fueron PDA, agar nutritivo y agar Czapek, respectivamente.

El método utilizado fue el de diluciones decimales y vaciado en placa, según el manual de Valdés (1980). Se utilizaron 10 g de muestra tamizada de composta y se depositaron en un frasco de dilución el cual contenía 90 ml de agua destilada. El frasco se agitó por cinco minutos y posteriormente se tomó 1 ml de la suspensión para realizar diluciones decimales hasta 10<sup>-8</sup>. Se tomaron 0.5 ml de cada una de las diluciones correspondientes y se depositaron en cajas de Petri con los medios de cultivo correspondiente para cada tipo de microorganismo. Una vez depositada la muestra se extendió sobre la superficie. Las cajas de Petri se pusieron en incubadora (TERLAB D80) a 28°C y el conteo de microorganismos se realizó a los tres y seis días de efectuada la siembra.

### **Resultados y discusión**

Los resultados para los parámetros evaluados en la composta fueron en porcentaje: Materia orgánica 25, pH 7.94, nitrógeno 1.51, potasio 0.798, fósforo 0.76, calcio 1.99. Estos resultados corroboran los obtenidos por Ansorena en el 2014. Para las variables físicas, el ensayo para evaluar la utilización de la composta como medio de cultivo al aumentar la cantidad de agua neta disponible para las plantas y reducir la frecuencia del riego. El cuadro 1 muestra una capacidad de absorción de agua con un valor de 41.6% en la composta en fase de maduración, siendo este un porcentaje superior al óptimo que oscila entre el 20% y el 30% (Ansorena, 1994 ; Cadahia, 2005). Los materiales procesados a través del compostaje contienen nutrientes que al ser absorbidos por las plantas tienen efectos positivos sobre fotosíntesis y contenido de clorofila.

En compostas, la disponibilidad de nutrientes para las plantas es mayor, ya que este proceso aumenta las formas disponibles de los elementos, incluyendo nitratos, así como formas intercambiables de P, K, Ca y Mg (Chamani et al., 2008).

Velocidad de infiltración 36 segundos y capilaridad 9.36 %. Esta propiedad consiste en que el sustrato tenga la capacidad de absorber agua a través de los microporos y de transportarla en todas las direcciones. Cuando el sustrato no tiene capilaridad, el agua se mueve verticalmente a través del perfil del mismo, llegando rápidamente al drenaje y dejando zonas secas en las cuales no se pueden desarrollar las raíces (Cadahia, 2005).

Para la densidad aparente fue de 0.85 gr/l. La densidad aparente representa el peso seco del medio con relación al volumen total que ocupa. Conforme aumenta la densidad aparente, las condiciones del drenaje y la porosidad para el aire disminuyen. Es necesario que la composta este formada por partículas de tamaño adecuado a su utilización, como sustratos para macetas sin suelo y otras importantes aplicaciones. La densidad aparente de la composta la cual según los parámetros presenta un valor aceptable para ser utilizado como sustrato de crecimiento.

Parámetros en composta	Parámetros obtenido
Materia orgánica (%)	28
Cenizas (%)	76
Carbono orgánico (%)	16.50
Relación carbono/nitrógeno (C/N)	28
Nitrógeno total (%)	1.83
Fósforo (%)	0.70
Potasio (%)	0.440
Sodio (%)	0.340
Calcio total (%)	1.98
Magnesio (%)	0.38
pH	7.69
Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	2.46
Propiedades físicas	
Densidad aparente (gm/ml)	0.85
Capacidad de absorción (%)	41.6
Velocidad de infiltración segundos	36
Humedad (%)	46.29
Tamaño partículas (mm)	13

Tabla 1 Resultados de la composta

### Variables biológicas

Bioensayo de porcentaje de germinación y de sobrevivencia en semillas de chile (*Capsicum annum*) y cebolla (*Allium cepa*) observamos que la germinación y sobrevivencia fue mejor con la composta que con el testigo. El análisis de la varianza para esta variable, no presentó diferencias significativas para el efecto de tratamientos. El tratamiento testigo presentó el 88 % de germinación, cifra inferior a la germinación lograda por los tratamientos con composta granulada (90 y 92% en ambos casos). Los tratamientos que lograron mayor porcentaje de germinación fueron las semillas de chile (*Capsicum annum*) (cuadro 2).

	% de germinación promedio	% de sobrevivencia promedio	DMS
Semillas de chile ( <i>Capsicum annum</i> )	92	90	a
Semillas de cebolla ( <i>Allium cepa</i> )	90	90	a
Testigo	88	89	b

Tabla 2 Prueba de separación de medias para la variable porcentaje de germinación y sobrevivencia de los tratamientos



## Conteo de microorganismos

La cuantificación en placa de hongos, bacterias y actinomicetos se determinaron durante la fase de maduración de la pila, la cuenta de hongos, actinomicetos y bacterias permaneció relativamente constante:  $37 \times 10^{-2}$ ,  $10 \times 10^{-3}$  y  $12 \times 10^{-6}$  UFC respectivamente, (cuadro 3). En general se puede apreciar que la población de microorganismos presentes en la composta en la fase de maduración, los hongos fue la población dominante.

Durante la fase de madurez se desarrollan importantes procesos tales como la estabilización de la materia orgánica, que implica la atenuación de núcleos tóxicos generados durante la fermentación, la humificación y la nitrificación, entre otras. Este cambio es conducido principalmente por microorganismos, por lo que la actividad microbiana detectada en esta fase, puede estar relacionada a dichos cambios.

	Hongos UFC $10^{-2}$	Actinomicetos UFC $10^{-3}$	Bacterias UFC $10^{-6}$
Muestra testigo	37	7	6
Composta	36	10	12

**Tabla 3** Cuenta de microorganismos evaluados en la composta

## Conclusiones

Con base a los resultados adquiridos, la composta elaborada con residuos de cítricos, puede ser utilizada como abono orgánico o sustrato en la producción de cultivos sin que haya un riesgo de acidificar el suelo de acuerdo al pH y los demás resultados alcanzados. La adición de restos de frutas ácidas en composta para ser utilizada como sustrato, tuvo un efecto positivo sobre la germinación de las semillas de chile (*Capsicum annuum*) y cebolla (*Allium cepa*). Asimismo, la colocación de despojos en la composta nos permite darle una utilidad para que no sea una fuente de contaminación.

## Referencias

Abad, M., Fornes, F., Mendoza-Hernández, D. y García de la Fuente, R. 2008. Actas de Horticultura 53:17-31.

Alexander, M. 1996. Introduction to soil microbiology. John Wiley and sons. USA. p.p.455.

Ansorena, M.J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización, Ediciones Mundi-Prensa, España, pp. 172.

Ansorena, J., Batalla, E., Merino, D. y Moreno, A. 2012. El compost de biorresiduos como componente de sustratos. Horticultura N° 300: 42-47.

Ansorena, J., Batalla, E. y Merino, D. 2014. Propiedades fisicoquímicas del compost de residuos de alimentos y su empleo como componente de sustratos. XI Jornadas de la SECH. Zizurkil, 25-27 jun.

Arcadis. 2009. Assessment of the

Bures, S. 1997. Sustratos, Ediciones Agrotécnicas F.L., Madrid España, pp. 342.

U.S. Composting Council. 2001. Test methods for the examination of composting and compost, USDA-Compost Council.

Chamani, E.; Joyce, D. C. and Reihanytabar, A. 2008. Vermicompost effects on the growth and flowering of *Petunia hybrida* 'Dream Neon Rose'. American- Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 3:506-512.

Dalzel, H.W. 1991. Manejo del suelo. Producción y uso del compost en ambientes tropicales y subtropicales, Boletín de Suelos de la FAO, No. 56, Roma Italia, pp. 18-20.

Dede, O. H.; Koseoglu, G.; Ozdemir, S. and Celebi, A. 2006. Effects of organic waste substrates on the growth of impatiens. *Turkish J. Agric. Forestry*. 30:375-381.

De Luna, V.A. y E.A. Vázquez. 2009. Elaboración de abonos orgánicos, Segunda edición, Universidad de Guadalajara, México, pp. 86.

Gómez-Merino, Fernando Carlos; Trejo-Téllez, Libia Iris; Velásquez-Hernández, María de los Ángeles; García-Albarado, J. Cruz; Ruiz-Bello, Alejandrina Macronutrientes en petunias crecidas con distintas proporciones de composta en sustrato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, núm. 3, noviembre-diciembre, 2011, pp. 399-413. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Estado de México, México

Instituto Nacional de Normalización. 2005. Norma chilena oficial para el control de la calidad de compostas (NCh-2880.Of2004), Decreto exento no. 89, Chile.

Labrador, M.J. 2002. La materia orgánica en los agroecosistemas, Segunda Edición, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid España, pp. 174.

Lampkin, N. 1998. Agricultura ecológica, Gestión de los estiércoles y residuos orgánicos, Ediciones Mundi Prensa, México D.F., pp. 85-104.

Masager, A., Vidueira, P., Moliner A. and Zárate, B.H. 2013. Physical Characterization of Growing Media Using Standard Methods (CEN) – Limitations of Applicability for Pine Bark and Vermiculite. *Acta Hort*. 1013:85-88.

Mother Nature (2013). 30 things you should never compost or recycle

Nieto, G.A. 2002. La composta. Importancia, elaboración y uso agrícola, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz B.C.S., México, pp. 86.

Reyes, C.P. 1999. Diseño de experimentos aplicados, Editorial Trillas, Tercera edición, pp. 122-128

Rosas, R.A. 2007. Agricultura orgánica práctica, Quinta Edición, Grupo Agrovereda, Bogota Colombia, pp. 193-196.

SAGARPA (2013) Operación desde 2001 del “Programa Nacional de Reconversión Productiva de la Cadena Citrícola”.

Stoffella, J.P. y A.B. Kahn. 2005. La utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola, Mundi-Prensa, Madrid España, pp. 397.

Ulloa, H.; García, M.; Pérez, A.; Meulenert, A.; Ávila, D. 2011. CLIMA Y RADIACIÓN SOLAR EN LAS GRANDES CIUDADES: ZONA METROPOLITANA DE GUADALAJARA (ESTADO DE JALISCO, MÉXICO) *Investigaciones Geográficas*. 56: 165-175 Universidad de Alicante Alicante, España

Valdés, R. 1980. Manual de Microbiología Agrícola, Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Departamento de Microbiología, Laboratorio de Microbiología Agrícola, pp. 69.

Zañudo, H.J., E.B. Pimenta y H.B. Ramírez. 2003. Manual de prácticas de fisiología vegetal, Academia de ecofisiología vegetal, Universidad de Guadalajara, Zapopan Jalisco, México, pp. 86.

## El fruto del pitayo silvestre (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum), una alternativa alimenticia, nutricional, y socioeconómica en época de estiaje

ARRIAGA-RUIZ, Ma. Cruz\*†, NERI-LUNA, Cecilia, PIMIENTA-BARRIOS, Enrique y SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, José

*Universidad de Guadalajara. Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Km 15.5 Carretera Guadalajara-Nogales, Las Agujas, Zapopan Jal.*

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

Población que vive en las regiones semiáridas de México, utiliza cactus fruta como alimento, medicina, forraje y fines agroindustriales desde tiempos prehispánicos. Entre estas frutas, hay uno llamado "pitaya" (*Stenocereus* spp). En este trabajo se analizó la composición física y química de los "salvajes" pitayas muestreados de 4 localidades en el estado de Jalisco. Los resultados indican que los frutos tienen un ovoide o forma de círculo con un diámetro entre 5.7 cm y un peso fresco sobre 49-100 g. El estudio químico muestra que el pH oscila entre 4.2-4.7 y 3.9-4.6 en la cáscara y la pulpa, respectivamente. El porcentaje de ácido málico varió 0.20 a 0.50 en la cáscara y en la pulpa de 0.25 a 0.58. El contenido de proteína de la cáscara oscila de 0.2 a 0.8 mg g<sup>-1</sup>, mientras que en la pulpa fue 1.5-3.7 mg g<sup>-1</sup>. La vitamina C (medido como ácido ascórbico) fue de alrededor de 8.4 a 1.4 mg 100 g<sup>-1</sup> y 9.6 a 13.8 mg 100 g<sup>-1</sup> en la cáscara y la pulpa, respectivamente. La prueba de Brix grados reveló un rango entre 10% -14% en la cáscara y el 11% -13% en la pulpa. El contenido de azúcares solubles en la pulpa fue reportado como azúcares totales (2.6% -6.2%) y azúcares reductores (2.4% -5.8%). Las semillas tenían un contenido de proteína de 12% -18% basado en el peso seco, lípidos entre 13% -24% con un contenido de almidón de 8.0 a 24.3 mol.

### Abstract

Population living in semi-arid regions of Mexico, uses cacti fruit as food, medicinal, forage and agro-industrial purposes since prehispanic times. Among these fruits, there is one called "pitaya" (*Stenocereus* spp). In this work, it was analyzed the physical and chemical composition of "wild pitayas" sampled from 4 localities in Jalisco State. The results indicate that the fruits have an ovoid or circle shape with a diameter between 5-7 cm and a fresh weight about 49-100 g. The chemical study shows that the pH fluctuates between 4.2-4.7 and 3.9-4.6 in peel and pulp, respectively. The acid malic percentage varied from 0.20-0.50 in peel and 0.25-0.58 in pulp. The protein content of peel oscillates from 0.2 a 0.8 mg g<sup>-1</sup> while in pulp was 1.5-3.7 mg g<sup>-1</sup>. The vitamin C (measured as ascorbic acid) was around 8.4-1.4 mg 100 g<sup>-1</sup> and 9.6-13.8 mg 100 g<sup>-1</sup> in peel and pulp, respectively. The degrees Brix test revealed a range between 10%-14% in peel and 11%-13% in pulp. The soluble sugars content in pulp was reported as total sugars (2.6%-6.2%) and reductor sugars (2.4%-5.8%). The seeds had a protein content of 12%-18% based on dry weight, lipids between 13%-24% with a starch content from 8.0-24.3 μmol.

**Citación:** ARRIAGA-RUIZ, Ma. Cruz, NERI-LUNA, Cecilia, PIMIENTA-BARRIOS, Enrique y SÁNCHEZ-MARTÍNEZ, José. El fruto del pitayo silvestre (*Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum), una alternativa alimenticia, nutricional, y socioeconómica en época de estiaje. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 2015, 2-3:362-367

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: marriaga@cucba.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Las cactáceas son originarias del Continente Americano, se distribuyen desde Canadá hasta Argentina y son las plantas más abundantes de las regiones áridas y semiáridas. La familia comprende las subfamilias Pereskioideae, Opuntioideae y Cereoideae, mismas que agrupan a 125 géneros, de los cuales 92 se encuentran en América del Norte y 61 de éstos en México. El número total de especies de esta familia es de 1500 a 2000; por tal razón se considera a nuestro país (México) como un centro de origen (Bravo, 1978).

Cuando los conquistadores españoles llegaron a tierras americanas, les causó mucho asombro ver unas extrañas plantas armadas de espinas y de mal aspecto que son las cactáceas, familia vegetal endémica en el nuevo mundo. No obstante, su fascinación fue mayor al percatarse de que producían frutos deliciosos, dulces y frescos de delicado sabor y aroma que gustaba mucho a los nativos y que eran comercializados en los tianguis o mercados regionales en diversos puntos del país. Los españoles aplicaron a estos frutos nombres antillanos en lugar de los autóctonos, llamándoles “tuna” al fruto de los nopales y “pitaya” al fruto de otras cactáceas diferentes, en su mayoría con tallos cilíndricos, erguidos, columnares o muy ramificados y candelabriformes a los que llamaron “cirios”, “órganos” o “candelabros”, y posteriormente “pitayos” por producir dicha fruta (Sánchez – Mejorada, 1984).

En México el término “pitaya” se aplica en sentido amplio a la mayor parte de las frutas de las cactáceas comprendidas en las tribus Hylocereae, Pachycereae y Echinocereae de la subfamilia Cactoideae. En sentido estricto a la mayor parte de los frutos de las especies incluidas en los géneros agrupados dentro de la subtribu Stenocereinae, principalmente a las especies del género *Stenocereus*.

Los frutos de algunas especies aún conservan su nombre autóctono o local como “chende”, “chichipe”, “quiotilla”, “teteche” y “xoconoxtle”, mientras que otras tienen un nombre específico en español, como el “garambullo”, “tunillo” y “pitire”, que son verdaderas pitayas (Sánchez – Mejorada, 1984). En la actualidad, se aplica el término pitaya para designar los frutos que pertenecen al género *Stenocereus* y pitahaya para los frutos del género *Hyleocereus*. (Arnaud et al., 1997. Citado por Pimienta y colaboradores 1994).

En Oaxaca y Puebla la pitaya es conocida y aprovechada desde la época prehispánica, mientras que en la región de la Mixteca Oaxaqueña se tienen testimonios de que su cultivo se extendió en el siglo XVIII – donde las primeras familias que la cultivaron dieron el ejemplo a otras, y así sucesivamente. Hoy día, gran número de poblaciones cultivan pitaya en sustitución o complemento de los cultivos tradicionales. Por otra parte, en el municipio de Techaluta de la subcuenca de Sayula, Jalisco, el cultivo de la pitaya es una actividad al parecer muy joven que data aproximadamente 35 años, aunque existen evidencias de un pequeño huerto de más de 50 años.

A pesar de la importancia de este fruto, no se tiene mucha información en cuanto a sus propiedades, especialmente creciendo en condición silvestre, por lo que en este trabajo se presentan datos sobre la variación en la composición química del fruto (pitaya) y sus componentes (cáscara, pulpa y semillas) en poblaciones silvestres de *S. queretaroensis* que se desarrollan en la parte suroeste del estado de Jalisco y la parte sur del estado de Zacatecas, que tienen en común clima subtropical semiárido. Finalmente, se resalta la importancia económica y ecológica de estas poblaciones silvestres.

## Objetivo de este trabajo

Determinar si el fruto del pitayo silvestre representa una alternativa alimenticia, nutricional, y socioeconómica para los pobladores y la fauna silvestre que habitan en zonas donde se desarrollan poblaciones de *Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum, especialmente durante la época de estiaje.

## Materiales y métodos

I) Colecta del fruto.- Se hizo la colecta de pitayas en poblaciones silvestres de *S. queretaroensis* que se desarrollan en la parte suroeste del estado de Jalisco (Zacoalco de Torres, Autlán y Tecolotlán) y la parte sur del estado de Zacatecas, en la localidad de Santa Rosa, en el Cañón de Juchipila. Se eligieron al azar a 10 plantas por localidad y se tomaron 10 frutos maduros de cada una.

II) Análisis.- Los frutos colectados fueron llevados al laboratorio donde se les realizaron un análisis físico y un análisis químico.

- Análisis físico del fruto. El peso (g) se determinó con una balanza que tiene decimos de gramos. Posteriormente, se midió el diámetro (mm) de cada fruto empleando un vernier.

- Análisis químico de la cáscara, pulpa y semillas.- Se partieron los frutos a la mitad y se separó de la cáscara, frotándola suavemente en una coladera colectando en un recipiente la pulpa, y las semillas se lavaron y se secaron a temperatura ambiente.

A la pulpa y cáscara se les determinó: Sólidos solubles totales (grados Brix), pH, ácido málico, azúcares totales y reductores, proteína y vitamina C.

A la cáscara se le determinó: El contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio

A la semilla se le determinó: El contenido de proteína, lípidos y almidón

## Resultados

Los frutos recolectados de las cuatro localidades estudiadas tienen forma ovoide o redonda, con un diámetro de 5 a 7 cm y un peso que va de 49 a 100 g, lo que coincide con lo reportado en frutos que crecen en condiciones similares. Cabe destacar que los frutos colectados en la región Autlán presentaron un peso promedio superior a los registrados en las localidades de Zacoalco, Santa Rosa y Tecolotlán. La cáscara representa del 22 al 35% del peso total del fruto, en su mayoría la presentan lisa de color verde con tonalidades rojas (indicador del grado de maduración), cubierta de aréolas y de espinas caedizas. La pulpa que es la parte comestible comprende del 60 al 75% del peso total y en ella se encuentran las semillas, que son negras y pequeñas (3 al 5% del peso total). Se encontraron tres variedades de color: morado, rojo y amarillo, siendo las dos últimas las más frecuentes.

En la composición química de las pitayas analizadas, el porcentaje de los sólidos solubles totales (grados Brix) en la cáscara varió entre 10% y 14% , el valor más alto corresponde a la variedad amarilla de Autlán y el más bajo a la roja de Santa Rosa. En la pulpa fue de 11% a 13%, encontrándose un mayor contenido en las pitayas moradas de Zacoalco de Torres, y un menor contenido en las rojas de Autlán. De acuerdo a estos datos, tanto la cáscara como la pulpa constituyen un buen aporte de carbohidratos y agua, para las personas y la fauna silvestre que las consumen, así como para su aprovechamiento agroindustrial.

En la cáscara se registró un valor de pH entre 4.2 y 4.7 y en la pulpa de 3.9 a 4.6, observándose que no existe una diferencia significativa entre las diversas localidades, correspondiendo en términos generales a un pH ácido. Por otro lado el contenido de acidez titulable (ácido málico) en la cáscara, fue de 0.20% a 0.58% y en la pulpa de 0.25% a 0.58%, resultado que nos indica que no hay variación tanto en la pulpa como en la cáscara de este componente químico en el fruto. Con respecto al contenido de azúcares solubles en pulpa: los valores de azúcares totales varió entre 2.6% a 6.2%, presentando la variedad roja de Autlán el mayor porcentaje y el menor la variedad roja de Zacoalco de Torres y en azúcares reductores los valores se encuentran entre 2.4% a 5.8%, el valor más alto lo tienen las pitayas rojas de Autlán y el más bajo las rojas de Zacoalco de Torres. A pesar de que en los sólidos solubles y la acidez titulable se encuentran comprendidos en un conjunto de compuestos (glucosa, fructosa y en cierto grado sacarosa) y los ácidos orgánicos (cítrico o málico), el sabor de la pitaya depende del balance entre el contenido de azúcar y de ácidos; como tales son caracteres de interés para el mejoramiento de la calidad y la aceptación del consumidor, favoreciendo su consumo y comercialización. El contenido en proteína en la cáscara osciló de 0.2 a 0.8 mg g<sup>-1</sup> y en pulpa de 1.5 a 3.7 mg g<sup>-1</sup>; registrándose valores superiores en las pitayas de Autlán y Santa Rosa en la variedad amarilla, y menor en la variedad morada de Zacoalco de Torres. Es importante señalar que el contenido de proteínas en la pulpa de pitayas silvestres es superior al de las cultivadas, lo cual nos permite suponer que la pitaya es una buena fuente de proteínas para la fauna silvestre y pobladores cercanos que la consumen.

El contenido de vitamina C (ácido ascórbico) en cáscara es 8.4 a 10.4 mg100 g<sup>-1</sup> con mayor contenido en la variedad roja de Santa Rosa y menor en la variedad amarilla de Autlán, y en la pulpa varió de 9.6 a 13.8 mg100 g<sup>-1</sup> con mayor contenido en la variedad amarilla y el menor en la variedad roja, ambas de la localidad de Santa Rosa.

El análisis de la composición mineral en la cáscara de las pitayas, nos indica que el contenido de nitrógeno varía de 0.63% a 1.22%; de fósforo entre 0.07% a 0.11%; de potasio entre 0.98 a 1.07%; de calcio de 0.3 a 0.7% y finalmente de magnesio de 0.5 a 0.7%. Los valores más altos se registraron en frutos de color rojo colectados en las localidades de Autlán y Santa Rosa y los más bajos en los de Zacoalco de Torres. En las semillas el contenido de proteínas varió de 12 a 18% de peso seco, encontrándose que la variedad de Santa Rosa y Tecolotlán son las de mayor contenido proteico y las de más bajo contenido son las de los frutos de color rojo colectados en Zacoalco de Torres. El contenido de lípidos osciló del 13 al 24%, en donde las semillas de las pitayas amarillas de Autlán son las que mayor lo contienen y las de menor son las rojas de Zacoalco de Torres y Santa Rosa. El contenido de almidón osciló del 8.0 al 24.3 μmol, las de mayor contenido son las pitayas amarillas de Santa Rosa y el menor son las semillas de los frutos de Zacoalco de Torres.

En este estudio de acuerdo a los datos obtenidos encontramos que en las cuatro localidades estudiadas, los valores más altos registrados en peso y composición química en los frutos silvestres se registraron en la variedad roja de Autlán y en la amarilla de Santa Rosa y los más bajos los identificamos en la morada y roja de Zacoalco de Torres y la roja de Santa Rosa; y que la pulpa y las semillas al ser masticadas en conjunto constituyen una fuente importante de proteínas, carbohidratos y lípidos al consumidor.

También se identificó que uno de los aspectos ecológicos más importantes de *S. queretaroensis* es que produce la mayor parte de sus flores y frutos durante la estación seca (de abril a junio); de esta manera provee alimento para algunas especies de animales silvestres durante la época de estiaje, cuando muchos otros vegetales no son productivos, constituyéndose como una de las plantas clave del ecosistema en el cual se desarrollan.

### Discusión

Se consideran como una alternativa alimenticia. Debido a que durante el periodo de cosecha de las pitayas que se concentra en los meses de abril a mayo y de agosto a septiembre, significando una alternativa alimenticia para las comunidades que habitan estas zonas, y para los lugares donde las comercializan, las cuales sustituyen otros frutos que pertenecen a otras épocas del año. La fauna silvestre que habita en estas zonas donde se desarrollan poblaciones de pitayo, es una alternativa alimenticia muy importante para aves, roedores, insectos y murciélagos, representando en algunos casos como la única fuente de alimento, que les proporcionará además de agua (ya que este fruto tiene un alto contenido de ella), varios nutrientes que se encuentran en este fruto.

Es importante este tipo de estudios por la información nutricional que aporta de los frutos. Este trabajo proporciona el conocimiento de la composición química (proteínas, lípidos, carbohidratos, vitaminas y minerales) de la pitaya y sus componentes (cáscara, pulpa, y semillas), permitiendo saber el aporte nutricional que tienen estos frutos para el consumidor. Al zoólogo le proporcionará información de los nutrientes que consume la fauna silvestre del lugar, y al nutriólogo el tener el conocimiento del aporte nutricional de estos frutos que les permitirá introducirla en la dieta diaria como alternativa de otros alimentos, durante los meses cuando se produce.

Como una alternativa económica. En las principales regiones semiáridas subtropicales de nuestro país existen poblaciones silvestres de pitayo (*Stenocereus* spp.) sujetas a recolección de frutos (pitayas), las cuales se consumen o comercializan en los mercados locales o en ciudades cercanas, convirtiéndose de esta manera en un complemento alimenticio y socioeconómico de las comunidades asentadas en estas zonas. El volumen de frutos frescos aportado por las poblaciones silvestres de *S. queretaroensis* es superior al obtenido en las superficies cultivadas, lo que viene a confirmar la importancia económica de estas poblaciones. (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994).

### Conclusiones

Los resultados de este estudio nos indica que durante el periodo de cosecha de las pitayas concentrados en los meses de abril a mayo y de agosto a septiembre, significan una alternativa alimenticia para las comunidades que habitan estas zonas, y para los lugares donde las comercializan, las cuales sustituyen otros frutos pertenecientes a otras épocas del año. Para la fauna silvestre que habita en estas zonas donde se desarrollan poblaciones silvestres de pitayo *Stenocereus queretaroensis* (Weber) Buxbaum, es una alternativa alimenticia muy importante para aves, roedores, insectos y murciélagos, representando en algunos casos como la única fuente de alimento, que les proporcionará además de agua, diferentes tipos de nutrientes.

De acuerdo a los resultados de este estudio se observa que la pitaya es de gran valor nutricional, por el aporte de minerales de la cáscara, ya que es una fuente importante de nitrógeno, magnesio, potasio, calcio y fósforo, para la fauna silvestre que la consume completa, siendo probablemente su única opción durante la época de estiaje. Para el humano y la fauna silvestre las pitayas silvestres son de gran valor nutricional.

Por que al ser masticadas en conjunto la pulpa y las semillas, de acuerdo a este estudio, estas confieren un aporte significativo de proteínas, carbohidratos (siendo fuente de glucosa y fructosa), agua (tiene un alto contenido de ella), lípidos (proporcionándoles los ácidos grasos esenciales), y de los antioxidantes: vitamina C, y de pigmentos betacianinas y betalanas (dan su color) proporcionados por la pulpa y las semillas al consumidor.

La producción y recolección de frutos del pitayo a partir de poblaciones silvestres representa una importante actividad socioeconómica para las comunidades rurales asentadas en las zonas semiáridas. Para las poblaciones silvestres de las localidades de Santa Rosa, Zacoalco de Torres y Autlán, se ha llegado a estimar una producción promedio de 2,000 frutos por hectárea, lo que representa un valor comercial que oscila entre los \$4,000 y 6,000 pesos (cada fruto se vende entre \$2.00 a \$3.00 pesos), por lo que algunas familias logran obtener ingresos por temporada (3 meses) superiores a \$12,000 pesos. Cabe destacar que esta producción se obtiene a muy bajo costo (sin ningún tipo de energías antropogénicas), lo cual representa para los recolectores ingresos extras con poca inversión.

## Referencias

Arreola N., H.J. 1990. Inventario de las cactáceas de Jalisco. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 35(1): 3-12.

Bravo-Hollis, H. 1978. *Las cactáceas de México*. 2ª. Ed. Instituto de Biología. UNAM. México.

Encarnación-Dimayuga. 1996. *Medicina Tradicional y Popular de Baja California Sur*. SEP-UABCS.

Gibson, A.C. 1990. The systematics and evolution of subtribe Stenocereinae. *Stenocereus queretaroensis* and its closest relatives. *Cactus and Succulent Journal* (Los Angeles) 62 (4): 170 – 176.

Ivanov, V.B. 1994 Root growth responses to chemicals. *Society Science Review Physicochemical Biology* 13: 1-70.

Sánchez –Mejorada, R.H., 1984. Breves notas sobre la vegetación y las cactáceas de las Islas Marías. *Cact. Suc. Mex.* 29: 8-9.

Pimienta Barrios E. 1999. El pitayo en Jalisco y especies afines en México.

Pimienta, B., E. y P.S.Nobel, 1994. Pitaya (*Stenocereus* spp. Cactaceae) an ancient and modern fruit crop of Mexico. *Economic Botany* 46: 76 – 83.



## Variación espacial y temporal del contenido de carbono en bosques de la sierra madre occidental: avances preliminares

GONZÁLEZ-CÁSARES, Marcos\*†, POMPA-GARCÍA, Marín, MELÉNDEZ-SOTO, Arnulfo y SOLÍS-MORENO, Raúl

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

Conocer la variación del contenido de Carbono (C) en los ecosistemas forestales es fundamental ante las estrategias de mitigación del cambio climático. Usualmente los métodos tradicionales de cálculo de C son destructivos. Por ello es necesario buscar alternativas de menor impacto en el ecosistema sin menoscabo de la validez y confiabilidad de los resultados. En este estudio se determinó la variación temporal del contenido de C para *Pinus cooperi* en seis nichos ecológicos. Asociando dendrocronología para datar anillos de crecimiento y relaciones alométricas para estimar biomasa, se produjeron cronologías temporales de captura de C. Estos resultados mostraron la capacidad de almacenamiento de C desde 1830 a 2012, mejorando las estimaciones de C ante los escenarios del calentamiento global. Este trabajo adquiere mayor relevancia porque sus estimaciones son precisas y no implicaron derribar el árbol.

**Biomasa, *Pinus cooperi*, dendrocronología, cambio climático, servicios ambientales.**

### Abstract

Knowing the content Carbon variation (C) in forest ecosystems is essential in the strategies for climate change mitigation. Usually the traditional methods of calculating C are destructive. Therefore is necessary looking for alternatives with less impact on the ecosystem without affecting validity and reliability of results. In this study the temporal variation of the C content was determined to *Pinus cooperi* in six ecological niches. Associating dendrochronology to date growth rings and allometric relationships to estimate biomass, were produced temporal chronologies of C capture. These results showed the C storage capacity since 1830 to 2012, improving estimates of C in global warming scenarios. This work is even more relevant because its estimates are accurate and not involved felling the tree.

**Biomass, *Pinus cooperi*, dendrochronology, climate change, environmental services.**

**Citación:** GONZÁLEZ-CÁSARES, Marcos, POMPA-GARCÍA, Marín, MELÉNDEZ-SOTO, Arnulfo y SOLÍS-MORENO, Raúl. Variación espacial y temporal del contenido de carbono en bosques de la sierra madre occidental: avances preliminares 2015, 2-3:368-372

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: magonzalez@ujed.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los gases de efecto invernadero (GEI) son la causa principal del cambio climático, que representa uno de los principales problemas que dañan el ambiente y por lo que es necesario realizar acciones que contribuyan a disminuirlo (Valdés, 2011). Los servicios ambientales que proporcionan los bosques, en especial el secuestro de carbono (C), los convierten en un medio importante de mitigación de dichos gases (Aguirre-Calderón y Jiménez-Pérez, 2011).

Saber cómo el contenido de C en los ecosistemas forestales ha cambiado al pasar de los años, puede aportar información importante que se utilice para conocer el comportamiento del cambio climático e identificar las acciones que se deben realizar para mitigarlo. Una de las formas para realizar ese estudio es a través de la dendrocronología, la cual es una ciencia útil para realizar estudios históricos de condiciones ambientales propias de un lugar, utilizada en ecología, climatología, química y geomorfología (Giraldo-Jiménez, 2011).

Los procedimientos actuales para estimar C en bosque regularmente hacen uso de métodos destructivos para su análisis químico, lo cual provoca un impacto negativo en los bosques. De ahí la importancia de utilizar una metodología que no implique la destrucción del árbol y que además sea igual de certera. Tomando como base que la concentración de C en la biomasa (B) de los árboles, es el 50% (Yerena *et al.*, 2012), una manera práctica de calcularlo es estimando la B; Nívar (2009) propone utilizar una ecuación alométrica, que se presenta como metodología estándar para este propósito.

Actualmente en México son muchos los estudios en dendrocronología, sin embargo los que se encuentran relacionados con el C son escasos incluso a nivel global (Lamlom y Savidge, 2006).

Y existen otros relacionados (Herrero *et al.*, 2011; Jones y O' hara, 2012; Martín *et al.*, 2013; Martín y Thomas, 2013).

Por lo mencionado, con el presente estudio se pretende determinar la variabilidad temporal y espacial del C. Mediante técnicas dendrocronológicas en seis sitios de la Sierra Madre Occidental en el estado de Durango, ya que se puede generar un modelo práctico y confiable, que permita calcular el contenido de C en un ecosistema forestal en forma espacial y temporal, para inferir información de otros sitios.

## Antecedentes

En los dos últimos siglos se ha detectado un incremento en la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera, consecuencia del uso de combustibles fósiles y cambios en el uso de suelo (Liberato *et al.*, 2010). Se han desarrollado propuestas para la disminución del CO<sub>2</sub> que incluyen innovaciones tecnológicas y el uso de energías alternativas. Los proyectos forestales también son considerados para este objetivo, principalmente porque la vegetación captura este gas, lo hace formar parte de su estructura como C y libera oxígeno (Yerena *et al.*, 2012).

La medición del contenido de C para cuestiones prácticas se ha realizado mediante la estimación de la biomasa, considerando una concentración del 50%, que es el valor más ampliamente utilizado en modelos forestales (Lamlom y Savidge, 2006).

Yen y Lee (2011) realizaron una comparación de secuestro de C entre dos especies, utilizando un modelo alométrico y tomando a la altitud como principal variable de interés. El contenido de C para tal estudio no fue influenciado por la altitud, pero se observa una variación significativa entre especies y clases de edad.

Thomas y Martin (2012) hicieron una síntesis global, de estudios relacionados con el contenido de C en los árboles. Encontraron una variación considerable entre las especies (tropicales, subtropicales y templadas), el C contenido en el tallo varió significativamente en relación con el tipo de especie (gimnospermas y angiospermas), el sitio y sus condiciones ambientales.

Jones y O'hara (2012) llevaron a cabo un análisis comparativo, en la tasa de crecimiento volumétrico y de captura de C de dos parcelas distintas (una regular y la otra de edades variables), definidas por el manejo forestal empleado y sometidas a distintos tratamientos. Se observó que la parcela regular muestra una mayor tasa de incremento de volumen y de captura de C que la irregular. Además que el tipo de manejo no afecta en la concentración de C.

Lamlom y Savidge (2006) desarrollaron un estudio de la variación del contenido de C en dos especies de árboles utilizando los anillos de crecimiento. En el cual se comprueba la relación que existe entre las variables ambientales y el contenido de C de los árboles.

## Materiales y métodos

### Descripción del área de estudio

Se seleccionaron seis poblaciones de *Pinus cooperi* localizadas en la Sierra Madre Occidental del estado de Durango, México. Los sitios se seleccionaron deliberadamente en un gradiente altitudinal, caracterizados por condiciones ecológicas y de manejo forestal similares (Pompa-García *et al.*, 2014). Se evitaron árboles dañados o deformados, así como aquellos cuyo crecimiento estuviera influenciado por la competencia por la luz o nutrientes.

## Metodología

A partir de los sitios de muestreo, se tomaron de dos a tres muestras por individuo mediante un taladro de Pressler. Cada muestra fue procesada (secada y pulida), posteriormente se dató cada uno de los años y se realizó la medición de cada anillo de crecimiento (en  $\mu\text{m}$ ). A partir de este dato se realizó el cálculo del diámetro normal ( $D$ , en m) de cada año y asumiendo circularidad en los anillos de crecimiento, se utilizó la ecuación alométrica implementada por Nívar (2009) para *Pinus cooperi* (Ec. 1). El contenido de C se calculó anualmente asumiendo un 50% de concentración de C en la B total, calculada para la parte aérea y las raíces más gruesas.

$$y_i = a(D)^b \quad (1)$$

donde:

$y_i$  = biomasa de componentes de árboles  $i$

$D$  = Diámetro normal

$a$  y  $b$  son parámetros estadísticos

Para el total por encima del suelo

$$a = 0.2018 \text{ y } b = 2.2907$$

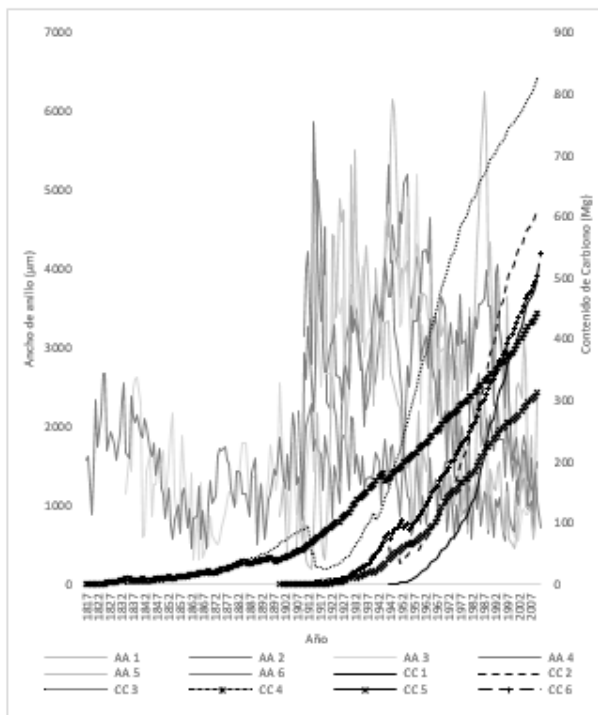
Y para las raíces gruesas

$$a = 0.0051 \text{ y } b = 2.668$$

## Resultados

Los resultados obtenidos permiten observar la variación que existe en el ancho de anillo por año, atribuidas a las condiciones ambientales del sitio. Las curvas de contenido de C se visualizan con un crecimiento uniforme, debido a que se relacionan con la acumulación anual de C. Dado que esta investigación actualmente está en curso, quedan tareas pendientes.

Como identificar en las curvas de contenido de C en que punto se da el incremento máximo, para así establecer un turno de C con fines de manejo forestal; y determinar las variables que se relacionan mayormente al contenido de C, se parte de la premisa que la variabilidad del C es diferente entre sitios, en función de condiciones ambientales y espaciales: localización (coordenadas), precipitación (mm), temperatura (°C), altitud (m), pendiente (%), orientación (°) y suelos (ph).



**Gráfica 1** Contenido de C (Mg) y ancho de anillo ( $\mu\text{m}$ ) para los sitios de muestreo

En la gráfica 1, se destaca el sitio 3 por ser el que registra mayor acumulación de C, si bien es cierto que de este sitio se tienen las cronologías desde 1834, no es hasta 1942 cuando se observa un aumento más significativo. Por otra parte el sitio 5 es el que presenta menor captura de C, donde el mayor incremento se registra en 1937 y 1962.

Del sitio 1 se tienen datos desde el año 1946, en el cual se tiene un incremento en el C en los años 1962, 1975, 1987 y 1997. Del sitio 2 a partir de 1910, en el que se tiene mayor aumento en 1927, 1937, 1952, 1962, 1977, 1987 y 1997. El sitio 4 presenta cronologías del 1817 hasta 2011 sin embargo no se aprecia un incremento tan variable en comparación con los demás sitios. Finalmente para el sitio 6, que es de 1908, los incrementos se dan en 1937, 1952, 1962 y 1987.

### Agradecimiento

Los datos dendrocronológicos fueron posibles mediante el apoyo del laboratorio CENID-RASPA del INIFAP. Se agradece también al proyecto CONACyT 222522.

### Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que existe una variación temporal y espacial del contenido de C. Queda pendiente comprobar si ello depende de las condiciones ambientales y espaciales del sitio. Estos resultados recobran importancia ya que las estimaciones de C son más precisas y no implicaron derribar el árbol, lo que otorga relevancia ante el cambio climático.

### Referencias

Aguirre-Calderón, O. A. y Jiménez-Pérez, J. 2011. Evaluación del contenido de carbono en bosques del sur de Nuevo León. *Rev. Mex. de Cienc. Forestales* 2(6):73-84.

Giraldo-Jiménez, J.A. 2011. Dendrocronología en el trópico: aplicaciones actuales y potenciales. *Colombia Forestal*, 14(1):97-111.  
Herrero, C., Turrión, M. B., Pando, V. y Bravo, F. 2011. Carbon in heartwood, sapwood and bark along stem profile in three Mediterranean *Pinus* species. *Annals of Forest Science* 68:1067-1076.

- Jones, D. A. y O' hara, K. L. 2012. Carbon density in managed coast redwood stands: implications for forest carbon estimation. *Forestry* 85(1):99-110.
- Lamlom, S. H. y Savidge, R. A. 2006. Carbon content variation in boles of mature sugar maple and giant sequoia. *Tree Physiology* 26(4):459-468.
- Liberato, M., Gouveia, C. y Lopes, D. 2010. Avaliação das Potencialidades da Utilização de Dendrocronologia no Estudo dos Impactes Climáticos sobre a Fixação de Carbono no Estrato Arbóreo de Ecossistemas de Pinheiro-bravo no Nordeste de Portugal. *Silva Lusitana*, no. especial:51-63.
- Martin, A. R. y Thomas, S. C. 2013. Size-dependent changes in leaf and wood chemical traits in two Caribbean rainforest trees. *Tree Physiology* 33(12):1338-1353.
- Martin, A. R., Thomas, S. C. y Zhao, Y. 2013. Size-dependent changes in wood chemical traits: a comparison of neotropical saplings and large trees. *AoB PLANTS*.
- Návar, J. 2009. Allometric equations for tree species and carbon stock for forest of northwestern Mexico. *Forest Ecology and Manangement*. 257, 427-434.
- Pompa-García, M., Miranda-Aragón, L. y Aguirre- Salado, C. A. 2014. Tree growth response to ENSO in Durango, México. *International Journal of Biometeorology* 59(1):89-97.
- Thomas, S. C. y Martin, A. R. 2012. Carbon content of tree tissues: a synthesis. *Forest* 3(2):332-352.
- Valdés Ramírez, M. 2011. El cambio climático y el estado simbiótico de los árboles del bosque. *Rev. Mex. de Cienc. Forestales* 2(5):05-13.
- Yen, T.-M. y Lee, J.-S. 2011. Comparing aboveground carbon sequestration between moso bamboo (*Phyllostachys heterocycla*) and China fir (*Cunninghamia lanceolata*) forest based on the allometric model. *Forest Ecology and Management* 261(6):995-1002.
- Yerena Yamallel, J. I., Jiménez P., J., Aguirre C., O. A., Treviño G., E. J. y Alanís R., E. 2012. Concentración de carbono en el fuste de 21 especies de coníferas del noreste de México. *Rev. Mex. Cien. For.* 3(13):49-56.

## Salud reproductiva. Una perspectiva desde los jóvenes universitarios yucatecos

ANDUEZA-PECH, María Guadalupe\*†, HOIL-SANTOS, Jolly Josefina, RODRÍGUEZ-ANGULO, Elsa María y OJEDA-RODRÍGUEZ, Ricardo

*Centro de Investigaciones Regionales "Dr. Hideyo Noguchi". Universidad Autónoma de Yucatán*

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

En los últimos años ha ocurrido un incremento de la actividad sexual juvenil, provocando un aumento de embarazos de riesgo y de Infecciones de Transmisión sexual (ITS). En México, diversos estudios muestran que una proporción importante de adolescentes y jóvenes practican relaciones sexuales exponiéndose a infecciones de transmisión sexual y embarazos no planeados. Otros reportes señalan que se producen más de 2 millones de embarazos en mujeres con infección por el VIH en todo el mundo y que 590.000 niños, cada año, se infectan por el VIH a través de sus madres. Las autoridades de salud de México tienen programas para prevenir conductas sexuales de riesgo y modificar dichas prácticas. El objetivo del trabajo es describir las prácticas de estudiantes de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) acerca del uso de métodos anticonceptivos y su relación con dos spots publicitarios. El estudio, de corte transversal, incluyó a estudiantes de licenciatura ciclo escolar 2012-2013. Se seleccionaron dos spots publicitarios "Lo decimos todos" y "Prueba Perinatal VIH SIDA". El 41.3% son sexualmente activos; del total de varones el 50%, y del total de mujeres, el 33%. Ser varón se asocia al hecho de ser sexualmente activo. Existe la necesidad de tomar en cuenta otras variables que produzcan efecto en las campañas publicitarias.

**Salud reproductiva, jóvenes universitarios, sexualidad, campañas publicitarias**

### Abstract

In recent years an increase in youth sexual activity has occurred, leading to increased risk pregnancies and sexually transmitted infections (STIs). In Mexico, several studies show that a significant proportion of adolescents and young people practice sex exposing themselves to sexually transmitted infections and unplanned pregnancies. Other reports indicate that more than 2 million pregnancies occur in women with HIV worldwide and 590,000 children each year become infected with HIV through their mothers. Health authorities in Mexico have programs to prevent sexual risk behaviors and modify such practices. The objective of this study is to describe the practices of students from the Autonomous University of Yucatan (abattoir) about contraceptive use and its relationship with two commercials. The study, cross-sectional, included undergraduates 2012-2013 school year. Two advertising spots "We say it all" and "Perinatal HIV AIDS test" were selected. 41.3% were sexually active; of all men 50% of all women and 33%. Being male is associated with being sexually active. There is a need to take into account other variables that produce effect on advertising campaigns.

**Reproductive health, university students, sexuality, advertising campaigns**

**Citación:** ANDUEZA-PECH, María Guadalupe, HOIL-SANTOS, Jolly Josefina, RODRÍGUEZ-ANGULO, Elsa María y OJEDA-RODRÍGUEZ, Ricardo. Salud reproductiva. Una perspectiva desde los jóvenes universitarios yucatecos. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:373-381

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: andueza@correo.uady.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define la salud reproductiva como el estado de completo bienestar físico, mental y social, en los aspectos relativos a la sexualidad y la reproducción lo que implica que las personas puedan tener una vida sexual segura y satisfactoria, la capacidad de tener hijos y la libertad de decidir si quieren tenerlos, cuándo y con qué frecuencia (OMS, 2006).

Los jóvenes, no son ajenos a problemáticas relacionadas con el ejercicio de la sexualidad; cada vez constituyen un grupo importante de estudio no solo en el ámbito de la educación sino también en el de la salud y en otros aspectos de la vida. Según reportes de Crittenden et al, (2009), cada vez los jóvenes se hacen más autónomos de su familia, de las instituciones educativas, de la moral y de la influencia de los adultos. Por ende, encuentran en las relaciones sexuales una fuerza biológica que los lleva a la búsqueda de pareja.

Datos obtenidos de algunas encuestas sobre el comportamiento sexual y reproductivo en la población juvenil muestran que estos tienden al inicio de relaciones sexuales a edades más tempranas y en la mayoría de los casos lo hacen desprovistos de información objetiva, oportuna, clara y veraz acerca del manejo de la sexualidad, de las responsabilidades que implican la maternidad y la paternidad y del uso correcto y sistemático de métodos anticonceptivos modernos (Secretaría de Salud, 2002). Estas situaciones exponen a las y los jóvenes a mayores riesgos de que se produzca un embarazo no planeado, un aborto provocado o una infección de transmisión sexual, incluyendo el VIH/SIDA (Cortés et al, 2007; Peraza, 2010)

En el campo de la sexualidad, las Infecciones de Transmisión Sexual (ITS) y los embarazos no planeados ocupan un lugar importante, tanto a nivel mundial como en nuestro país. DeCok KM, Fowler MG, Mernier E, et al (2000) afirman que la situación de embarazo constituye un riesgo potencial de transmisión de la infección VIH para la mujer, y un riesgo además de transmisión vertical por lo que el diagnóstico precoz de la infección VIH en el embarazo constituye un objetivo primordial para una política global de profilaxis de la transmisión vertical y de los programas de salud de la mujer embarazada. Además, los estudios de prevalencia de infección VIH en la embarazada constituyen un buen indicador de la epidemiología de la infección. Por todo ello, estos autores señalan que la serología VIH debe realizarse en toda mujer embarazada y debe incluirse dentro del protocolo a realizar en la primera visita. Este constituye el primer paso para poder ser efectivos en la disminución de la transmisión vertical. Algunas características que debe reunir la serología VIH en la embarazada son:

- Universal. Debe realizarse a todas las mujeres, independientemente de los posibles factores de riesgo.
- Voluntaria.
- Consejo. La petición de serología VIH debe ir acompañada siempre de consejo pretest y postest.

- Confirmación. No debe informarse nunca una primera serología VIH de screening ya que en la población de bajo riesgo, como son el conjunto de las embarazadas, el valor predictivo positivo del ELISA VIH-1 es bajo. Siempre hay que realizar una segunda determinación de ELISA VIH seguida de la técnica confirmatoria de Western Blot. (DeCok KM et al, 2000; Ramos Amador et al, 2000)

En México diversos estudios como el de Gallegos (2008), Caballero et al (2001) y Walker et al (2006) muestran que una proporción importante de adolescentes y jóvenes mexicanos practican relaciones sexuales exponiéndose a infecciones de transmisión sexual y embarazos no planeados. La mayoría (92.3%) de los casos de SIDA reportados se infectó en la adolescencia o juventud y en 78% de ellos fue por contacto sexual. Asimismo, 17.4% de los nacimientos en 2005 fue en madres adolescentes. En Yucatán, la Encuesta Nacional en Salud y Nutrición 2006 reporta que el 22.8% de los adolescentes y jóvenes habían iniciado su vida sexual. Ante estos hechos, las autoridades de salud de México tienen como prioridad la prevención de conductas sexuales de riesgo en poblaciones que se desarrollan en medios vulnerables, sin embargo, para reducir la incidencia y prevalencia de ITS, particularmente del VIH/SIDA, se requieren modelos conductuales-educativos fundamentados en teoría que han probado, por investigación científica, facilitar el cambio de conductas no saludables. Literatura publicada recientemente reporta escasas intervenciones educativas con adolescentes y jóvenes mexicanos; todas ellas han incluido estudiantes de educación media superior, de ambos sexos; los resultados muestran un efecto positivo de esas intervenciones en el conocimiento sobre VIH/SIDA y formas de protección.

Sin embargo, la práctica de uso del condón o anticonceptivos no se ha modificado (Breton, 2006; Rodríguez, 2007).

Desde los mismos inicios de la expansión mundial de esta enfermedad, resultó evidente que la educación y la información son, si bien no las únicas, si las principales estrategias de prevención con las que se dispone. Las estadísticas confirman que la abrumadora mayoría de los casos de transmisión del VIH implican actitudes que están íntimamente relacionadas con el comportamiento y las relaciones humanas: cambios frecuentes de pareja sexual, infidelidad, prostitución, drogadicción, entre otras. Es por ello que el objetivo primario de todo programa de prevención para que sea realmente eficaz, debe ser el de modificar esas actitudes que hacen al individuo susceptible de contraer el virus. Por otro lado la experiencia de los últimos años ha demostrado que la información por sí sola no es eficaz para motivar o sostener a lo largo del tiempo la modificación del comportamiento (Dirección General de Salud Pública, 2005)

Desde el inicio de la epidemia de VIH/SIDA, se han propuestos programas de prevención por parte de organismos nacionales e internacionales. Un factor común en muchos de esos programas es promover el uso del preservativo en las relaciones sexuales para prevenir el contagio por HIV, que se transmite preferentemente por inoculación en sangre (instrumentos o sustancias infectadas por el virus) o por contacto sexual. No es fácil evaluar la eficacia preventiva del preservativo en la transmisión del VIH; sin embargo, los conocimientos disponibles sobre su eficacia en otras circunstancias en las que se ha utilizado ampliamente, son útiles y aportan datos de valor sobre todo en situaciones para evitar embarazos no deseados y para la profilaxis de otras ITS. (OMS, 2006)



Por todo lo anterior, la participación de los jóvenes es definitiva en todo proceso relacionado con ellos. A este respecto, Matilde Madaleno (2003) afirma que la participación de los jóvenes es clave para el proceso social, económico, político y de salud de una región. Sin embargo, con demasiada frecuencia sus necesidades no figuran en la agenda pública ni política y los gobiernos no consideran prioritario invertir en ellos. Matilde Madaleno define el desarrollo como un proceso continuo a través del cual se satisfacen necesidades y se desarrollan competencias, habilidades y redes sociales. Para conseguir un desarrollo pleno, es clave el acceso a la salud y al bienestar, a la educación, a la justicia, al empleo y a la participación social, además del apoyo familiar y de la comunidad para que guíen el desarrollo de los jóvenes.

Madaleno (2003) concluye que apoyar el desarrollo de adolescentes y jóvenes requiere de una intervención a largo plazo y no aislada de corto plazo, sin impacto y sin continuidad. Propone acciones que orienten el trabajo con jóvenes y en el que se contempla la participación juvenil para lo que se requiere de adolescentes y jóvenes que sean protagonistas de su propia historia y actores estratégicos del desarrollo de sus comunidades y sociedades.

Según el Censo de población y vivienda 2010, México constituye un país de jóvenes ya que la mitad de la población tiene 26 años o menos; la población entre los 15 y 29 años en México es de 29 706 560 y de estos el 26.7% estudia. Es de suponerse que de este grupo de edad un gran número recibe mensajes a través de los medios de comunicación como lo son la radio, la televisión, el internet, las redes sociales y otros medios.

García González (2005) afirma que las y los jóvenes utilizan el contenido de los medios para reafirmar o argumentar sus opiniones e ideas.

Como parte de su proceso de socialización y para el desarrollo de su sentido de pertenencia, utilizando los temas y contenidos para las conversaciones en los grupos juveniles. En contraparte, el Gobierno Federal ha planteado una estrategia integral que identifique y privilegie a los grupos con mayor rezago, que asegure la disponibilidad de insumos de calidad para la prestación de los servicios de salud de planificación familiar y anticoncepción, que fortalezca la competencia técnica del personal de salud, que eduque a cada segmento de la población, que cuente con mecanismos de supervisión y evaluación sistemática, y que instrumente un modelo interinstitucional de atención básica en salud sexual y reproductiva para la población joven y adolescente, sin embargo no plantean la forma de medir el efecto de sus estrategias y campañas. Por todo lo anterior mencionado el objetivo del presente trabajo es describir las prácticas de estudiantes de licenciatura de la Universidad Autónoma de Yucatán (UADY) acerca del uso de métodos anticonceptivos y la respuesta a dos spots publicitarios del gobierno federal. Ello servirá para tener un panorama de las prácticas sobre salud reproductiva en jóvenes universitarios yucatecos y mejorar los diseños de las campañas preventivas que a mediano plazo tengan un mejor impacto para la salud en este grupo juvenil.

### **Material y métodos**

El estudio de corte transversal, incluyó a estudiantes de licenciatura del ciclo escolar 2012-2013 de la Universidad Autónoma De Yucatán (UADY). Para la selección de los spots publicitarios, se hizo una revisión de aquellos que hubieran sido transmitidos durante el 2010-2011, también se tomó en cuenta la duración del mismo (30-40 segundos).

Finalmente se seleccionaron dos spots que para fines de este estudio nos referimos al video 3 que lleva por nombre “Lo decimos todos” y al video 4 que se titula “Prueba Perinatal VIH SIDA”. Para el cálculo de la muestra se utilizó un muestreo por proporciones con un intervalo de confianza del 95% y un error del 5%. Así del total del universo (matrícula de la UADY) correspondiente a 13, 855 estudiantes se obtuvo un tamaño de muestra de 374 alumnos; se agregó un 10% por posibles pérdidas, lo que hizo un total de 412 alumnos que se incluyó en el estudio.

Se aplicó un instrumento que fue utilizado en un estudio realizado en España por Breton (2006) para la evaluación del impacto de campañas publicitarias sobre prevención del VIH/SIDA, previa adecuación del mismo para la población y el contexto en estudio. Dicho un instrumento recabó datos sobre aspectos sociodemográficos, de salud reproductiva y un apartado para medir el impacto de los spots que constó de 34 reactivos; los primeros 14 reactivos evaluaron el eje cognitivo, que fue creado tomando en cuenta algunos de los constructos psicológicos enunciados por los modelos de salud, así como las consideraciones acerca de las “Teorías de la cognición”, que anuncian que una mayor persuasión se traduce en una mayor elaboración de pensamientos sobre el tema (Breton, 2006); para el eje afectivo (12 reactivos) se utilizó pares de adjetivos de acuerdo con los principales estudios analizados, donde la persuasión lograda por el anuncio está relacionada favorablemente con las dimensiones de afecto positivo; para el eje de intención de conducta (8 reactivos) ésta fue creada con fundamentación en la “Teoría de la acción razonada” que enfatiza la importancia de la intención de conducta como antecedente de la conducta en sí.

Para cada ítem se utilizó una escala de 0 a 100 donde el cero refleja que la persona está “muy en desacuerdo” con la frase; del 1 al 39 “en desacuerdo”; del 40 al 60 “neutral”; del 61 al 99 “de acuerdo” y el 100 refleja que está “muy de acuerdo”. Posteriormente se obtuvieron los promedios de calificación para cada tipo de impacto.

Previamente se solicitó permiso por escrito a los directores y secretarios académicos de las facultades de la Universidad Autónoma de Yucatán, con la finalidad de informar del objetivo del proyecto y de contar con su aprobación para trabajar con las y los alumnos. Una vez que se tuvo el permiso de las autoridades, se procedió, junto con los secretarios académicos a convocar a maestros que dieran su permiso para trabajar con el alumnado. Para la selección de las y los alumnos, se hizo la invitación libre, tomando en cuenta la disponibilidad de cada alumno(a), previo consentimiento informado. En un espacio y horario asignado por la autoridad de la escuela, se procedió a transmitir los spots y a la aplicación del cuestionario. Se incluyó a alumnos(as) regulares de la UADY al momento de la aplicación de la encuesta y que estuvieron dispuestos a colaborar en el estudio.

## Resultados

Finalmente se trabajó con un total de 654 alumnos (as) de las diferentes facultades de la UADY. Ello debido a que al momento hacer la invitación y de transmitir los spots, la mayoría de las y los alumnos se quedaban en las salas asignadas para esta actividad.

En cuanto a los datos sociodemográficos tenemos que el 47.7% correspondió al sexo masculino y 52.2% al femenino. El 97.6% son solteros, el 70.6% se declaró católico y el 15.3% ateos, el 27% manifestó el consumo de bebidas alcohólicas y el 16% el consumo de cigarrillos.

El 41.3% refirieron ser sexualmente activos, 24% del sexo masculino y 17.2% del femenino. Del total de varones, el 50%, y del total de mujeres, el 33%, son sexualmente activos ( $X^2 < 0.05$ ). Esta diferencia estadísticamente significativa en la distribución de la actividad sexual por sexo coincide con el conocimiento popular de la permisividad hacia la actividad sexual en el caso de los varones, dato reportado por Gutiérrez, 2012, aun cuando esta práctica ya aparece en las mujeres.

El 36.08% refirieron la utilización de algún método anticonceptivo; de los cuales, el más utilizado es el condón en un 88.13%, lo cual llama la atención. Por sexo hubo asociación significativa ( $X^2 < 0.05$ ), lo que permite expresar que la elección en el varón es preferentemente el condón y en el caso de las mujeres ninguno o en su caso, las pastillas anticonceptivas.

Respecto a la respuesta a los dos spots publicitarios, en la tabla 1, se muestran los promedios generales para cada eje en los videos 3 (“Lo decimos todos”) y 4 (“Prueba Perinatal VIH SIDA”); como se puede observar las medias de calificación para el eje cognitivo se ubican según la clasificación como neutral, para el afectivo en desacuerdo y en el de intención de conducta, de acuerdo. Aun cuando estas medias de calificación coinciden para ambos videos, no fueron significativamente diferentes ( $p > 0.05$ ).

Eje	Video 3 Media	Video 4 Media	Diferencias de Media	p
Cognitivo	50.91	50.24	.786	.921
Afectivo	36.12	34.83	1.5	.768
Intención de conducta	80.24	80.87	-.625	.613

**Tabla 1** Descripción de los promedios generales generados por los videos 3 y 4 en los estudiantes universitarios de la Universidad Autónoma De Yucatán

También se puede observar que el impacto que ambos videos produce en los tres ejes, el cognitivo, el afectivo y el de intención de conducta son similares. Lo cual implica que no importa a cuál de los dos spots estuvieron expuestos los alumnos, el impacto generado en ellos es similar. Estos mismos datos se repiten cuando la información se analiza por campus o área del conocimiento.

## Discusión

Si bien la seguridad económica y financiera son el sustento de una política de juventud, como afirma Madaleno (2003) y los puntos que más se han trabajado han sido educación, empleo y deporte, también es cierto que se requiere trabajar más en el área de la salud, sobre todo en materia de prevención y educación para el autocuidado de su salud, piedra angular para prevenir las ITS, el SIDA y el embarazo de riesgo, y de esta manera conformar una política integral hacia el empoderamiento de la juventud estimulando su participación en los programas dirigidos a ellos. El uso de las campañas publicitarias (spots) a través de medios de comunicación podrían lograr tal fin y formar parte de las estrategias implementadas por el Gobierno Federal y las instituciones de salud, pero con elementos que tomen en cuenta las expectativas de los jóvenes.

Los resultados de nuestro trabajo muestran que en Yucatán aún falta mucho por hacer. Respecto a la actividad sexual juvenil, del total de 654 estudiantes encuestados, el 41.3% refirió ser sexualmente activos; del total de hombres (312) el 50.3% y del total de mujeres (342) el 33%; cifras mayores a las reportadas por la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (Gutiérrez et al, 2012) que fue poco más del 40% en los hombres y del 30% en las mujeres. Sin embargo en lo que sí coinciden ambos estudios es que los hombres son sexualmente más activos.

En otro estudio realizado en Yucatán por Rodríguez (2007) se reportó un 46.6% de actividad sexual, cifra aún mayor que la encontrada en nuestro estudio en un grupo de estudiantes de la Universidad Autónoma de Yucatán.

En cuanto al uso del condón como método anticonceptivo se encontró que el 87.04% de los universitarios que se dicen sexualmente activos lo utilizan, cifra mayor a la reportada por la Encuesta Nacional de la Juventud que indica un 65.6% de uso de condón y también superior a la reportada por ENSANUT 2006 que indicó un 63% (Gutiérrez et al, 2012); mientras que nuestros datos se asemejan a los de Rodríguez (2007), quien reportó que el 85.7% de los estudiantes de la UADY utilizan el condón.

Las respuestas obtenidas acerca de los spots, muestra contradicciones, ya que por un lado, los estudiantes señalan que los spots no les generan nuevos conocimientos y no les producen atracción, sin embargo, si crea en ellos de primera intención, la disponibilidad para cambiar sus conductas basados en la información recibida mediante la transmisión del spot. Probablemente esto se deba a que las y los participantes han estado en contacto de manera previa con este tipo de información. Por campus, las respuestas también fueron similares, lo que se puede interpretar que no importa el área o campus al que pertenecen las y los alumnos, los spots provocan en ellas y ellos efectos similares y esto pudiera estar determinado más bien por su pertenencia a un grupo específico de la sociedad, que es la de ser jóvenes.

## Conclusiones

Es importante que en los programas que implementa el gobierno federal, como son las campañas publicitarias sobre prevención de ITS y de embarazos de riesgo.

Enmarcadas en el ámbito de la prevención primaria, se tomen en cuenta otros aspectos de los spots, que desde la perspectiva de las y los jóvenes causen el efecto deseado, que es el de la prevención. En nuestro estudio los datos sugieren la necesidad de tener en cuenta otras variables que pueden estar cumpliendo el papel de mediadoras en el carácter de la persuasión lograda por las campañas.

Es fundamental aprovechar el momento histórico que vive el país, donde un gran porcentaje de su población es gente joven con potencial de desarrollo social y económico, por ello, es indispensable que se aumente la edad al primer embarazo, que aumente el intervalo entre los embarazos, que se incremente la oferta de métodos anticonceptivos a la población adolescente y joven y que se promuevan de manera decidida los derechos sexuales y reproductivos de toda la población y de este grupo juvenil en particular. Se han empleado numerosas políticas por el sector salud para incidir en el problema, sin embargo, es claro que toda esta problemática refleja una serie de situaciones socioculturales que varían de forma importante entre los diferentes grupos pero al mismo tiempo muestran semejanzas fundamentales, por ello tener información de cómo viven, sienten y qué expectativas tienen es de gran trascendencia para establecer programas más eficaces de prevención, control y mejoramiento de la calidad de vida de estas personas.

## Agradecimiento

Agradecemos al Programa de Mejoramiento al Profesorado por el financiamiento otorgado en la convocatoria de Redes PROMEP 2012-2013

## Referencias

- Bretón López J. y Buela Casal G. 2006. Cuestionario para la evaluación del impacto de campañas publicitarias sobre prevención del VIH/SIDA. *Psicothema*. Vol. 18, n° 3, pp. 557-564.
- Caballero-Hoyos R, Villaseñor-Sierra A. 2001. El estrato socioeconómico como factor predictor del uso constante de condón en adolescentes. *Rev Saude Pub*; 35:531-538.
- Censo de población y vivienda. 2010. Disponible en [www.inegi.org.mx](http://www.inegi.org.mx)
- Cortes Alfaro, Alba et al. 2007. Características socio demográficas y del comportamiento sexual y reproductivo en adolescentes y jóvenes. *Rev Cubana Med Gen Integr* [online]. Vol. 23, n.1
- Crittenden CP, Boris NW, Rice CJ, Taylor CA, Olds D. 2009. The role of mental health factors, behavioral factors, and past experiences in the prediction of rapid repeat pregnancy in adolescents. *J Adolesc Health*; 44(1): 25–32.
- DeCok KM, Fowler MG, Mernier E, et al. 2000. Prevention of mother-to-child HIV transmisión in resource-poor countries: traslating research into policy and prcatice. *JAMA*; 283:1175.
- Dirección General de Salud Pública. (2005). Secretaría del Plan Nacional sobre el Sida. Instituto de Salud Carlos III. Infecciones de Transmisión Sexual. Resultados 2003. Evolución 1995-2003. Ministerio de Sanidad y Consumo. Centro Nacional de Epidemiología. España.
- Encuesta Nacional de Salud y Nutrición. 2006, Secretaría de Salud. Resultados por entidad federativa: Yucatán. Cuernavaca, Morelos: Instituto Nacional de Salud Pública; 2007.
- Gallegos E. Intervención para reducir riesgo en conductas sexuales de adolescentes: un ensayo aleatorizado y controlado. 2008. *Salud pública Méx* [online]; 50 (1): 59-66.
- García González A. 2005. La juventud en los medios. *Revista de estudios de Juventud*; núm. 68
- Gutiérrez JP, Rivera-Dommarco J, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, Franco A, Cuevas-Nasu L, Romero-Martínez M, Hernández-Ávila M. 2012. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012. Resultados Nacionales. Cuernavaca, México: Instituto Nacional de Salud Pública
- Madaleno M. 2003. Salud y desarrollo de adolescentes y jóvenes en América Latina y el Caribe: Desafíos para la próxima década. *Salud Pública de México*. Volumen 45, suplemento 1.
- OMS/Fondo de Población de Naciones Unidas. 2006. Las prioridades de salud sexual y reproductiva reciben un espaldarazo al más alto nivel. Comunicado de prensa conjunto OMS/FNUAP. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2006/pr34/es/index.html>
- Peraza RA. 2010. Factores condicionantes y complicaciones perinatales del embarazo adolescente en mujeres del puerto de San Felipe, Yucatán de 2005 a 2010. Tesis. Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán. México
- Ramos Amador JT, Contreras JR, Bastero R, et al. 2000. Estimación de la prevalencia de la infección por el VIH-1 en la embarazada y efectividad de la zidovudina administrada durante la gestación en le prevención de la transmisión vertical. *Med Clin (Barc)*; 114:297-298.

Rodríguez Barceló L. 2007. Prácticas sexuales y conocimientos sobre infecciones de transmisión sexual entre estudiantes universitarios del área biológica y no biológica pertenecientes al campus Tizimin de la universidad autónoma de Yucatán”. Tesis. Universidad Autónoma de Yucatán

Secretaría de Salud. 2002. Prevención del embarazo no planeado en adolescentes. México, DF: Secretaría de Salud; 2002.

Walker D, Gutiérrez JP, Torres P, Bertozzi SM. 2006. HIV prevention in Mexican schools: Prospective randomized evaluation of intervention. *BMJ*; 332:1189-1194.

## Mejoramiento Genético de *Solanum lycopersicum* para Resistencia a *Phytophthora infestans* en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara

ARELLANO-RODRÍGUEZ, Luis Javier\*†, RODRÍGUEZ-GUZMAN, Eduardo, PADILLA-GARCÍA, José Miguel y ARELLANO-ZARAGOZA, Diana Yareli

*Universidad de Guadalajara. Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Km 15.5 Carretera Guadalajara-Nogales, Las Agujas, Zapopan Jal.*

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

*Phytophthora infestans* es una de las enfermedades más devastadoras en el cultivo de tomates. Esto es común en áreas cálidas y húmedas y puede ser devastador durante la temporada de lluvias, cuando las temperaturas están por debajo de 18 °C y aumenta la humedad relativa (80%). La aparición de nuevas y más agresivas carreras de investigación *P. infestans* se ha centrado en la búsqueda de nuevas fuentes de resistencia. Esta investigación se realizó en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas Y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, con el objetivo de identificar fuentes de resistencia a *P. infestans* en las poblaciones de *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme y forma con estas variedades y poblaciones de híbridos con alta resistencia al patógeno. Durante 2008, se evaluaron 2009 y 2010 19 poblaciones silvestres y durante 2013 y 2014 se evaluaron los híbridos generados a partir de seis líneas derivadas de poblaciones resistentes. Adhesiones V115, 319 y 327 mostraron los mayores valores de resistencia al tizón tardío. En cuanto a las poblaciones potencial de rendimiento y resistencia al tizón tardío puso Sel3-1a híbrido x CH.S., Sel16 x CH.S., en comparación con los testigos híbridos Monello y 2193. En las poblaciones silvestres V115 era tipo herencia poligénica y de alta heredabilidad. Los efectos dominantes eran más importantes que aditivo.

**Phytophthora infestans, poblaciones silvestres, la resistencia**

### Abstract

*Phytophthora infestans* is one of the most devastating diseases in growing tomatoes. This is common in warm, humid areas and can be devastating during the rainy season when temperatures are below 18°C and increases the relative humidity (80%). The appearance of new and more aggressive races of *P. infestans* research has focused on the search for new sources of resistance. This research was conducted in the Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias of the Universidad de Guadalajara, with the objective of identifying sources of resistance to *P. infestans* in populations of *Solanum lycopersicum* var. cerasiforme and form with these varieties and hybrids populations with high resistance to the pathogen. During 2008, 2009 and 2010 19 wild populations were evaluated and during 2013 and 2014 were evaluated hybrids generated from six lines derived from resistant populations. Accessions V115, 319 and 327 showed the greatest resistance values to late blight. Regarding populations yield potential and resistance to late blight stood hybrid Sel3-1a x CH.S., Sel16 x CH.S., compared to Monello hybrid witnesses and 2193. In the wild populations V115 was polygenic inheritance type and high heritability. The dominant effects were more important than additive.

**Phytophthora infestans, wild populations, resistance**

**Citación:** ARELLANO-RODRÍGUEZ, Luis Javier, RODRÍGUEZ-GUZMAN, Eduardo, PADILLA-GARCÍA, José Miguel y ARELLANO-ZARAGOZA, Diana Yareli. Mejoramiento Genético de *Solanum lycopersicum* para Resistencia a *Phytophthora infestans* en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 2015, 2-3:382-386

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: larella@cucba.udg.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El jitomate o tomate rojo (*Solanum lycopersicum* L.) es un cultivo muy importante en el mundo y ocupa el segundo lugar en importancia mundial entre las hortalizas, superado por la papa (*Solanum tuberosum*). En la década 2000-2009, México ocupó el décimo lugar en el mundo en cuanto a producción, con 2, 774,214 t, representando el 2.2 % de la producción total mundial (FAOSTAT, 2011). Sin embargo, las principales limitantes en la producción de jitomate lo constituyen las plagas y enfermedades. Tizón tardío causado por *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, es una de las enfermedades más importantes; se presenta comúnmente en áreas templadas y húmedas, y puede ser devastador durante la estación de lluvias cuando se incrementa la humedad (Barbosa et. al., 2008). Se reproduce tanto asexual como sexualmente, y para su reproducción vía sexual, es un organismo heterotálico que requiere de dos tipos de apareamiento denominados A1 y A2 (Grünwald et al., 2000). La aparición fuera de México de ambos tipos de apareamiento se explica a través de la hipótesis de migración en los últimos 150 años, lo que ha contribuido a la rápida dispersión y presencia de razas más virulentas de *P. infestans* en el mundo (Goodwin y Drenth, 1997; Páez et al., 2005). Orientándose las investigaciones hacia la búsqueda de nuevas fuentes de resistencia a este patógeno en el cultivo de jitomate; resistencia común de encontrar en especies silvestres de jitomate (Barbosa et. al., 2008).

Las especies silvestres de jitomate se distribuyen enteramente por América, vegetando en los Andes sudamericanos desde el centro de Ecuador a través de Perú y hasta el norte de Chile y en las Islas Galápagos. Particularmente *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*, el ancestro silvestre inmediato del tomate cultivado.

Se halla distribuido más ampliamente que las restantes especies de tomates silvestres, ya que habita México, Colombia, Bolivia y otros países sudamericanos (Peralta et al., 2007). Las mayores poblaciones de tomate silvestre se han recopilado en altitudes entre 0 y 1,200 m (Álvarez et al., 2009). De esta manera, el objetivo de la presente investigación es la de identificar nuevas fuentes de resistencia a *P. infestans* en poblaciones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* colectadas en México y formar con estas poblaciones, variedades e híbridos con alta resistencia al patógeno.

## Materiales y métodos

La investigación se lleva a cabo en el campo experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, ubicado en Las Agujas, municipio de Zapopan, Jalisco, México a 20° 44' 42" LN y 103° 30' 52" LO, con una altitud de 1650 m, con un clima templado semiseco, temperatura media anual de 23.5°C y una precipitación media anual de 906 milímetros con régimen de lluvia en los meses de junio a octubre. Poblaciones de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* colectados en México (Nayarit, Colima, Michoacán, Jalisco y Veracruz) entre los años 2002-2006 se sometieron a una caracterización morfológica y durante 2006 a 2007 se hicieron observaciones tanto en campo como invernadero sobre su comportamiento hacia plagas y enfermedades. De estas se seleccionaron 19 poblaciones que conjuntamente con el testigo susceptible Río Grande se sometieron a evaluación durante el ciclo primavera-verano de los años 2008, 2009 y 2010 (Tabla 1).



En los experimentos realizados en 2009 y 2010 se incluyó la accesión LA2533 de la especie silvestre *Solanum pimpinellifolium*, proporcionada por Tomato Genetic Resource Center en la Universidad de California, Davis, con resistencia a *Phytophthora infestans* razas 0 y 1 (Chetelat y Rick 1998; Patente No. 5, 866,764 de E.U.A.).

Para evaluar la resistencia a tizón tardío, en todas las plantas de cada población silvestre, híbridos y progenitores, cada siete días se tomaron lecturas visuales del porcentaje de severidad de tizón tardío de acuerdo a la escala del Centro Internacional de la Papa (Henfling, 1987): 1=0%, 2=0-5%, 3=5-15%, 4=15-35%, 5=45-65%, 6=65-85%, 7=85-95%, 8=95-100%, y 9=100%.

Durante estos tres años la población V115 fue la que presentó la más alta resistencia a tizón tardío, por lo que se procedió a determinar en esta población el número de genes responsables de la resistencia y su tipo de herencia.

Para calcular el número de genes se utilizaron tres metodologías:

Utilizando los promedios observados para los padres (PR y PS) y con base en la varianza de la generación F1 y varianza de la generación F2 (Castle, 1921):

$$n = \frac{(\mu_{PS} - \mu_{PR})^2}{8(\sigma^2_{F2} - \sigma^2_{F1})}$$

Y 3. Cálculo número genes utilizada por Lande (1981):

$$2: n = (\mu_{PS} - \mu_{PR})^2 / 8[\sigma^2_{F1} - 0.25(\sigma^2_{PR} + \sigma^2_{PS} + 2\sigma^2_{F1})]$$

$$3: n = (\mu_{PS} - \mu_{PR})^2 / 8[\sigma^2_{RCP_R} + \sigma^2_{RCP_S} - (\sigma^2_{F1} + 0.5\sigma^2_{PR} + 0.5\sigma^2_{PS})]$$

El cálculo del tipo de herencia responsable de la resistencia se realizó de acuerdo al modelo de Mather y Jinks, (1971), el cual utiliza seis ecuaciones:

$$1) PR = m + (a) + (aa), 2) PS = m + (-a) + (aa), 3) F_1 = m + (d) + (dd), 4) F_2 = m + \frac{1}{2}(d) + \frac{1}{4}(dd), 5) RC1PR = m + \frac{1}{2}(a) + \frac{1}{2}(d) + \frac{1}{4}(aa) - \frac{1}{4}(ad) + \frac{1}{4}(dd), 6) RC1PS = m - \frac{1}{2}(a) + \frac{1}{2}(d) + \frac{1}{4}(aa) - \frac{1}{4}(ad) + \frac{1}{4}(dd)$$

Durante 2010, 2011 y 2012 se iniciaron cruzamientos y retrocruzas entre poblaciones silvestres seleccionadas por su alta resistencia a tizón tardío y una variedad mejorada denominada SM1 de fruto tipo saladet; generándose líneas parentales con alto nivel de resistencia a tizón tardío, calidad de fruto, fruto con diámetro mayor a 10 cm. Formándose con estas líneas seis híbridos experimentales, utilizando como macho la variedad denominada CH.S., caracterizada esta última por poseer alta prolificidad de frutos por racimo. Y en 2013 y 2014, los seis híbridos y sus progenitores fueron sometidos a evaluación de la resistencia a tizón tardío, tanto en campo como en área de invernaderos.

## Resultados y discusión

En los ciclos 2008, 2009 y 2010, la alta humedad relativa (> 80%) y baja temperatura durante la noche y primeras horas del día (12 a 16 °C) en los meses de septiembre y octubre favorecieron el ataque del patógeno. Se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.01$ ) entre poblaciones silvestres sometidas a infecciones naturales de *Phytophthora infestans* en los tres años de evaluación para la variable porcentaje de severidad. Destacándose en estos ciclos por su resistencia a tizón tardío las poblaciones V115, 319 y 327 (Figura 1).

Durante 2013 y 2014 sobresalieron los híbridos Sel 3-1a x CH.S y Sel 16 x CH.S. y Sel20a x CH.S por su alto potencial de resistencia a *P. infestans*. Los híbridos testigos Monello y 2193 presentaron porcentajes de severidad arriba del 40%. Los progenitores Sel 3-1a y Sel 16 presentaron valores abajo del cinco por ciento de severidad al patógeno.

Existen más de 20 genes responsables de la resistencia en la población V115 (Tabla 2), lo que indica que la herencia de la resistencia en esta población es de tipo poligénica. Barbosa et al. (2008) trabajando con poblaciones silvestres de *Solanum habrochaites* (formalmente *Lycopersicon hirsutum* Dunal) encontraron resistencia debida a 28 genes. Resistencia cuantitativa en *Solanum habrochaites* (Li et al., 2011). Y en relación al tipo de herencia de la resistencia para la población V115, el modelo de seis parámetros de Mather y Jinks resalta valores altos de dominancia y efectos digénicos epistáticos dominancia por dominancia (Tabla 3); en donde la dominancia tiene signo negativo, el cual implica que cuando se presenta tizón tardío en campo tiende a reducir su incidencia en esta población.

### Conclusiones

En el presente estudio se demostró que *S. lycopersicum* var. *cerasiforme* es una especie que posee una amplia gama de poblaciones con bajo, medio y alto potencial de resistencia a *P. infestans*. Dichas poblaciones representan nuevas fuentes de resistencia para ser usadas en programas de mejoramiento genético de la especie. Lo que se confirma con la resistencia mostrada con los híbridos Sel3-1a x CH.S., Sel16 x CH.S., y Sel20a x CH.S.

### Referencias

- Álvarez, H. J. C., Cortez, M. H., y García, R. I. (2009). Exploración y caracterización de poblaciones de jitomate (*Solanaceae*) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica*, 28:139-159.
- Barbosa, A. F., Henriques da S, D. J., Damiano, C. C. y Gomide, M. E. S. (2008). Inheritance of resistance to *Phytophthora infestans* (Peronosporales, Pythiaceae) in a new source of resistance in tomato (*Solanum* sp.(formerly *Lycopersicon* sp. ), Solanales, Solanaceae). *Genetics and Molecular Biology*, 31(2): 493-497.
- Castle, W.E. (1921). An improved method of estimating the number of genetic factors concerned in cases of blending inheritance. *Science*, 54:223.
- Chetelat, R. T. y Rick, C. M. (1998). Wild species stock list. Rep Tomato Genetics Coop, 48:71-92.
- FAOSTAT. (2011). Estadísticas de producción de cultivos. [En línea] <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>.
- Goodwin, B. S. y Drenth, A. (1997). Origin of the A2 mating type of *Phytophthora infestans* outside México. *Phytopathology*, 87 (10):992-999.
- Grünwald, N. J., Rubio, C. O. A. y Fry, W. E. (2000). Potato late-blight management in the Toluca Valley: Forecasts and resistant cultivars. *Plant Disease*. 84:410-416.
- Henfling, J. W. (1987). Late Blight of potato: *Phytophthora infestans*. Technical Information Bulletin 4. International Potato Center, Lima, Peru. 25 p.
- Lande, R. 1981. The minimum number of genes contributing to quantitative variation between and within populatios. *Genetics*, 99:541-543.

Li, J., Liu, L., Bai, Y., Finkers, R., Wang, F., Du, Y., Yang, Y., Xie, B., Visser, G. F. R. y Van Heuden, W. A. (2011). Identification and mapping of quantitative resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in *Solanum habrochaites* LA1777. *Euphytica*, 179: 427-438.

Mather, K. y Jinks, J.L. (1971). *Biometrical Genetics* (2nd. Ed.) Cornell Univ. Press. Ithaca, N.Y., EEUU. 382 p.

Páez, O., Valverde, R., Gómez, L. y Brenes. A. (2005). Diversidad genética de aislamientos de *Phytophthora infestans* en plantaciones de papa en Costa Rica con el uso de RAPDS. *Agronomía Costarricense*, 29: 41-55.

Peralta, I. E. y Spooner, D. M. (2007). History, origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*). pp 1-27. In: *Genetic Improvement of Solanaceous Crops*, Vol. 2: Tomato. M.K. Razdan and A.K. Mattoo (eds.), Science Publishers, Enfield, USA.

## **Análisis fitoquímico y actividad antimicrobiana de plantas que crecen en la Huasteca Potosina**

CARRILLO, María\*†, REYES, Abigail y CARRANZA, Candy

*Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Romualdo del Campo No. 501. Fracc. Rafael Curiel. Ciudad Valles, S. L. P. C. P. 79060.*

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

---

### **Resumen**

El conocer el potencial que tienen los extractos de plantas como antimicrobianos, constituirá un punto de partida para considerar a futuro el uso de extractos para el control de microorganismos.

**Tamiz fitoquímico, actividad antimicrobiana.**

### **Abstract**

Knowing the potential of plant extracts as antimicrobial constitute a starting point for considering future use of extracts for controlling microorganisms.

**Phytochemical screening, antimicrobial activity.**

---

**Citación:** CARRILLO, María, REYES, Abigail y CARRANZA, Candy. Análisis fitoquímico y actividad antimicrobiana de plantas que crecen en la Huasteca Potosina. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 2015, 2-3:387-391

---

---

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: maluisa@uaslp.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El tipo de compuestos con actividad biológica que se obtienen a partir de plantas puede verse afectado por varios factores, entre ellos, la técnica usada para obtener el extracto.

Para identificar a los compuestos presentes en los extractos, algunos autores han aplicado las técnicas tradicionales, realizando lo que se conoce como tamizaje fitoquímico Miranda (2001). Se ha demostrado la presencia terpenos, polifenoles, cumarinas, moléculas glicosiladas y sacarosa en el musgo *Polytrichum juniperinum*.

La relación entre los compuestos químicos presentes en las plantas y su uso etnobotánico no ha sido suficientemente estudiada en plantas que crecen en la Huasteca Potosina. El conocimiento acerca del efecto que tiene cada una de las plantas para curar padecimientos, se ha transmitido de una generación a otra. Sin embargo, no todas las propiedades curativas que se le atribuyen a cada planta, están sustentadas en estudios científicos, por lo que resulta de interés generar información acerca de la correlación entre los compuestos químicos presentes en las plantas y sus propiedades biológicas; una de las cuales es su actividad antimicrobiana. Aunque la actividad antimicrobiana de los compuestos presentes en las plantas no es la única propiedad biológica que puede estudiarse, resulta de interés evaluarla, ya que muchas de las plantas que se estudiaron en este trabajo están asociadas a enfermedades en las que están involucrados los microorganismos.

Los objetivos de este trabajo fueron identificar los compuestos químicos presentes en extractos de plantas que crecen en la Huasteca Potosina y establecer su Concentración Mínima Inhibidora (CMI) para *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi* y *Salmonella typhimurium*.

## Materiales y métodos

### Obtención de extractos

Las hojas las plantas: hoja santa (*Piper auritum*), neem (*Azadirachta indica*), caña de puerco (*Costus pulverulentus*), albahaca (*Ocimum basilicum*), guayaba (*Psidium guajava*), mohuite (*Justicia spicigera*), hierba del burro (*Dalea scandens*) maduraplátano (*Hamelia patens*) y seca palo (*Struthanthus crassipes*) se recolectaron en patios de casas particulares de la Huasteca Potosina. Éstas se escaldaron con la finalidad de inactivar la enzima polifenoloxidasas. Para confirmar tal inactivación se realizó la prueba de guayacol (Meyer et al., 1984). Las hojas escaldadas de *H. patens* se secaron en una estufa convencional (Linderberg/Blue, USA), a 55°C, durante 48 horas.

Método clásico de maceración. 20 g de hojas secas de *H. patens* se colocaron en un matraz y se agregaron 200 mL de etanol al 70%. Y se dejaron en agitación en shaker por 24 hrs. El extracto obtenido se concentró a presión reducida en un evaporador rotatorio marca Bügi hasta eliminar el solvente. Los extractos así obtenidos se resuspendieron en el solvente y se esterilizaron por filtración en membrana Whatman de 2 µL y se almacenaron a 4°C hasta su uso.

### Tamiz fitoquímico

Los extractos hidroalcohólicos se analizaron de acuerdo a las técnicas descritas por Raaman (2006): alcaloides, esteroides, insaturaciones, sesquiterpenolactonas, flavonoides, cumarinas y oxidrilos fenólicos.

## Revitalización de cepas

El Laboratorio de Investigación en Alimentos de la UASLP-UAMZH facilitó las cepas de bacterias usadas en este estudio. Cepas de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Salmonella typhimurium* se colocaron en 5 mL de caldo nutritivo y se incubaron a 35°C durante 24 horas.

## Preparación del inóculo

Las cepas revitalizadas, se inocularon en placas de agar soya tripticasa (DB Difco) y se incubaron a 35 °C por 24 horas. Una vez que se observó crecimiento, se tomaron colonias y se pasaron a tubos con 5 mL de solución salina al 0.85%, se midió la absorbancia hasta alcanzar un valor intermedio al rango de 0.08 a 0.13, similar al tubo 0.5 de la escala de Mac Farland correspondiente a 1.5 x 10<sup>8</sup> UFC/mL (Cockerill et al., 2012).

## CMI

La CMI se determinó mediante la técnica de dilución en tubo, reportada por Rojas (1993). La CMI se consideró como la mínima concentración de extracto, necesaria para inhibir el crecimiento bacteriano.

## Resultados

Las Tablas 1 y 2 muestran los Resultados del análisis fitoquímico de extracto hidroalcohólicos de plantas y las CMI de de extractos de plantas sobre diferentes microorganismos respectivamente.

Prueba	Planta							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Alcaloides	-	-	-	-	-	-	-	+
Esteroles	+	+	-	-	-	+	+	+
Insaturaciones	+	-	+	+	+	+	+	+
Sesquiterpenlactonas	+	-	-	+	+	-	+	+
Flavonoides	+	+	-	+	+	-	+	+
Saponinas	+	+	-	+	+	+	+	-
Cumarinas	+	+	-	+	+	-	-	-
Oxhidrilos Fenólicos	+	+	-	+	+	+	+	+

**Tabla 1** Resultados del análisis fitoquímico de extracto hidroalcohólicos de plantas. (+) = Prueba positiva (-) = Prueba negativa.

Plantas	Microorganismos			
	<i>S.aureus</i>	<i>S. typhi</i>	<i>S. typhimurium</i>	<i>E. coli</i>
Nombre científico	CMI(mg/mL)			
<i>P. guajava</i>	7.5	60	30	S/I
<i>H. patens</i>	S/I	S/I	S/I	S/I
<i>A. indica</i>	30	S/I	120	S/I
<i>D. scandens</i>	15	120	120	120
<i>S. crassipes</i>	7.5	30	30	30
<i>J. spicigera</i>	S/I	S/I	S/I	S/I
<i>C. pulverulentus</i>	7.5	15	60	120
<i>O. basilicum</i>	120	S/I	S/I	S/I

**Tabla 2** CMI de extractos de plantas sobre diferentes microorganismos.

## Discusión

### Tamiz fitoquímico

El uso de análisis fitoquímico es una alternativa viable para identificar de manera preliminar los compuestos químicos presentes en las plantas. Se ha demostrado que las plantas medicinales contienen aceites esenciales, carbohidratos, taninos, flavonoides fenoles, y triterpenos, esteroides y alcaloides, así como saponinas y compuestos aminados (Gutiérrez, 2008).

En el extracto de *P. guajava* se encontraron esteroles, insaturaciones, sesquiterpenlactonas, flavonoides, saponinas, cumarinas, oxhidrilos fenólicos, y no se encontraron alcaloides.

CARRILLO, María, REYES, Abigail y CARRANZA, Candy. Análisis fitoquímico y actividad antimicrobiana de plantas que crecen en la Huasteca Potosina. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015

En el EE, sólo se demostró la presencia de insaturaciones y de oxhidrilos fenólicos. Para esta misma planta, Pineda (2013) reportó la presencia de taninos, flavonoides, saponinas y glicósidos cuando el extracto se obtuvo por maceración, mientras que cuando se obtuvo por reflujo detectó compuestos fenólicos, taninos, flavonoides, triterpenoides, saponinas, glicósidos y alcaloides. Rodríguez et al. (2012) reportaron que el extracto de *P. guajava* resuspendido en agua contiene terpenoides, saponinas, flavonas, cumarinas.

### CMI

La menor CMI fue para el extracto de hojas de *D. scandens*, seguida del de hojas de *P. guajava*, mientras que con *J. spicigera* no se observó inhibición. De las bacterias estudiadas, *S. aureus* fue la más sensible a todos los extractos y *E. coli* la más resistente. Se demostró que los extractos de *S. crassipes* y de *P. guajava* tienen un comportamiento similar respecto a su actividad antimicrobiana, lo que representa un potencial para el uso de estos extractos en el control de microorganismos, especialmente para *S. aureus*. Estos resultados son similares a las encontradas por Gnan (1999) quienes reportaron una concentración de 6.5 mg/mL y Rogerio (2005) reportó las CMI para el extracto etanol-agua y extracto acuso obteniendo como resultado para *S. aureus* (125 y 500 µg/mL) *B. subtilis* (500 µg/mL) *E. coli* y *P. aeruginosa*.

*S. aureus* fue la bacteria más susceptible a los extractos hidroalcohólicos y la más resistente fue *E. coli*, lo que se atribuyó a diferencias en sus membranas celulares. Las CMI del extracto de *P. guajava* para *S. aureus* son similares a las encontradas por Gnan (1999) quienes reportaron una concentración de 6.5 mg/mL y Rogerio et al. (2005) reportó las CMI para el extracto etanol-agua y extracto acuso obteniendo como resultado para *S. aureus* (125 y 500 µg/mL) *B. subtilis* (500 µg/mL) *E. coli* y *P. aeruginosa*.

Por otro lado, con el mismo extracto. Se ha comprobado un porcentaje de inhibición de acuerdo con el control positivo estreptomycin 10 mg/mL y nistatina 4mg/mL para levaduras, para *E. coli* 46%, *P. aeruginosa* 44%, *S. aureus* 44%, *B. subtilis* 36%, mientras que para *C. albicans* 0% del mismo extracto. Mientras que Ruiz (2013) demostró la CMI de los extractos metanólicos fue <100µg/mL frente a *Candida albicans* y *Microsporum canis*. Respecto al extracto de *A. indica*, la CMI fue de 30 mg/mL para *S. aureus*; Gualteri (2008) usó 0.02 mg/mL del mismo extracto y no obtuvo inhibición para este microorganismo, lo que hace suponer que se requiere de una concentración mayor a la que probó, como se demuestra en este trabajo y en el de Raja (2013) que reportó una CMI de 500 µg/mL del mismo extracto sobre *S. aureus*.

### Conclusiones

Los ensayos fitoquímicos tradicionales constituyen una forma confiable de obtener información preliminar acerca de la composición de extractos de plantas. En este trabajo, los extractos que tuvieron mejor actividad antimicrobiana fueron los de hojas de *D. scandens* (seca palo), y de *P. guajava* (guayaba).

### Referencias

- Cockerill, R., Wikler, A., & Alder, J. (2012). Methods for Dilution Antimicrobial susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard. USA: Clinical and laboratory standards institute.
- Gnan, S.O. (1999). Inhibition of *Staphylococcus aureus* by aqueous goiaba extracts. *J. Ethnopharmacol*, 68, 103 - 108.

Gualtieri A. M.J., G. M. (2008). Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos etanólicos de *Azadirachta indica*. Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel, 39(2), 12-16.

Gutiérrez, R. M. (2008). *Psidium guajava*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *J Ethnopharmacol*, 17; 117 (1), 1-27.

Miranda, M., & Cuéllar, C. A. (2001). *Farmacognosia y Productos Naturales*. Cuba: Editorial Félix Varela.

Pineda, C. C. (2013). Efecto antimicrobiano de *Psidium guajava* L. contra *Salmonella typhimurium* en *Cavia porcellus* L. Facultad de Farmacia y Bioquímica, 40-50.

Raaman, N. (2006). *Phytochemical Techniques*. New India Publishing Agency. Nueva Delhi - India. Pág: 9 – 25

Raja R. R. Y., K. K. (2013). Antimicrobial activity of *Azadirachta Indica* (neem) leaf, bark and seed extracts. *Int. J. Res. Phytochem. Pharmacol*, 3(1), 14.

Rodríguez, A. L. (2012). Hojas de *Psidium guajava* L. Departamento de Farmacia. Universidad de Oriente. Patricio Lumumba S/N. Santiago de Cuba.

Rogério S.N., A. G. (2005). An evaluation of antibacterial of *Psidium guajava* (L.). *Braz Arch Biol Technol*, 429 - 436.

Rojas, N. (1993). Actividad antimicrobiana de propóleos cubanos. Tesis de doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad de la Habana, Cuba .



## Desarrollo de geles a partir de pulpa de capulín (*Prunus virginiana*) y biopolímeros naturales

ARENALES, Irene\*†, SANDOVAL, Ofelia, RAMÍREZ, César y VICTORIANO, Sonia

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

Desarrollo de geles a partir de pulpa de capulín (*Prunus virginiana*) y biopolímeros naturales. Se elaboraron geles extruidos (espaguetis) y gomitas a partir de pulpa de capulín (*Prunus virginiana*) con el objetivo de conservar sus propiedades nutricias y funcionales (antioxidantes) en golosinas para niños; se utilizaron como biopolímeros Agar- Agar para los extruidos y grenetina para las gomitas, ambos casos los productos fueron condimentados con azúcar y chamoy. A la pulpa de capulín se le realizaron pruebas fisicoquímicas de humedad, °Brix, acidez y pH. A los productos terminados se determinó color en los parámetros de L, Hue y Chroma, firmeza y análisis sensorial mediante una escala hedónica evaluando firmeza, sabor afrutado, dulzor, sabor salado, apariencia y aceptación global. Las características fisicoquímicas de la pulpa fueron  $80.10 \pm 0.3$  % de humedad, acidez de  $0.41 \pm 0.04$  en g de ácido málico,  $19.9 \pm 2.1$  °Bx y pH  $4.45 \pm 0.1$ . Se obtuvo un rendimiento de pulpa de capulín de 52.11 %. El parámetro L en gomitas presentó un valor de  $11.88 \pm 0.9$ , mientras que en los extruidos de  $14.21 \pm 0.5$ . En la elaboración de extruidos se usó una concentración de 4 % de Agar- Agar dada la resistencia al manejo del producto en vida de anaquel. El análisis sensorial mostró una alta aceptación global para extruidos y gomitas teniendo una mayor preferencia a los condimentados con chamoy. La elaboración de golosinas a partir de frutas permite dar mayor valor agregado, ofreciendo una alternativa a la agroindustria local.

### *Prunus virginiana*, geles, golosinas

### Abstract

Development of gels from pulp chokecherry (*Prunus virginiana*) and natural biopolymers. Extruded gels (spaghetti) and gummies were made from pulp chokecherry (*Prunus virginiana*) in order to conserve their nourishing and functional (antioxidant) properties in goodies for children; were used as biopolymers to the extruded agar-agar and gelatin for gummies, both products were flavored with sugar and chamoy. A pulp capulín physicochemical tests were performed humidity, ° Brix, acidity and pH. A finished product determined in color parameters L, Hue and Chroma, firmness and sensory analysis by evaluating strength hedonic scale, fruity flavor, sweetness, saltiness, appearance and global acceptance. The physicochemical characteristics of the pulp were  $80.10 \pm 0.3\%$  moisture, acidity of  $0.41 \pm 0.04$  g of malic acid,  $19.9 \pm 2.1$  ° Bx and pH  $4.45 \pm 0.1$ . Se obtained pulp yield of 52.11% capulín. The L parameter value presented a gummy  $11.88 \pm 0.9$ , while the extruded  $14.21 \pm 0.5$ . In preparing extrudates, use a concentration of 4% agar-agar given the resistance to handling of the product shelf life. Sensory analysis showed a high global acceptance for extruded and rubber bands having a greater preference to flavored with chamoy. The preparation of sweets from fruits can give added value, offering an alternative to the local

### *Prunus virginiana*, gels, candies

**Citación:** ARENALES, Irene, SANDOVAL, Ofelia, RAMÍREZ, César y VICTORIANO, Sonia. Desarrollo de geles a partir de pulpa de capulín (*Prunus virginiana*) y biopolímeros naturales. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:392-400

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: irene.arenales@uttehuacan.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

Las enfermedades cardiovasculares se han convertido en la primera causa de muerte mundial por ENT (enfermedad no transmisible) causan el 48 % de las muertes mundiales (18 millones). Algunos de los efectos de estos factores se manifiestan como factores intermedios: aumento de la tensión arterial, del azúcar y los lípidos de la sangre, sobrepeso y obesidad son responsables de aproximadamente un 80 % de los casos de cardiopatía coronaria y enfermedad cerebrovascular (OMS, 2012). Las enfermedades cardiovasculares se pueden prevenir, en cierta medida, al cambiar estilos de vida, malos hábitos y conductas de riesgo, por lo que resulta imperioso favorecer su prevención. En México existe una amplia tradición en el empleo de plantas medicinales para tratar este tipo de enfermedades. Entre estas plantas se encuentra el *Prunus virginiana*, el cual ha sido utilizado como alimento y para el tratamiento de diversas enfermedades, incluyendo la hipertensión. Varias de estas especies vegetales contienen niveles elevados de compuestos fenólicos y flavonoides, los cuales están asociados a una amplia variedad de efectos biológicos dentro de los cuales se encuentra el efecto vasodilatador. Además, los flavonoides inhiben la lipoperoxidación, agregación de plaquetas y permeabilidad capilar (Baudi, 2006).

La importancia de los geles y de los procesos de gelificación para los tecnólogos de alimentos es innegable. En los alimentos la gelificación de componentes cumple muchas funciones, particularmente en relación con la textura, la estabilidad y afectan en especial medida a las condiciones de procesado. Su importancia es especialmente grande ya que la demanda de productos bajos en grasa ha potenciado el desarrollo de alimentos donde esta se sustituye parcialmente por sistemas gelificados en base acuosa con textura adecuada.

Un gel está compuesto por dos fases, una sólida que le imparte la estructura y soporte al gel, y la otra fase es líquida y queda atrapada en la red tridimensional. Así, aunque los geles muestran propiedades propias de un sólido (forma, resisten ciertos esfuerzos o deformaciones, mantienen su estructura, entre otras) tienen una importante proporción de fase líquida. Así un gel está en un estado intermedio entre el estado sólido y el líquido (Bourne, 2002).

Ante la necesidad de aumentar el valor agregado de ciertos alimentos naturales que se producen de manera estacional en el país, se busca darles mayor vida de anaquel mediante nuevas tecnologías, tal es el caso del fruto capulín *Prunus virginiana*, que no ha sido comercializado, y solo existen en regiones localizadas mermeladas, jaleas, vinos los cuales se realizan de manera artesanal y no hay un producto en sí en el mercado.

Este fruto es muy perecedero por tal motivo es conveniente conservarlo mediante diferentes métodos, sin embargo los métodos convencionales demeritan sus propiedades nutricias y funcionales. La incorporación de la pulpa de este fruto en geles de apariencia atractiva permitirá una mayor aceptación en el sector infantil quienes se beneficiaran con el consumo de estos productos.

Aunado a ello los productos “snacks” que incluyen el uso de frutas, responden satisfactoriamente a los requerimientos de las nuevas tendencias en los hábitos de consumo, orientadas principalmente a una comida atractiva de preparación y consumo rápido que aporte nutrientes y que otorgue algún beneficio a la salud humana, además de proporcionar alternativas de comercialización de los excedentes de la producción frutícola.

En base a lo anterior el objetivo del presente trabajo fue formular geles a partir de pulpa de capulín: un espagueti gelificado con Agar-agar y un dulce tipo gomita gelificado con grenetina, lo que permitirá obtener productos con mayor proporción de pulpa de capulín y así ofrecer al consumidor alimentos novedoso, ricos y nutritivos, que permitan conservar las propiedades nutricias y funcionales (antioxidantes) en golosinas para niños.

### Metodología

Para la elaboración de espaguetis y gomitas se utilizó el fruto del capulín obtenido de la región de Texcoco, Estado de México. Ácido clorhídrico (Reasol, PM 36.46, Japón); Cloruro de calcio (J.Tbaker ACS, PM.110.99, Japón); Fenolftaleína; Solución buffer con pH de 4 y 7; Azúcar estándar comercial (Dolce Krista); Agar-agar (Bacto-Agar, Difco); Mangueras (PVC grado médico); Grenetina (Duche290 Bloom); Colorante rojo fresa (vegetal, Deiman); Termobalanza (AOHUS, Corp. Pine Brook, NJ. USA.); Texturómetro (TA XT2i 5Kg. celda de carga de 5 kg, velocidad de prueba: 2 mm/min, fuerza en compresión de 10 %.); Penetrómetro (R. LUSA. (Kg/ Lb). Diámetro de 12 a 15 m.); Hunter lab (Mini Scan TM XE Plus. Users Guide Lloyd's Register Quality Assurance)

### Extracción de la pulpa de capulín

El capulín, se lavó y se secó a temperatura ambiente, se pasó por la despulpadora y después se filtró la pulpa para mejorar la consistencia del producto final. La pulpa se vació en frascos esteriles (100 °C / 30 min) se les dio un tratamiento térmico 60 °C, 15 min y finalmente se almacenó en refrigeración a 4°C.

### Rendimiento

El rendimiento de la pulpa de capulín se obtuvo a partir del peso inicial del fruto de capulín y el peso de la pulpa de capulín, como se indica en la siguiente ecuación.

$$\text{Rendimiento} = \frac{P_p}{P_i} \times 100$$

(1)

Donde: Pp = peso de la pulpa; Pi = peso inicial del fruto.

### Determinación de humedad de la pulpa de capulín.

Se utilizó una termobalanza AOHUS, se pesó 1 g pulpa y fue colocada en charolas de aluminio hasta que el peso se mantuvo constante (James, 1999).

### Determinación de acidez de la pulpa de capulín.

Se utilizó NaOH 0.1 N y una disolución de 100 g de agua y 20 g de pulpa, en una relación 1:4 (p/p). (NMX-F-102-51978). El resultado se expresó como porcentaje de ácido málico (AOAC, 1999).

### Determinación de °Brix de la pulpa de capulín

Se midieron °Brix tanto del fruto como de la pulpa que se extrajo para determinar la concentración de sólidos solubles a través de un refractómetro calibrado a 20 °C (AOAC, 1999).

### Determinación de pH de la pulpa de capulín.

Se utilizaron soluciones buffer 4 y 7 para calibrar el equipo y poder determinar el pH de la pulpa a una temperatura de 20 °C con el objetivo de seleccionar el biopolímero a utilizar (AOAC, 1999).

### **Estandarización de °Bx y color en la pulpa de capulín.**

A partir de la determinación de °Bx iniciales en la pulpa (22 °Bx), se ajustaron a un grado de dulzor aceptable para la elaboración de geles mediante la adición de sacarosa hasta alcanzar los 35 °Bx, mediante pruebas intensidad de dulzor. La estandarización de color de la pulpa se llevó a cabo mediante la adición de un colorante vegetal comestible rojo fresa, hasta alcanzar la intensidad de color deseada y en función del color que los geles de pulpa de capulín alcanzarían en el producto final. Posteriormente la pulpa de capulín estandarizada en °Bx y color se envasó en frascos de vidrio estériles y se almacenó en condiciones de refrigeración (4 °C) hasta su utilización en el proceso de elaboración de los geles.

### **Elaboración del espagueti de capulín**

Se mezcló la pulpa con Agar-agar a una relación de 2:1 a 60 °C, la mezcla se mantuvo en baño maría para evitar que gelificara. Posteriormente esta mezcla fue colocada en las jeringas y fue inyectada en mangueras de PVC grado médico. Las mangueras fueron colocadas con las puntas hacia arriba en un baño de agua de hielo durante 2 horas para su gelificación. Para desmoldar el gel, se llenó la jeringa con aire y se presionó para desmoldar el espagueti de capulín. Por último se almacenó en refrigeración para sus posteriores pruebas (textura instrumental, análisis sensorial).

### **Elaboración de gomitas de capulín**

Se pesaron las materias primas: agua, la pulpa y la grenetina. Se mezcló la pulpa y el biopolímero (grenetina) a una relación 3.4:1 a 60 °C. Se vació en moldes y se dejaron reposar durante 2 horas, se desmoldaron, se añadió chamoy y azúcar.

Se empacaron en bolsas de celofán y se almacenaron a temperatura ambiente, para sus posteriores pruebas (textura instrumental, análisis sensorial).

### **Análisis de textura**

Se realizó una prueba en compresión de los geles utilizados para la elaboración de los productos, con diferentes concentraciones de biopolímero a temperatura ambiente ( $20 \pm 2$  °C), las pruebas se realizaron utilizando un analizador de textura con una celda de carga de 5 kg, a una velocidad de prueba: 2 mm/min, una fuerza en compresión del 50 % utilizando una sonda cilíndrica de aluminio de 50 mm de diámetro (Sandoval, 2004)

### **Análisis de fracturabilidad**

Se realizó una prueba de fracturabilidad a los geles de capulín, con diferentes concentraciones de biopolímero. Las pruebas se realizaron utilizando un Penetrómetro Kg/Lb y se utilizó el disco con un diámetro de ½ m. La firmeza se reporta en unidades de kg. Todas las mediciones se realizaron por triplicado (Orellana et al., 1995).

### **Colorimetría en geles**

Se elaboraron geles a partir de pulpa de capulín con la misma formulación para extruidos y gomitas, y se moldearon en cajas petri de 10 cm de diámetro y 1 cm de grosor. A partir de estos geles se realizaron las mediciones correspondientes de color en el equipo Hunter Lab después de realizar la calibración correspondiente. Cada una de las muestras se realizó por triplicado. Se obtuvieron valores en tres dimensiones: L, a y b. Los valores de tono (hue) y de intensidad o pureza de color (croma) se obtienen con los valores de "a" y "b", y se calculan con base de las siguientes formulas (Raymond, 1992).

$$\text{hue} = \arctan\left(\frac{b}{a}\right)$$

$$\text{croma} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

(2)

### Evaluación sensorial

El estudio se realizó con 50 consumidores entre 18-22 años de edad estudiantes de la Universidad Autónoma Chapingo, consumidores habituales de golosinas. Cabe mencionar que el objetivo inicial era realizarlo con niños de entre 6-12 años de edad, pero dada la dificultad de encontrar una población que pudiera realizar la prueba, se decidió realizarla con esta otra población disponible. Las muestras de geles fueron colocadas en vasos de plástico codificados aleatoriamente. A cada evaluador se le otorgó 2 vasos con las muestras de gomitas con azúcar y con chamoy y se les solicitó evaluar cada uno de los atributos de acuerdo a su percepción. Los espaguetis fueron presentados de la misma manera y evaluados por otros 50 consumidores diferentes.

### Análisis de datos

Los resultados de evaluación sensorial fueron analizados mediante comparación de muestras entre gomitas dulces y con chamoy o bien espaguetis dulces y con chamoy, para cada uno de los atributos utilizando un Análisis de Varianza de clasificación simple con una confiabilidad del 95 % y se aplicó una prueba de Tukey de comparación de medias ( $p=0.05$ ). El análisis de datos se realizó utilizando el software Statgraphics Centurión XV.

### Resultados

#### Rendimiento de pulpa de capulín

Después del despulpado del fruto del capulín, por cada 100 kg de fruto fresco se obtuvo un rendimiento de pulpa de 52.11 % aproximadamente.

Este rendimiento se debe a que el hueso tiene una alta proporción en peso del fruto. A partir de este rendimiento pudimos conocer el contenido de pulpa y estandarizarla.

#### Análisis fisicoquímico de la pulpa de capulín

Las determinaciones de humedad, sólidos totales, acidez, °Brix y pH en la pulpa de capulín arrojaron los resultados mostrados en el Tabla 1.

Parámetro	Valores
Humedad (g de agua)	80.10 ± 0.30
Sólidos totales (g sólidos)	20.83 ± 0.60
Acidez (g de ácido málico)	0.41 ± 0.04
°Bx (g de sólidos solubles)	19.9 ± 2.10
pH	4.45 ± 0.10

**Tabla 1** Valores medios (± DE) del análisis fisicoquímico de la pulpa de capulín

El pH obtenido de la pulpa de capulín fue de 4.45, el cual se encuentra en un rango de productos clasificados como medianamente ácidos (Wills et al., 1997), aunado a ello la pulpa tuvo una acidez de 0.4 %, estos parámetros nos permiten utilizarla como ingrediente en la gelación con biopolímeros utilizados como agentes gelificantes (gretina y el agar-agar) que se encuentren en un intervalo de pH de 2.5 a 5.7 de manera general. Además su importancia también radica en contribuir a la estabilidad y conservación del producto elaborado (Charley, 1987).

#### Análisis fisicoquímico de los geles de capulín

Se obtuvieron productos gelados a partir de pulpa de capulín sin conservadores químicos, conteniendo una baja concentración de sacarosa y una reducida actividad de agua, lo que asegura la estabilidad y auto conservación del producto final (Tabla 2).

Tipo de gel	Humedad (g de agua/100 g)
Gomitas c/azúcar	29.4 ± 5.3b
Gomitas c/chamoy	16.8 ± 4.0b
Espaguetis c/azúcar	5.8 ± 0.3a
Espaguetis c/chamoy	5.6 ± 1.0a

**Tabla 2** Valores medios (± DE) de análisis de humedad de los geles a partir de pulpa de capulín

Las diferencias encontradas en el contenido de humedad entre gomitas y extruidos se deben en parte a las variaciones entre el contenido de agua y sólidos solubles a partir de las formulaciones de las que fueron elaboradas; y por otra parte al ajuste de humedad durante el proceso de condimentado con azúcar y chamoy de los geles, lo cual provoca un efecto de concentración de sólidos solubles en los productos. Los geles de gomitas y extruidos elaborados a partir de pulpa de capulín, tuvieron una relación de pulpa: agua de 3.4:1 y 1.7:1 respectivamente, esto debido a que se buscaba incorporar la mayor cantidad de pulpa de fruta y como consecuencia la mínima cantidad de agua.

A pesar de no haber incluido la determinación de la Aw de los productos elaborados, se sabe que existe una relación entre el Aw y la humedad de los productos alimenticios. Los resultados obtenidos de los geles (gomitas y extruidos) los clasifican como productos de humedad intermedia en este caso la Aw se ve influenciada por el tipo agente gelificante (grentina, agar-agar), puesto que difieren en la forma que ligan el agua, producto de la distinta estructura tridimensional de sus geles. Es importante señalar que estos valores pueden otorgar una seguridad microbiológica que aseguraría la estabilidad y auto conservación de los productos elaborados.

Basado en que evita el desarrollo de reacciones químicas responsables del deterioro y de microorganismos que pueden ser una amenaza a la salud del consumidor. Valores de Aw entre 0.7 a 0.8, son ideales para este tipo de golosinas y permiten alargar la vida de anaquel (Cunniff, 1999).

### Análisis de color de los geles de pulpa de capulín

El parámetro L mide la luminosidad del producto y fluctúa entre 0 (negro) y 100 (blanco) (Raymond, 1992). Las gomitas presentaron valores cercanos a 12, mientras que los extruidos cercanos a 15, de forma global se puede mencionar que estos valores indican que los geles obtenidos, tanto gomitas como extruidos tienen una luminosidad baja con tendencia al negro (Tabla 3).

Parámetros de color	Gomitas (6.25 % grenetina)	Espaguetis (agar al 4 %)
L	11.88 ± 0.9 <sup>b</sup>	14.21 ± 0.5 <sup>a</sup>
a	21.9 ± 0.9 <sup>a</sup>	23.70 ± 1.0 <sup>a</sup>
b	15.28 ± 0.8 <sup>a</sup>	16.16 ± 1.0 <sup>a</sup>
Hue	34.90 ± 2.4 <sup>a</sup>	34.28 ± 0.8 <sup>a</sup>
Croma	258.81 ± 19.8 <sup>a</sup>	286.69 ± 35.1 <sup>a</sup>

**Tabla 3** Valores medios (± DE) del análisis de color de los geles de pulpa de capulín

El parámetro a indica la contribución de color rojo (+) ya que los valores arrojados por el análisis son positivos, mientras que b muestra la contribución del amarillo (+). Para los productos se observan valores similares de parámetros de color entre gomitas y extruidos, atribuido principalmente a la pulpa de capulín estandarizada a la cual fue adicionado con un color rojo fresa. Los valores para el Croma son la distancia del centro al punto de intersección entre a y b.

Mientras que Hue es el ángulo de matriz o tono, mostrando un ángulo pequeño, cercano al rojo, para los geles por lo tanto, al unir todas las coordenadas se obtiene un color rojizo oscuro.

Para los parámetros de color, se observaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre las gomitas y los extruidos en cuanto a Luminosidad, estos resultados son debidos en parte a la formulación utilizada en la elaboración de los geles, debido a que las gomitas llevan una proporción mayor de pulpa en la formulación en comparación con los extruidos, estos a su vez contienen una mayor proporción de agua. Sin embargo los otros parámetros de color como son a, b, Croma y Hue, no tuvieron diferencias significativas entre gomitas y extruidos, en base a estos resultados podemos decir que el agente gelificante no afecta el color del producto en la concentración utilizada.

### Firmeza instrumental

En análisis de firmeza instrumental en las gomitas de geles de pulpa de capulín puede observarse en el Tabla 4, para los valores de firmeza promedio a una concentración de 4 % de grenetina. Cabe mencionar que se llegó a esta concentración como adecuada después de las pruebas preliminares con concentraciones menores para la misma concentración de pulpa de capulín. Estas concentraciones de grenetina para geles son similares a las reportadas por Carriozosa y Rubiano (2004), quienes experimentaron con 3, 5, y 10% de grenetina.

Tipo de geles	Fuerza (Kgf)
Espaguetis 3.5 %	1.34 ± 0.11 <sup>a</sup>
Espaguetis 4 %	1.48 ± 0.12 <sup>a</sup>
Espaguetis 5 %	2.56 ± 0.17 <sup>b</sup>
Gomitas 6.25 %	2.56 ± 0.22 <sup>c</sup>

**Tabla 4** Valores medios ( $\pm$  DE) del análisis de firmeza de geles a partir de pulpa de capulín con grenetina (gomitas) y agar (extruidos) evaluados con el texturómetro.

Para el caso de los espaguetis elaborados por extrusión de la mezcla de agar y pulpa de capulín, se debió partir de diferentes concentraciones de biopolímero hasta encontrar los valores de firmeza instrumental que impartiera una resistencia al manejo adecuado, de esta manera, 3.5 y 4.0 % de agar generaron geles cuyos valores después de un análisis de varianza no difirieron de forma significativa ( $p \leq 0.5$ ).

Después de realizar la prueba de compresión para analizar la firmeza de los geles a 50 % de deformación, pudimos observar la recuperación elástica de los geles de gomitas elaborados con grenetina. El mismo comportamiento se observó en los extruidos espaguetis gelados con agar; según los resultados, se puede apreciar diferencias entre los tratamientos, marcándose claramente dos grupos, los cuales estarían determinados por el agente gelificante (grenetina, agar-agar), debido a que ambos productos recuperan su forma original.

Los resultados obtenidos de la firmeza de los geles a partir de pulpa de capulín partieron de la medición de la fuerza aplicada hasta el momento de ruptura. De acuerdo con los resultados presentados en el (Tabla 5), no se observan diferencias significativas ( $p \leq 0.5$ ) a la resistencia a la ruptura en los geles, indicando con ello que son productos con la misma resistencia a la fractura. La característica de resistencia a la ruptura de los geles está caracterizada por la firmeza y su elasticidad (Carr et al., 1995); en este tipo de golosinas la gomosidad, asociada a la firmeza y elasticidad de los geles, es una característica ampliamente deseable.

Geles	Fuerza (Kgf)
Geles con grenetina	4.1 ± 0.36 <sup>a</sup>
Geles con agar	3.75 ± 0.25 <sup>a</sup>

**Tabla 5** Valores medios ( $\pm$  DE) de análisis de firmeza de geles a partir de pulpa de capulín con grenetina (gomitas) y agar (extruidos) evaluados con el Penetrómetro.

La inclusión de la pulpa de capulín interfiere mecánicamente con las moléculas del agente gelificante en la formación de la matriz del gel. Además todos los componentes (sólidos solubles, acidez y pulpa) modifican el equilibrio de unión, fuerzas de atracción y repulsión, flexibilidad e interacción entre las moléculas y el solvente e influyen en la respuesta mecánica del gel (Arriagada, 1996).

### Análisis sensorial

Se realizó un análisis sensorial a 50 personas para ver la aceptación de gomitas con chamoy y gomitas con azúcar. Y a otras 50 personas para la evaluación de extruidos adicionados con chamoy y azúcar. Los valores obtenidos en la evaluación sensorial de los geles (gomitas y extruidos) se muestran en el (Tabla 6).

Atributos	Geles de grenetina (Gomitas)		Geles de grenetina (Espaguetis)	
	c/azúc	c/cham	c/azúc	c/cham
	ar	oy	ar	oy
Firmeza	3.48 <sup>a</sup>	3.98 <sup>b</sup>	3.16 <sup>a</sup>	3.62 <sup>b</sup>
Afrutado	3.10 <sup>a</sup>	3.94 <sup>a</sup>	3.18 <sup>a</sup>	3.76 <sup>b</sup>
Dulzor	3.26 <sup>a</sup>	4.14 <sup>b</sup>	3.24 <sup>a</sup>	4.22 <sup>b</sup>
Salado	2.86 <sup>a</sup>	3.86 <sup>b</sup>	3.00 <sup>a</sup>	3.64 <sup>b</sup>
Apariencia	3.58 <sup>a</sup>	4.10 <sup>b</sup>	3.18 <sup>a</sup>	3.94 <sup>b</sup>
Aceptación global	3.66 <sup>a</sup>	4.32 <sup>b</sup>	3.72 <sup>a</sup>	4.28 <sup>b</sup>

**Tabla 6** Valores medios ( $\pm$  DE) de atributos sensoriales para los geles a partir de pulpa de capulín

En el Cuadro 6 se observa que tanto en firmeza, como en dulzor, salado, apariencia y aceptación global en ambos geles sin importar el tratamiento hubo diferencias estadísticamente significativas, presentando una mayor aceptabilidad aquellos geles condimentados con chamoy, esto se debe a que el tipo de comida a la que esta acostumbrada la población en general es ácida y picante.

Por otro lado, en el parámetro de sabor afrutado para las gomitas no se encontraron diferencias significativas, es decir, los evaluadores percibieron una intensidad de sabor afrutado semejante en ambos tratamientos y el condimento no provocó ninguna variación en este parámetro.

### Conclusiones

La utilización de agentes gelificantes como grenetina y agar-agar son viables, siempre y cuando las concentraciones utilizadas no sean demasiado elevadas debido a que se hacen muy viscosas y dificultan la elaboración de este tipo de productos (gomitas y extruidos) afectando el sabor y elevando los costos. Bajo las condiciones evaluadas, se obtuvieron productos tipo golosinas a partir de pulpa de capulín y biopolímeros sin conservadores químicos, conteniendo una baja concentración de azúcar, un bajo contenido de humedad-Aw, asegurando su estabilidad y auto conservación.

Los geles obtenidos a partir de pulpa de capulín preservaron las características nutricias, sensoriales y funcionales del fruto de capulín fresco, además de mantener el aporte natural de fibra dietética, lo que abre una excelente alternativa en el desarrollo de alimentos más saludables y funcionales. Ambos geles: gomas y extruidos tuvieron aceptación por parte de los consumidores en cuanto a los atributos sensoriales evaluados (firmeza, sabor afrutado, dulzor, sabor salado, apariencia y aceptación, sin embargo, al comparar los resultados para el tipo de condimentado, podemos concluir que los geles condimentados con chamoy fueron los mayormente aceptados por los consumidores. Debido a que la apariencia de los productos gelados obtenidos es aceptable por características de su forma, tamaño, y color entre otros, podemos decir que se logró obtener un producto de apariencia agradable al consumidor.



La elaboración de golosinas a partir de frutas permite dar mayor valor agregado a los desechos obtenidos en campo, ofreciendo una alternativa a la agroindustria.

### Referencias

- AOAC International. (1999). Official Methods of Analysis of AOAC International. AOAC International, USA.
- Arriagada, S. (1996) formulación y caracterización de geles de tuna /Opuntia ficus indica (MILL) memoria Universidad de Chile Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales 327(23), 1618-1624.
- Badui, D. S. (2006). Química de los alimentos. Ed. Pearson, México 4ª Edición.
- Bourne, M. C. (2002). Food texture and viscosity: Concept and measurement. San Diego: Academic Press, 2 ed. 73-87 p.
- Carr, J.M, Sufferling, K.I, Poppe, J. (1995). Hydrocolloids and their use in the confectionery industry. Food technologist, 49 (7, 41-44).
- Carriozosa de la Torre, J.E. y Rubiano, M.L.A. (2004) Obtención de caramelos a partir de frutas utilizando pectina y gelatina como gelificante. Tesis de grado Universidad de la Sabana.
- Charley, H, (1987), Tecnología de Alimentos - Procesos Físicos y Químicos en la Preparación de Alimentos, Primera Edición, Editorial Limusa, S.A, de C.V. México. Págs. 113 – 121.
- Cunniff, P. (1999) Official methods of analysis of AOAC International (Vol. 1). AOAC international vol. 75, no 4, p. 487-49.
- Orellana, J. D., Grenón, D., Quaino, O. (1995). Un penetrómetro de escala milimétrica: calibración y uso. Fave, Revista de la Facultad de Agronomía y Veterinaria, 9(2), 19-25.
- Raymond, G. (1992). Basic Interviewing Skills. Itasca, IL: F. E. Peacock.
- Sandoval-Castilla, O., Lobato-Calleros, C., Aguirre-Mandujano, E., Vernon-Carter, E. J. (2004) Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers, International Dairy Journal, 14, 151-159.
- Wills R.H., Lee T.H., Mcglasson W.B., May E.G, Graham D. (1997). Calibration and use of penetrometers, refractometers, gas monitoring equipment, and thermometers. 31-36.

## Diversidad de helechos y licofitas en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México.

HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, Victoria \*†, LARIOS-PATLÁN, Hugo Benjamín y COLLI-MULL, Juan Gualberto

*Departamento de Biología, Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, carretera Irapuato-Silao km 12.5, Irapuato, Guanajuato, 36821, México. Tel. (462) 6067900 ext. 175. Fax: 6067900 105.*

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

Estudios recientes han contribuido al conocimiento de la riqueza y abundancia de los helechos y licofitas en el estado de Guanajuato. Por lo tanto se presenta el inventario de las especies en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato. Se realizaron colectas en cuatro localidades de la Sierra, mediante transectos lineales de 500 X 4 m. La lista de helechos y licofitas incluye 46 especies, 20 géneros y 11 familias, que representan el 36% de las especies registradas en el estado de Guanajuato. El Área Natural Protegida "Cuenca de la Esperanza" tuvo el mayor número de especies con 28 y la Cañada de Picones con 17 taxones. Las familias mejor representadas son Pteridaceae (17 especies) y Polypodiaceae (12). El Bosque de Quercus presentó la mayor riqueza de helechos en comparación con el Matorral xerófilo. Un alto porcentaje de especies de helechos y licofitas tienen forma de crecimiento terrestre (76%) y en menor cantidad epífita (10%).

### Bosque de Quercus, diversidad, helechos, Guanajuato

### Abstract

Latest studies have contributed to the richness and abundance to knowledge of ferns and lycophytes of Guanajuato state. Therefore, this paper presents the inventory of the species in the Sierra de Santa Rosa, Guanajuato. The specimens were recollected in four locations of the Sierra, through line transect of 500 X 4 m. The fern and lycophytes list includes 46 species, 20 genera and 11 families representing 36% of the species recorded of Guanajuato state. The Protected Natural Area "Cuenca de La Esperanza" had the greatest number of species with 28 and La Cañada los Picones with less diversity 17 taxa. The best represented families are Pteridaceae (17 species) and Polypodiaceae (12). Quercus Forest had the greatest richness of ferns compared with the desert scrub. A high percentage of species of ferns and ground lycophytes shaped growth (76%) and less epiphyte (10%).

### Diversity, fern, Guanajuato, Quercus forest.

**Citación:** HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, Victoria, LARIOS-PATLÁN, Hugo Benjamín y COLLI-MULL, Juan Gualberto. Diversidad de helechos y licofitas en la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:401-408

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: vihernandez@itesi.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los tipos de vegetación presentes en el estado de Guanajuato son el bosque de Quercus, bosque de coníferas, bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo, pastizal y pequeñas extensiones de bosque mesófilo de montaña, vegetación acuática, subacuática y bosques de galería (Carranza, 2005; Zamudio, 2012). Sin embargo, grandes extensiones de la vegetación nativa ha sido modificada por actividad antrópica, ocasionando la destrucción de casi la mitad de la superficie de las comunidades vegetales del estado (Zamudio y Galván-Villanueva, 2011), actualmente son pocos los relictos de vegetación primaria, que se encuentran en zonas prioritarias como son las 22 Áreas naturales protegidas decretadas por el gobierno estatal y federal (Guzmán-González, 2012).

Los estudios florísticos realizados en el estado, que contribuyen en el conocimiento de la vegetación es el proyecto de la Flora del Bajío y regiones adyacente (Carranza, 2001, 2005; Calderón y Rzedowski, 2004; Díaz-Barriga y Palacios-Rios, 1992; Rzedowski y Calderón, 2009). Zamudio y Galván-Villanueva (2011) citan un total de 2 774 especies en 182 familias de plantas vasculares en el estado de Guanajuato, el primer lugar lo ocupan las angiospermas o plantas con flores con 2631 taxones y los helechos en segunda posición.

Las licofitas y helechos son un grupo constituido por 11,000 especies en el mundo (Sharpe et al., 2010), en México se estiman 1,024 taxones (Mickel y Smith, 2004) y 125 especies para Guanajuato (Zamudio y Galván-Villanueva, 2011). No obstante en los últimos años se ha incrementado el número de especies con la recolecta en Áreas Naturales Protegidas de nuevos registros (Meagher, 2007; Cabello y Martínez, 2013; Hernández-Hernández et al., 2014).

Los helechos y licofitas son plantas vasculares inferiores, con ciclo de vida haplodiplonte el esporofito (diploide) es la fase dominante y conspicua y el gametofito (haploide) es inconspicua. Los helechos tienen diferentes formas de vida son terrestre, epífita, hemiepífita, rupícola, trepador y acuático (Mendoza-Ruiz y Pérez-García, 2009). El objetivo del estudio fue conocer la diversidad y abundancia de licofitas y helechos en cuatro localidades de la Sierra de Santa Rosa.

## Materiales y método

### Área de estudio

La Sierra de Santa Rosa se localiza en el centro del estado de Guanajuato, incluye los municipios de Dolores Hidalgo, San Felipe y Guanajuato. El presente estudio se llevó a cabo en el municipio de Guanajuato, en una porción de la Sierra que abarcó cuatro localidades (PPOG, 1998; Figura 1).

a) Área Natural Protegida (ANP) “Cuenca de la Esperanza”, se localiza a 5 km al norte de la ciudad de Guanajuato, Gto., a los 21° 03' 60'' N y 101° 13' 32'' W y a una altitud entre los 2450 a 2650 msnm (PPOG, 1998).

b) La Comunidad Santa Rosa de Lima se ubica entre los 21° 06' 21.2'' y 21° 10' 10.6'' N y 101° 13' 24.3'' y 101° 14' 56.6'' W y a una altitud 2550 msnm (datos obtenidos de campo, observación personal).

c) El Ejido El Varal, presenta una superficie de 747 ha, se ubica dentro de la Subcuenca La Purísima en el municipio de Guanajuato; y situado entre los 21° 07' 24.7'' y 21° 11' 11.8'' N y 101° 13' 26.6'' y 101° 14' 56.6'' W y una altitud de 2600 msnm (Medina, 2004).

d) Cañada de Picones se encuentra al NE de la ciudad de Guanajuato, entre las comunidades de Picones y Cañada de la Virgen, a los  $21^{\circ} 11' 20''$  N y  $101^{\circ} 12' 19.38''$  W a un gradiente altitudinal de 2300 a 2600 msnm (datos obtenidos de campo, observación personal).

### Hidrología

La Sierra de Santa Rosa tiene varios afluentes de agua, en la localidad de Santa Rosa de Lima se encuentra el Río Santa Rosa y la Presa de Peralillo. En la Cuenca de la Esperanza se localiza la Presa de la Esperanza (PPOG, 1998, Instituto estatal de la cultura, 2007) y en el ejido El Varal esta dentro de la subcuenca La Purisima, está abastece al ejido y las comunidades adyacentes (Medina, 2004).

### Clima

El clima en la Sierra de Santa Rosa es templado subhúmedo, con un promedio anual de precipitación de 800 mm y temperatura media anual es de  $14^{\circ}\text{C}$  (PPOG, 1998).

### Vegetación

La Sierra de Santa Rosa presenta bosque de Quercus con 14 especies de Quercus (Martínez y Telléz-Valdéz, 2004) y la asociación con *Arbutus xalapensis* H.B.K. (madroño) y *A. glandulosa* M. Martens & Galeotti. En el estrato arbustivo son las especies *Arctostaphylos pungens* H.B.K. (pingüica) y *Dodonaea viscosa* (L.) Jacq. (jara) (Conabio, 2010). La Cuenca de la Esperanza tiene Bosque de Quercus, en algunas zonas existe la asociación de bosque de Quercus con matorral crasicaule (PPOG, 1998) y Bosque de galería con *Alnus jorullensis* Kunth y *Salix bonplandiana* Kunth. En el ejido "El Varal" la vegetación dominante es el bosque de Quercus (Medina, 2004).

En la localidad Santa Rosa de Lima presenta bosque de Quercus y la asociación de bosque de Quercus-matorral crasicaule. Y la Cañada de Picones tiene bosque de Quercus y una porción de matorral xerófilo (Observaciones personales).

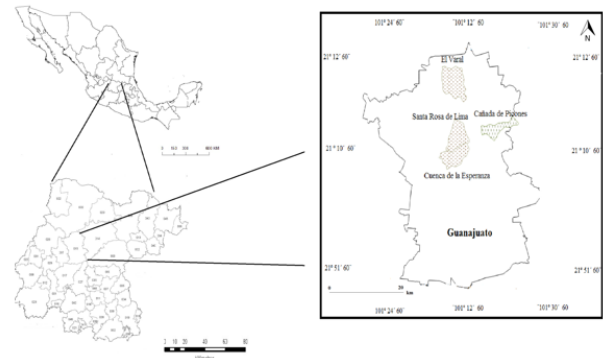


Figura 1 Mapa de localización del área de estudio.

Trabajo de campo. Se realizaron salidas de campo en las localidades, a) Cuenca de la Esperanza, b) comunidad de Santa Rosa de Lima, c) Ejido el Varal y d) Cañada Picones en la Sierra de Santa Rosa, durante los meses de noviembre del 2014 a abril de 2015. El muestreo de los ejemplares botánicos fue por medio de transectos lineales de  $500 \times 4$  m (Mostacedo y Fredericksen, 2000), en los tipos de vegetación bosque de Quercus y matorral xerófilo, cerca de cuerpos de agua, zonas rocosas y pendientes. Las plantas recolectadas fueron fértiles con la presencia de soros y rizoma, puesto que estos caracteres son relevantes para su identificación (Lorea y Riba, 1990).

Determinación taxonómica. La identificación de los ejemplares botánicos fue con la ayuda de las claves de dicotómicas y descripciones taxonómicas (Mickel y Smith, 2004) y además se consultaron glosarios para los términos técnico (Pérez-García y Riba, 1990; Valencia et al., 2012) y también se adaptó a las recientes revisiones de algunos géneros (Christenhusz et al., 2011, Grusz y Windham, 2013; Grusz et al., 2014; Smith y Tejero, 2014).

El material de referencia se depositó en el Instituto Tecnológico Superior de Irapuato y un duplicado en el Herbario IEB del Instituto de Ecología A.C.- Bajío, Pátzcuaro, Michoacán.

**Análisis estadísticos**

Curvas de acumulación. El esfuerzo de muestreo de los helechos y licofitas se midió por medio de las curvas de acumulación de especies basado en un muestreo aleatorio y se calculó la riqueza de especies con los estimadores de diversidad Chao 2 y Jackknife 2 con el programa EstimateS 9.1.0 (Villarreal et al., 2006).

Índice de Margalef. Se aplico el índice para medir la riqueza específica de las especies colectadas en una zona delimitada, se basan en la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados, sin tomar en cuenta el valor de importancia de las mismas, los análisis de los índices se realizaron con el programa Species diversity and richness 3.02 (Moreno, 2001).

**Resultados**

Se revisó un total de 330 ejemplares de material colectado por los autores y la revisión de ejemplares de herbarios (Instituto Tecnológico Superior de Irapuato y IEB-INECOL-Bajío), que corresponden a 11 familias, 20 géneros, 46 especies. El ANP Cuenca de la Esperanza presentó el mayor número de especies (28), El Varal (23), Santa Rosa de Lima (19) y Cañada de Picones con 17 taxones (Cuadro 1).

Familia especie	Localidad				Tipo de vegetación				Forma de vida			
	CE	EV	SRL	CPI	BE	BEM	BG	MX	T	E	R	
<b>Selaginellaceae</b>												
<i>Selaginella pallidula</i> (C. Presl) Spring	X						X		X			
<i>Selaginella rupestris</i> Underw.	X					X				X		
<b>Equisetaceae</b>												
<i>Equisetum myriochaetum</i> Schötbl. et Cham.	X					X				X		
<b>Aspleniaceae</b>												
<i>Asplenium fibrillosum</i> Pringle & Deverp					X	X					X	
<i>Asplenium monanthes</i> L.	X	X	X	X	X	X	X		X			
<i>Asplenium palmieri</i> Maxon	X					X				X		
<i>Asplenium praemorsum</i> Swartz					X	X					X	
<b>Cystopteridaceae</b>												
<i>Cystopteris fragilis</i> (L.) Bernh.	X					X				X		
<b>Dennstaedtiaceae</b>												
<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>foei</i> (W. Schaffn. ex Fée) Maxon		X	X			X	X				X	
<b>Dryopteridaceae</b>												
<i>Dryopteris cinnamomea</i> (Cav.) C. Chr.	X					X				X		
<i>Dryopteris panula</i> (Sw.) Underw.	X		X			X				X		

<i>Elaphoglossum petiolatum</i> (Sw.) Urban								X	X	X		X		
<b>Ophioglossaceae</b>														
<i>Batrachium virginianum</i> (L.) Sw.	X	X								X				X
<b>Polypodiaceae</b>														
<i>Phlebodium arviolatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) J. Sm.								X	X				X	X
<i>Pleopeltis angusta</i> var. <i>steloma</i> (Fée) Farw.		X						X	X	X				X
<i>Pleopeltis guttata</i> (Maxon) E.G. Andrews & Windham		X						X	X				X	
<i>Pleopeltis mexicana</i> (Fée) Mickel & Beitel			X	X										X
<i>Pleopeltis plebeia</i> (Schötbl. & Cham.) A.R. Sm. & Tejero	X	X	X					X	X	X			X	X
<i>Pleopeltis polylepis</i> var. <i>interjecta</i> (Weath.) E.A. Hooper		X						X	X					X
<i>Pleopeltis polylepis</i> (A. Roem. ex Kunze) T. Moore var. <i>polylepis</i>	X	X	X					X	X					X
<i>Pleopeltis polypodioides</i> var. <i>acicularis</i> (Weath.) E.G. Andrews & Windham	X	X						X	X	X			X	X
<i>Pleopeltis polypodioides</i> var. <i>michauxiana</i> (Weath.) E.G. Andrews & Windham								X	X	X				X
<i>Pleopeltis thysanolepis</i> (A. Braun ex Klotzsch) E.G. Andrews & Windham	X	X						X	X	X				X
<i>Polypodium hartwegianum</i> Hook								X	X					X
<i>Polypodium longipinnatum</i> E. Fourn.								X	X	X				X
<i>Polypodium madrense</i> J. Sm.	X	X	X	X	X	X		X	X	X				X
<b>Pteridaceae</b>														
<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	X	X	X					X	X	X				X
<i>Adiantum braunii</i> Mett. ex Kuhn								X	X	X				X
<i>Adiantum potrettii</i> Wikstr.	X	X	X					X	X	X				X
<i>Astrolepis laevis</i> (M. Martens & Galeotti) Mickel								X						X
<b>Thelypteridaceae</b>														
<i>Astrolepis struata</i> (Lag. ex Sw.) D.M. Benham & Windham	X									X	X	X	X	X
<i>Chelanthus lasiocarpus</i> var. <i>seemannii</i> (Hook) Mickel & Beitel								X						X
<i>Gaga angustifolia</i> (Kuhn) Fay W. Li & Windham	X	X	X					X	X	X				X
<i>Gaga kaulfussii</i> (Kunze) Fay W. Li & Windham	X	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X
<i>Mildella fallax</i> (M. Martens & Galeotti) G.L. Nesom	X	X	X	X	X	X		X	X	X				X
<i>Myriopteris allisuroides</i> (Mett.) Grusz & Windham	X												X	X
<i>Myriopteris aurea</i> (Poir.) Grusz & Windham	X	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X
<i>Myriopteris cucullata</i> (Fée) Grusz & Windham								X					X	X
<i>Myriopteris lenigera</i> (Cav.) J. Sm.	X	X	X					X	X	X			X	X
<i>Myriopteris myriophylla</i> (Desv.) Grusz & Windham	X	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X
<i>Pellaea cordifolia</i> (Sessé & Moc.) A.R. Sm.	X							X	X				X	X
<i>Pellaea saginata</i> (Cav.) Link.	X							X	X				X	X
<i>Pellaea ternstroemia</i> subsp. <i>arizonica</i> Windham	X	X	X					X	X	X			X	X
<b>Thelypteridaceae</b>														
<i>Thelypteris pilosa</i> (M. Martens & Galeotti) Crawford								X						X
<b>Woodsiaceae</b>														
<i>Woodzia mollis</i> (Kaulf.) J. Sm.	X								X					X
<i>Woodzia mexicana</i> Fee								X	X					X
Total	28	23	19	17	37	20	12	9	35	5	9			

**Tabla 1** Relación de Familias, géneros y especies de helechos y licofitas en la Sierra de Santa Rosa (adaptado al Sistema de clasificación: Christenhusz et al., 2011, Grusz y Windham, 2013; Grusz et al., 2014; Smith y Tejero, 2014). CE= Cuenca de la Esperanza, EV= Ejido El Varal, SRL= Comunidad Santa Rosa de Lima, CPI= Cañada de Picones. Tipos de vegetación: BE=Bosque de Quercus, BEM= Bosque Quercus-Matorral crasicuale, BG= Bosque de galería, MX= Matorral xerófilo. Forma de vida: T = Terrestre, E = Epífita, R = Rupícola.

Las familias mejor representadas son Pteridaceae con 17 taxones y el género con mayor número de especie es Myriopteris (7) y Polypodiaceae con 12 taxones y Pleopeltis (7 spp.). Las familias con una sola especie son Aspleniaceae, Cystopteridaceae, Dennstaedtiaceae, Equisetaceae, Ophioglossaceae, Thelypteridaceae y Woodsiaceae. Las especies presentes en las cuatro localidades de estudio son *Asplenium monanthes*, *Gaga kaulfussii*, *Mildella fallax*, *Myriopteris aurea*, *M. myriophylla* y *Polypodium madrense* (Cuadro).

Los helechos y licofitas en la Sierra de Santa Rosa presentan tres formas de vida, son plantas terrestres con el 76%, rupícolas (22%) y epífita (10%), y sólo tres especies tienen dos formas de crecimiento, por ejemplo *Phlebodium areolatum* (T y R), *Pleopeltis polypodioides* var. *acicularis* (E y R), *P. plebeia* (T, E) (Cuadro 1).

Los tipos de vegetación presentes en las localidades de estudio son Bosque de Quercus, Bosque de Quercus-Matorral crasicaule, Bosque de galería y Matorral xerófilo.

En el bosque de Quercus crecen 37 especies, el bosque de Quercus-matorral crasicaule con 20, el bosque de galería con 12 y el matorral xerófilo con nueve taxones. La especie *Myriopteris aurea* fue la única que crece en los 4 tipos de vegetación, y algunos de los taxones colectados en un tipo de vegetación son *Polypodium longepinnulatum* en BEM, *Dryopteris cinnamomea* (BE) (Cuadro 1).

La curva de acumulación de especies está por acercarse a la asíntota (Figura 2), la riqueza observada con base a los estimadores de diversidad representan el 80.15% (Jackknife 2) y 89.13% (Chao 2), se puede considerar que el esfuerzo de muestreo es el adecuado a pesar de que el inventario aun no está completo.

**Figura 2** Curvas de acumulación de especies en la Sierra de Santa Rosa, Gto.

El índice de Margalef indica que el ANP Cuenca de la Esperanza es la localidad más diversa con 5.28 en contraste con la Cañada de Picones con 3.50 (Cuadro 2).

**Tabla 2** Índice de diversidad en las cuatro localidades de estudio. CE = Cuenca de la Esperanza; EV = Comunidad El Varal, SRL = Comunidad Santa Rosa de Lima, CPI = Cañada de Picones.

## Discusión

Los helechos y licofitas encontrados en la sierra de Santa Rosa representan el 36% de la diversidad registrada para el estado de Guanajuato (Zamudio y Galván-Villanueva, 2011).

Martínez y Telléz-Valdéz, (2004), registran 39 taxones en la Sierra y para el presente estudio se tienen 46 con un aumento de 7 taxones. Sin embargo, la diversidad de especies fue menor con respecto al Área Natural Protegida Sierra de Pénjamo con 55 taxones y el municipio de Xichú con 64 (González-García, 2014), probablemente el número de taxones es mayor, debido a que presentan otras comunidades vegetales como Bosque tropical caducifolio y Matorral submontano donde crecen otras especies de helechos y en la Sierra de Santa Rosa la comunidad vegetal mejor representada es el Bosque de Quercus (Martínez y Telléz-Valdéz, 2004).

La comunidad vegetal con el mayor número de taxones fue el bosque de Quercus con 37 taxones; Pérez-Paredes et al. (2012) reportan 44 especies de helechos y licofitas en el Bosque de Quercus para el municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo; sin embargo, los autores encontraron mayor diversidad de helechos en el Bosque mesófilo de montaña, debido a que este tipo de vegetación es el que alberga la mayor cantidad de especies de este grupo en el país.

La forma de vida de los helechos y licofitas en la Sierra de Santa Rosa fue terrestre, este patrón ha sido citado en Hidalgo y Estado de México (Pérez-Paredes et al., 2012; Tejero-Díez y Arreguín Sánchez, 2004); en contraste con los helechos de la Sierra de Pénjamo y el Xichú, Gto., su forma de crecimiento es rupícola (González-García, 2014).

Después de la revisión de los trabajos en el estado de Guanajuato para los helechos y licofitas (Díaz-Barriga y Palacios-Ríos, 1992; Mickel y Smith, 2004; Zamudio y Galván-Villanueva, 2011; González-García, 2014), se tienen un nuevo registro para Guanajuato y el Bajío es *Pleopeltis polypodioides* var. *michauxiana*.

## Referencias

- Cabello, T.P. y Martínez, M.D.S. (2013). Cinco pteridofitas nuevas para el estado de Guanajuato. XIX Congreso Mexicano de botánica. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
- Calderón de Rzedowski, G. y Rzedowski, J. (2004). Manual de malezas de la región de Salvaterra, Guanajuato. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, XX, 1-315.
- Carranza, E. (2001). Contribución al conocimiento de las plantas del género *Ipomoea* L. (Convolvulaceae) en el estado de Guanajuato, México. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, XVIII, 1-72.
- Carranza, E. (2005). Conocimiento actual de la flora y la diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, XXI, 1-17.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2009). Cuarto informe Nacional de México al convenio sobre Diversidad Biológica. Pp 21-39. Recuperado el 26 de Marzo del 2015, de [http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion\\_internacional/doctos/4oInforme\\_CONABIO.pdf](http://www.conabio.gob.mx/institucion/cooperacion_internacional/doctos/4oInforme_CONABIO.pdf).
- Christenhusz, M.J.M., Zhang, X-C. y Schneider, H. (2011). A linear sequence of extant families and genera of lycophytes and ferns. *Phytotaxa* 19, 7-54.
- Díaz Barriga, H. y Palacios-Ríos, M. (1992). Lista preliminar de especies de Pteridofitas de los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro (México). Flora del Bajío y Regiones Adyacentes III: 1-57.
- González-García S.M. (2014). Helechos y licopodios de la Sierra de Pénjamo y Xichú, Guanajuato, México. Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Licenciatura en Biología. Tesis de licenciatura en Biología.
- Grusz, A.L. y Windham, M.D. (2013). Toward a monophyletic *Cheilanthes*: the resurrection and recircumscription of *Myriopteris* (Pteridaceae). *Phytokeys*, 32, 49-64.
- Grusz, A.L., Windham, M.D., Yatskievych, G., Huiet, L., Gastony, G.J. y Pryer, K.M. (2014). Patterns of diversification in the xeric-adapted fern genus *Myriopteris* (Pteridaceae). *Systematic Botany*, 39, 698-714.
- Guzmán-González, D. (2012). Las Áreas Naturales Protegidas del estado de Guanajuato y su importancia en la conservación de la biodiversidad. En: La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE). Pp. 373-388.
- Hernández-Hernández, V., Segovia-Ramírez, M.G. y Argüelles-Marmolejo, S. (2014). Un nuevo registro para Guanajuato: *Psilotum nudum* (Psilotaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85, 610-612.
- Instituto estatal de la cultura. (2007). Santa Rosa de la Sierra. [http://www.cimat.mx/Eventos/TJCsecundaria2008/santa\\_rosa\\_de\\_la\\_sierra.pdf](http://www.cimat.mx/Eventos/TJCsecundaria2008/santa_rosa_de_la_sierra.pdf) Consultado 26/03/2015

Lorea, F. y Riba, R. (1990). Guía para la recolección y preparación de ejemplares para herbario de Pteridofitas. Consejo Nacional de la Flora de México, A. C. México, DF.

Martínez, J.C., y Telléz-Valdés, O. (2004). Listado florístico de la Sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México, 74, 31-49.

Meagher, L.W. (2007). Revisión y actualización del inventario de la flora espontánea del Jardín Botánico "El Charco del Ingenio", San Miguel de Allende, Guanajuato (México). Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo complementario XXII.

Medina, M.R. (2004). Conservación y manejo participativo en microcuencas de la subcuenca La Purísima, Gto. Seminario de gestión integral de cuencas hídricas. Teoría y Práctica. INE. 9 de junio de 2004. Disponible en [http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/conserva\\_manejo\\_participa\\_microcuencas.pdf](http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/download/conserva_manejo_participa_microcuencas.pdf).

Mendoza-Ruiz, A. y Pérez-García, B. (2009). Helechos y lycopodios de México. Volumen 1. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa. México.

Mickel, J.T. y Smith, A.R. (2004). The pteridophytes of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 1054 pp.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Manuales y Tesis SEA. Pp. 1, 26-32.

Mostacedo, B. y Fredericksen, T.S. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal. El País. Bolivia.

Pérez-García, B. y Riba, R. (1990). Glosario para Pteridophyta (Helechos y plantas afines). Consejo Nacional de la Flora de México, A.C. 55 pp.

Pérez-Paredes, M.G., Sánchez-González A. y Tejero-Díez, J.D. (2012). Listado de lycopodios y helechos del municipio de Zacualtipán de Ángeles, Hidalgo, México. *Polibotánica*, (33) 57-63.

POGG (Periódico Oficial del Gobierno del Estado de Guanajuato). (1998). Programa de manejo para el Área Natural Protegida "Cuenca de la Esperanza", localizada en el municipio de Guanajuato, en esta entidad federativa. Instituto de Ecología del estado de Guanajuato.

Rzedowski, J. y Calderón de Rzedowski, G. (2009). Lista preliminar de árboles silvestres del estado de Guanajuato. *Flora del Bajío y regiones adyacentes*, XXIV, 1-14.

Sharpe, J.M., Mehltreter K. y Walker L.R. (2010). Ecological importance of fern. En: Mehltreter K., Walker L.R. y Sharpe J.A. Eds. *Fern Ecology*, pp. 1-21, Cambridge University Press. Cambridge.

Smith, A. y Tejero-Díez, D. (2014). *Pleopeltis* (Polypodiaceae), a redefinition of the genus and nomenclatural novelties. *Botanical Science*, 92(1), 43-58.

Tejero-Díez, J.D. y Arreguín-Sánchez, M.L. (2004). Lista con anotaciones de los Pteridófitos del estado de México, México. *Acta Botánica Mexicana*, 69, 1-82.



Villareal, H., Alvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A.M. (2006). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Segunda edición. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia.

Zamudio S. y Galván-Villanueva, R. (2011). La diversidad vegetal del estado de Guanajuato, México. Flora del bajío y de regiones adyacentes, XXVII, 1-1001.

Zamudio, S. (2012). Diversidad de ecosistemas del Estado de Guanajuato. En: La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado vol. II. México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio)/Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE).

## Evaluación de la actividad antinociceptiva y efectos secundarios del extracto etanólico de *J. spicigera* en un modelo murino

ALVARADO, Brenda\*†, LEÓN, Angel, MUNGUÍA, Abigail y HERNÁNDEZ, Jaime

*Unidad Académica Multidisciplinaria Zona Huasteca-Universidad Autónoma de San Luis Potosí.*

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

El dolor es una sensación desagradable que aporta una alerta sobre el estado de integridad del organismo, para contrarrestarlo se utilizan fármacos que en uso crónico generan efectos secundarios. La etnomedicina es una alternativa farmacológica frente a este tipo de afecciones y aparentemente no provocan daños toxicológicos. *J. spicigera* es una planta ampliamente utilizada para tratar diversos malestares generales, por lo que en esta investigación se determinó la actividad antinociceptiva del extracto etanólico de *J. spicigera* mediante la evaluación del modelo de formalina, el porcentaje de antinocicepción a los 15 minutos del experimento en la dosis de 10 mg/kg fue de 48.20% mientras que en la concentración de 6 mg/kg mostró un 34.13%, en la evaluación toxicológica los animales tratados con el extracto no presentaron cambios neurológicos en el tiempo de tratamiento, por otra parte la observación del tejido gastrointestinal para ambas concentraciones no provocaron ulceración o trastornos digestivos, dados los resultados de la presente investigación *J. spicigera* sugiere ser una excelente alternativa como analgésico que a corto plazo no provoca efectos secundarios.

**Uso etnomédico, formalina, efectos tóxicos, *J. spicigera*.**

### Abstract

Pain is an unpleasant sensation that gives us a warning about the state of integrity in the body, to counter drug that chronic use generate secondary effects are used. Ethnomedicine presents a pharmacological alternative to such conditions and apparently do not cause toxicological damage. *J. spicigera* is a widely used to treat various ailments general plant so in this study the antinociceptive activity of the ethanolic extract of *J. spicigera* by assessing the formalin model was determined, the percentage of antinociception after 15 minutes of the experiment in the dose of 10 mg / kg was 48.20% while the concentration of 6 mg / kg showed a 34.13% in the toxicological evaluation the animals treated with the extract showed no neurological changes in treatment time, moreover observing both gastrointestinal tissue concentrations did not cause ulceration or digestive disorders, given the results of this research it suggests *J. spicigera* can be an excellent alternative analgesic that does not cause short-term side effects.

**Ethnomedic use, formalin, side effects, *J. spicigera*.**

**Citación:** ALVARADO, Brenda, LEÓN, Angel, MUNGUÍA, Abigail y HERNÁNDEZ, Jaime. Evaluación de la actividad antinociceptiva y efectos secundarios del extracto etanólico de *J. spicigera* en un modelo murino. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:409-414

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: balvarado@uaslp.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

El dolor es un estímulo que puede ser potencialmente nocivo el cual adjunta diversas sensaciones desagradables manifestadas por diferentes reacciones fisiológicas, anatómicas o conductuales (Covarrubias et. al., 2010) que es ampliamente asociado a un concepto de enfermedad (Muñoz et. al., 2009). Este signo clínico es de los más frecuentes en el mundo, el uso de un solo fármaco en muchas ocasiones suele ser ineficaz por lo que se recurre a la combinación de AINES y opioides, desafortunadamente el abuso de estos medicamentos puede llegar a provocar efectos secundarios como adicción, trastornos gastrointestinales y problemas renales (Marcus et. al., 2015, Lanas, 2001). Una alternativa para hacer frente a este problema es el uso de la etnomedicina, que ofrece una amplia gama de plantas con diferentes propiedades a las que se les atribuyen innumerables efectos beneficiosos, *J. spicigera* es una planta de la familia de las *Acanthaceae* de amplia distribución en el sur y centro de México, es utilizada para el tratamiento de enfermedades crónicas degenerativas, aumento de hemoglobina y procesos inflamatorios por lo que la presente investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad analgésica del extracto etanólico de *J. spicigera* (EEJS) en un modelo murino así como determinar indicios de toxicidad mediante observación de tejido gastrointestinal y cambios de comportamiento neurológico.

**Metodología****Obtención del extracto**

El material vegetal de *J. spicigera* se recolectó en el municipio de Aquismón (21°38'00"N 99°02'00"O), S.L.P., México en el mes de Junio de 2014 en temporada pluvial, con un peso total de cuatro kilogramos de hojas nuevas frescas.

Las hojas se lavaron y se sometieron a un proceso de secado en condiciones de obscuridad durante una semana, una vez terminado este proceso se procesaron en un molino analítico (Osterizer) hasta obtener partículas finas (Mahecha, 2007). Las hojas pulverizadas se sometieron a un proceso de maceración colocándolas en un matraz erlenmeyer y cubriéndolo con papel aluminio para evitar la degradación de compuestos, el extracto se filtró y el concentrado fue obtenido por eliminación a temperatura ambiente en la campana de extracción (Fume Hood Lab Tech®) (Catania, 2007).

**Animales de experimentación**

Para la determinación de la actividad antinociceptiva del extracto etanólico de *J. spicigera* (EEJS) se utilizaron ratas Wistar hembra de entre 4 y 6 semanas de vida con un peso promedio de 160-180 gr. las cuales fueron mantenidas en un control de temperatura, humedad, acceso libre de agua y comida con ciclos de luz/obscuridad de 12 horas cada uno. La duración del experimento fue lo más corto posible, considerando siempre que el número de animales empleados fuera el mínimo necesario. Cada animal fue sacrificado siguiendo los lineamientos éticos para la investigación del dolor en animales de experimentación de la Asociación Internacional del Dolor (Zimmerman, 1983).

En la evaluación toxicológica se utilizaron 16 ratas Wistar hembra de 4-6 semanas de edad con un peso de 160 – 180 gr. mantenidas en condiciones controladas de temperatura y humedad con acceso libre de agua y comida en ciclos de 12 horas de luz/obscuridad. Los animales se dividieron en 4 grupos tratados de la siguiente manera: un grupo control con Indometacina, un grupo con agua desionizadas y dos más con concentraciones de 6 y 10 mg/kg del EEJS.

### Modelo nociceptivo por formalina

Los animales se dividieron en 4 grupos compuestos de 4 ratas cada uno, los cuales fueron pretratados con administración oral del EEJS con dosis de 6 mg/kg de peso y 10 mg/kg, un grupo control positivo, al cual se le administró aminopirina (2 mg/kg) y un grupo control negativo, al que sólo se le administró agua desionizada.

Una hora después de administrar el tratamiento se indujo producción de dolor por formalina al 3% (Sigma, USA) (Zimmerman, 1983) en dosis de 20 µg por gramo de peso en la región subplantar de la pata derecha de los animales de experimentación.

Las ratas fueron colocadas en jaulas transparentes con el propósito de observar su conducta. Se cuantificó el tiempo de lamida y sacudida de la pata durante 30 minutos en periodos de 5 minutos. El porcentaje de antinocicepción se calculó mediante la siguiente ecuación (Isiordia, et. al., 2010):

$$\% \text{ antinocicepción} = \frac{T. \text{ de lamida sin farmaco} - T. \text{ de lamida con farmaco} * 100}{T. \text{ de lamida sin farmaco}} \quad (1)$$

### Evaluación toxicológica

Durante el tratamiento de los animales se observaron signos clínicos y cambios conductuales, también se monitoreo el incremento de peso desde el inicio hasta el final de los experimentos.

Al finalizar la experimentación los animales fueron sacrificados. Mediante un corte sagital en la zona peritoneal de los animales se verificó la presencia de ulceraciones en el tracto gastrointestinal provocadas por los tratamientos.

La cantidad de úlceras se evaluó en escala de 0 a 4 cruces en donde una cruz (0-2 úlceras), dos cruces (3-5 úlceras), tres cruces (6-10 úlceras) y cuatro cruces (11 -20 úlceras) (González & Rodríguez, 2014).

### Análisis estadístico

Se revisaron los criterios de normalidad en los datos generados y posteriormente se utilizó la prueba ANOVA para determinar diferencias entre los grupos, tomando como significativo un valor de  $p < 0.05$ .

Para la generación de gráficos se utilizó el programa Excel en las pruebas de antinocicepción y Graph Pad Prism versión 6.5. para el gráfico de ulceración.

### Resultados

La figura 1 muestra el porcentaje de efecto antinociceptivo donde el mayor resultado se observa a los 25 minutos con un valor de 64.90% para la concentración de 10 mg/kg del extracto existiendo una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en comparación con la dosis de 6 mg/kg cuyo resultado cae en un efecto antinociceptivo del 34.93%, ambas concentraciones tienden a decaer en el efecto a los 30 minutos del experimento mientras que el control positivo de aminopirina sigue una tendencia de incremento del efecto antes mencionado.

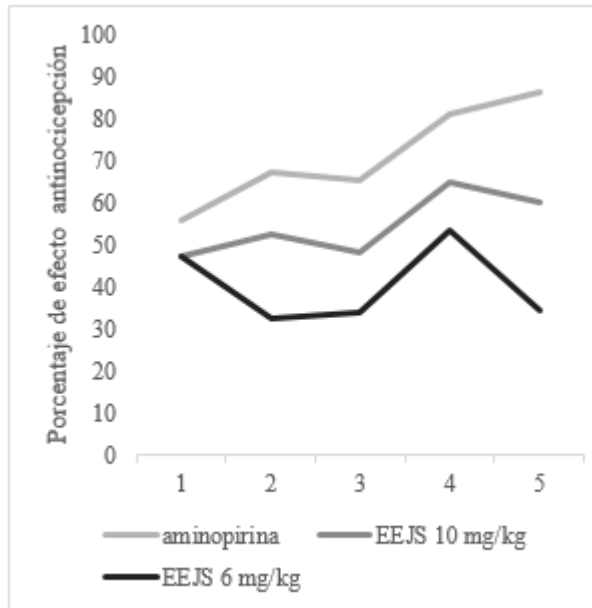


Figura 1 Porcentaje de efecto antinociceptivo.

Para evaluar indicios de toxicidad en los animales se registraron los cambios de comportamiento durante el tratamiento (Tabla 1). En esta tabla se muestra que los animales tratados con el EEJS no sufrieron cambios conductuales significativos comparados con el grupo tratado con agua. De igual manera no se observó mortandad en los grupos tratados con las dosis de EEJS.

En la Figura 2 se muestra un balance de la ganancia de peso, los tratamientos del EEJS así como el grupo control negativo con agua tienden a incrementar su peso de manera normal y constante a diferencia del grupo tratado con indometacina ( $p < 0.05$ ). Esto concuerda con lo registrado en las observaciones de comportamiento donde el grupo tratado con indometacina presentó pérdida de apetito, síntomas de letargo, polidipsia y agresividad.

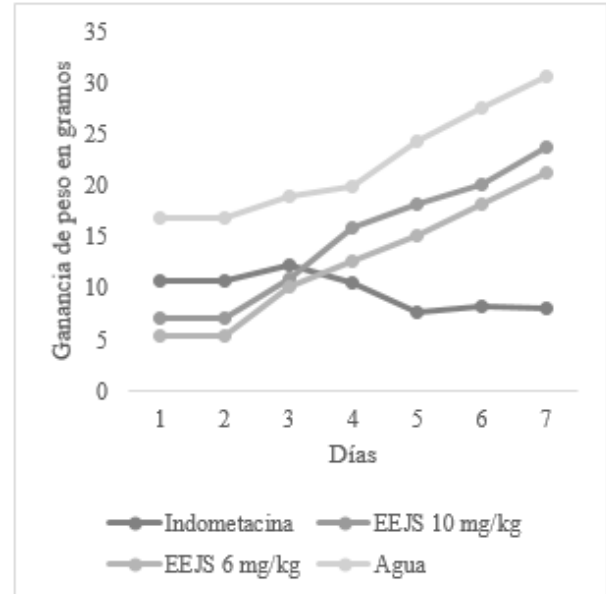


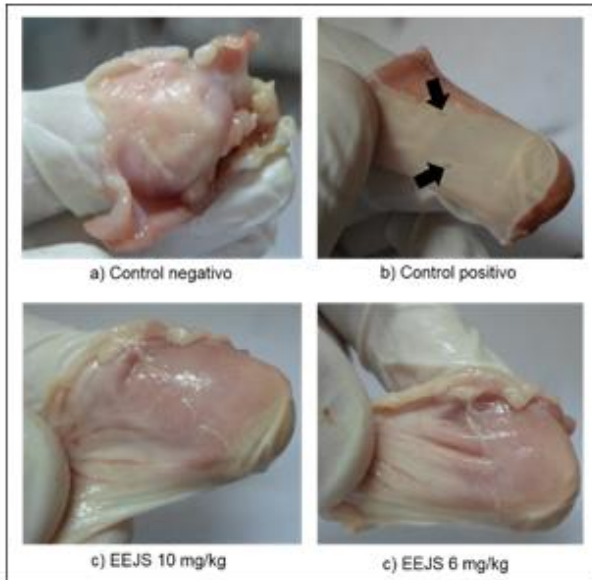
Figura 2 Ganancia de peso en gramos de los animales durante el periodo de tratamiento.

	GRUPO DE ESTUDIO			
	Agua	Indometacina 20 mg/kg	EEJS 10 mg/kg	EEJS 6 mg/kg
MORTALIDAD	0/4	0/4	0/4	0/4
ALTERACIONES NEUROLÓGICAS	Inmovilidad	S/C	S/C	S/C
	Sedación	S/C	++	S/C
	Polidipsia	S/C	++	S/C
ANORMALIDADES DEL COMPORTAMIENTO	Agresividad	S/C	++	S/C
	Irritabilidad	S/C	++	S/C
	Pasividad	S/C	+	S/C
PIEL Y MUCOSAS	Piel	S/C	S/C	S/C
	Mucosas	S/C	S/C	S/C

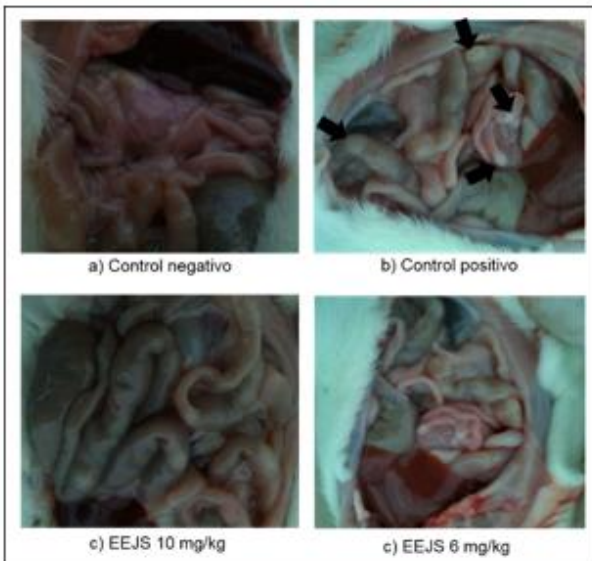
Tabla 1 Signos y síntomas observados durante el tratamiento.

En la figura 3 y 4 se muestran los tejidos estomacal e intestinal respectivamente, de los diferentes grupos tratados en la presente investigación. Los animales tratados con los EEJS no presentaron indicios de laceración o ulceración, caso contrario con los animales sometidos al fármaco indometacina en donde se produjeron lesiones en intestino y úlceras.

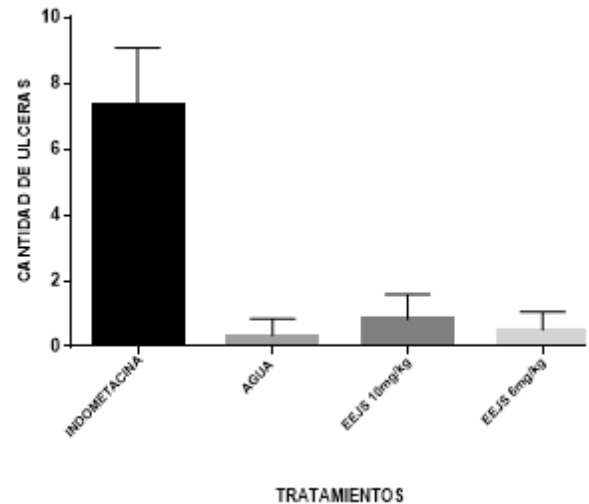
La cantidad de úlceras encontradas en el grupo control de indometacina es significativamente mayor (Figura 5) a las encontradas en los otros tratamientos, de igual manera se correlaciona con los signos clínicos observados debido a la poca ingesta de alimento y la sed provocada por el fármaco.



**Figura 3** Observación macroscópica de tejido estomacal de rata al término de los tratamientos. a) Control negativo (agua), b) control positivo (indometacina), c) EEJS 10 mg/kg, d) 6 mg/kg.



**Figura 4** Observación macroscópica de tejidos intestinales de rata al término de los tratamientos. a) Control negativo (agua), b) control positivo (indometacina), c) EEJS 10 mg/kg, d) 6 mg/kg.



**Figura 5** Cantidad de úlceras observadas en el tejido estomacal e intestino de los animales de experimentación en los diferentes grupos.

### Agradecimientos

Al personal de apoyo técnico del Laboratorio de Investigación Biomédica y del Laboratorio de Desarrollo de Productos. Un agradecimiento al Fondo de Inmersión a la Ciencia por el apoyo económico otorgado través del convenio C14-PIFI-08-18.18.

### Conclusiones

El EEJS muestra una capacidad analgésica efectiva en los primeros 20 minutos de su administración sin provocar efectos secundarios visibles, por lo que podría considerarse como una alternativa viable para el tratamiento del dolor previa realización de estudios toxicológicos más profundos.

### Referencias

- Catania, C., & Avagnina, S. (2007). La maceración. Curso superior de degustación de vinos.
- Covarrubias-Gómez, A., Guevara-López, U., Gutiérrez-Salmerón, C., Betancourt-Sandoval, J. A., & Córdova-Domínguez, J. A. (2010).

ALVARADO, Brenda, LEÓN, Angel, MUNGUÍA, Abigail y HERNÁNDEZ, Jaime. Evaluación de la actividad antinociceptiva y efectos secundarios del extracto etanólico de *J. spicigera* en un modelo murino. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015

Epidemiología del dolor crónico en México. *Rev Mex Anest*, 33, 207-213.

González A., C. G., & Rodríguez R., E. (2014). Evaluación del efecto antiinflamatorio de *Senecio confusus* en un modelo murino de inflamación por carragenina. Cd. Valles, S.L.P.

Isiordia, M., Guillén, A. P., Aguirre, P., & Pérez, J. (2010.). Análisis isoblográfico de la combinación analgésica ketorolaco sistémico y tramadol local en el modelo de la formalina en ratones. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 2(16), 42-49.

Lanas, A. (2001). Efectos secundarios gastrointestinales por antiinflamatorios no esteroideos y costes en el Sistema Nacional de Salud. *Anales de Medicina Interna*, 18(11), 9-11.

Mahecha, G. (2006). Guía para la recolección y preservación de muestras botánicas en campo.

Marcus, D. J., Zee, M., Hughes, A., Yuill, M. B., Hohmann, A. G., Mackie, K., Morgan, D. J. (2015). Tolerance to the antinociceptive effects of chronic morphine requires c-Jun N-terminal kinase. *Molecular Pain*, 11, 34. doi:10.1186/s12990-015-0031-4

Muñoz, C. E., Vergel, N. E., Cabral, P., Aragón, D. M., & Ospina, L. F. (2009). Antinociceptive effect of *Critoniella acuminata*, *Physalis peruviana* and *Salvia rubescens*. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 38(1), 31-41.

Zimmerman, M. (1983). Ethical guidelines for investigations of experimental pain in conscious animals. *Pains*, 2(16), 109-110.

## Diversidad de coleopteros en la comunidad “el ocotero” xichú, parte de la reserva de la biósfera sierra gorda de guanajuato

COLLI-MULL, Gualberto\*†, DE LA RIVA-DE LA RIVA, Alberto, HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, Victoria y HERNÁNDEZ-MATA, Raúl

*Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Carretera Irapuato-Silao Km, 12, 5 Irapuato Guanajuato, México. CP. 36821.*

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

Los insectos representan el grupo biológico más diverso en la tierra. Los escarabajos son el orden más abundante y diverso de la clase Insecta. La importancia del estudio de estos organismos se encuentra en la función ecológica que tienen en los ecosistemas, ya que juegan diferentes roles como polinizadores, descomponedores, depredadores e incluso como plagas. Los escarabajos están involucrados en el ciclo de nutrientes, algunos grupos son bioindicadores, además sirven como alimento para vertebrados superiores como aves, reptiles y mamíferos. En el estado de Guanajuato, hay pocos estudios sobre diversidad coleopterofaunística, por lo que es importante conocer el estado actual de la diversidad de este grupo de insectos como un indicador de la conservación de una reserva federal de la Sierra Gorda de Guanajuato. Se realizaron colectas sistemáticas y se evaluaron mediante el cálculo de índices de diversidad de Margalef, Menhinick, Shannon-Wiener, Equidad de Pielou y el índice de dominancia. Los resultados obtenidos sugieren que el bosque de encino-pino tiene una mayor diversidad de familias de escarabajos y un mejor estado de conservación en comparación con el bosque de Cupressus.

**Biodiversidad, coleópteros, Sierra Gorda de Guanajuato, conservación**

### Abstract

Insects represent the most diverse biological group on earth. Beetles are the most abundant and diverse order in all insects. The importance of the study of these organisms lies in the ecological function they have in the ecosystems, because they play different roles either as pollinators, decomposers, predators and even as pests. Beetles are involved in nutrient cycling, some groups are bioindicators, they serve as food for vertebrates such as birds, reptiles and mammals. In the state of Guanajuato, there are a few studies about beetle's diversity, so it is important to know the current state of the diversity of this group of insects as an indicator of the conservation of a Federal Reserve of the Sierra Gorda de Guanajuato. Systematics samples were made and evaluated by calculating diversity indices of Margalef, Menhinick, Shannon-Wiener, Pielou's Equity and dominance index. Our results suggest that Pine-Oak forest has a higher diversity of beetle's families and a better stage of conservation compared with cedar forest.

**Biodiversity, coleoptera, Sierra Gorda de Guanajuato, conservation**

**Citación:** COLLI-MULL, Gualberto, DE LA RIVA-DE LA RIVA, Alberto, HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, Victoria y HERNÁNDEZ-MATA, Raúl. Diversidad de coleopteros en la comunidad “el ocotero” xichú, parte de la reserva de la biósfera sierra gorda de guanajuato. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:415-422

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: jcolli@itesi.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.



**Introducción**

El estudio de la entomofauna de Guanajuato se remonta al conocimiento tradicional de los antiguos mexicanos el cual está registrado en algunos de sus códices, sin embargo, el campo de la ecología y diversidad para este grupo continúa siendo muy poco estudiado (Michán y Morrone, 2002).

A nivel mundial se conocen alrededor de 358,000 especies descritas, lo cual corresponde aproximadamente al 40% del total de insectos y 30% de animales. Están agrupados en 165 familias a nivel mundial (Lawrence y Newton, 1995). Para Latinoamérica se conocen 129 familias; 6,704 géneros y 72,479 especies. En México se reconocen 114 familias y se estima la existencia de más de 35,500 especies de coleópteros mexicanos (Morón, 1997).

En Guanajuato, los estudios para medir la biodiversidad no son numerosos, aunque se han realizado algunos trabajos, se consideran muy pocos en relación con la alta diversidad con la que cuenta el estado, incluyéndose en ésta la diversidad entomofaunística. Ante la necesidad de conocer el estado actual de la biodiversidad, se requiere realizar inventarios que permitan determinar la diversidad presente en los ecosistemas. En este contexto, los insectos por presentar una gran abundancia y diversidad ecológica, constituyen buenos indicadores de la biodiversidad de un territorio determinado en especial los grupos poco vágiles y/o con distribución geográfica restringida como ocurre con los coleópteros (Solervicens, 1995).

Diferentes grupos de insectos han sido reconocidos por ser importantes elementos bioindicadores de la calidad de los ecosistemas, al poseer características como alta diversidad, importancia funcional, fidelidad ecológica, asociación estrecha con otras especies.

Rápida respuesta a la variabilidad ambiental y facilidad de captura costo-efectiva (Halffter y Favila, 1993; Morón, 1997; Noss, 1999; García y Pardo, 2004; Pearce y Venier, 2006). Por lo que la importancia del estudio de los insectos se debe a cuestiones, ecológicas, de conservación y del grado de diversidad presente, manteniendo el equilibrio ecológico en todo ecosistema gracias a una serie de relaciones, algunas positivas y otras negativas, así como a una amplia gama de potenciales aplicaciones, ya sea control biológico, biomedicina, o meramente de conocimiento y difusión científica.

Los escarabajos participan activamente en los ecosistemas mediante el reciclaje de nutrientes y algunos grupos han sido usados como indicadores de la fragmentación de los hábitats; son parte importante de la dieta de muchos animales, especialmente de algunos mamíferos y aves. Asimismo, los estados inmaduros contribuyen a la transformación física del suelo al abrir túneles que ayudan a mejorar la infiltración y la aireación. No obstante, el conocimiento de algunas familias es incompleto en varias regiones del país (Halffter, 1998).

Estudios previos demuestran cambios en la abundancia y estructura de las especies de coleópteros coprófagos en un bosque seco de Tolima (Escobar, 1997). Por otra parte se demostró que la vegetación influye directamente en los microhábitat de los carábidos lo que se refleja como diferencias en las poblaciones y la diversidad de los mismos, lo cual puede ser explicado por la diferencia estructural y las condiciones microclimáticas que los bosques proporcionan (Pearce et al., 2003).

Es debido a la importancia ecológica de los insectos, particularmente la de los escarabajos.

Que con este trabajo se contribuye al conocimiento actual de la coleopterofauna de Guanajuato por medio de la evaluación de la diversidad de familias de coleópteros asociados a dos tipos de vegetación características de la Sierra Gorda de Guanajuato.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

El municipio de Xichú está totalmente dentro de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda de Guanajuato (RBSGG) y tiene una superficie de 912,20 kilómetros cuadrados. Limita al norte con el estado de San Luis Potosí, al este con el municipio de Atarjea, al sur con el estado de Querétaro y los municipios de Santa Catarina y el oeste de Victoria. La RBSG se extiende desde Querétaro hasta la parte nororiental del estado de Guanajuato. Es una zona de alta biodiversidad, dada la variedad de tipos de vegetación y accidentada orografía (CONANP, 2005).

La comunidad de “El Ocotero” está localizada en el municipio de Xichú, con las coordenadas centrales 21°18'51.9" N y 100°06'38.2" O. Los principales usos de la tierra son la agricultura, extracción de madera y ganadería por lo que parte de la vegetación original ha dado paso a un mosaico de hábitats con grandes extensiones de bosque de pino y encino, encino-pino, cedro, además de ecosistemas acuáticos.

### **Muestreo y captura**

Se utilizó la metodología propuesta por Sagredo et al. (2002), y Escobar (1997) con algunas modificaciones. Los especímenes se capturaron sistemáticamente con trampas tipo pitfall para los coleópteros epigeos. Se empleó un atrayente dulce y uno agrio a base de agua, avena, jugo de piña y azúcar; y agua, avena y cerveza, respectivamente.

Todas las trampas fueron monitoreadas por la mañana y por la noche. De forma adicional, se realizaron capturas manuales, para complementar el muestreo de los grupos que no fueran atraídos por el cebo.

### **Fijado e identificación**

Los organismos colectados fueron clasificados y preservados en alcohol al 70% o a -20°C. Posteriormente se identificaron hasta familia mediante la guía taxonómica de Morón et al. (1997). Los datos recabados fueron capturados en el software Microsoft Office Excel 2010 para realizar los análisis ecológicos.

Índices de diversidad. La riqueza de familias (S) se determinó con el índice de Margalef y el índice de Menhinick. La diversidad se estimó calculando los índices de Shannon-Wiener (H'), (Clarke y Warwick, 2001; Villarreal et al., 2004). La equidad de Pielou se estimó para establecer que tan uniformes fueron las abundancias presentes en la muestra. Todos los valores fueron calculados mediante el paquete estadístico PAST v2.01. Se evaluó la similitud existente entre ambas comunidades con el uso del Software estadístico InfoStat versión 2013 mediante el índice de similaridad de Bray-Curtis, utilizando datos de abundancia y riqueza de las familias, así como el peso de las familias compartidas (Legendre y Legendre, 1998).

Grupos funcionales. Las familias se definieron en grupos funcionales (gremios tróficos) de acuerdo a sus hábitos alimenticios con base a lo reportado por Borror et al., 1989. Se dividieron 5 grupos principales: fitófagos, micófagos, depredadores, saprófagos y coprófagos.

## Resultados y discusión

### Abundancia de Coleópteros

Se establecieron dos estaciones ecosistémicas basadas en el tipo de vegetación, una de Encino-Pino (EP) y una de bosque de Cedro (C). En dichas estaciones se llevaron a cabo nueve muestreos sistemáticos del mes de Septiembre a Mayo de 2014. Se registró un total de 739 organismos que pertenecen a dos Subórdenes y 14 Familias. Dentro del Suborden Adephaga solamente se registró a la familia Carabidae, en comparación con el orden Polyphaga que presentó 13 Familias: Cerambycidae, Chrysomelidae, Cleridae, Coccinellidae, Curculionidae, Lampyridae, Lycidae, Mycetophagidae, Nitidulidae, Plecomidae, Scarabaeidae, Staphylinidae y Zopheridae (Ver Tabla 1).

La diferencia encontrada en la diversidad de familias probablemente sea consecuencia de las diferencias de la estructura de la vegetación (Pearce et al., 2003).

		EP	C
<b>ADEPHAGA</b>			
Ca	Carabidae	+	+
<b>POLYPHAGA</b>			
Ce	Cerambycidae	+	-
Ch	Chrysomelidae	+	+
Cl	Cleridae	+	+
Co	Coccinellidae	+	-
Cu	Curculionidae	+	+
La	Lampyridae	+	-
Ly	Lycidae	+	+
My	Mycetophagidae	+	+
Ni	Nitidulidae	+	+
Pl	Plecomidae	+	-
Sc	Scarabaeidae	+	+
St	Staphylinidae	+	+
Zo	Zopheridae	+	-

**Tabla 1** Lista anotada de las familias de coleópteros registrados en la comunidad de El Ocotero, Xichú. Bosque de Encino-Pino (EP), Bosque de Cupressus lusitanica (C). El signo (+) indica presencia y (-) ausencia.

### Índice de Margalef y de Menhinick

El tipo de vegetación con más riqueza de Familias fue EP con 14 Familias y el bosque de C con solo nueve Familias (Ver Tabla 1). Los índices de diversidad de Margalef (Dmg) y de Menhinick (Dmn) confirman que el bosque EP es la zona con mayor riqueza de familias de escarabajos con valores de  $Dmg = 2,75$  y  $1,24$ , y valores de  $Dmn = 1,32$  y  $0,35$  para EP y C respectivamente. El bosque EP presentó un valor de diversidad  $H' = 1,99$ , mientras que el bosque de C obtuvo un valor de  $H' = 0,54$ . El bosque de EP fue la zona que presentó la mayor equidad (J'), teniendo un valor de  $J' = 0,75$  y  $0,25$  para el bosque de C. Los valores de dominancia para EP y C ( $0,18$  y  $0,76$ ) fueron inversos a los valores de equidad.

Las familias encontradas en este estudio corresponden a familias con una distribución tanto neártica como neotropical, lo cual se esperaba debido a la zona la cuál es una biota conformada por la confluencia de dichas regiones biogeográficas (Lawrence y Newton, 1995).

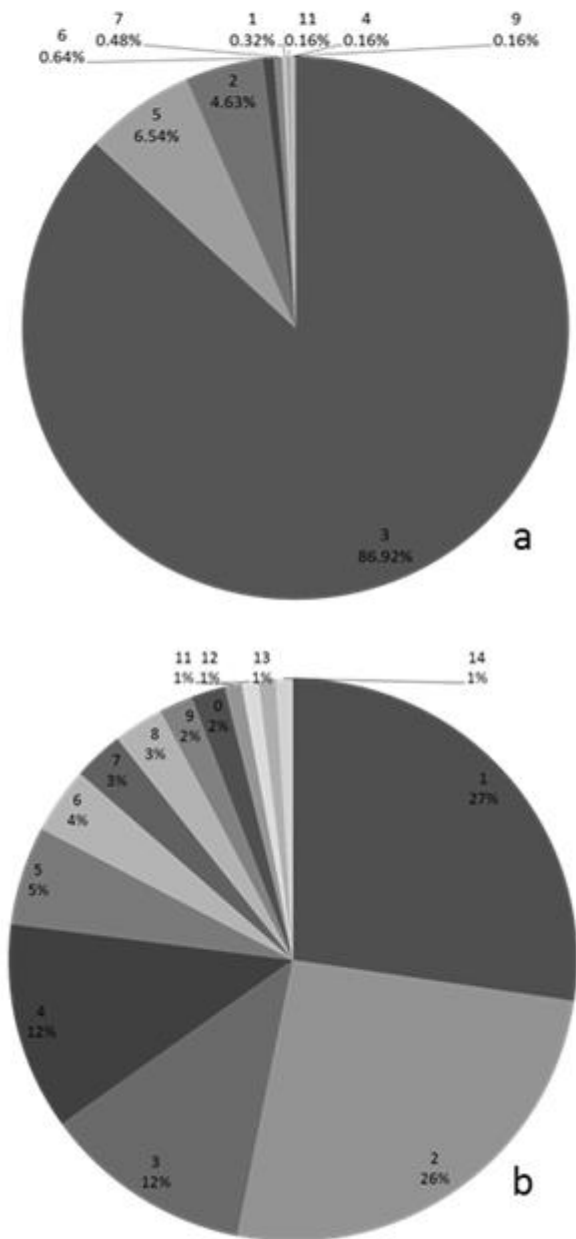
	EP	C
Riqueza	14	9
Dmg	2.75	1.24
Dmn	1.32	0.35
No. De Individuos	112	627
Diversidad (H')	1.99	0.54
Equidad (J')	0.75	0.25
Dominancia	0.18	0.762

**Tabla 2** Valores de riqueza, abundancia, diversidad, equidad y dominancia calculados para los coleópteros registrados en bosque de EP y C. Dmg, índice de Margalef; Dmn, índice de Menhinick.

**Abundancia de familias**

Las familias de coleópteros más dominantes en el bosque de EP fueron Curculionidae con el 27%, Nitidulidae con el 26%, Carabidae y Lycidae con el 12% respectivamente, las familias menos abundantes corresponden a Cleridae, Cerambycidae, Coccinellidae y Pleocomidae con el 1% (Ver Figura 1a). La familia dominante en el bosque de C corresponde a Carabidae con el 86.92 % y la menos dominantes para Mycetophagidae, Lycidae y Staphylinidae con el 0.16% respectivamente (Ver Figura 1b).

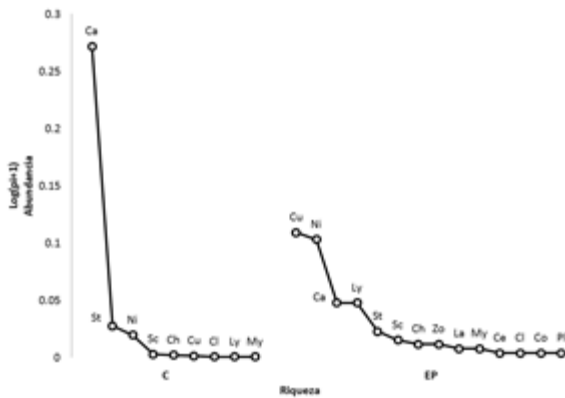
- 1. Curculionidae
- 2. Nitidulidae
- 3. Carabidae
- 4. Lycidae
- 5. Staphylinidae
- 6. Scarabaeidae
- 7. Chrysomelidae
- 8. Zopheridae
- 9. Mycetophagidae
- 10. Lampyridae
- 11. Cleridae
- 12. Cerambycidae
- 13. Coccinellidae
- 14. Pleocomidae



**Figura 1** Porcentaje de abundancia de las familias de coleópteros registradas en el bosque de EP (a) y C (b).

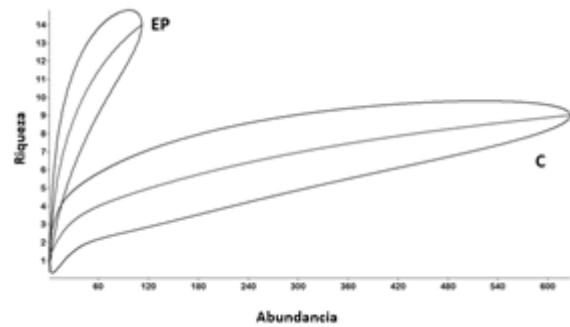
**Rango-abundancia**

En la figura 2, se presentan las curvas de rango-abundancia o curvas de Whittaker para ambos tipos de vegetación (EP y C), se compararon los valores de la riqueza (número de familias) y la abundancia (número de organismos). Como se observa, el bosque de C presento un mayor número de organismos para la familia Carabidae pero menor riqueza con solo nueve familias presentes. Por el contrario, el bosque de EP presento un menor número de organismos pero con una mayor riqueza con 14 familias presentes. La familia Carabidae estuvo presente durante casi todo el muestreo en los dos tipos de vegetación, aunque su abundancia fue mayor en el mes de Septiembre. Estas fluctuaciones en el número de organismos por temporada puede deberse a variaciones en la precipitación, ya que algunas especies responden y tienen mayor actividad al inicio de la época de lluvias y otras después de la misma (Morón et al., 1997).



**Figura 2** Curvas de rango-abundancia de la entomofauna de coleópteros para el bosque de C y EP. Ca, Carabidae; Ce, Cerambycidae; Ch, Chrysomelidae; Cl, Cleridae; Co, Coccinellidae; Cu, Curculionidae; La, Lampyridae; Ly, Lycidae; My, Mycetophagidae; Ni, Nitidulidae; Pl, Plecomidae; Sc, Scarabaeidae; St, Staphylinidae; Zo, Zopheridae.

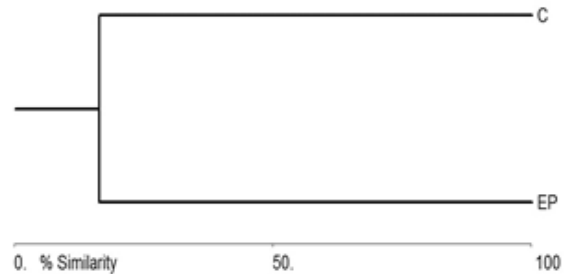
Las curvas de rarefacción nos muestran los mismos resultados en cuanto a la abundancia y diversidad de familias en ambos tipos de vegetación. El Bosque de EP presenta una mayor diversidad de familias pero con menor abundancia. Por el contrario la vegetación C, presenta una menor diversidad de familias pero con mayor número de ejemplares (Ver Figura 3).



**Figura 3** Curvas de rarefacción que refleja la riqueza y abundancia de la familias de coleópteros

**Similaridad de Bray-Curtis**

Las pruebas de similaridad de Bray-Curtis reflejan una clara diferencia de los dos tipos de vegetación en cuanto la presencia de la diversidad de familias y el número de organismos presentes durante el periodo de colecta, reflejando claramente que el bosque de EP representa un nicho que alberga una mayor diversidad de familias de coleópteros con un valor de similitud con respecto al bosque de C de apenas 16.13% (Ver Figura 3).



**Figura 4** Dendrograma de similitud de coleópteros encontrados en los bosques de EP y C.

**Grupos funcionales**

Se identificaron cinco gremios tróficos definidos por la familia, los hábitos alimenticios y las estructuras bucales de los coleópteros encontrados en los dos tipos de vegetación, siendo los mismos: Coprófagos, Depredadores, Fitófagos, saprófagos y micófagos. En ambas comunidades resaltaron los fitófagos, seguidos de los saprófagos y los depredadores con un 34%, 27% y 26% respectivamente (datos no mostrados).

**Conclusiones**

Se registraron 2 subórdenes y 14 familias de escarabajos asociados al bosque de encino-pino y cedro.

Las familias más abundantes fueron Carabidae con 558 individuos registrados, Nitidulidae con 59, Staphylinidae con 47 y Curculionidae con 34. Se observó que la zona mejor conservada es el bosque de encino-pino ya que cuenta con una mayor riqueza de familias e índices de diversidad más altos, en comparación con el bosque de cedro, el cual posee un mayor grado de perturbación por actividades antropogénicas como la extracción de recursos madereros.

**Agradecimientos**

A Alejandro Zúñiga Zúñiga y José Braulio Romero López por el apoyo y dedicación en los muestreos de campo.

**Referencias**

Borror, D., Triplehorn, C. & Johnson, N. (1989). An introduction to the study of insects. 7th Edition. Saunders College Publishing. New York. pp. 365.

Clarke, K. Warwick, R. (2001). Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Natural Environment Research Council, UK. pp. 144.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, CONANP. (2005). Estudio previo justificativo para el establecimiento del Área Natural Protegida Reserva de la Biósfera Sierra Gorda de Guanajuato. México.

Escobar, S. (1997). Estudio de la comunidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco al norte de Tolima, Colombia. *Caldasia*, 3, 419-430.

García, J. Y Pardo, L. (2004). Escarabajos Scarabaeinae saprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un Bosque muy Húmedo Premontano de los Andes Occidentales Colombianos. *Ecol. Aplicada*, 3, 59-63.

Halffter, G. (1998). A strategy for measuring landscape biodiversity. *Biology International*, 36, 3-17.

Halffter, G. y Favila, M (1993). The Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventoryng and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biol. Int.* 27: 1-21.

Lawrence, J y Newton, A. (1995). Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names), *Biology, Phylogeny, and Classification of Coleoptera: Papers Celebrating the 80th Birthday of Roy A. Crowson*. Museum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa. pp. 779-1006.

Legendre, P. Legendre, L. (1998). *Ecología numérica*. Edición segundo Inglés. Elsevier Science BV, Amsterdam.

Michán, L. Morrone, J. (2002). Historia de la taxonomía de Coleoptera en México durante el siglo XX: una primera aproximación. *Folia Entomol. Mex.*, 1, 67-103.

Morón, M., Ratcliffe, B. y Deloya, C. (1997). Atlas de los escarabajos de México, Coleoptera: Lamellicornia, Vol. I. Familia Melolonthidae. CONABIO-SME.

Noss, R. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conserv. Biol.* 4, 355-364.

Pearce, J. Venier, J. Mckee, J. McKenney, D. (2003). Influence of hábitat and microhabitat on carabid (Coleoptera: Carabidae) Assemblages in four stand types. *Canadian Entomologist.* 135, 337-357.

Pearce, J. y Venier, L. (2006). The use of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) as bioindicators of sustainable forest management: a review. *Ecol. Indicators.* 6, 780-793.

Sagredo, E., Larrain, H., Ugarte, A., Cereceda, P., Osses, M. y Farías, M. (2002). Variación espacio temporal de la entomofauna de coleópteros en el Oasis de niebla de Alto Patache (20°49's; 70°09'w) y su relación con factores geográficos. *Revista de Geografía Norte Grande.* 29, 121-133

Solervicens, J. (1995). Consideraciones generales sobre los insectos, el estado de su conocimiento y las colecciones en Simonetti, *Diversidad Biológica de Chile:* 1, 198- 210.

Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., Umaña, A. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá. pp. 236.

## Propiedades fisicoquímicas de cinco variedades de guayaba, adaptadas a la región productora de Zitácuaro michoacán

CORTES, Consuelo\*†, CAZAREZ, Alejandra, YAHUACA, Berenice y JUAREZ, Ma. De Jesús

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

El objetivo fue evaluar y caracterizar los parámetros fisicoquímicos de cinco nuevas variedades de guayaba adaptadas a la región productora de Zitácuaro Michoacán. La maduración es un proceso fisiológico complejo que induce en el fruto a cambios físicos, químicos y bioquímicos hasta que este alcanza su madurez fisiológica donde se manifiestan modificaciones importantes en los principales atributos de calidad como: color, firmeza, % de acidez, pH, °Brix. Los resultados del análisis fisicoquímico son los siguientes: el diámetro ecuatorial fluctúa entre los 4.81 cm a los 5.28 cm, el diámetro longitudinal es de 4.98cm a 6.75cm, mientras que el peso está dentro de los 57.93 g a los 86.73 g. En el caso de los sólidos solubles totales su rango oscila entre los 10 °Brix a los 12 °Brix. El pH de 3.58 a 4.38, mientras que el % de acidez fue de 0.19 % a 1.21 %. Las variedades estudiadas mantienen sus características registradas, lo cual nos habla de una buena adaptación a las condiciones de la zona de Zitácuaro, Michoacán, siendo una oportunidad de ser producidas y comercializadas en esta región, permitiendo diversificar el cultivo.

**Guayaba, variedades, frutos, nutrición.**

### Abstract

The objective was to evaluate and to characterize the physical and chemical parameters of five new varieties of guava adapted to the producing region of Zitácuaro Michoacán. The maturation is a complex physiological process that it induces in the fruit to physical, chemical and biochemical changes until this one reaches its physiological ripeness where important modifications are evident in the main quality attributes: color, firmness, % acidity, pH, °Brix. The results of the physicochemical analysis are the following ones: the equatorial diameter fluctuates between 4.81 cm to 5.28 cm, the longitudinal diameter is of 4.98cm to 6.75cm, while the weight is inside 57.93 g to 86.73 g. In case of the solid entire soluble ones its status ranges between 10 to 12 °Brix. The pH from 3.58 to 4.38, while the % of acidity was 0.19 % to 1.21 %. The studied varieties maintain its registered characteristics, which speaks to us about a good adaptation to the conditions of the area of Zitácuaro, Michoacán, being an opportunity to be produced and commercialized in this region, allowing diversifies the cultivation.

**Guava, varieties, fruits, nutrition.**

**Citación:** CORTES, Consuelo, CAZAREZ, Alejandra, YAHUACA, Berenice y JUAREZ, Ma. De Jesús. Propiedades fisicoquímicas de cinco variedades de guayaba, adaptadas a la región productora de Zitácuaro michoacán. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:423-427

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: copenagos@yahoo.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.



## Introducción

En nuestro país el cultivo del guayabo es uno de los doce frutales de mayor importancia. El gran valor nutricional de la guayaba, debido a su alto contenido de vitamina C, atributos de calidad del fruto, como su sabor, aroma, entre otros. Además de sus propiedades atribuidas y utilizadas en la medicina tradicional, le dan a este cultivo tropical un lugar especial en la economía. (Padilla y col., 2010).

A pesar de que nuestro país está considerado como un centro de diversidad primaria de esta especie, el germoplasma cultivado “Media china” es el que predomina en las principales áreas productoras (Molina, 2009) y en menor proporción “Calvillo” o “China”. (2) (Mata y Rodríguez, 2000) (3). Siendo la variedad “media china” cultivada en un 90% de la superficie total que son frutos de forma aperada, de tamaño pequeño a mediano (<80 g), con epidermis de color amarillo brillante en frutos maduros, con pulpa de color crema a amarilla de aroma agradable y alto contenido de semilla. De acuerdo con estudios hechos por el INIFAP existe el problema en las huertas de los productores que presentan gran heterogeneidad de los árboles que resulta en una baja productividad y desuniformidad en la calidad de la fruta, esto se atribuye a la falta de germoplasma con ventajas comparativas que permitan incrementar la rentabilidad de este cultivo (1). El guayabo cultivado en las principales zonas productoras del país no ha sido aprovechada su diversidad genética mediante la selección, caracterización, evaluación y utilización del germoplasma, por lo que actualmente no se dispone de variedades con otras ventajas comparativas.

Padilla y col. 2007, reporta el trabajo realizado para lograr colectas en todo el territorio nacional durante varios años.

Haciendo énfasis a la importancia de los trabajos sobre la colecta, conservación, caracterización y aprovechamiento de la riqueza genética de diversas especies, desarrollando estudios morfológicos, anatómicos, fisiológicos, bioquímicos y genéticos reportados por varios autores. Las colectas fueron establecidas bajo condiciones de campo en el banco de germoplasma del INIFAP (Huanusco, Zacatecas, desde mediados del 2005 (Padilla y col. 2007). El mantenimiento agronómico del material se hizo de acuerdo al paquete tecnológico sugerido por el INIFAP (Padilla y col. 2007). El esfuerzo dirigido permitió la obtención de cinco nuevas variedades de guayaba, obtenidas por el método de selección individual de huertas comerciales de la región Calvillo-Cañones, Aguascalientes, (Padilla y col., 2010). A continuación se describen las características de estas variedades, registradas por el INIFAP ante el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales.

Variedad “CALVILLO SIGLO XXI”: pulpa crema, forma ovoide de 60 a 80 g, de 4.5 – 5.0 cm diámetro ecuatorial, 6-8 mm grosor de casco, 12- 14 °Brix, son frutos similares a las del tipo “media china”, los cuales tienen una gran aceptación para consumo en fresco o bien para la agroindustria.

Variedad “HUEJUCAR”: pulpa jaspeada rosa pálido-crema, fruto de forma ovoide de 80 – 100 g, de 4.8 – 5.5 cm de diámetro ecuatorial; 7 – 8 mm de grosor de pulpa, con un promedio de 175 – 200 semillas por fruto, y de 12 – 14°Brix. Esta variedad, por su color de pulpa, representa una alternativa para la diversificación de los nichos de mercado para consumo en fresco o para la agroindustria.

Variedad “HIDROZAC”: pulpa rosa, fruto de forma truncada-aperada de 90 – 110 g, de 5.0 – 5.5 cm diámetro ecuatorial, 10 -12 mm de grosor de pulpa, de 200 – 230 semillas por fruto y de 11 – 13 °Brix.

Esta variedad, por su tamaño de fruto y color de pulpa, representa una alternativa para la diversificación de los nichos de mercado para consumo en fresco o para la agroindustria.

Variedad “CAXCANA”: pulpa blanca, fruto de forma redonda, de 75 – 95 g, de 4.8 a 5.5. cm de diámetro ecuatorial, 8 – 9 mm de grosor de casco, con un promedio de 300 – 310 semillas por fruto de 11 – 13 °Brix. Esta variedad, por su color de pulpa, representa una alternativa para la diversificación de los nichos de mercado para consumo en fresco o para la agroindustria.

Variedad “MERITA”: pulpa crema obtenida, fruto de forma ovoide, de 60 – 80 g, de 4.5 – 5.0 cm de diámetro ecuatorial, 7 – 8 mm de grosor de casco, promedio de 150 – 170 semillas por fruto y 12 – 14°Brix. Esta variedad produce frutos similares a los del tipo “media china”, los cuales tienen una gran aceptación por los consumidores, dado su aroma, sabor y consistencia.

Con la finalidad de evaluar la pertinencia de producir las variedades registradas en regiones importantes y ya productoras del fruto, se cuenta con huertas experimentales, para evaluar la adaptación de las variedades mencionadas. La zona productora del oriente del estado de Michoacán cuenta con una de estas huertas, en Zitácuaro; lugar del cual se tomaron las muestras utilizadas en este trabajo. Las muestras representativas de cada variedad se cosecharon en el mismo estado de maduración para su evaluación, estado rayado.

## **Metodología a desarrollar**

### **Tamaño y peso**

El diámetro ecuatorial (DE) y diámetro longitudinal (DL) se midió según lo establecido en la Norma Mexicana NMX-FF-009-1982.

El resultado fue expresado en centímetros. La medición del peso se llevó a cabo por medio de una balanza analítica marca LEVAD (220g) de manera individual a cada fruto.

### **Firmeza**

Fue utilizado un Texturómetro modelo TA-XT2t, al cual se ajustó a una velocidad de 2 mm/s y una compresión sobre el fruto de 5 mm, utilizando un plato de compresión de 75mm. Los resultados fueron expresados en Newton.

### **Sólidos solubles totales**

Se utilizó un refractómetro manual marca ATAGO con rango de 0-50°Brix, según indicado por la Norma Mexicana NMX-FF-015-1982, que consistió en tomar de dos a tres gotas de pulpa para colocar en la base del refractómetro y tomar la lectura.

### **Acidez iónica**

Se pesó 1g de la pulpa diluida en 50 ml de agua destilada, como indica la Norma Mexicana NMX-F-317-S-1978. Se calibró el potenciómetro marca CORNING Pinnacle con soluciones reguladoras de pH 4 y 7 marca J.T.Baker y se realizó la lectura.

### **Acidez titulable**

Se pesó 1g de la pulpa diluida en 50 ml de agua destilada, se adicionó 3 gotas de solución de fenolftaleína posteriormente se tituló con NaOH al 0.1 N hasta obtener color rosado persistente por 30 segundos (NMX-FF-011-1982). Los resultados se expresan en % de acidez (ácido cítrico).

## Diseño experimental y Análisis estadístico

El Diseño Experimental fue completamente al azar con tres repeticiones.

Para las cinco variedades: Calvillo S-XXI, HidroZac, Huejucar, Caxcana, Merita. Los Tratamientos fueron: Tamaño (DE y DL), peso, firmeza, Sólidos Solubles Totales, acidez iónica, acidez titulable. A las variables evaluadas se les realizó un análisis de varianza (ANOVA) con prueba de Tuckey-Kramer a  $P \leq 0.05$ .

## Resultados

### Caracterización Físicoquímica

La maduración es un proceso fisiológico complejo que induce en el fruto a cambios físicos, químicos y bioquímicos hasta que este alcanza su madurez fisiológica donde se manifiestan modificaciones importantes en los principales atributos de calidad como: color, sabor, aroma, textura y otros los cuales pueden ser medidos por medio del % de acidez, pH, °Brix, etc (Maldonado, 2011).

Los resultados del análisis físico de las cinco variedades evaluadas se muestran en la Tabla 1.

Variedad	Peso (g)	DE (cm)	DL (cm)	Firmeza (N)
Hidrozac	85.79 ±6.89 <sup>A</sup>	5.19 ±0.2 <sup>AB</sup>	6.75 ±0.3 <sup>A</sup>	42.56 ±1.71 <sup>A</sup>
Calvillo S-XXI	67.95 ±6.35 <sup>B</sup>	4.94 ±0.1 <sup>BC</sup>	5.92 ±0.2 <sup>B</sup>	39.2 ±2.00 <sup>A</sup>
Caxcana	86.73 ±8.14 <sup>A</sup>	5.15 ±0.3 <sup>AB</sup>	5.99 ±0.4 <sup>B</sup>	42.24 ±1.76 <sup>A</sup>
Huejucar	57.93 ±7.9 <sup>C</sup>	4.81 ±0.2 <sup>C</sup>	4.98 ±0.1 <sup>C</sup>	31.14 ±0.98 <sup>B</sup>
Merita	79.24 ±6.83 <sup>A</sup>	5.28 ±0.1 <sup>A</sup>	5.89 ±0.2 <sup>B</sup>	44.85 ±2.73 <sup>A</sup>

**Tabla 1** Parámetros físicos evaluados en cinco variedades de guayaba. ± desviación estándar literales iguales en la columna indica que no hay diferencia estadística ( $P < 0.05$ )

Los resultados del análisis químico de las cinco variedades evaluadas se muestran en la Tabla 2.

Variedad	SST (°Brix)	Acidez (% AC*)	pH
Hidrozac	12.33 ±0.5 <sup>A</sup>	1.21 ±0.08 <sup>A</sup>	3.76 ±0.07 <sup>C</sup>
Calvillo S-XXI	11.66 ±0.5 <sup>C</sup>	0.80 ±0.03 <sup>C</sup>	3.58 ±0.06 <sup>D</sup>
Caxcana	11.33 ±0.5 <sup>B</sup>	1.03 ±0.01 <sup>B</sup>	3.59 ±0.03 <sup>D</sup>
Huejucar	10.33 ±0.5 <sup>CD</sup>	0.73 ±0.10 <sup>C</sup>	4.38 ±0.06 <sup>A</sup>
Merita	10.00 ±0.0 <sup>D</sup>	0.19 ±0.01 <sup>D</sup>	3.97 ±0.06 <sup>B</sup>

**Tabla 2** Parámetros químicos evaluados en cinco variedades de guayaba. ± desviación estándar literales iguales en la columna indica que no hay diferencia estadística ( $P < 0.05$ )

## Conclusiones

De los parámetros registrados para cada variedad, que podemos comparar con los evaluados, concluimos que mantienen el diámetro ecuatorial, las cinco variedades. El peso de las variedades Hidrozac, Caxcana y Merita, mantienen el peso reportado.

En cuanto a los °Brix tres de las cinco variedades (Hidrozac, Calvillo S-XXI y Caxcana) están en el rango similar al dato registrado.

Los resultados obtenidos permiten concluir que las cinco variedades estudiadas están adaptadas a la zona productora de Zitácuaro.

Todas ellas se clasifican en la categoría Primera, ya que presentan peso y diámetros de acuerdo a la norma corespondiente.

Presentan las características deseadas para su consumo en fresco y de buena calidad: SST, pH, % de acidez y firmeza.

**Referencias**

MALDONADO-Nora†). Método para la determinación de maduración en variedades de guayaba (*Psidium guajava* L.). tesis para obtener el título profesional de Químico Farmacobiólogo. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia Michoacán. 2011, Pág. 19-21.

MATA-I.†, RODRÍGUEZ-A. Cultivo y Producción del Guayabo. Segunda Edición, Ed. Trillas, México. 2000.

MOLINA-E. †, Resúmenes Ejecutivos (Ejercicio Fiscal). Servicio nacional de inspección y certificación de semillas (SNICS.SAGARPA-SINAREFI) Texcoco, Edo. De México. 2009. Pág. 90

PADILLA-José, GONZALEZ-Ernesto, PERALES-Miguel. “Nuevas variedades de Guayaba (*Psidium guajava* L.)”, Folleto Técnico No. 42, INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2010. ISBN: 978-607-425-510-2. Total de 31 páginas, Tiraje de 1,000 ejemplares.

PADILLA-José, GONZALEZ-Ernesto, PERALES-Miguel, REYES-Héctor, OSUNA-Esteban. “Variabilidad del fruto de la guayaba (*Psidium guajava* L.) mexicana”, Folleto Técnico No. 42, INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2007. ISBN: 978-607-425-510-2. Total de 31 páginas, Tiraje de 1,000 ejemplares.

## Efecto bioinsecticida de extracto etanólico de higuierilla (*Ricinius communis* L) y lantana (*Lantana camara* L) sobre mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn) en tomate

GUEVARA, Luis\*†, ANDRIO, Enrique, CERVANTES, Francisco, RODRÍGUEZ, Daniel, ROBLES, René, MONDRAGON, Wendy y PEREZ, Davino

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

La mosca blanca (*Bemisia tabaci* L.), es una de las principales plagas que más pérdidas ocasiona en el cultivo de tomate, su control se basa principalmente en productos sintéticos, que con el paso del tiempo resultan menos efectivos, por tal motivo en la presente investigación se evaluaron concentraciones de 30, 20 y 10 % (v/v) de extractos vegetales de hojas de lantana (*Lantana camara*) y de hojas jóvenes y maduras de higuierilla (*Ricinus communis*) sobre la mortalidad del segundo estadio ninfal de mosca blanca a 24, 48, 72, 96 y 120 h después de la exposición y se determinó la eficiencia en el control de este insecto plaga con extractos de higuierilla y lantana. Los resultados muestran que el extracto de hojas jóvenes de higuierilla a concentraciones de 10 y 15% dio los mejores resultados de control, al presentar mortalidades de 82.4 y 79.8 % a las 120 h respectivamente, mientras que para el extracto de hojas de lantana la mortalidad observada fue de 61.9% a la concentración de 15%.

**Extractos vegetales, Higuierilla, Lantana, Bemisia tabaci**

### Abstract

White fly (*Bemisia tabaci* L.) is one of the most important pests that causes the mayor losses in tomato planting, its control is based on synthetic products mainly, that in the course of time they prove to be less effective, for this reason in this investigation concentrations of 30, 20 and 10 % ( v / v ) of vegetable extracts of lantana leaves (*Lantana camara*) and young and mature leaves of castor plant (*Ricinus communis* L) were evaluated to determine mortality on the second instar of white fly at 24, 48, 72, 96 and 120 hours of exposure and determine their efficiency of control in this pest. Results show that the extract of castor young leaves at 10 and 15 % concentrations obtained the best results of control, with mortalities of 82.4 y 79.8 % respectively at 120 hours of exposure. Meanwhile for the lantana leaves extract the mortality observed was 61.9 % at 15% concentration.

**Vegetable extracts, Castor plant, Lantana, Bemisia tabaco**

**Citación:** GUEVARA, Luis, ANDRIO, Enrique, CERVANTES, Francisco, RODRÍGUEZ, Daniel, ROBLES, René, MONDRAGON, Wendy y PEREZ, Davino. Efecto bioinsecticida de extracto etanólico de higuierilla (*Ricinius communis* L) y lantana (*Lantana camara* L) sobre mosca blanca (*Bemisia tabaci* Genn) en tomate. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:428-434

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: lpguevara@itroque.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La mosquita blanca (*Bemisia tabaci*) ocasiona la transmisión de enfermedades virósicas, succión de savia y excreción de mielecilla, causando disminución en el rendimiento y calidad de la cosecha en tomate (González et al., 2006). El control de la mosquita blanca generalmente se realiza con insecticidas de alta toxicidad (Ruiz y Aquino, 1996), lo que ha originado grandes inconvenientes, como la inducción de resistencia en las plagas, alteración del equilibrio dinámico de los ecosistemas terrestres y acuáticos, acumulación de residuos tóxicos, eliminación de enemigos naturales (Lannacone y Lamas, 2003; Viglianco et al., 2006), la muerte de seres humanos y animales domésticos por intoxicación causada por la exposición directa a los tóxicos o por el consumo de alimentos con residuos, la contaminación de prácticamente todos los componentes de la biosfera, el surgimiento de nuevas plagas y el incremento en los costos de producción (Hernández et al., 2000; Reyes et al., 2000; Rodríguez, 2000; Soto et al., 2000). Numerosos estudios se han realizado para la búsqueda y evaluación de diferentes especies vegetales para utilizarlas como insecticidas botánicos en el control de plagas y enfermedades (López y Estrada 2005; Silva et al., 2005; Mendoza et al., 2007; Carrillo et al., 2008). Para el caso de *Bemisia tabaci*, se han evaluado extractos acuosos de higuierilla (*Ricinus communis*), paraíso (*Melia azedarach*), neem (*Azadirachta indica*) y tabaco (*Nicotiana tabacum*) (Sabillón y Bustamante, 1995), chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq) (Castillo et al., 2012), con resultados prometedores en el control de este insecto plaga.

Todo lo expuesto ha motivado a la búsqueda e integración de métodos alternativos, siendo los productos biorracionales una opción aceptable.

La utilización armónica de esta estrategia constituye una herramienta importante en los programas de manejo integrado de plagas. Por estas razones el objetivo de esta investigación consistió en determinar el efecto bioinsecticida de extracto etanólico de higuierilla y lantana en el control de mosca blanca.

## Metodología a desarrollar

El estudio se realizó en el laboratorio de Fitosanidad e invernaderos del Departamento de Ciencias Agropecuarias del Instituto Tecnológico de Roque (ITR), Celaya, Guanajuato, México.

En marzo de 2013, se colectaron hojas de Lantana camara y hojas jóvenes y maduras de *Ricinus communis* L, en las instalaciones del ITR, ubicado en las coordenadas 20°31' de LN y 100°45' de LO a una altitud de 1750 msnm (García, 1988). El material colectado se transportó al laboratorio en bolsas de papel, se cortó en trozos de 2 cm y se introdujo por 15 días en frascos de vidrio con alcohol al 80 % para su posterior destilación; para ello se utilizó un destilador de sustancias líquidas a una temperatura de 75°C, comúnmente usado para la destilación del agua, y su purificación mediante procesos controlados de vaporización y enfriamiento; previo a la destilación se trituró el material vegetal en un mortero de mano, con el objetivo de obtener una mayor concentración en el destilado; este se almacenó en frasco de vidrio color ámbar y se refrigeró a 7°C para su posterior utilización.

La cría de la colonia de *Bemisia tabaci* se realizó en condiciones de invernadero (26 ± 4 °C de temperatura, 70% de H.R. y 14:10 h luz: oscuridad), en plantas de tomate que fueron trasplantadas en bolsas de plástico con capacidad de 5 L con tierra, perlita y composta en proporción 1:1:1, regadas cada tercer día y sin fertilización química.

Se colocaron en jaulas de 30x50x150 cm cubiertas con tela de organza. No se requirió retirar a los adultos después de la ovoposición, ya que la diferenciación de los estadios ninfales es relativamente fácil.

Los bioensayos se realizaron en condiciones de laboratorio ( $24\pm 2^{\circ}\text{C}$  de temperatura, 60% de H.R. y 12:12 horas luz: oscuridad), de acuerdo con la técnica de inmersión de hoja con ligeras modificaciones (IRAC, 2005); para ello, se seleccionaron hojas del estrato medio de plantas de tomate tipo saladette libres de infestación de *B. tabaci*. En el envés de dichas hojas, se colocaron 20 ninfas de segundo estadio, luego de 30 min, las hojas se sumergieron durante 5 s en las concentraciones de 30, 20 y 10% (v/v) de los extractos de hojas de lantana y los de hojas jóvenes y maduras de higuera; para su preparación se utilizó agua destilada y el producto bionex® como dispersante, en una proporción 1 mL: 1L de agua. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 10 repeticiones y un testigo con agua y bionex®. Las hojas tratadas se dejaron secar en papel absorbente y posteriormente se colocaron en recipientes de plástico de 20 x 20 cm, con papel húmedo. Las lecturas de mortalidad se realizaron a las 24, 48, 96 y 120 h. Se consideró ninfa muerta aquella que presentaba los apéndices pegados al cuerpo, estaba deshidratada o no reaccionaba al estímulo del pincel.

El máximo nivel de mortalidad aceptable para el testigo fue del 12%; la mortalidad ocasionada por las diferentes concentraciones de los extractos fue corregida por aquella en el testigo, mediante la fórmula de Abbott (1925).

Los resultados de mortalidad corregida se sometieron a un análisis de varianza utilizando el programa SAS para Windows (2002) ( $p \leq 0.05$ ) y a una prueba de comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  mediante el mismo programa.

### Resultados y Discusión

Los resultados del análisis de varianza muestran que los extractos etanólicos de *R. communis* y *L. camara* tienen efecto altamente significativo en la mortalidad del segundo estadio ninfal de *B. tabaci*, en hojas de tomate a 24, 48, 72, 96 y 120 h después de la exposición ( $F=4.5$ , g.l.=9,  $P>0.0002$ ;  $F=4.64$ , g.l.=9,  $P>0.0001$ ;  $F=8.20$ , g.l.=9,  $P>0.0001$ ;  $F=8.12$ , g.l.=9,  $P>0.0001$ ;  $F=16.82$ , g.l.=9,  $P>0.0001$ ), al respecto Castillo et al. (2012) en un estudio de extractos de *Capsicum chinense* sobre *B. tabaci* reportó resultados similares y concluyó que todos las concentraciones de los extractos evaluados presentaron efectos significativos en la mortalidad de este insecto plaga.

En el Cuadro 1 se muestran los resultados del análisis de varianza de los diferentes tratamientos y su efecto en la mortalidad de ninfas del segundo estadio en hojas de tomate a las 24, 48 y 72 h después de la exposición, en donde se observa que a las 24 h ningún tratamiento superó el 30% de mortalidad y que los tratamientos con extracto etanólico de higuera de hojas jóvenes y maduras a dosis de 5 y 15% presentaron la mayor mortalidad con 29.39 y 28.94 % respectivamente, seguidos del tratamiento del extracto de higuera de hojas maduras a dosis de 10% con 16.615%.

Mientras que a las 48 h de la exposición la mortalidad aumentó en más del 22% en todos los tratamientos con respecto a la observada a las 24 h.

El tratamiento con extracto de hojas jóvenes de *R. communis* presentó la mayor mortalidad con 40.24%; al respecto Lagunes (1994) menciona que dosis que superan el 40% de mortalidad se pueden considerar prometedoras, por lo que a este tiempo de exposición las dosis restantes de los diferentes extractos evaluados no superaron el 40% de mortalidad y no se consideran con efecto bioinsecticida prometedor en el control del segundo estadio ninfal de *B. tabaci*.

El mayor porcentaje de mortalidad a las 72 h de la exposición se observó con extracto de hojas jóvenes a dosis de 10% con 61.93% de mortalidad, los tratamientos de hojas jóvenes y maduras a dosis de 5 y 15% superaron el 49% de mortalidad, mientras que las dosis con extractos de lantana no superaron el 40% de mortalidad lo que difiere a lo reportado por Lannacone y Lamas (2003) quienes reportan mortalidad mayor del 80% a 48 h de la exposición en larvas de la polilla de la papa (*Phthorimaea operculella*) con extractos acuosos de lantana.

El porcentaje de mortalidad del segundo estadio ninfal de *Bemisia tabaci* a las 96 y 120 h después de la exposición a los diferentes extractos vegetales evaluados mostraron resultados similares (Cuadro 2), presentándose mayor mortalidad con los extractos etanólico de hojas jóvenes de *Ricinus communis* con respecto de las hojas maduras, esto posiblemente se deba a que en las hojas jóvenes se tienen mayor cantidad de metabolitos secundarios en comparación con las hojas maduras, caso similar se presenta en hojas de *Lippia origanoides* en donde se reportan diferencias significativas en el contenido de timol de aceites esenciales en hojas jóvenes y maduras (Arango et al., 2013).

La parte de la planta a utilizar, la región de origen de la misma, su estadio de desarrollo, el clima y las condiciones de crecimiento (temperatura, suelo, fertilización), así como el tipo de extracción y las condiciones de almacenamiento, para determinar los contenidos de metabolitos secundarios en plantas que se pudieran utilizar como fuente de ingredientes activos para el control de insectos plaga, son aspectos que se deben tomar en cuenta, según Cosentino et al. (1999) y McGimpsey et al. (1994).

A las 120 h posteriores a la aplicación de los extractos vegetales en estudio, se observó que solamente el tratamiento con extracto de *L. camara* y el testigo no superaron el 50% de mortalidad del segundo estadio ninfal de *B. tabaci*. Se observa que los extractos de hojas jóvenes de *R. communis* a dosis de 10 y 15 % mostraron estadísticamente mortalidad similar (82 y 79%) por lo que para cuestiones prácticas es recomendable hacer aplicaciones de la dosis de 10%. Mientras que para los tratamientos con *L. cámara* la dosis con 15% supero el 60% de mortalidad, este resultado es superior al reportado por Ramírez et al. (2001) quienes observaron mortalidad acumulada en *Leptophobia aripa* del 6% con extracto acuoso de *L. cámara*.

Tratamiento	Tipo de Hoja	Dosis (%)	Tiempo de exposición		
			24 h	48 h	72 h
<i>R. communis</i>	Joven	10	12.82 bc	40.24 a	61.93 a
<i>R. communis</i>	Joven	5	29.39 a	40.24 ab	53.30 ab
<i>R. communis</i>	Madura	15	28.94 a	37.33 ab	52.37 ab
<i>R. communis</i>	Madura	5	11.66 bc	28.98 bc	49.56 ab
<i>R. communis</i>	Joven	15	7.09 bc	32.61 bc	49.06 ab
<i>L. camara</i>	J y M <sup>1</sup>	15	8.55 bc	26.61 bcd	39.83 bc
<i>R. communis</i>	Madura	10	16.61 ab	28.49 bc	36.45 bc
<i>L. camara</i>	J y M <sup>1</sup>	10	11.662bc	23.80 bcd	35.18 bc
<i>L. camara</i>	J y M <sup>1</sup>	5	9.92 bc	17.37 cd	26.60 c
Testigo	--	0	2.37 c	10.11 d	1.90 d

<sup>1</sup>Hoja joven y madura

**Tabla 1** Porcentaje de mortalidad del segundo estadio ninfal de *Bemisia tabaci* a las 24, 48 y 72 h de exposición a extractos vegetales etanólicos de *Ricinus communis* y *Lantana camara*.



Tratamiento	Tipo de Hoja	Dosis (%)	Tiempo de exposición	
			96 h	120 h
<i>R. communis</i>	Joven	10	74.0 a	82.4 a
<i>R. communis</i>	Joven	15	69.1 a	79.8 a
<i>R. communis</i>	Joven	5	61.4 ab	69.6 ab
<i>R. communis</i>	Madura	15	59.8 ab	67.6 ab
<i>R. communis</i>	Madura	5	58.2 ab	66.5 ab
<i>R. communis</i>	Madura	10	49.9 bc	62.4 bc
<i>L. cámara</i>	J y M <sup>1</sup>	15	47.8 bc	61.9 bc
<i>L. cámara</i>	J y M <sup>1</sup>	10	47.5 bc	58 bc
<i>L. cámara</i>	J y M <sup>1</sup>	5	37.4 c	48.1 c
Testigo	--	0	11.8 d	2.5 d

<sup>1</sup>Hoja joven y madura

**Tabla 2** Porcentaje de mortalidad del segundo estadio ninfal de *Bemisia tabaci* a las 96 y 120 h de exposición a extractos vegetales etanólicos de *Ricinus communis* y *Lantana cámara*.

## Conclusiones

El extracto etanólico de hojas jóvenes de *Ricinus comunis* a dosis de 10 % tienen efecto bioinsecticida sobre ninfas del segundo estadio de *Bemisia tabaci* a las 72, 96 y 120 h de exposición, al superar el 50% de mortalidad. Los extractos de hojas jóvenes superaron en mortalidad observada en todos los tiempos de exposición a los de hojas maduras, por lo que se presume que las hojas jóvenes tienen mayor contenido de metabolitos secundarios.

El extracto etanólico de hojas de *Lantana camara* tiene efectos prometedores como bioinsecticida para ninfas del segundo estadio de *Bemisia tabaci* a las 120 h de exposición al superar el 60% de mortalidad.

## Referencias

Abbott, W.S., 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide, *J. Econ. Entomol.*, 18: 265-267.

Arango, B. O., Hurtado B. A. M., Toro S. I. 2013. Efecto del origen, la época de recolección y la edad de las hojas en el rendimiento y el contenido de timol de aceites esenciales de *Lippia origanoides* H.B.K. *Acta Agronómica* 61(3):207-213.

Carrillo R. J. C.; Vásquez O. R., Ríos D. A., Jerez S. M. P. Villegas A. Y. 2008. Extractos vegetales para el control de plagas del follaje del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en Oaxaca, México. VIII Congreso científico de SEAE. "Agricultura y Alimentación Ecológica". Bullas, Murcia, España

Castillo S. L. E., Jiménez O. J. J., Delgado H. M.A. 2012. Actividad Biológica in vitro del extracto de *Capsicum chinense* Jacq contra *Bemisia tabaci* Genn. *Revista Chapingo Serie Horticultura* (3) 18: 345-356

Cosentino, S., Tuberoso, G., Pisano, B., Satta, M., Mascia, V., Arzedi, E. y Palmas, F. 1999. In vitro antimicrobial activity and chemical composition of Sardinian *Thymus* essential oils, *Letters in Applied Microbiology*. 29:130-135

García E .1988. Codificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarla a las condiciones de la República Mexicana). Editotial Universidad Nacional Autonoma de México. 2da Edición. p. 243

González A. A.; Pozo N. E., M. Galván P. B., González C. y González C. J. 2006. Extractos vegetales y aceites minerales como alternativa de control de mosca blanca (*Bemisia* spp.) en berenjena (*Solanum melongena* L.) en el valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Revista UDO Agrícola* 6 (1):84-94.

Hernández del Ángel, F. A.; Y. Jasso P.; N. C. Cárdenas O.; B. I. Juárez F. y J. Fortanelli M. 2000. Actividad de *Chrysactinia mexicana* Gray y *Tagetes lucida* Cav. sobre *Sitophilus zeamais*. Memorias del VI Simposio Nacional sobre Sustancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. Acapulco, Guerrero, México.

Lannacone J., G. Lamas, 2003. Efecto insecticida de cuatro extractos botánicos y del cartap sobre la polilla de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lepidoptera: Gelechiidae), en el Perú. *Entomotropica*. Vol. 18(2): 95-105.

Lannacone, J.; Lamas, G. 2003. Efectos toxicológicos de molle (*Schinus molle*) y lantana (*Lantana camara*) sobre *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae), *Trichogramma pintoi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae) en el Perú. *Agricultura Técnica* 63: 347-360.

IRAC (Insecticide Resistance Action Committee) (2005). Susceptibility Test Methods Series: Method 2 "Psylla spp. En [www.iraonline.org/documents/method2.pdf](http://www.iraonline.org/documents/method2.pdf) fecha de consulta: junio, 2015)

Lagunés, A. 1994. Extractos, polvos vegetales y minerales para el combate de plagas del maíz y del frijol en la agricultura de subsistencia. Memoria. Colegio de Postgraduados, USAID, CONACYT, BORUCONSA. Montecillo, Texcoco, México. 31 p.

López Díaz, L. M. T. y Estrada O. J., 2005. Los bioinsecticidas de neem en el control de plagas de insectos en cultivos económicos. *La Habana Cuba. Rev. FCA, UNCuyo*. Tomo XXXVII. N° 2. Año 2005. 41-49

McGimpsey J.A., Douglas M.H., Van Klink J.W., Beauregard D.A., Perry N.B. (1994). Seasonal variation in essential oil yield and composition from naturalized *Thymus vulgais* L. in New Zealand. *Flavour Fragrance* 9: 347-352.

Mendoza C.B., Moreno M.N., Weil M., Elango F. 2007. Evaluación del efecto de extractos vegetales sobre el crecimiento in vitro de *Phytophthora palmivora* Butl. y *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. *Tierra Tropical* (2007) 3 (1): 81-89

Ramírez, M. L.A., García B. L. E., Rodríguez H. C., Helda E. Morales H. E., Castro R.A.E. 2001. Evaluación del efecto insecticida de extractos de plantas sobre *Leptophobia aripa* Elodia. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) No. 60:50-56

Reyes Cruz H.; J. del Real S. y A. Castro P. 2000. Manejo Integral de plagas con el uso de insecticidas botánicos y control Biológico, Una experiencia de la Costa de Oaxaca. Memorias del I Simposio Internacional y IV Nacional sobre sustancias vegetales y minerales en el combate de plagas. Acapulco, Guerrero, México.

Ruiz, V. J y Aquino B. T. 1996. Control integrado de mosquita blanca en tomate y chile por métodos de bajo impacto ecológico. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Oaxaca. p. 12

Sabillón, A. y Bustamante, M. 1995. Evaluación de extractos botánicos para el control de plagas del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *CEIBA*. Volume 36(2):179-187

SAS Institute Inc. (2002). Guide for personal computers. SAS institute, Cary, N.C.

Soto Nieto, R. M.; B. I. Juárez F. y Y. Jasso P. 2000. Evaluación insecticida de *Parthenium incanum* y de *Zinnia* spp. en *Sitophilus zeamais*. Memorias del VI Simposio Nacional sobre Sustancias Vegetales y Minerales en el Combate de Plagas. Acapulco, Guerrero, México.

Viglianco, A.; Novo, R.; Cragolini, C.; Nassetta, M. 2006. Actividad biológica de extractos crudos de *Larrea divaricata* Cav. y *Capparis atamisquea* Kuntze sobre *Sitophilus oryzae* (L.). *Agriscientia* 23: 83-89.

## Establecimiento de un Huerto Semillero para obtención de germoplasma de Moringa Oleífera, en el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Michoacán

PANIAGUA, Antonio\*†, CHORA, José y CASTAÑEDA, Maricela

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

En el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, en el Estado de Michoacán, se han desarrollado varios ensayos sobre el aprovechamiento de la planta llamada "Moringa Oleífera", y derivado de ello se ha establecido una plantación de 1000 m<sup>2</sup>, como un huerto semillero para la obtención de germoplasma para mejoramiento genético, por su alto contenido nutrimental y medicinal, así como su potencial alternativa alimentaria en México y específicamente para la obtención de semilla mejorada bajo el método de migración asistida, para contribuir al estudio y conocimiento de esta especie, que muy pronto deberá ser considerada como una cadena de sistema producto muy rentable en varias regiones del Estado de Michoacán. Los resultados obtenidos hasta el momento de los análisis realizados nos permiten expresar la intención de que se considere técnica y económicamente rentable como un cultivo alternativo en la dieta y salud de los Michoacanos.

### Moringa, Análisis, Semilla, Genética.

### Abstract

In the Technological Institute of the Valley of Morelia in Michoacan state, we have developed several essays on the use of the plant called "Moringa" and derived from it has established a plantation of 1000 m<sup>2</sup>, like a seed orchard for obtaining germplasm for breeding, for its high nutritional and medicinal content and its potential alternative food in Mexico and specifically to obtain improved seed under the method of assisted migration, to contribute to the study and knowledge of this species, which very soon it will be considered a very profitable product chain in various regions of Michoacan system. The results to date of the analyzes performed allow us to express the intention that is considered technically and economically viable as an alternative crop in the diet and health of Michoacan.

### Moringa, Analysis, Seed, Genetics.

**Citación:** PANIAGUA, Antonio, CHORA, José y CASTAÑEDA, Maricela. Establecimiento de un Huerto Semillero para obtención de germoplasma de Moringa Oleífera, en el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Michoacán. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:435-448

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: paniagua\_18@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El estudio de la genética forestal, aporta a los investigadores, estudiantes y usuarios, la capacidad para aplicar eficazmente los programas de mejoramiento genético para el manejo sustentable de los ecosistemas, además proporciona el conocimiento de los principios de la genética forestal y la aplicación de técnicas de mejoramiento genético, así como estrategias para la conservación genotípica y fenotípica de las masas forestales, que presentan una de las mayores riquezas del país, coadyuvando a su manejo y persistencia.

El objetivo de establecer un huerto semillero de “Moringa Oleífera”, fue analizar los procesos celulares de la reproducción sexual y asexual, ya que por ser un árbol de uso múltiple, reproducirse en forma sexual y asexual, recuperador de la fertilidad de los suelos, pero lo más importante es, ser nutricional y medicinal y a través de algunos principios y formas de mejoramiento genético, obtener semillas genéticamente mejorada para la producción de aceite comestible, biodiesel y bioetanol.

Se establecieron dos métodos, uno por siembra directa con extraordinarios resultados y uno más por esquejes, con lo cual se analizaron los dos métodos y los resultados nos permiten emitir un primer avance del trabajo realizado, esta especie ha cobrado una mayor importancia por su apoyo a la nutrición como alimento y además de estarse consumiendo para diferentes enfermedades, tanto simples como crónicas.

Se menciona que regula alrededor de 300 enfermedades, pero está favoreciendo otros procesos en enfermedades que no se han mencionado. Por todo lo anterior se decidió establecer un pequeño huerto de esta especie y aprovechar la hoja para elaborar capsulas de fibra natural de Moringa.

Como un suplemento alimenticio y obtener semilla con cierta ganancia genética para continuar realizando análisis para la elaboración de aceite de semilla de Moringa.

## Antecedentes

La flora del mundo es tan amplia y compleja que cada día nos encontramos con especies de importancia económica, alimenticia y medicinal, y de acuerdo con diferentes estudios realizados científicamente, encontramos una gran cantidad de aplicaciones, como tratamientos para diferentes usos en los últimos años. La planta llamada Moringa, presenta la siguiente clasificación, desde el punto de vista de la Botánica Forestal.

Reino: Plantae	Sinonimia: hyperantheraceal
División: Magnoliophyta	
Clase: Magnoliopsida	
Orden: Brassicales	
Familia: Moringaceae	
Género: Moringa	
Especies:	Nombre común:
– Moringa arbórea	– Árbol milagroso
– Moringa borziana	– Árbol de la vida
– Moringa concanensis	– Marango
– Moringa hildebrandtii	– Paraíso
– Moringa longituba	– Palo jeringa
– Moringa drouhardii	– Paraíso blanco
– Moringa oleífera	– Moringa
– Moringa ovalifolia	– Árbol de la libertad
– Moringa peregrina	– Árbol milagroso
– Moringa pygmae	– taberinto
– Moringa rivae	
– Moringa ruspolina	
– Moringa stenopetala	

De acuerdo con la revista Mexicana de Biodiversidad (2011), la Moringa Oleífera: es un árbol multiusos para las zonas tropicales secas, argumentan que es necesario separar los usos que están identificados y fundamentados por el conocimiento científico de aquellos que no lo están y agregar que la Moringa Oleífera es un alimento nutritivo y benéfico que ofrece características muy atractivas para establecer su cultivo en comunidades sostenibles en el trópico seco de México y otros países de Latinoamérica.



**Figura 1** La planta Moringa Oleífera

Muchos productores agrícolas en México se preguntan si la planta se puede cultivar en este país, la respuesta es que ya es parte de la horticultura tradicional desde hace mucho tiempo, principalmente con fines ornamentales. La encontramos abundantemente en los pueblos de toda la costa del pacífico, desde el sur de Sonora hasta Chiapas, incluyendo el sur de la península de Baja California (al sur de la Paz y de Todos Santos).

Los ejemplares de moringa son especialmente abundantes y frondosos en las llanuras calientes del sur del Istmo de Tehuantepec. La planta también se cultiva en los poblados de las depresiones tropicales secas del país, así como en la del Balsas y la depresión central de Chiapas. La planta se encuentra en los pueblos de la zona de Infiernillo y en las cercanías de Apatzingán, así como en la región de Zitzio y el oriente del Estado de Michoacán, así como Mezcala, Iguala y Tequesquitengo.

Gracias a su distribución cultivada, la Moringa es una planta de zonas cálidas que nunca sufren heladas. En general prospera mejor por debajo de los 500 m.s.n.m. y crece muy poco cuando se cultiva en altitudes mayores de 1500 m.s.n.m.

Es probable que la planta de moringa haya llegado a territorio Mexicano por primera vez, gracias a marineros filipinos durante los viajes de la Nao de China, que cubría la ruta entre Manila y Acapulco. Si llegó de esta manera, seguramente era utilizada como alimento por los miembros de la tripulación. Este hábito de comer la planta se ha perdido a lo largo de los siglos, las plantas en cultivo informal en México tienen casi exclusivamente fines ornamentales, sin embargo, en 1959, Martínez anotó que las vainas tiernas son comestibles y se usan en sopa o se preparan a manera de espárragos: las raíces tienen sabor picante como el rábano rústico y se usan como condimento en lugar de este, las semillas maduras se tuestan y consumen como nueces, siendo su sabor dulce, ligeramente amargo y agradable, las almendras son oleaginosas, las hojas se comen como verdura y también pueden servir de forraje.



**Figura 2** Mantenimiento en el huerto.

Con el reciente auge mundial del cultivo de la Moringa, el árbol ha llegado a México en forma de semillas desde África y la India, generalmente para su cultivo en campos especializados, con la finalidad de cosechar hojas. Si bien actualmente hay en muchos países un gran interés en el aprovechamiento del árbol y la planta, ésta ha existido en México quizás por siglos.

Las personas que practican el cultivo popular de Moringa Oleífera usualmente desconocen el interés por el árbol, mientras los agricultores interesados en cultivar la planta a escalas grandes ignoran la presencia de la moringa en la horticultura tradicional mexicana, por lo cual es importante difundir sus propiedades y sus cualidades para que pueda ser aprovechada en los diferentes usos alimenticios, medicinales y para el control de algunos padecimientos.

## Materiales y Métodos

### Ubicación del área experimental

El experimento se encuentra ubicado en los terrenos del Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, en una pequeña terraza de 20 x 50 mts.

Donde puede estarse monitoreando permanentemente y obtener datos del control fenomenológico y prevenir cualquier nocivo que pudiera afectar tanto al tallo, la hoja y la semilla, como es el caso de las plagas y enfermedades.



**Figura 3** Planta Moringa Oleifera con vainas verdes.

El área fue acondicionada gradualmente, primero limpiando la superficie de la maleza que ahí existía, posteriormente barbechando con tractor y arado de discos e incorporando al suelo 500 kilogramos de lombricomposta, hasta lograr homogenizar un poco el suelo y se procedió a realizar la primera siembra directa con semilla de la región de Apatzingán, Michoacán., y otras semillas se introdujeron al invernadero en charolas, por si fallaba la siembra directa y resembrar nuevamente el área en donde fuese necesario con las plantas obtenidas en el invernadero.

### Características del Sustrato aplicado

Al momento de realizar la plantación se realizaron las siguientes actividades; primero, trazado de líneas y señalamiento para las cepas, segundo, se aperturaron las cepas aproximadamente de 50 cm de ancho por 50 cm de profundidad y se puso un sustrato (tierra de monte).

Y se colocaron las plantas en forma vertical, agregando otro porcentaje de tierra de monte para arropar la planta, de tal manera que quedara en la cepa y base de las plantas una especie de gel con alta capacidad de retención de humedad y fácil filtración en caso de abundantes lluvias, se les regó lo suficiente al momento de la plantación para que fueran desarrollando más rápido el sistema radicular para que al momento de los vientos o fuertes lluvias no les afecte las condiciones ambientales, de la misma forma el establecimiento de la plantación se realizó en una terraza que tiene arboles vivos de Eucalipto y Casuarina como barrera contra vientos.

El sustrato aplicado (tierra de monte) tiene la ventaja de que presenta características con altos niveles de micorrizas, lo que permite el rápido crecimiento de las raíces, conservación de la humedad, aereación de partículas granulosas que sirven como dren en caso de lluvias y además permite generar cierto calor en la parte de las raíces de la planta, lo que genera un crecimiento y desarrollo más rápido de estas especie en particular.

### Procedimiento Experimental

El diseño experimental más empleado en plantaciones forestales y en una gran cantidad de huertas de diferentes especies es el método de tresbolillo y marco real, por lo que, para este trabajo se decidió que el sistema empleado en la plantación fue el de marco real, con una separación de hileras de 4 metros y una de 3 metros entre planta y planta, siguiendo más o menos la curva de nivel, lo que permitió establecer 5 líneas de 20 plantas cada una a lo largo de la terraza y 20 líneas en forma transversal para cubrir un total 1000 m<sup>2</sup>.

### Mediciones realizadas a los seis meses

Desde el momento de la plantación y durante los primeros seis meses se estuvo monitoreando para determinar las siguientes variables.

- Altura de la planta (H)
- Diámetro del tallo (O)
- Número, longitud y diámetro de las ramas (NLDr)
- La cantidad de hojas por rama
- La tasa de crecimiento (TC)
- La Supervivencia (S)
- Plagas y enfermedades (A y E)

De tal manera que se obtuvo información suficiente de cada una de las plantas al llevar un registro por línea y de toda la terraza, para llevar un control sistemático de las variables antes mencionadas.

En el caso de algunas plantas que durante los primeros meses murieron, estas fueron recuperadas con plantas reproducidas en el vivero previendo estos casos para homogenizar la información.



**Figura 4** Siembra directa en bolsas y vainas de la primera cosecha.



### Diseño experimental

Para este trabajo se consideró como la unidad experimental una terraza rectangular de 20 metros de ancho por 50 metros de largo con una orientación Este – Oeste, lo que nos dio una superficie de 1000 m<sup>2</sup> y utilizando el sistema de plantación llamado marco real.

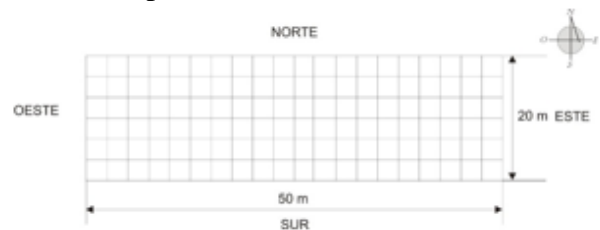
Las variables consideradas en este trabajo, fueron las siguientes: (tratamientos)

- a) Altura de la planta. Se registró la altura de la planta en dos momentos, al inicio de la plantación y seis meses después, para conocer el promedio de crecimiento de esta especie.
- b) Diámetro del tallo en centímetros. Se registró el diámetro de la planta en dos momentos, al inicio de la plantación y seis meses después, para conocer el promedio de incremento en diámetro de esta especie.
- c) Número, longitud y diámetro de las ramas (N,L,D,r). Se registraron datos de los elementos aquí considerados como evidencias de la especie en condiciones de migración asistida en los dos momentos aquí indicados.
- d) La cantidad de hojas por rama (HR). Se contabilizo el número de hojas por rama de cada uno de los árboles para conocer la producción de hoja para su aprovechamiento ya que es parte de los objetivos de este trabajo, el aprovechamiento de la hoja.
- e) La tasa de crecimiento (TC). Está determinada por el incremento en diámetro y altura de la especie objeto de estudio, lo que permite recomendar que es factible, viable y económicamente el establecimiento de la siembra del cultivo de la Moringa con fines nutrimentales y medicinales.

f) La sobrevivencia (S). Esta variable fue atendida de la siguiente manera, de cien plantas sembradas, a los tres meses se murieron cinco, mismas que fueron sustituidas como ya se dijo, por otras plantas que se tenían previstas en el invernadero, por lo que se consideró, que la sobrevivencia fue del 95% en los primeros seis meses.

g) Plagas y enfermedades (PE). Los datos y registros obtenidos a los seis meses en este trabajo, nos permiten inferir que las plantas que se murieron, posiblemente fueron afectadas al momento de la plantación, es decir, rompieron el cepellón y se quedó expuesta la raíz a condiciones ambientales y la planta no logró su desarrollo del sistema radicular, por lo que no se puede considerar como una plaga o enfermedad, sino tal vez un mal manejo, sin embargo cabe destacar que detectamos un insecto (palomilla) que deposita sus huevecillos en la parte del envés de la hoja y que si no es detectada a tiempo, al momento de cosechar la hoja puede tener un pequeño nivel de contaminación, por lo que es importante su control.

Todos los datos anteriores fueron tomados de toda la población (alrededor de 100 plantas de Moringa) y se trabajó básicamente con medias para el cálculo de las variables.



**Figura 5** Ubicación de la terraza del huerto.



**Figura 6** Vista general de la plantación.

### Tratamientos

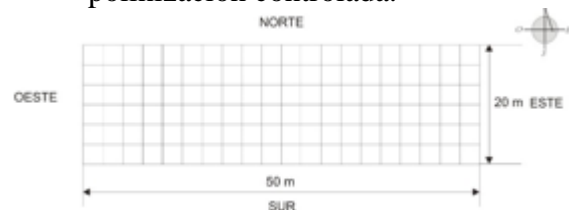
El material genético empleado fueron varetas obtenidas de árboles padres de Moringa Oleífera, mismas que se establecieron en el invernadero por espacio de 3 meses, utilizando el método por esquejes, obtenidas en el periodo de dormancia de la planta (invierno) y al inicio de la siguiente etapa de desarrollo, hasta alcanzar estar cubierta de hoja (aproximadamente 3 meses). Se estableció la plantación cuando ya tenía suficientes ramas y la hoja empezaba a brotar.

Es importante aclarar que el establecimiento de plantaciones requiere atención para la preparación del terreno, la selección de especies (moringa) y el desarrollo de las plantas en el vivero, así como el método de plantación (marco real), la densidad de la plantación y la época para plantar.

Una vez seleccionado el terreno para la plantación se procedió a lo siguiente:

- Se trazaron las líneas para hacer las cepas.
- El tamaño del hoyo fue de 50 cm de profundidad por 50 cm de diámetro.
- A cada cepa se le agregó sustrato (tierra de monte) para que se facilite el desarrollo del sistema radicular.

- Las plantas se colocaron con todo y cepellón como estaban en el invernadero, solamente separando la bolsa que las contenía.
- Se enterraron a 30 cm a diferencia de los 20 cm que tenían en la bolsa en el vivero y se les agregó nuevamente sustrato para arroparlas (tierra de monte). Lo que permite recibir el riego y este sirva para que con el sustrato se mezcle el sistema radicular.
- El sustrato empleado (tierra de monte) hace la función de retención de humedad y que esta se mantenga por más tiempo.
- La mejora genética comienza con la selección de especies y procedencias, a través de la selección de individuos, hasta llegar al establecimiento de áreas de producción de semillas, huertos semilleros, selección y desarrollo de clones superiores y diversos niveles de polinización controlada.



**Figura 7** Distribución de las hileras en el terreno del huerto.



**Figura 8** Planta de siembra directa en el terreno de Moringa Oleífera.

### Diseño experimental

El diseño en bloques completamente al azar, es el modelo experimental más común utilizado en pruebas de campo de progenie, procedencia y clonales, donde cada grupo genético en la prueba, es repetido una vez en cada bloque. Todos los grupos genéticos son arreglados aleatoriamente dentro de un bloque y un nuevo patrón de aleatorización es usado para el siguiente bloque, entendiendo como bloque la unidad de terreno que posee al menos una parcela de todas las unidades genéticas (familias, clones, procedencias), plantadas. Y en este caso repetición y bloques son sinónimos.

Así en un estudio de campo, un grupo de árboles, todos de un mismo grupo genético (familia, clones, procedencia), plantados conjuntamente de 20 árboles por hilera, es probablemente el diseño más común para los experimentos genéticos forestales.

Y se cubrió la planta, un poco más de tierra del propio terreno colocándose además un tutor, para poder llevar a cabo el riego y que las raíces de la planta inicien el proceso de adaptación y obtención de nutrientes para su crecimiento y desarrollo.



**Figura 9** Vista general de las plantas en las hileras de la terraza del huerto.

### Análisis de Laboratorio

Los estudios realizados en el laboratorio de una mezcla de harina y semilla (aproximadamente un kg de semilla y un kg. De harina) nos permitió obtener nueve muestras de 200 grs cada una de acuerdo al siguiente orden.

No. De Muestras	Tipo de muestra	Análisis	Referencia Técnica
1	Mezcla de semilla y harina	Azúcares reductores totales	Método volumétrico NOM-086-SSA1-1994. Bienes y Servicios -Alimentos y Bebidas No Alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales. Inciso c.2.1.
1	Mezcla de semilla y harina	Cenizas	Método Gravimétrico NMX-F-607-NORMEX-2002.

			Alimentos. Determinación de cenizas en alimentos. Método de prueba.
1	Mezcla de semilla y harina	Fibra cruda	NMX-613-NORMEX-2003.
1	Mezcla de semilla y harina	Fibra dietética total	Método Gravimétrico
1	Mezcla de semilla y harina	Humedad (pérdida al secado)	Método Gravimétrico NOM-116-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa.
1	Mezcla de semilla y harina	Grasa (extracto etéreo) SOXHLET	Método Gravimétrico NOM-086-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas.

1	Mezcla de semilla y harina	Proteína	Método KJELDAHL-MEX-F-608-NORMEX-2002. Alimentos. Determinación de proteína en alimentos. Métodos de prueba.
1	Mezcla de semilla y harina	Perfil de ácidos grasos	Cromatografía de gases A0AC-18TH.ED.2005 (969.33.963.22)
1	Mezcla de semilla y harina	Sodio	Espectrofotometría de absorción atómica. NOM-086-SSA1-1994.

Y los resultados obtenidos de las muestras se presentan en los anexos correspondientes.

## Discusión

La flora del mundo es tan amplia y compleja que cada día nos encontramos con especies de importancia económica, alimenticia, medicinal y una gran cantidad de aplicaciones como tratamientos para diferentes usos en los últimos años.

Una de estas plantas es sin duda la Moringa, que es un género de plantas con numerosas especies distribuidas por zonas áridas y semiáridas de Asia, África y Madagascar. La especie más conocida es Moringa Oleífera y su principal uso o utilidad es de suplemento alimenticio, tanto para el ganado como para el ser humano.

La Moringa se está revelando como un recurso de primer orden y bajo costo de producción, principalmente para prevenir la desnutrición y múltiples patologías, como la ceguera infantil, asociada a carencias de vitaminas y elementos esenciales en la dieta.

Esta planta tiene un futuro prometedor en la industria dietética y como alimento proteínico para deportistas de alto rendimiento, especialmente aprovechando su carácter de alimento natural (orgánico de alta calidad).

Otras ventajas que brinda son, su carácter ornamental, es una planta de rápido crecimiento, su facilidad de cultivo, su capacidad de aceptar grandes podas y su gran rusticidad.

En algunas regiones de Michoacán crece en forma silvestre y las personas que viven en esas zonas la conocen muy bien y la consumen de diferente manera.

### Descripción de su desarrollo fenomenológico

En el experimento establecido en el instituto tecnológico del valle de Morelia en 2010, bajo el método de migración asistida, sembramos en un almacigo una muestra de 250 plantas que introducimos al invernadero para controlar algunas características y darle un mantenimiento más homogéneo, y otra muestra igual en terreno a cielo abierto (se sembró la terraza con semilla directamente en el suelo), el resultado fue sorprendente, ya que a pesar de la falta de conocimiento de esta especie prácticamente se desarrolló sola (a cielo abierto), el apoyo consistió en regar frecuentemente las dos muestras y se pudo afirmar que es una planta de rápido crecimiento (tuvimos problemas en el proceso de lignificación con las plantas en el invernadero) y se presentaron algunos elementos externos que no pudimos controlar (se introdujeron bovinos y se las comieron y otras las pisaron, como el experimento fue de 250 plantas, solamente pudimos rescatar cincuenta de cada muestra, es decir el 20% de las muestras sembradas, tanto a cielo abierto como en el invernadero).

Las muestras sobrevivientes del invernadero las pasamos al vivero para su aclimatación y durante e período de lluvias se desarrollaron como 2 metros y al siguiente alcanzaron los 4 metros de altura, con una alta producción de vainas para semilla. De acuerdo a la literatura consultada esta especie en su hábitat las plantas pueden crecer en un año varios metros (3 a 5) en condiciones ideales de cultivo resistente a la sequía, aunque con tendencias a perder las hojas en periodos de estrés hídrico, pero como esta especie fue introducida fuera de su hábitat fue necesario beneficiarla con algún riego de auxilio (o esporádico) en el caso de cielo abierto, mientras que las otras plantas que estaban el en vivero fueron regadas con mucha más frecuencia y agregándole un poco de fertilizante ya que no es un árbol fijador de nitrógeno. Como árbol (cuando es adulto) no alcanza gran altura aproximadamente de 10 a 12 metros.



**Figura 10** Plantas en producción de semilla.

La copa es poco densa, de forma abierta, como si fuera una sombrilla, el tronco puede ser único o múltiple (más común único), y su sistema radicular es muy poderoso.

Así mismo, las otras especies del género presentan una gran variedad de formas y características.

Las flores son de color crema y aparecen principalmente en las épocas de sequía, cuando el árbol suele perder las hojas.

El fruto: es una vaina, más o menos grande, parecida a la legumbre de la Haba, pero de sección triangular de unos 30 a 45 cm de longitud. Las semillas son negruzcas, redondeadas y con tejido protector blando a modo de alas.



**Figura 11** Tamaño actual de la planta y muestra de semilla.

La raíz produce una especie de tubérculo (camote) que es altamente rico.

Distribución geográfica:

- Es originaria de la india
- Actualmente está ampliamente distribuida por los trópicos donde ha sido introducida por su carácter ornamental.
- Muy recientemente esta especie está captando una enorme atención y su cultivo se está generalizando con rapidez.

- Como sembrar moringa (W. Moringa – Wikipedia)

La planta llamada Moringa oleífera es un árbol conocido como moringa, con orígenes en el norte de la india, crece en casi cualquier tipo de suelo, incluso en condiciones de poca agua o sequía, por eso los científicos recomiendan a las poblaciones rurales que la cultivan para usarlo como alimento nutritivo.



**Figura 12** Harina de la hoja de Moringa.

Principales propiedades de la Moringa:

- Incrementa las defensas naturales del cuerpo.
- Promueve la estructura celular del cuerpo.
- Controla de forma natural los niveles de colesterol sérico.
- Reduce la aparición de arrugas y líneas finas.
- Promueve el funcionamiento normal del hígado y del riñón.
- Embellece la piel.
- Proporciona energía.

- Promueve una correcta digestión.
- Actúa como antioxidante.
- Proporciona sistema circulatorio saludable.
- Es un anti-inflamatorio.
- Produce sensación de bienestar general.
- Regula los niveles normales de azúcar en la sangre.

Es una de las especies de vegetales con mayor contenido de aceite (35%), eso la convierte en un importante recurso para elaborar biodiesel de alta calidad.



**Figura 13** Presentación en cápsulas.

El cultivo tiene un rendimiento de 2500 kg/hectárea, produciendo casi 1500 litros de aceite más 1400 litros de biodiesel/ha. Lo que ha llevado a que su cultivo se investigue en varios lugares del mundo, entre ellos México, florece a los 6 meses de su plantación, destacando entre sus características su rápido crecimiento, unos 3 metros en su primer año.

Pudiendo llegar a 5 metros en condiciones ideales, el árbol adulto puede alcanzar de 10 a 12 metros de altura máxima, y su rusticidad lo hace muy fácil de cultivar por propagación sexual y asexual.

Por otra parte, por su belleza es muy utilizada como planta ornamental. La planta es buena purificadora del agua, y si se utiliza como forraje, se destacan otra larga lista de características benéficas, ya que sirve tanto para ganado vacuno, porcino, ovino, caprino y avícola, entre otros, en los que genera importantes incrementos en el rendimiento, tanto de ganancia de peso como de producción de leche, carne, piel y lana.

Actualmente en el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, contamos un huerto de Moringa con 150 plantas (una pequeña terraza, para la obtención de semillas genéticamente mejoradas y bajo un modelo de migración asistida por el método de reproducción sexual y asexual y mediante las técnicas siembra directa y plantación por esquejes, con extraordinarios resultados, pues se ha obtenido hoja para su aprovechamiento como fibra natural en presentación de cápsulas y semilla con ciertas características de adaptación en estas altitudes propias de la ciudad de Morelia.

## Conclusiones y Recomendaciones

### Cultivo de la Moringa

La planta llamada Moringa Oleífera, es originaria del norte de la india, crece en casi cualquier tipo de suelo, incluso en condiciones de sequía, por ello los científicos e investigadores recomiendan a las comunidades y poblaciones que cultiven Moringa para alimentarse.

Entre sus características se puede decir que es un árbol perene caducifolio, presenta rápido crecimiento y tiene ramas quebradizas con corteza de corcho, hojas color verde claro, compuestas, tripinadas de 30 a 60 cm. De largo, florece a los seis meses de su plantación como es el caso de este huerto para producción de germoplasma, las flores son fragantes de color blanco a blanco – crema, de 2.5 cm de diámetro. Produce vainas colgantes color marrón, triangulares de 30 a 120 cm de largo por 1.8 cm de ancho, divididas longitudinalmente en 3 partes cuando se secan, cada una contiene aproximadamente 20 a 25 semillas incrustadas en la medula, las semillas son de color marrón oscuro, con 3 alas y su rusticidad lo hace muy fácil de cultivar.

### Análisis Químico

La muestra probada fue de 100 gr de vaina con semillas y ello contiene 86 gr de agua, 2.5 gr de proteína, 0.1 gr de grasa, 8.5gr de carbohidratos, fibra 4.8gr, 2.0 gr de ceniza, 30 gr de calcio, 110mg de fosforo, 5.3 mg de hierro, 184 UI de vitamina A, 0.2 mg de niacina, 120mg de ácido ascórbico, 310mg de cobre y 1.8mg de yodo. El núcleo de la semilla contiene 38.4gr de proteína cruda y 34.7 % de aceite graso.

El aceite de semilla de Moringa contiene 93% de ácido palmítico, 7.4% de ácido esteárico, 8.6% de ácido bohémico y 67.5% de ácido oleico, el residuo sobrante de la extracción del aceite contiene 58.9% de proteína cruda.

### Las hojas contienen por cada 100grs.

El huerto semillero puede considerarse como la plantación de clones o de descendientes seleccionados, aislados contra toda polinización extraña e instalada con el fin de evitar o de limitar tal polinización y administrado con objeto de producir cosechas frecuentes, abundantes y fáciles.

En este caso el huerto semillero se estableció para la obtención de hoja para elaborar harina de Moringa y envasarla en capsula para su comercialización principalmente para obtención de semilla genéticamente mejorada de la propia especie, para comercializar semilla de Moringa oleífera orgánica y de alta calidad.

Los materiales utilizados de reproducción, lo constituyeron los siguientes elementos:

A) Se realizaron varios ensayos con semillas de las regiones importantes de Michoacán (Apatzingán y Zitzio – Zitácuaro ) donde crecen en forma silvestre, aunque son plantas introducidas en otras épocas, y las pruebas de germinación fueron del 94%, no así su crecimiento y desarrollo.

B) El material varietal utilizado en la plantación procedió de árboles padres de donde se obtuvieron las varetas para posteriormente llevarlas al vivero y fue por el método de esquejes.

C) En este momento (30 de junio del 2015), contamos con plantas floreciendo y el 50% de ellas presenta de cinco a seis vainas para la producción de semillas genéticamente mejorada.

Cabe señalar que se ha estado cosechando hoja bajo un proceso muy artesanal y elaboramos capsulas con la harina de moringa (polvo) para consumo humano, como un suplemento alimenticio y esperamos seguir evolucionando hacia otros productos de esta especie de plantas.

### Referencias

Tamayo y Tamayo, M (2009). El proceso de la Investigación Científica, editorial Limusa México.



Little, M. Tomas y Hills, Jackson, F (2001). Métodos Estadísticos para la investigación en, la Agricultura. Editorial Trillas México.

Little, M. Tomas y Hills, Jackson, F (2001). Métodos Estadísticos para la investigación en, la Agricultura. Editorial Trillas México.

SEP (2014). Manual para Educación Agropecuaria Producción Forestal Editorial Trillas México.

Pie Contijoch, Monserrat (2011). Introducción a la Genética. El Mensaje Hereditario. Editorial Trillas, México.

Freese, Frank (1969), Muestreo Forestal Elemental. Departamento de Agricultura de los E.E.U.U. de A., Centro Regional de Apoyo Técnico Bolentin de Agricultura No. 232. México – Buenos Aires.

Mc Millan, Kathleen y Weyers Jonathan (2015), citar referenciar y evitar plagio en la educación. Editorial Trillas México.

Torres Rojo J. Ni y Magaña Torres, Octavios (2001) Evaluación de plantaciones forestales. Editorial Limusa, México.

Young A. Raymond (1991). Introducción a las Ciencias Forestales. Editorial Noriega – Limusa, México.

Prodefo – Jalisco (2000) Manual de Producción de plantas forestales en contenedores. Ciclo Económico Forestal Documento Técnico 25, Guadalajara, Jalisco – México.

Saravia, Caceres A. Rizzos, L. Zavala, E. de león, Nava F. (1992) propiedades farmacobiologicas de Moringa Oleífera.

Olson, M. E. (2012) Developmental origins of floral bilateral symmetry in moringaceae. American journal of botany.

Zobel, Bruce y Talbert, Jonh (1994) técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. UTEHA. Noriega Editores México.

Seniarnat (2004) manejo de Recursos Genéticos Forestales. Comisión Nacional Forestal. Guadalajara, Jalisco – México.

## Calidad de semilla y vigor inicial de plántula en *Ricinus communis*

CERVANTES, Francisco\*†, SEGUNDO, José, ANDRIO, Enrique, GUEVARA, Luis, RODRÍGUEZ, Daniel, CISNEROS, Hugo, PÉREZ, Davino, MENDOZA, Mariano, HERNÁNDEZ, Miguel

*Instituto Tecnológico de Roque, INIFAP-CEBAJ*

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

Se estableció un experimento en el INIFAP-CEBAJ e Irapuato, Gto., en 2011 y 2013. En INIFAP se utilizó un lote de producción establecido desde 2011 y se consideró como semilla proveniente de rebrote y en Irapuato semilla proveniente de semilla (sin poda). Se evaluó tres factores; origen de la semilla, estrato en la planta y tamaño de la semilla y generó 12 tratamientos. En semilla se evaluó la velocidad de germinación (4 día), germinación estándar (7 días) y vigor y en cama de arena se registró el porcentaje de emergencia, velocidad de emergencia y el índice de vigor II. Los resultados mostraron que el tamaño de la semilla afecta el vigor y la velocidad de germinación al cuarto día. El estrato donde se produce la semilla también modificó el vigor. Sin embargo, el origen de producción no modificó su calidad. Para el vigor inicial de plántula el origen de la semilla modificó la velocidad de emergencia, el porcentaje de emergencia el índice de vigor II. Finalmente, el tamaño de semilla sólo afectó el índice de vigor II.

***Ricinus communis* L. calidad fisiológica y vigor de plántula**

### Abstract

An experiment was established in the INIFAP - CEBAJ and Irapuato, Guanajuato, in 2011 and 2013. INIFAP established a production batch was used since 2011 and was regarded as seed from sprouting and Irapuato seed from seed (without pruning). Evaluation three factors; origin of the seed layer on the ground and seed size and generated 12 treatments. Seed germination rate (four days), standard germination (7 days) and vigor was evaluated and the percentage sand bed emergency, emergency speed and vigor index II recorded. The results showed that the seed size affects vigor and germination rate on the fourth day. The layer where the seed is produced also amended the vigor. However, the origin of production did not change its quality. For the initial seedling vigor origin modified seed speed emergency, emergency percentage rate and vigor index II. Finally, seed size only affected vigor index II.

***Ricinus communis*, physiological quality and seedling vigor.**

**Citación:** CERVANTES, Francisco, SEGUNDO, José, ANDRIO, Enrique, GUEVARA, Luis, RODRÍGUEZ, Daniel, CISNEROS, Hugo, PÉREZ, Davino, MENDOZA, Mariano, HERNÁNDEZ, Miguel. Calidad de semilla y vigor inicial de plántula en *Ricinus communis*. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:449-457

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: frcervantes@itroque.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

A nivel mundial la higuierilla se produce principalmente en la india con 1, 350,000 t, le sigue China con 180,000 t y en tercer lugar esta Brasil con 95,183 t registradas (FOASTAT, 2011). En México el servicio de información agroalimentaria y pesquera (SIAP, 2011), menciona que la producción de cultivo de higuierilla se limita al Estado de Michoacán con una superficie sembrada y cosechada de 5 hectáreas, su producción registra 4 toneladas con un rendimiento estimado en 0.8 ton ha-1 con un precio medio rural de \$2,100.00 por tonelada.

Existe la necesidad de realizar mejoramiento de esta especie, con el fin de obtener materiales con características agronómicas deseables como son: porte bajo para cosecha manual y mecánica, alto rendimiento e indehiscencia, además de características como mayor contenido de aceite. A partir de la semilla de higuierilla se obtiene el aceite de ricino, el cual es usado para producir lubricantes, cosméticos, medicina y especialmente, aplicaciones médicas; por su alto contenido del ácido graso llamado ricinoleico (90%), que le confiere características deseables con fines de uso industrial; también produce ricina, una proteína muy toxica la cual puede eliminarse en el proceso de producción de biocombustible.

La semilla de alta calidad es aquella que garantiza la producción de plantas fuertes, resistentes a enfermedades y en condiciones adversas, considerándose por ello a la semilla como principal atributo para un alto rendimiento de los cultivos (FAO, 1985).

Para el agricultor el concepto de calidad de la semilla está en función del número de plantas utilizables en un determinado lote y son aquellas que presentan un alto vigor, crecimiento rápido, uniformidad y plantas sanas. La calidad de la semilla está determinada por los siguientes componentes calidad genética, calidad de viabilidad y germinación, calidad analítica, calidad sanitaria y calidad física; aunado a una buena calidad para el almacenamiento (Kelly, 1988); estos atributos van a permitir un establecimiento vigoroso en campo. Aunque, el área sembrada en higuierilla no es representativa (Cardona et al., 2009), el interés por este cultivo ha aumentado en los últimos años, por lo que, además de generar y disponer de genotipos de higuierilla, se hace indispensable conocer el desempeño vegetativo y productivo, cuando éstos son sometidos a diferentes condiciones agro ambientales, ya que según (Santos et al., 2003), la respuesta fisiológica de la planta está directamente relacionada con el genotipo y su interacción con los factores del ambiente, los cuales, dependen de la oferta energética (radiación solar y temperatura) y de precipitación, que caracteriza los diferentes agroecosistemas donde se desarrolla el cultivo.

Andrade (1992), menciona que la calidad de la semilla juega un papel importante en el éxito o fracaso de un cultivo; y consideran que la misma está determinada por un conjunto de cualidades como son: calidad genética, calidad sanitaria, calidad física y calidad fisiológica. En este sentido, la germinación es un parámetro que evalúa la calidad de semillas, siendo sus resultados reproducibles y uniformes solamente bajo condiciones óptimas, por lo que se correlacionan muy poco con los encontrados en el campo (ISTA, 2003). El nivel más alto en la calidad de las semillas se presenta en la madurez fisiológica (Helmer et al., 1962; Popinigis, 1985).

Sin embargo, es imposible mantener ese grado de calidad indefinidamente; ya que se inicia un descenso inmediatamente después de la madurez fisiológica como consecuencia del proceso de envejecimiento natural, el cual genera una sucesión de cambios degenerativos en las semillas hasta que finalmente mueren (Delouche, 1963; Abdul-Baki y Anderson, 1972).

En base a lo anterior, se estableció el siguiente objetivo de investigación; evaluar el efecto del origen de producción, el estrato y tamaño de la semilla en la calidad fisiológica y el vigor inicial de plántula de higuera (*Ricinus communis* L.) en INIFAP y el Instituto Tecnológico de Roque.

### **Metodología a desarrollar**

Esta investigación se llevó a cabo con semilla proveniente de diferente origen (semilla y rebrote); donde la semilla proveniente de rebrote se estableció en el INIFAP-CEBAJ el ciclo agrícola Primavera-Verano, 2013 y la proveniente de semilla se estableció en Irapuato, Guanajuato.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío (CEBAJ) se encuentra ubicado en el Km. 6.5 de la Carretera Celaya – San Miguel de Allende, Guanajuato, a 1 765 msnm. El clima es subtropical semiárido con 601 mm de precipitación anual promedio.

El otro experimento se llevó a cabo en el campo experimental del instituto de ciencias agrícolas (ICA) ubicado en Irapuato, Guanajuato (latitud N 20°49'49" Longitud O 101°01'01" y 1750 msnm). La temperatura media anual es de 18.5 °C con una precipitación anual que oscila alrededor 680 mm y una humedad relativa promedio de 56%.

En esta investigación se evaluaron características de calidad física y fisiológica de semilla y el vigor inicial de la plántula de higuera. Este ensayo de calidad se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Instituto Tecnológico de Roque ubicado en Celaya, Guanajuato, México (20° 31' Latitud norte, 100° 45' longitud oeste y 1765 msnm) (García, 1973).

El ecotipo semilla de higuera utilizada para esta investigación fue "Guanajuato 3" proporcionado por el Programa de Investigación de Biocombustibles del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío.

El ensayo ubicado en Celaya, Guanajuato fue de rebrote (poda); este cultivo es perenne por cinco o más años dependiendo de la variedad. Se sembró el ecotipo "Guanajuato 3" de higuera el 20 de junio de 2011; la siembra fue de forma directa colocando dos semillas por golpe para posteriormente dejar una sola planta y el arreglo topológico fue 0.75 m entre surcos por 1.50 m entre plantas. La cosecha de todas las inflorescencias de higuera fue en Enero de 2014.

La localidad de Irapuato se sembró el día 27 de junio del 2013 con un riego de auxilio; esta fue de forma directa depositando dos semillas por golpe o mata para posteriormente dejar una sola. La emergencia inició a los siete días después de la siembra (dds). Se realizó la fertilización con la fórmula 40- 40-00, aplicando todo al momento de la siembra. La distancia entre surcos fue de 1.5 x 1.5 m. El desarrollo del cultivo fue bajo condiciones de temporal. En cuanto a los deshierbes se realizaron cada 20 días, dos en total después de la siembra.

En ambas localidades se tomó una muestra de 10 plantas y se clasificaron tres estratos por planta; donde el estrato 1 comprendió el primer racimo o infrutescencia y se contabilizaron el número de frutos y semilla; el estrato 2 comprende los dos racimos subsecuentes al primero y finalmente, el estrato 3 están comprendió los racimos en la parte más alta de la planta; también se realizó la clasificación de la semilla por tamaño usando una criba oblonga de 6\*20 mm, las semillas que pasaban por los orificios de la criba se consideraron semillas pequeñas mientras las que se quedaban en la criba se consideraron semillas grandes. En el siguiente Cuadro se muestra la combinación de los diferentes factores de estudio para la formación del diseño de tratamientos.

Tratamientos			
<b>T<sub>1</sub></b>	O <sub>1</sub> E <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	<b>T<sub>7</sub></b>	O <sub>2</sub> E <sub>1</sub> T <sub>1</sub>
<b>T<sub>2</sub></b>	O <sub>1</sub> E <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	<b>T<sub>8</sub></b>	O <sub>2</sub> E <sub>1</sub> T <sub>2</sub>
<b>T<sub>3</sub></b>	O <sub>1</sub> E <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	<b>T<sub>9</sub></b>	O <sub>2</sub> E <sub>2</sub> T <sub>1</sub>
<b>T<sub>4</sub></b>	O <sub>1</sub> E <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	<b>T<sub>10</sub></b>	O <sub>2</sub> E <sub>2</sub> T <sub>2</sub>
<b>T<sub>5</sub></b>	O <sub>1</sub> E <sub>3</sub> T <sub>1</sub>	<b>T<sub>11</sub></b>	O <sub>2</sub> E <sub>3</sub> T <sub>1</sub>
<b>T<sub>6</sub></b>	O <sub>1</sub> E <sub>3</sub> T <sub>2</sub>	<b>T<sub>12</sub></b>	O <sub>2</sub> E <sub>3</sub> T <sub>2</sub>

O= Origen de semilla (O<sub>1</sub>= Celaya, O<sub>2</sub> = Irapuato), E= Estrato de la planta donde se colecto la semilla (E<sub>1</sub> = Bajo, E<sub>2</sub>= medio y E<sub>3</sub> = superior) T= Tamaño de semilla (T<sub>1</sub> = pequeño, T<sub>2</sub> = grande).

**Tabla 1** Combinación de factores de estudio para la generación de los tratamientos. INIFAP- CABAJ, 2013.

Para la evaluación de la calidad de semilla en Laboratorio, se usó un Diseño Completamente al Azar con 12 tratamientos y cuatro repeticiones. Se usaron 50 semillas por repetición. En laboratorio se registró; el peso de semilla, la velocidad de germinación al cuarto día, la germinación estándar, vigor a través de la prueba de envejecimiento acelerado. Por otro lado, en cama de arena se registró la Velocidad de emergencia, el porcentaje de emergencia, índice de vigor II. Por otro lado, los datos generados fueron analizados usando el programa estadístico SAS ver. 9.2.

## Resultados

Los resultados obtenidos del análisis de varianza mostró diferencias significativas para el tamaño de la semilla ( $p \leq 0.01$ ) en el vigor de la semilla a través de la prueba de envejecimiento acelerado y significativo ( $p \leq 0.05$ ) para la velocidad de germinación al cuarto día. Del mismo modo, el estrato donde se produce la semilla afectó estadísticamente ( $p \leq 0.01$ ) el vigor de la semilla. Sin embargo, el origen de producción de la semilla no modificó su calidad fisiológica. La interacción origen por estrato (O\*E) modificó significativamente la velocidad de germinación al primer conteo (cuarto día) y el vigor de la semilla después del envejecimiento acelerado registrado al cuarto día. En la segunda interacción origen por tamaño (O\*T) no hubo diferencias significativas para ninguna variable registrada. Así mismo, la tercera interacción que está comprendida por el estrato y el tamaño de la semilla (E\*T) hubo diferencias significativas en la velocidad de germinación después de que la semillas fueron sometidas a envejecimiento acelerado en el primer conteo. Finalmente, la triple interacción de factores (O\*E\*T) sólo afectó significativamente ( $p \leq 0.05$ ) la velocidad de germinación al primer conteo (cuarto día) y el porcentaje final de germinación (datos no mostrados).

En el cuadro 2, se muestran las comparaciones de medias (Tukey, 0.05), para el origen uno (Celaya) condición de Rebrote de la planta (Poda), con los tres niveles de estratos en la planta y los dos tamaños de semilla, donde se observa cada una de las variables evaluadas y a su vez la combinaciones de los tres factores, donde se puede observar que los valores más altos se encuentran en la semilla de rebrote con los estratos uno y tres en el tamaño de semilla grande los porcentajes son iguales con un 97.5%, para la variable velocidad de germinación.

En cuanto al menor porcentaje se encuentra localizado en el estrato número dos con la semilla pequeña y con un porcentaje de 92.5%. Para la variable germinación estándar (GE) esta mostró el porcentaje más alto con la combinación estrato dos con semilla grande con un porcentaje de (98.5 %); sin embargo, cuando la semilla es pequeña disminuye el porcentaje de germinación. Por otro lado, cuando la semilla fue sometida a un estrés por envejecimiento acelerado bajo drásticamente este comportamiento. Po ejemplo, en el primer conteo a los 7 días el mayor porcentaje fue nuevamente en el estrato tres con la semilla grande como se había mencionado en la variable VG y en este caso para la variable vigor al primer conteo fue de (80.5%). Para el vigor de la semilla después de ser sometida a envejecimiento acelerado en el último conteo (14 días) la combinación del estrato tres con el tamaño de semilla grande fue mejor con un porcentaje de 95% de plántulas normales y el estrato uno, pero con semilla pequeña obtuvo el menor porcentaje de plántulas normales (85.5%).

Para el origen dos Irapuato (semilla) la combinación estrato dos con el tamaño de semilla pequeño generaron los valores más altos en la velocidad de germinación al primer conteo (99.5%), en cuanto al menor porcentaje se encontró con la combinación de estrato tres y el tamaño de semilla pequeña (94%). El comportamiento para el porcentaje de germinación estándar (GE) fue similar con el mismo porcentaje (99.5%) y con la misma combinación estrato dos y semilla pequeña; pero no para el menor porcentaje, el cual correspondió a la combinación de estrato uno y tamaño de semilla pequeña (96%). Se observó que para el vigor en el primer y segundo conteo (EA1 y EA2) el estrato dos y tamaño de semilla grande presentaron los porcentajes mayores (81, 96.5), respectivamente.

Mientras que, los valores más bajos se observaron con la combinación del estrato uno y semilla pequeña (70%) y para la segunda evaluación del vigor (14 días) el estrato dos con el tamaño de semilla pequeña mostró 85.5% de plántulas normales después de ser sometidas las semillas a alta temperatura y alta humedad relativa.

Esto nos indica que hay diferencias en cuanto a comportamiento del origen de la semilla, posición de la semilla (estratos) y tamaño de esta; estos datos son presentados en porcentajes para especificar de forma idónea en que estrato y tamaño de semilla se encuentra la mejor calidad y selección para su producción. Se puede concluir que el estrato 1 con sus dos tamaños de semillas presenta porcentajes estables en relación con la media. El segundo estrato con sus respectivos tamaños se comportó de la siguiente manera: para la semilla pequeña presentaron los porcentajes más bajos en VG, GE y EA2. Por otro lado, para la semilla grande obtuvo el porcentaje más elevado de todas las variables para ese origen. Mientras el estrato tres con la semilla pequeña obtuvo los porcentajes por arriba de la media y para la semilla grande obtuvo tres de los porcentajes más altos por arriba de la media. Esto nos indica que para el rebrote (Poda) desde el segundo estrato con sus dos tamaños de semillas se concluye que son los dos mejores en la calidad fisiológica.

Para el segundo origen (semilla) el estrato uno y semilla pequeña fueron consistentes con los porcentajes más bajos para GE y EA1. Para la semilla grande se mantuvieron estables aunque por debajo de la media. Para el estrato dos hubo mayores porcentajes en los caracteres registrados, para la semilla pequeña se obtuvieron dos porcentajes de los más altos que se reportaron en VG y GE y solo un porcentaje de los más bajos en vigor al segundo conteo.

La semilla grande presentó el mejor comportamiento para el vigor de la semilla en el primer y segundo conteo. Para el último estrato en la semilla pequeña se obtuvo un solo porcentaje bajo en (VG) y para la semilla grande los valores se mantuvieron en la media.

Todos los porcentajes de germinación obtenidos en esta investigación superan los requeridos por el SNICS, el cual demanda valores mínimos de 85% de germinación. Sin embargo, el porcentaje de germinación de la semilla disminuyó drásticamente cuando fueron sometidas a la prueba de envejecimiento acelerado, pero esta última prueba no es requerida por la ley de semillas del SNICS (2008).

El valor mínimo que se observó para el envejecimiento acelerado fue 87%, esto demuestra que la semilla supera el 85% de germinación, un valor porcentual límite establecido por el SNICS. Mientras que el promedio de prueba de vigor fue de 90.91%. Cabe destacar que la calidad fisiológica se refiere a mecanismos intrínsecos de la semilla que determinan su capacidad de germinación, la emergencia y el desarrollo de aquellas estructuras esenciales para producir una planta normal bajo condiciones favorables (Basra, 1995).

En un estudio realizado por Ferguson et al. (1990) encontraron que el deterioro de la semilla reduce la tasa respiratoria, la velocidad de emergencia de la radícula y el crecimiento de la planta, respuestas que se asociaron con la disminución del vigor de la semilla. En consecuencia, el crecimiento y desarrollo de una nueva plántula son afectados a medida que avanza el proceso de deterioro de la semilla, que se expresa por anomalías y daños en sus estructuras principales (Basavarajappa et al., 1991).

Por otro lado, para caracteres de vigor inicial de plántula el origen de la semilla afectó estadísticamente ( $p \leq 0.01$ ) la velocidad de emergencia, el porcentaje de emergencia e índice de vigor II ( $p \leq 0.05$ ). La posición de la semilla en la planta (estrato) no presentó ningún cambio significativo en todas las variables registradas. Finalmente, el tamaño sólo afectó estadísticamente ( $p \leq 0.01$ ) el índice de vigor II (IVII) y la interacción estrato por origen (E\*O) presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) para la velocidad de emergencia.

Los resultados de la prueba de comparación de medias de acuerdo Tukey al 0.05 (Cuadro 3), indican para el origen uno (rebrote), estrato uno y semilla pequeña presenta los valores más bajos (25.8 y 84.5) para las variables VE y PE respectivamente, estos valores fueron menores que las medias. Mientras que para el IVII el valor más alto lo presentó el estrato uno y semilla grande (244.29), pero para la misma variable el estrato dos y semilla grande presentó el valor más bajo (220.38). Por otro lado, en la variable velocidad de emergencia, el estrato dos y tamaño de semilla grande fue el que presentó mejor porcentaje (29.725%) y el menor porcentaje se obtuvo nuevamente en la combinación del estrato uno con el tamaño de semilla pequeña (25.8).

Para el porcentaje de emergencia (PE) la combinación del estrato dos y tamaño de semilla grande mostró los mejores resultados (95%) y el menor porcentaje se expresó en el estrato uno con la semilla pequeña (84.5%). Para el estrato uno y el tamaño de semilla grande se encuentra el valor más elevado (244.29) y en el estrato dos tamaño de semilla pequeña se encuentra el valor más bajo (220.35) ambos valores para la variable índice de vigor II.

Para el origen dos (semilla) las variables VE y PE la situación fue diferente ya que en la combinación estrato uno y tamaño de semilla pequeña se registraron los mejores y más altos porcentajes para ambas variables. Por otro lado, la combinación del estrato tres y tamaño de semilla pequeña generaron los porcentaje más bajos de velocidad de emergencia (22.55); mientras que para el porcentaje de germinación, la combinación del estrato dos y tamaño de semilla grande presentaron el valor más bajo (81.5%). Sin embargo, para el IVII el estrato dos y semilla grande fueron consistente con el valor más elevado (285.83) y el valor más bajo se presentó en el estrato tres y semilla pequeña (204.42).

Para el primer origen (rebrote) se generaron plántulas con mayor vigor inicial comparado con el origen dos (semilla) ya que todas las variables evaluadas mostraron valores superiores, con excepción de (IVII). Se observan en las medias para ambos orígenes que hay diferencias elevadas en la variable (IVII) con el valor (230.647) para origen uno y para origen dos el valor de (252.772).

Origen	Estratos	Tamaños	V.G (Des)	G.E (Des)	E.A.1	E.A.2
<b>Rebrote (Poda)</b>	1	1	97 (3.46)	98 (1.63)	71.5 (4.43)	88.5 (6.1)
		2	97.5 (1.91)	97.5 (1)	66 (3.6)	92.5 (1.9)
	2	1	92.5 (1.91)	95 (1.15)	74.5 (4.43)	87 (2.5)
		2	97 (2.58)	98.5 (3)	75.5 (9)	91 (2.5)
	3	1	96.5 (3.41)	98 (2.82)	80 (4.32)	91.5 (4.1)
		2	97.5 (3)	96.5 (2.51)	80.5 (2.51)	95 (2.5)
<b>Media</b>		<b>96.33</b>	<b>97.25</b>	<b>74.66</b>	<b>90.91</b>	
<b>Semilla</b>	1	1	96 (1.63)	96 (1.63)	70 (6.92)	89.5 (3)
		2	96.5 (4.12)	98.5 (1.91)	75.5 (11.81)	91.5 (6.1)
	2	1	99.5 (1)	99.5 (1)	79 (4.76)	85.5 (2.5)
		2	98 (1.63)	98.5 (1)	81 (2)	96.5 (1.9)
	3	1	94 (1.63)	96.5 (1.91)	74.5 (8.22)	90.5 (1.9)
		2	98.5 (1.91)	98.5 (1.91)	71.5 (6.60)	93 (1.1)
<b>Media</b>		<b>97.08</b>	<b>97.91</b>	<b>75.25</b>	<b>91.08</b>	

VG= velocidad de germinación; GE= germinación estándar; EA1 y EA2= prueba de vigor a través de envejecimiento acelerado al primer conteo y segundo a los 14 días, respectivamente.

**Tabla 2** Comparación de medias para calidad fisiológica de semilla en el ecotipo “Guanajuato 3” de higuera. Celaya e Irapuato, Guanajuato. P-V 2013.



Origen	Estratos	Tamaños	V.E (%)	P.E (%)	IVII
<b>Rebrote (Poda)</b>	1	1	25.8 (1.29)	84.5 (5.25)	209.74 (14.97)
		2	28.62 (2.57)	92 (7.65)	244.29 (23.60)
	2	1	27.9 (1.90)	89 (6.63)	220.38 (53.41)
		2	29.72 (1.179)	95 (4.16)	242.35 (80.697)
	3	1	27.55 (2.26)	88 (4.32)	234.03 (83.916)
		2	27.1 (2.57)	87.5 (5.25)	233.06 (64.96)
<b>Media</b>		<b>27.78</b>	<b>89.33</b>	<b>230.64</b>	
<b>Semilla</b>	1	1	27.77 (3.10)	89.5 (7.54)	250.64 (65.98)
		2	26.97 (5.13)	86.5 (14.54)	262.28 (95.44)
	2	1	25.72 (5.67)	85.5 (14.54)	247.81 (98.82)
		2	24.52 (6.06)	81.5 (13.98)	285.83 (129.68)
	3	1	22.55 (6.69)	80.5 (11.35)	204.61 (72.05)
		2	23.57 (8.20)	87 (11.60)	265.42 (98.36)
<b>Media</b>		<b>25.18</b>	<b>85.08</b>	<b>252.77</b>	

Ve= velocidad de emergencia; PE= porcentaje de emergencia; IVII= índice de vigor 2.

**Tabla 3** Comparación de medias para caracteres de vigor inicial de plántula en el ecotipo “Guanajuato 3” de higuera. Celaya e Irapuato, Guanajuato. P-V 2013.

## Conclusiones

El origen de producción, el estrato y el tamaño de la semilla no afectan la calidad fisiológica, ya que los valores expresados en esta investigación superan lo mínimo requerido por el SNICS (85%) para considerar un lote de semilla de alta calidad. Sin embargo, cuando la semilla es sometida a estrés por alta temperatura y humedad relativa alta, el estrato donde se produce la semilla y el tamaño modifican esta característica.

El origen de producción de la semilla afecta el vigor inicial de plántula, de esta forma, la semilla de rebrote expresa mejor comportamiento.

## Referencias

Abdul-Baki, A. A. and J. D. Anderson. 1972. Physiological and biochemical deterioration of seed. In: Seed Biology. Vol. 2. Kozlowsky, T. T. (ed.) Academic Press. N. Y. pp 283-315.

Basavarajappa, B. S., H. S. Shetty, and H. S. Prakash. 1991. Membrane deterioration and other biochemical changes associated with accelerated ageing of maize seeds. Seed Sci. Technol. 19: 279-286.

FAO. 1985. Procesamiento de semillas de cereales y leguminosas de grano: directrices técnicas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. pp: 19-21.

Ferguson, J. M., D. M. TeKrony, and D. B. Egli. 1990. Changes during early soybean seed and axes deterioration: I. Seed quality and mitochondrial respiration. Crop Sci. 30: 175-179.

FAOSTAT, 2011. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Helmer, J.D., J.C. Delouche, and M. Lienhard. 1962. Some indices of vigor and deterioration in seed of crimson clover. Proc. Assoc. Off. Seed Anal. 52: 154-161.

ISTA. 2003 International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. Ed. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland. 550 p.

SIAP. 2011. Cierre de la producción agrícola por estado: Anuario Estadístico de la producción agrícola disponible en: [www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&Itemid=351)

SNICS (Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas). 2008. Ley de Producción y Certificación de Semillas.

Popinigis, F. 1985. Fisiología da Semente. 2ª Ed. Brasilia. 289 p.

Kelly A., F. 1988. Seed production of agricultural crops. Longman Scientific and Technical—John Wiley and Soncs. Inc. New York, USA. 227 p.

Andrade B., H. J. 1992. Mejoramiento del vigor en semillas de maíz y su relación con emergencia y rendimiento. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México. 98 p.

Basra, A. S. 1995. Seed quality; basic mechanisms and agricultural implications. Basra, A. S. (ed.) Food Products Press. Preface. New York, USA.

CARDONA A., C. A.; ORREGO A., C. E.; GUTIERREZ M., L. F. 2009. La higerilla: una alternativa agroindustrial. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Ed. Artes Gráficas Tizán. 89 p.

SANTOS C., M., SEGURA, M., ÑÚSTEZ L., C. E. 2010. Análisis de crecimiento y relación fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el municipio de Zipaquirá (Cundinamarca, Colombia). En: Revista Facultada Nacional de Agronomía. 63(1): 5253-5266.

## Efecto del agua residual y la lombricomposta sobre las características fisicoquímicas del suelo y desarrollo del cilantro (*Coriandrum sativum*)

RODRIGUEZ, Nellybeth\*†, TOVAR, Xochitl, SANCHEZ, Susana y NOGUEZ, Juan

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto del agua residual y la lombricomposta sobre las propiedades fisicoquímicas del suelo y desarrollo del cilantro variedad Pakistán (longitud de raíz y altura de planta). Para ello se emplearon ocho diferentes sustratos los cuales fueron sometidos riego a capacidad de campo con agua residual y agua potable, encontrando que la mayor longitud de raíz se registró en el tratamiento de arena con agua residual y la mayor altura de planta se encontró en el suelo agrícola residual irrigado con agua potable. Con la adición de la lombricomposta en la arena y el riego con agua potable se puede alcanzar una altura de planta similar a las irrigadas con aguas residuales, con la ventaja de reducir el riego de contaminación por efecto de las mismas. Además, la apariencia de la planta fue diferente en cada tratamiento, lo que sugiere que la cantidad y tipo de materia orgánica influyen sobre este parámetro.

**Cilantro, sustratos, agua residual, Valle del Mezquital**

### Abstract

The objective of the present work was to evaluate the effect of the residual water and wormcompost on the physicochemical properties of the soil and development of coriander variety Pakistan (root length and height of the plant). To do this we used eight different substrates which were subjected to irrigation field capacity with waste water and drinking water, finding that the greater root length was recorded in the treatment with sand and residual water and the higher plant height was found in the residual agricultural soil irrigated with drinking water. With the addition of the wormcompost on the sand, and the irrigation with drinking water you can reach a height of plant similar to the irrigated with residual water, with the advantage of reducing the risk of contamination by effect of this. In addition, the appearance of the plant was different in each treatment, which suggests that the amount and type of organic matter influence this parameter

**Coriander, soils, waste water, Mezquital Valley**

**Citación:** RODRIGUEZ, Nellybeth, TOVAR, Xochitl, SANCHEZ, Susana y NOGUEZ, Juan. Efecto del agua residual y la lombricomposta sobre las características fisicoquímicas del suelo y desarrollo del cilantro (*Coriandrum sativum*). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:458-467

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: nrodriguez@upfim.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

*Coriandrum sativum* es llamado popularmente cilantro pertenece a la familia de las Apiaceae (Umbelífera), es una planta anual, herbácea, originaria del sureste de Europa y crece abundantemente en toda Europa, el medio este, China, India, Turquía y Latino América. México ocupa el cuarto lugar mundial como productor de cilantro y tiene en USA a uno de los mayores países importadores de esta hortaliza.

El cilantro es considerado una planta aromática con múltiples usos, todos sus componentes son consumidos, sus hojas contienen una vitamina A (más de 160 mg/100 g) y C (más de 12 mg/100 g), es muy bajo en colesterol y grasas saturadas y es una buena fuente de tiamina, zinc y fibra dietética, en estado fresco el cilantro posee hasta el 84% de agua (Girenko, 1982).

Entre las propiedades funcionales que presenta el cilantro es que actúa como agente antimicrobiano contra *Campylobacter jejuni* en alimentos (Rattanachaikunsopon and Phumkhachorn, 2010), también presenta propiedades antioxidantes debido a la alta cantidad de carotenoides que protegen a las células de un daño oxidativo (Peethambaran, et al., 2012).

El cilantro puede ser usado como un agente detoxificador por su gran potencial para remover los metales tóxicos del cuerpo. Sus compuestos químicos quelan estos metales y los remueven de las células, así mismo se ha observado que esta planta es muy efectiva para remover compuestos como mercurio ( $Hg_2^+$ ) y metil mercurio ( $CH_3Hg^+$ ) de soluciones acuosas; este efecto debido al efecto del enlace del grupo carboxilo al mercurio por esta propiedad el cilantro puede ser usado para remover mercurio de las aguas contaminadas (Arunasagar, et al. 2005).

Problemas y beneficio con el uso de agua residual para riego de cultivos en el Valle del Mezquital.

El agua residual es una fuente importante de agua y nutriente para el riego en los países en desarrollo, su uso está muy extendida y representa alrededor del 10 % de la superficie total de regadío en todo el mundo, aunque su uso varía ampliamente a nivel local (Jiménez, 2006). Las aguas residuales sin tratamiento se han utilizado desde 1912 en el Valle del Mezquital. Durante el periodo de almacenamiento en la presa Endho, la eliminación de metales pesados se realiza por precipitación o sedimentación de sólidos, quienes adsorben los metales pesados. Este tratamiento primario parece reducir eficazmente la dispersión de metales pesados (Gutiérrez et. al., 1994).

La irrigación con aguas residuales a largo plazo, altera la calidad de la materia orgánica en el suelo, particularmente en leptosoles. La adición de materia orgánica puede ser fácilmente mineralizada encontrándose entonces, más compuestos de carbono orgánico disuelto en el suelo. Las concentraciones de metales pesados extraíble en el agua, también aumentan con el tiempo de riego, y se correlacionan con el carbono orgánico disuelto (Herre et. al., 2004).

La concentración de fósforo (P) y azufre (S) en muestras de suelo irrigadas con aguas residuales aumentan con el tiempo de riego (0–100 años). El contenido total de carbón orgánico en suelo, también aumenta significativamente, mientras que el pH, la conductividad eléctrica, y el P disponible para la planta, no se correlacionan significativamente con los años de uso en la irrigación (Jechalke et. al., 2015).

Las concentraciones de plomo (Pb), cadmio (Cd) y zinc (Zn) reportados en las aguas residuales están dentro de los límites de tolerancia para propósitos de riego, pero las concentraciones de cobre (Cu) se exceden ligeramente, pero hay una clara tendencia para la acumulación de estos metales en la capa superior de los suelos. La concentración de metales pesados en alfalfa irrigada con agua residual, están por debajo de los niveles tóxicos internacionales, pero aumentando conforme transcurre el tiempo y la cantidad de uso, especialmente para Cd y Pb. Los altos niveles de materia orgánica y el pH neutro o alcalino del suelo, favorecen la adsorción y/o precipitación de metales, disminuyendo su presencia en solución con el suelo y consecuentemente su dispersión o absorción por la planta (Gutiérrez et. al., 1994).

Normalmente, el agua residual no es muy salina (200-500 mg / L ó 0,7-3,0 dS / m). En ocasiones específicas (áreas de suelo salino, descarga salina a las alcantarillas, etc.) la concentración de salinidad puede superar el nivel de 2,000 mg/L., siendo necesario la práctica de lixiviación y drenaje en el manejo adecuado del agua (Jiménez, 2006).

El agua residual contiene sales solubles que han ocasionado la salinización en aproximadamente 2000 ha en el Valle del Mezquital, sobre todo en suelo con mal drenaje. Pero en la mayoría de las parcelas, la salinización ha sido controlada por la aplicación de riegos excesivos. Las altas cantidades de Na<sup>+</sup> contenidos en el agua de riego, causan posibles efectos negativos en las propiedades físicas del suelo (Gutiérrez et. al., 1995).

Los suelos del Valle del Mezquital ricos en materia orgánica, presentan una gran capacidad de filtración de metales pesados.

Por lo que se reportan bajos niveles de retención en suelos y en cultivos, limitando su exposición tanto para humanos y ganado que consumen estos cultivos. Debido a la dispersión de contaminantes a través del uso de aguas residuales para el riego, la contaminación de metales pesados de la red hidrográfica, del suelo y de los cultivos sigue siendo moderado. Sin embargo, las concentraciones elevadas de mercurio en las corrientes del río Tula, presenta un riesgo potencial de transferencia trófica y biomagnificación, especialmente en organismos bentónicos y peces (Guédron et. al., 2014).

El riego con aguas residuales en el Valle del Mezquital México durante 100 años, ha llevado a un aumento en la biomasa bacteriana del suelo y en consecuencia, un incremento en genes resistentes a antibióticos. Además, las concentraciones de Zn, Cu, Pb, Ni, Cr, P, y S han aumentado significativamente. Sin embargo, no hay un enriquecimiento en comunidades bacterianas del suelo por un incremento en la concentración de metales pesados y compuestos antibióticos. La duración prolongada del riego con aguas residuales, podrían conducir a una mayor exposición de los cultivos de campo y a los agricultores a las bacterias resistentes a metales pesado y antibióticos (Jechalke et. al., 2015).

Existe mayor prevalencia de Gammaproteobacteria, en particular de bacterias dañinas y multi-resistentes, tales como *S. maltophilia*, en suelos irrigados con aguas residuales en el Valle del Mezquital, México. Este es el primer reporte que se tenga conocimiento sobre la alta incidencia de *Stenotrophomonas* spp. en suelos irrigados con aguas residuales. La mayoría de las bacterias aisladas, son resistentes a varios antibióticos (hasta cinco clases de antibióticos diferentes).

La alta incidencia de múltiples bacterias resistentes a estos antibióticos, indican su supervivencia en el medio ambiente y esto representa un alto riesgo para los trabajadores agrícolas y consumidores de los productos cultivados con estas aguas (Broszat et. al., 2014).

El mantenimiento de altos rendimientos de los cultivos y la fertilidad del suelo depende en gran medida de un control efectivo tanto de la salinidad del suelo como de la saturación de Na<sup>+</sup>. (Gutiérrez et. al., 1995).

Mientras que el uso de agua residual tiene un efecto positivo relacionado con el nivel de ingreso de los agricultores, también tienen efectos negativos sobre la salud y el medio ambiente (Jiménez, 2006).

Además del suministro constante de nutrientes al suelo, el riego con aguas residuales tratadas y sin tratar, confiere mejoras significativas en la calidad del suelo, tales como: una mejora en la estructura física del suelo, aumento en la actividad microbiana del suelo, mejora en el rendimiento del suelo como un sistema de tratamiento de aguas residuales (Jiménez, 2006).

### **Beneficios de la vermicomposta**

Está científicamente demostrado que la vermicomposta es un extraordinario promotor y protector en el crecimiento de los cultivos (5 a 7 veces más que otros fertilizantes orgánicos voluminosos y del 20 al 40 % más que los fertilizantes químicos). Son ricos en NPK, micronutrientes, promueve el crecimiento de microorganismos que benefician al suelo con la fijación nitrógeno, hongos micorrizas, humus y hormonas del crecimiento como las auxinas, geberelinas y citocininas. El sustrato presenta un alto grado de "porosidad", "aireación", "drenaje" y "capacidad de retención de agua" (Rajiv et. al., 2013).

Eisenia foétida puede utilizarse para producir humus de lombriz que suministre nutrientes y otros estimulantes del suelo para el crecimiento de la planta y mejorar la calidad del suelo (Theunissen, 2010). La presencia de lombrices vivas en el suelo, influye significativamente en el desarrollo y la calidad de frutos, vegetales y otros cultivos (Rajiv et. al., 2013).

La vermicomposta tiene un efecto positivo en la nutrición de las plantas, influye en la fotosíntesis y contenido de clorofila en las hojas, mejora el contenido de nutrientes en los diferentes órganos (raíz, tallo y frutos). El alto porcentaje de ácidos húmicos de la vermicomposta contribuye a la salud de la planta, promueve la síntesis de compuestos fenólicos tales como las antocianinas y flavonoides mejorando con ello la calidad (Theunissen, 2010).

El uso de vermicomposta podría reducir o reemplazar el uso de costosos y peligrosos agroquímicos en la agricultura (ocasionan la degradación de suelos y pérdida de su fertilidad, así como el incremento a la susceptibilidad a plagas y enfermedades de los cultivos), reducir la emisión de gases de efecto invernadero y también reducir el agua para riego, beneficiando a los agricultores, a la economía (aumento en el costo de producción de alimentos por los altos costos de fertilizantes) y la ecología (Rajiv et. al., 2013).

### **Justificación**

El uso de aguas residuales sin tratamiento en el Valle del Mezquital se ha utilizado por más de 80 años, se ha empleado para el riego de diferentes cultivos agrícolas, esto trae como consecuencia la prohibición de la producción de hortalizas por considerarse de alto riesgo para la salud pública debido a los contaminantes presentes en estas aguas.

Sin embargo, se siguen cultivando de manera clandestina, ya que las plantas presentan características sensoriales más atractivas para el mercado y con mayores rendimientos atribuido principalmente a la carga de materia orgánica presente en el agua, por lo que es necesario buscar alternativas de producción que igualen o mejoren las propiedades que otorga el uso de aguas residuales pero minimizando el riesgo de contaminación de alimentos en el Valle del Mezquital.

### Metodología a desarrollar

Se establecieron parcelas demostrativas de 4 m<sup>2</sup> en el invernadero de la Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, utilizando diferentes sustratos (Ver Tabla 1) sometidos a riego con agua residual del canal “Requena” y agua potable.

Sustrato	Tipo de agua	
	Residual	Potable
Arena	Ar	Ap
Arena-composta (70:30%)	Acr	Acp
Suelo irrigado con aguas residuales	Sarr	Sarp
Suelo de temporal	Str	Stp

**Tabla 1** Tratamientos aplicados en las diferentes parcelas demostrativas.

Para el caso de la arena se empleó arena comercial, sin ningún tratamiento previo. En relación al tratamiento de composta y arena, la composta empleada fue elaborada a base de estiércol de conejo utilizando lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*).

El suelo irrigado con aguas residuales se tomó del campo agrícola experimental de la Universidad Politécnica de Francisco I Madero sometido a riego constante con aguas residuales por aproximadamente 80 años. Para el suelo de temporal, este se colectó en el área no perturbada de la comunidad Francisco Villa del Municipio de Francisco I Madero.

Para la caracterización fisicoquímica del suelo se utilizó la NOM-021-SEMARNAT-2000, el método AS-02 para pH, el método AS-03 para la obtención de la densidad aparente (g cm<sup>-3</sup>), para la determinación de la materia orgánica a través del contenido de carbono orgánico (%) el método AS-07, de Walkley y Black. La determinación de la conductividad eléctrica (μS cm<sup>-1</sup>) se determinó por el método AS-18.

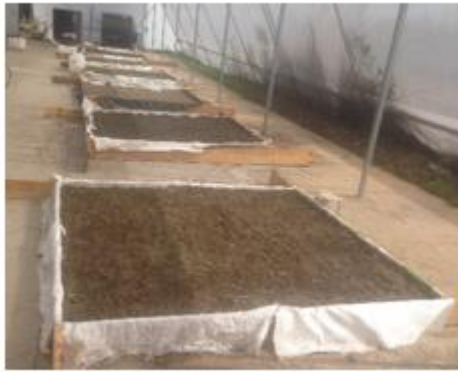
El cultivo establecido en los diferentes tratamientos fue cilantro (*Coriandrum sativum*) de la variedad Pakistán, con ciclo fenológico de 48 días después de la siembra, con una densidad de población de 500 plantas m<sup>2</sup>.

El riego suministrado fue dosificado 3 veces por semana con agua potable y agua residual a capacidad de campo. Se evaluaron los parámetros fisicoquímicos a cada tipo de agua de forma semanal con una sonda multipamétrica marca HANNA HI 9828 registrando los siguientes parámetros: pH, CE (μS cm<sup>-1</sup>), Oxígeno Disuelto (ppm) y sólidos disueltos (ppm).

Al final del ciclo de cultivo se evaluó la longitud de la raíz y de planta (cm) para cada tratamiento.

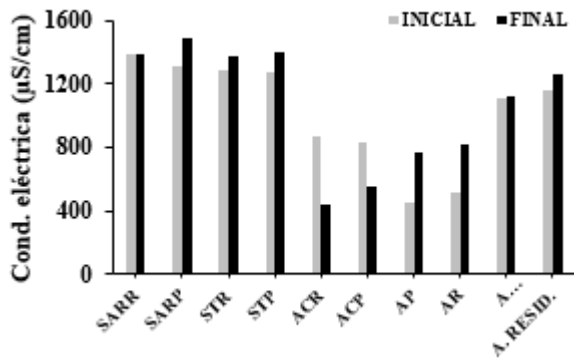
### Resultados

En la Figura 1 se muestra las dimensiones y composición de la cama para cada uno de los tratamientos utilizados para la siembra del cilantro variedad Pakistán.



**Figura 1** Camas de siembra para la implementación de los tratamientos.

Los resultados de la caracterización fisicoquímica de los diferentes sustratos, indican que la conductividad eléctrica se incrementó en los suelos agrícolas (ver gráfico 1), debido a la cantidad de sales presentes tanto en el agua residual y la potable y al contenido original en el suelo, mientras que el sustrato de arena con lombricomposta la concentración inicial fue mayor a la final, asumiendo que el sustrato permite lixiviar el contenido de sales en el agua.

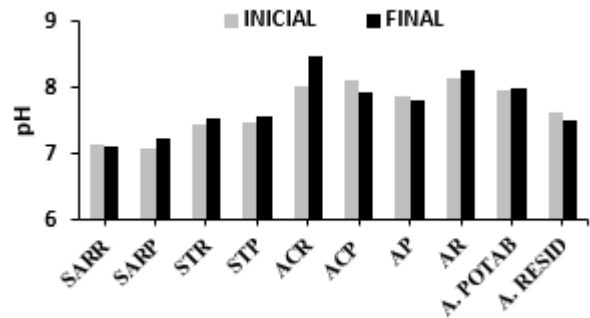


**Gráfico 1** Conductividad eléctrica registrada en el sustrato de los diferentes tratamientos.

Para el caso del pH (ver gráfico 2), en todos los tratamientos el valor se incrementó en relación al pH inicial, registrando el valor más alto de 8.2 en el sustrato ACR, que de acuerdo a la clasificación es considerado como alcalino, sin embargo, en los tratamiento ACP, AP y SARR.

La lectura del pH final fue menor en relación a la inicial, lo que sugiere que en el tratamiento ACP y AP el efecto se debe a la incorporación de agua potable, la cual lixivia el sustrato.

En cuanto al tratamiento SARR el valor tiende a la neutralidad disminuyendo ligeramente en relación al pH medido en el agua.

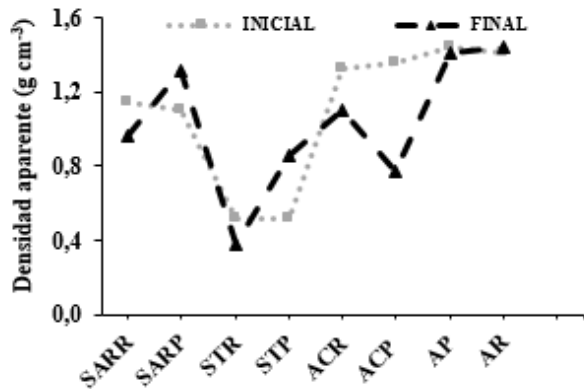


**Gráfico 2** Potencial hidrógeno medido en los diferentes sustratos

En relación al grado de compactación del suelo medido como densidad aparente, en el gráfico 3, se observa que la densidad aparente medida al final del ciclo tiende a incrementar en el suelo SARR y SARP, así como en los sustratos de arena.

Mientras que en el sustrato STR y ACP se registraron los valores más bajos (0.37 y 0.77 g cm<sup>-3</sup>, respectivamente). En el sustrato ACP se registra el valor más bajo con 0.77 g cm<sup>-3</sup> lo que indica que la materia orgánica agregada en forma de composta provee al suelo de espacios porosos para mejor aireación radicular.

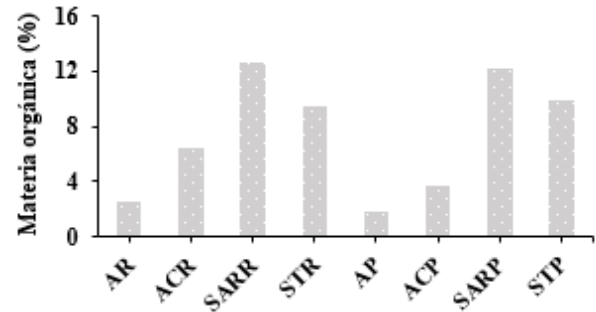




**Gráfico 3** Densidad aparente obtenida de diferentes sustratos

En el gráfico 4 muestra que en relación al contenido de materia orgánica para todos los tratamientos irrigados con agua residual se registraron altos contenidos de materia orgánica, la adición de vermicomposta mejoró el contenido de carbono orgánico, sin embargo los valores no superaron los tratamientos con agua residual, de acuerdo a la clasificación establecida en el método utilizado para la determinación de materia orgánica, los tratamientos AR, AP y ACP corresponden a niveles de muy bajo contenido de materia orgánica, mientras que ACR, STR y STP se clasifican como contenido medio y los tratamiento SARR y SARP con muy alto contenido de materia orgánica, este comportamiento se le puede atribuir a que estos últimos han sido irrigados permanentemente durante más de 80 años con agua residual, permitiendo la acumulación de materia orgánica.

Por otro lado, la adición de la vermicomposta en los sustratos de arena hace que se incremente el contenido de materia orgánica en comparación con el testigo (AP).



**Gráfico 4** Porcentaje de materia orgánica en sustratos

El contenido de sólidos disueltos para el agua potable fue de 558.6 ppm, mientras que para el agua residual fue de 629.4 ppm, lo cual indica que el agua residual presenta un 12 % más que el agua potable de residuos sólidos filtrables (sales y residuos orgánicos). Mientras que los valores de oxígeno disuelto fueron de 0.76 mgL<sup>-1</sup> para el agua residual y 21.71 mgL<sup>-1</sup> en el agua potable, lo que indica que en el caso del agua residual existe alta carga microbológica que degrada la materia orgánica agotando el oxígeno disponible en el agua.

En relación a la apariencia de la planta de cilantro, se muestra en la figura 1, diferencias muy marcadas en crecimiento y coloración de la planta en los tratamientos ACP en comparación con ACR, lo que indica que la adición de la lombricomposta y el agua residual influyen en estos parámetros, encontrando que en el ACR la coloración del cilantro y la densidad de la planta es más marcada.



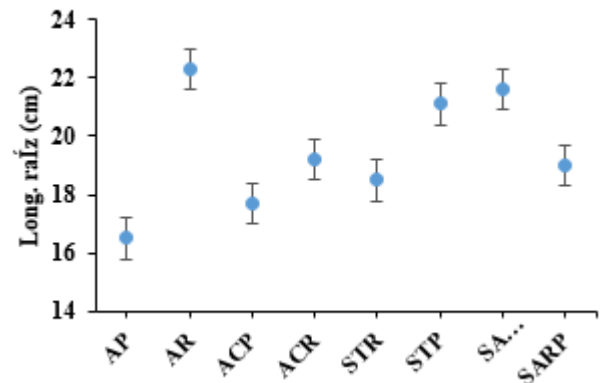
**Figura 1** Cultivo de cilantro en camas de arena con composta y agua residual y suelo irrigado con aguas residuales.

El Gráfico 5 y la Figura 2, muestra el desarrollo radicular del cilantro en cada uno de los tratamientos donde destaca que en AR la longitud de la raíz, fue mayor (22.3 cm) en comparación con el testigo (AP) donde la longitud promedio fue de 16.5 cm., lo que sugiere que la aportación del agua residual contiene carga de materia orgánica que favorecen el crecimiento radicular.

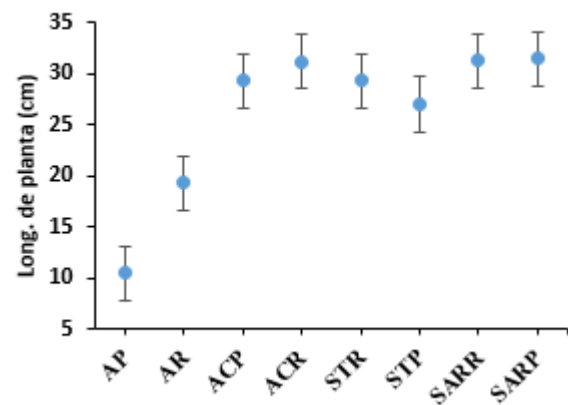


**Figura 2** Cilantro cultivado en arena y agua potable (A) y arena adicionada con composta y agua residual (B)

En relación a la altura de planta el Gráfico 6 muestra el comportamiento de los tratamientos en el cual ACP registró una altura promedio de 29.3 cm, que si bien es cierto su altura es menor que la registrada en ACR (31.2 cm), representa una alternativa viable por ser un cultivo no expuesto a aguas residuales, lo cual sugiere que la adición de lombricomposta en suelos no contaminados y regados con agua de calidad agrícola pueden alcanzar rendimientos semejantes a aquellos que tradicionalmente son regados con aguas residuales, siendo una alternativa para la producción agrícola sustentable del Valle del Mezquital.



**Gráfico 5** Comportamiento de longitud de raíz en los diferentes tratamientos



**Gráfico 6** Comportamiento de la altura de planta en los diferentes tratamientos

En general, se sabe que los macronutrientes esenciales para el desarrollo vegetal son carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre y magnesio, y dentro de los micronutrientes necesarios se encuentra el hierro, manganeso, boro, molibdeno, cobre, zinc y cloro, ocasionando que la sinergia existente con estos nutrientes favorecen el crecimiento vegetativo.

Dan el color verde a las hojas y en general contribuyen a las raíces y a las plántulas a desarrollarse rápidamente e incrementa la eficiencia del uso del agua (Royo et al., 1998), esto coincide con lo observado en los tratamientos donde se incorpora vermicomposta y el riego es con agua residual.

## Conclusiones

Con la adición de la vermicomposta en la arena y el riego con agua potable se puede alcanzar una altura de planta similar a las irrigadas con aguas residuales, con la ventaja de reducir el riego de contaminación por efecto de las mismas. Además, la apariencia de la planta fue diferente en cada tratamiento, lo que sugiere que la cantidad y tipo de materia orgánica influyen en este parámetro.

## Referencias

- ARUNASAGAR, D.; BALARAMA K.M.V; RAO S.V. ARUNACHALAM J. 2005. Removal and pre concentration of inorganic and methyl mercury from aqueous media using a sorbent prepared from plant Coriander sativum. *J. Hazzard Mat.* 118: 133-39
- GIRENKO, M.M. 1982. Initial material and basic trends in breeding of some uncommon species of vegetables. *J. Bull. VIR im. Vavilova* 120: 33-37
- RATTANACHAIKUNSOPON P., AND PHUMKHACHORN, P. 2010. Potential of coriander (*Coriandrum sativum*) oil as a natural antimicrobial compound in controlling *Campylobacter jejuni* in raw meat. *J. Biosci. Biotechnol. Biochem.* 74(1):31-35
- PEETHAMBARAN, D., BIJESH P, BHAGYALAKSHMI N. 2012. Carotenoids content, its stability during drying and the antioxidant activity of commercial coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties. *Int. J. Food Res.* 45(1): 342-350
- ROYO, A, BRICHLER, T ROSE, R. W. PARDOS M. 1998. La planta ideal revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. *Inv. agraria. Sistemas y recursos forestales*, 7(1-2): 109-122
- JECHALKE S., BROSZAT M., LANG F., SIEBE C., SMALLA K. AND ELISABETH GROHMANN E. 2015. Effects of 100 years wastewater irrigation on resistance genes, class 1 integrons and IncP-1 plasmids in Mexican soil. *Frontiers in microbiology* March 2015, Volume 6, Article 163.
- BROSZAT M., NACKE H., BLASI R., SIEBE C., HUEBNER J., DANIEL R AND GROHMANN E. 2014. Wastewater Irrigation Increases the Abundance of Potentially Harmful Gammaproteobacteria in Soils in Mezquital Valley, México. *Appl Environ Microbiol. Sep;* 80(17): 5282–5291.
- HERRE A., SIEBE C. AND KAUPENJOHANN M. 2004. Effect of irrigation water quality on organic matter, Cd and Cu mobility in soils of central México. *Water Science and Technology*, Vol. 50 No 2. pp 277–284.
- GUÉDRON S., DUWIG C., PRADO B.L., POINT D. FLORES M.G. AND SIEBE C. 2014. (Methyl)Mercury, Arsenic, and Lead Contamination of the World's Largest Wastewater Irrigation System: the Mezquital Valley (Hidalgo State—Mexico). *Water Air Soil Pollut* 225:2045.
- GUTIERREZ R.M.E., SIEBE CH. AND SOMMER I. 1995. Effects of land application of waste water from Mexico City on soil fertility and heavy metal accumulation: a bibliographical review. *Environ. Rev.* 3: 3 18-330.
- JIMÉNEZ B. 2006. Special Feature on Groundwater Management and Policy Irrigation in Developing Countries Using Wastewater. *International Review for Environmental Strategies*. Vol. 6, No. 2, pp. 229 – 250.

RAJIV K. SINHA R.K., SONI B.K., AGARWAL S., SHANKAR B AND HAHN G. 2013. Vermiculture for Organic Horticulture: Producing ChemicalFree, Nutritive & Health Protective Foods by Earthworms. Agricultural Science. Volume 1, Issue 1, 17-44. ISSN 2291-4471 E-ISSN 2291-448X.

THEUNISSEN J., P.A. NDAKIDEMI P.A. AND LAUBSCHER C.P. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on the growth and nutrient status in vegetable production. International Journal of the Physical Sciences Vol. 5(13), pp. 1964-1973. ISSN 1992 – 1950.

## Estudio de Razas Occidentales de Maíz Nativo (*Zea mays*, L. poaceae) y sus Características para Forraje

JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel\*†, JIMÉNEZ-PLASCENCIA, Cecilia, MORENO-LLAMAS, Gabriel y GUERRERO-GARCÍA, Fátima

*Instituto para Manejo y Aprovechamiento de los Recursos Fitogenéticos (IMAREFI). Centro de Estudios de Nutrición Animal, CUCBA. Departamento de Producción Animal, CUCBA. Cuerpo académico Sistemas Pecuarios de Producción CA715. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), Universidad de Guadalajara. Nextipac, Zapopan, Jal. Tel. y fax 01(33)36820743 y 37771177.*

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

El objetivo fue determinar materia seca, proteína, fibras detergente neutro y ácido, lignina, digestibilidad in vitro y energía neta de ganancia de peso, en 119 colectas de maíz nativo de Occidente y un híbrido; con el diseño completamente al azar en dos repeticiones; las muestras del Campo Experimental del CUCBA en 2009P/V, se procesaron en el Laboratorio de Calidad de Alimentos. Las razas Ancho; Mushito; Tabloncillo; Tuxpeño y Elotes occidentales, con energía neta para ganancia de peso entre 1.17 y 1.42 Mcal kgMS<sup>-1</sup>, superaron al testigo híbrido amarillo. Tabloncillo perla, con 80 a 91% de materia seca y ciclo intermedio-precoc (65 días a espigamiento), es más eficiente para acumular materia seca que las razas Mushito, Tuxpeño y Elotes Occidentales (más de 75 días a espigamiento). Los grupos raciales Mushito, Tabloncillo perla, Elotes occidentales, Elotero de Sinaloa, Ancho, Onaveño y Tabloncillo, tienen baja lignina, entre 19.3 y 22.2%, y tienen el mayor acame. Se requiere balance entre poca lignina para digestibilidad de la materia seca y contenido adecuado para evitar el acame. Las colectas con mejor digestibilidad, 75 a 83%, de Ancho, Mushito, Tabloncillo, Tuxpeño y Elotes occidentales, tienen alto contenido de materia seca disponible para el ganado.

**Zea mays, cultivares nativos, fibras, digestibilidad.**

### Abstract

We characterized 119 maize landraces from western Mexico and a yellow hybrid for forage traits. Plants were grown in Zapopan, Jalisco in 2009 in rainfed. Traits were weight gain net energy, dry matter, crude protein, neutral and acid detergent fiber, lignin and in vitro dry matter digestibility. Evaluation was done in a randomized complete block design with two replications. Results show races Ancho, Mushito, Tabloncillo, Tuxpeño and Elotes occidentales were the best for weight gain net energy (1.17 to 1.42 Mcal kgDM<sup>-1</sup>). The medium-early race Tabloncillo perla, with a rank of 80 to 91% dry matter and 65 days to tassel, was more efficient in accumulating dry matter than Mushito, Tuxpeño and Elotes Occidentales (more than 75 days to tassel). Racial complexes Mushito, Tabloncillo perla, Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Ancho, Onaveño and Tabloncillo, have low lignin content, between 19.3 and 22.2%, but have the highest lodging. Since the agronomical and the feeding points of view, it is necessary a balance in the lignin content to achieve good dry matter digestibility and lodging resistance in the field. The best dry matter digestibility was found in the races Ancho, Mushito, Tabloncillo, Tuxpeño and Elotes occidentales, between 75 and 83%.

**Zea mays, maize landraces, fibers, digestibility.**

**Citación:** JIMÉNEZ-CORDERO, Ángel, JIMÉNEZ-PLASCENCIA, Cecilia, MORENO-LLAMAS, Gabriel y GUERRERO-GARCÍA, Fátima. Estudio de Razas Occidentales de Maíz Nativo (*Zea mays*, L. poaceae) y sus Características para Forraje. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3:468-476

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ajc\_swlabr@hotmail.com.mx.)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El objetivo de este trabajo fue describir las características del forraje y su potencial para uso pecuario, de cultivares nativos de maíz del occidente de México. En Occidente, numerosos ganaderos y agricultores cortan el maíz cuando el grano comienza a madurar y lo amonan; lo dejan secar para moler la planta completa al final de la temporada; esta actividad simplifica y reduce costos, ya que los pequeños agricultores y ganaderos no disponen de maquinaria para ensilar. La información sobre la condición nutrimental de la planta en la etapa fenológica de maíz maduro, es escasa para los cultivares nativos, pese a que en Jalisco, una superficie estimada de unas 100,000 hectáreas de maíces mejorados y nativos, se proporciona al ganado en la forma descrita. En la región Altos de Jalisco, una de las cuencas lecheras más importantes de México, los maíces destinados al ensilaje deben poseer una alta producción de materia seca, ser de fácil digestión y de ciclo intermedio o intermedio-precoc para adaptarse mejor a la estación de crecimiento y a la humedad disponible (Ramírez, 2006); en el presente estudio se plantea la hipótesis que puede haber cultivares nativos que llenen dicha necesidad.

Valor de las fibras como forrajes. La fibra cruda es una medida de la cantidad de material fibroso de un forraje; está formada por celulosa, hemicelulosa y lignina (Tejada, 1985). El rastrojo de maíz tiene un elevado contenido de fibra indigestible debido a la lignina y un nivel bajo de proteína cruda; por lo general se destina a raciones de animales no lactantes o becerros en engorda, con requisitos de energía menores que una vaca en producción (Wattiaux, 1994). El rendimiento de grano de maíz no se relaciona directamente a la calidad total de la planta ensilada, porque no refleja por sí mismo el valor alimenticio total de un cultivar de maíz, los componentes determinantes son los valores de fibra en la materia seca (Chandler, 1997).

Martín et al. (2008) encontraron que los cultivares nativos de ciclo intermedio-precoc tuvieron un mejor comportamiento que el testigo híbrido de ciclo intermedio-tardío, en las condiciones de temporal en Tepatitlán, Jalisco. Ramírez (2006) sugiere que los maíces para la alimentación del ganado, deben caracterizarse con índices agroclimáticos y con indicadores de calidad forrajera, para definir áreas de producción y genotipos adecuados.

Carbohidratos estructurales. La celulosa y hemicelulosa asociadas con la lignina, son las fibras de la pared celular, y son el principal componente de los tallos de maíz. La población microbiana del rumen tiene las enzimas que extraen glucosa de la celulosa y de la hemicelulosa (Wattiaux, 1994). Las estimaciones de las fibras en los análisis de alimentos son la fibra cruda, la fibra detergente neutro (FDN) y la fibra detergente ácido (FDA), (Van Soest y Wine, 1968; Tejada, 1985). La FDN es la mejor expresión de la fibra disponible para el rumiante. La FDA consiste en celulosa, lignina, cutina y cenizas ácido insolubles. La diferencia entre las paredes celulares (FDN) y la FDA es una estimación de la hemicelulosa (Van Soest y Wine, 1968). La lignina no es un carbohidrato y es casi indigestible en el rumen. A medida que madura la planta, el contenido de lignina aumenta y sus moléculas se ligan a los carbohidratos; el resultado es que la celulosa y la hemicelulosa de las paredes celulares resultan menos digestibles (Wattiaux, 1994).

Estimación de la energía de los forrajes. En el laboratorio se analiza la composición de la materia seca, fibras, proteínas y digestibilidad; estos valores se introducen en ecuaciones de regresión para obtener una estimación de la energía del forraje, lo cual permite conocer el verdadero valor alimenticio de la materia seca y como puede ser utilizada en la producción de leche o de carne (Chandler, 1997).

## Materiales y métodos

En Junio 27 de 2009 se sembraron en el Campo Experimental del CUCBA, en condiciones de temporal o seco, 119 poblaciones de maíz nativo (Tabla 1) y un híbrido testigo. La fertilización a la siembra fue 50-50-0 y densidad de 45,000 plantas ha<sup>-1</sup>. Se obtuvieron muestras de cuatro plantas con competencia completa de cada entrada; se cortaron a 2.5 x 2.5 centímetros; el material se homogeneizó; una muestra de un kilogramo se colocó en bolsa de plástico hermética y se llevó al laboratorio. Las plantas se cortaron entre 39 y 48 días después de la floración, para obtener información sobre el estado de las fibras en el estado fenológico de grano 4/4 de masoso. El análisis de las muestras se hizo en el Laboratorio de Calidad de Alimentos del CUCBA (Tabla 2). Los resultados se analizaron con el diseño completamente al azar en dos repeticiones.

GRUPO RACIAL	ESTADO			
	Jal	Mich	Nay	Sin
Ancho	3			
Bofo	2		2	
Celaya	3	1		
Dulce		1		
Elotes Cónicos		2		
Elotes Occidentales	2	1	2	
Elotero de Sinaloa	2		2	2
Jala			4	
Mushito		36		
Pepitilla	1			
Tabloncillo	16		6	3
Tabloncillo Perla	1		7	1
Tuxpeño	3		8	1
Onaveño			1	2
Generación avanzada de híbrido	3	1		
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>42</b>	<b>32</b>	<b>9</b>

**Tabla 1** Número de colectas de cada raza de maíz y entidad federativa de procedencia.

VARIABLE	MÉTODO	REFERENCIA
Energía neta para ganancia de peso (ENG)	Ecuación	Pioneer Hi-Bred Int. (1990)
Materia seca (MS)	Secado y diferencia de peso	Hernández <i>et al.</i> (2008)
Proteína cruda (PC)	Kjeldahl	Hernández <i>et al.</i> (2008)
Lignina( LIG), fibras detergente neutro (FDN) y ácido (FDA)	Fracción de fibra	Van Soest y Wine (1968)
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca (DIV)	Digestión	Ankom Technology, incubador Daisy II <sup>200/220</sup>

**Tabla 2** Variables y métodos de análisis utilizados para la evaluación de 119 maíces nativos de Occidente.

## Resultados y Discusión

El ANVA para las siete variables mostró significancia ( $p < 0.05$ ) para colectas. En la Tabla 3 se presentan la significancia estadística de los 120 maíces y las 9 variables analizadas.

	FV	ENG	MS	PC	FDN
Bloques		3.04ns	3.5ns	0.25ns	2.38ns
Colectas		19.7*	31.1*	48.3*	102.2*
		FDA	LIG	DIV	
Bloques		1.02ns	0.14ns	3.04ns	
Colectas		60.6*	51.0*	19.7*	

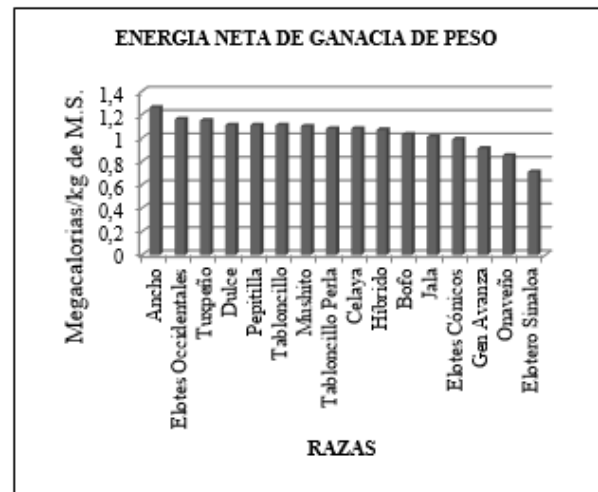
ns: no significativo; \*: significativo  $p \leq 0.05$ ; ENG= energía neta para ganancia peso; MS= materia seca; PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; LIG= lignina; DIV= digestibilidad *in vitro* materia seca.

**Tabla 3** Cuadrados medios y significancia estadística de las variables analizadas.

Energía neta para ganancia de peso (ENG). En el presente estudio se estimó la energía neta para ganancia de peso, porque los maíces nativos con mayor frecuencia se aprovechan para alimentar el ganado de carne.

No se encontraron referencias de la calidad nutricional del maíz en estado maduro, por eso se toma como punto de comparación la información sobre ensilados. Evaluaciones en ocho estados de México, muestran que la ENL de los híbridos comerciales varía entre 1.2 y 1.6 Mcal/kg MS (Báez et al., 1999, 2000, 2001; Faz et al., 2000; Herrera et al., 1997; Núñez et al., 2003). En el presente trabajo, el grupo de colectas con mejor ENG presentó de 1.17 a 1.42 Mcal/kg MS, en accesiones de las razas Ancho, Tuxpeño, Mushito, Tabloncillo y Elotes Occidentales (Anexo 1). Las colectas del grupo estadístico superior, pueden proporcionar una adecuada energía a los rumiantes en engorda. Estos materiales también muestran una mejor energía que el híbrido amarillo LUG21xLUG282, cuya ENG es de 1.07. Los híbridos mencionados en la literatura se cosecharon para ensilaje, con el grano en la etapa fenológica de elote con 2/4 del grano masoso. Los maíces nativos del presente trabajo se cosecharon en la etapa fenológica cercana a la madurez fisiológica, con el grano duro 4/4 de masoso. Como la lignificación aumenta a medida que el maíz madura y disminuye la digestibilidad (Núñez et al., 1999), las diferencias encontradas entre los resultados de este trabajo y los de otros estudios pueden deberse a dicho fenómeno.

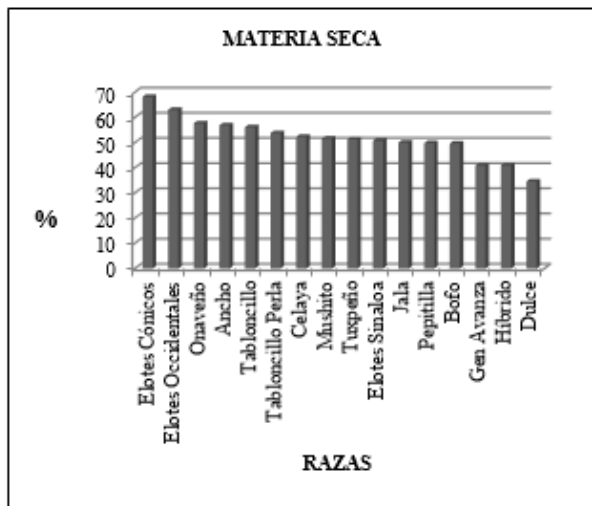
Materia seca (MS). La materia seca es el total de compuestos que la planta acumula según su metabolismo (Pond y Church, 2003). En la medida que haya más materia seca en un forraje, habrá más nutrientes disponibles para el ganado. Cuatro de las nueve colectas de Tabloncillo Perla, están en el primer grupo estadístico con un alto contenido de materia seca (Anexo 1). Tabloncillo perla es una raza de ciclo intermedio precoz, con 65 días a espigamiento (Martín, 2007), por lo que al momento del muestreo con el grano maduro, la planta presentó un bajo contenido de humedad.



**Gráfico 1** Promedio de energía neta para ganancia de peso (Mcal kg MS<sup>-1</sup>) de 14 grupos raciales y generaciones avanzadas de híbridos del occidente de México.

Arguillier et al. (2000) y Peña et al. (2002), muestran que los maíces de ciclo intermedio precoz, tienen mayor flexibilidad para producir materia seca de calidad, proporcionan una mejor alimentación para el ganado, como se observó en Tabloncillo Perla. Colectas de razas con ciclo vegetativo más largo, entre 75 y 80 días a espigamiento (Martín, 2007), como Mushito, Tuxpeño y Elotes Occidentales tienen buena capacidad de acumulación de materia seca, aunque con menor eficiencia que Tabloncillo Perla. En este trabajo se observó que las colectas con los valores más altos de ENG, tienen cantidades variables de materia seca, lo cual coincide con lo encontrado por Wiersma et al. (1993). Núñez (1999) y Laurer et al. (2001) señalan que los maíces de alto rendimiento de grano, no siempre correlacionan con la calidad del forraje, y que tampoco existe asociación completa entre el rendimiento de materia seca y el valor energético del forraje.

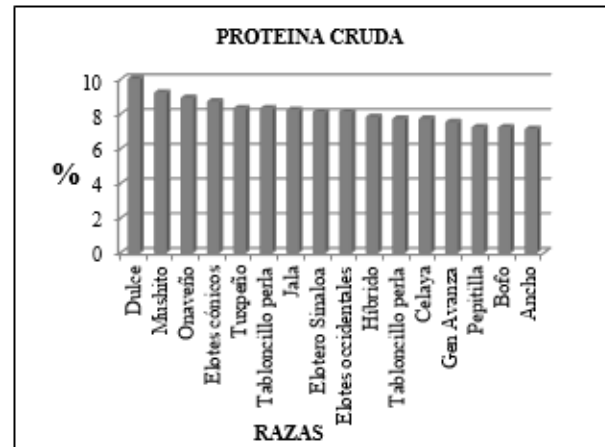




**Gráfico 2** Promedio de % materia seca de 14 grupos raciales y generaciones avanzadas de híbridos del occidente de México.

Proteína cruda (PC). El grupo estadístico con los valores más altos de proteína, está formado por las colectas M05083 (Tuxpeño) y M05087 (Mushito). Para propósitos de interpretación, también se consideran las colectas del segundo grupo estadístico. Las razas Tuxpeño (M05038 y M04003); Mushito (M05087, M05083, M05069 y M05081) y Tabloncillo Perla (M05090), conforman los complejos raciales con materiales de mejor proteína (Anexo 2). El contenido de proteína en maíces híbridos forrajeros comerciales en México, varía en un rango de 7.0 a 9.8% (Herrera et al., 1997, Báez et al., 1999, 2000, 2001; Faz et al., 2000); otros autores informan sobre niveles de 7.0 a 11.0% (Laurer et al., 2001). En el presente trabajo se identificó una variación importante en el contenido de proteína cruda de la planta, entre las diferentes colectas y grupos raciales estudiados. Colectas de las razas Tuxpeño y Mushito como preponderantes, así como una colecta de Tabloncillo Perla, tienen entre 10.5 y 12.3% de proteína, que son niveles comparables o ligeramente superiores a los informados en la literatura para híbridos forrajeros comerciales.

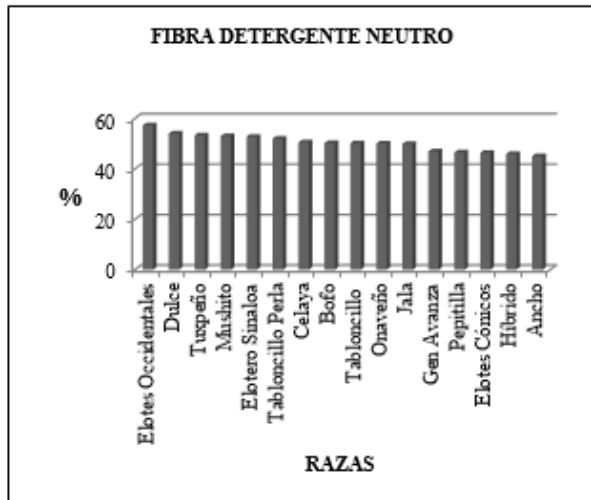
Aunque las colectas que tienen un mayor contenido de materia seca son diferentes a las de proteína más elevada, es notable que pertenezcan a los mismos grupos raciales, como son Mushito, Tuxpeño y Tabloncillo Perla.



**Gráfico 3** Promedio de % proteína de 14 grupos raciales y generaciones avanzadas de híbridos del occidente de México.

Fibra detergente neutro (FDN). La estimación de FDN permite separar las partes de la materia seca solubles y accesibles de las que no son totalmente aprovechables (Tejada, 1985), pero debe mantener un balance con otros componentes nutricionales como la proporción de mazorca. Los híbridos de maíz que tengan más del 50% de su materia seca en la mazorca y fibra detergente neutro inferior a 50%, entregan valores energéticos satisfactorios al ganado (Fonseca et al., 2000; Núñez et al., 2003). Los maíces nativos en los que se encontró el nivel más alto de FDN, pertenecen a las razas Mushito y Tabloncillo Perla, con un rango de 61.4 a 64.6% (Anexo 2), como su FDN es superior a 50% y no tienen más del 50% de materia seca en su mazorca, producen poca energía. En las colectas estudiadas, el carácter FDN no contribuye definitivamente a la producción de energía.

Fibra detergente ácido (FDA). El grupo estadístico con los valores más altos de fibra detergente ácido, está formado por colectas de Tabloncillo perla (M05090) y Mushito (M05079 y M05058), (Anexo 2).



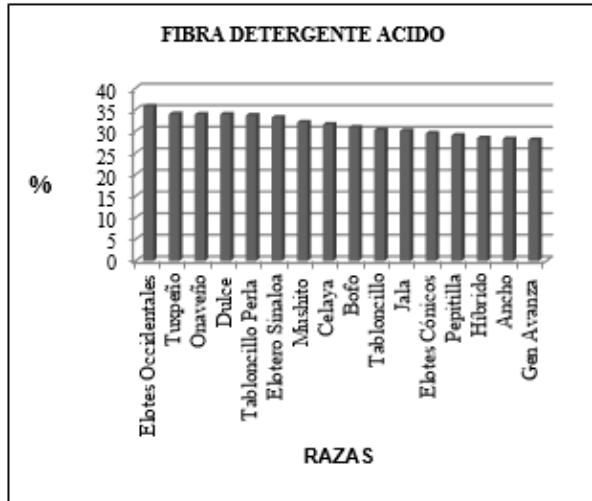
**Gráfico 4** Promedio de % fibra detergente neutro de 14 grupos raciales y generaciones avanzadas de híbridos del occidente de México.

El contenido de FDA aumenta cuando la humedad del suelo se restringe (Núñez et al., 1999). Las colectas de este trabajo, cosechadas cerca de la madurez fisiológica, dispusieron de menos humedad al final del temporal de lluvias, que las consignadas en la literatura en condiciones de riego. Los híbridos comerciales de maíz en regiones ganaderas de México, tienen FDA que varía entre 20.2 y 39.7% (Báez et al., 1999, 2000, 2001; Faz et al., 2000; Herrera et al., 1997). En el presente trabajo, las colectas con mayor proporción de FDA resultaron de las razas Tabloncillo perla y Mushito, en un rango de 40 a 43.8%. Como FDA es una estimación del contenido de la celulosa más la lignina; la diferencia entre FDA y LIG, es la proporción de celulosa que está presente en las fibras del maíz. Un alto contenido de FDA es un indicador de la celulosa disponible para el rumiante, si la variable LIG muestra valores moderados.

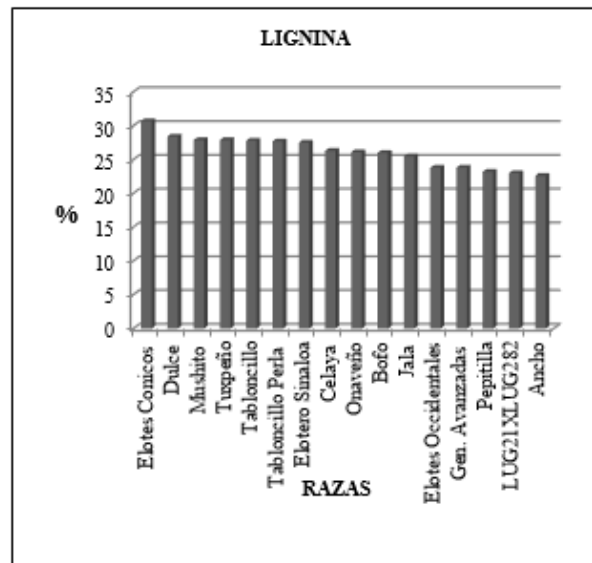
En esta investigación se encontró que numerosas colectas tienen valores altos de FDA y al mismo tiempo un elevado contenido de LIG, por lo que tienen baja energía para el ganado.

Lignina (LIG). Las razas de maíz que mostraron en promedio los valores más bajos de lignina son Ancho (22.6%), Pepitilla (23.2%), Elotes Occidentales (23.8%); estos valores resultaron comparables con los del híbrido forrajero LUG21xLUG282 (23%) y las generaciones avanzadas de híbridos (23.8%) (Anexo 3). Cuando la planta llega a su madurez, aumenta el contenido de lignina en el forraje. Los niveles bajos de LIG dan lugar a los mejores valores de ENG, porque la energía es inversamente proporcional a la cantidad de fibra no digerible en el forraje (Núñez et al., 1999). El grupo estadístico con menor contenido de LIG está conformado por colectas de las razas Mushito, Tabloncillo Perla, Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Onaveño, y Tabloncillo, con valores entre 19.28 y 22.15%. En este trabajo, los maíces con mayor ENG son los que tienen al mismo tiempo niveles bajos de LIG. Para la alimentación del ganado, la lignina debe ser reducida ya que no es digerible. Como la lignina proporciona soporte y rigidez al tallo para que la planta permanezca erecta, se requiere balance entre un bajo contenido de lignina para facilitar la digestibilidad de la materia seca, y un nivel adecuado para evitar el acame de la planta. Las colectas de las razas Tabloncillo Perla, Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Ancho y Tabloncillo que identificamos con bajos niveles de lignina, Martín (2007) informa que tienen un promedio de acame de tallo del 8.8% y un promedio de acame de raíz de 34.7%. Mientras que las colectas que encontramos con alta lignina, de las razas Tabloncillo Perla, Mushito y Celaya, Martín (2007) encontró que tienen en promedio de acame de tallo 4.6% y acame de raíz de 24.4%.

Estas evidencias sugieren que el acame en maíces nativos está relacionado con el contenido de LIG en las fibras de la planta.



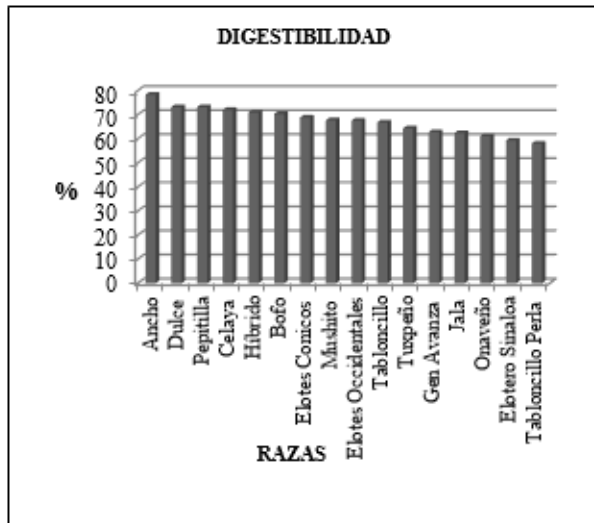
**Gráfico 5** Promedio de % fibra detergente ácido de 14 grupos raciales y generaciones avanzadas de híbridos del occidente de México.



**Gráfico 6** Promedio de % lignina de 14 grupos raciales y generaciones avanzadas del occidente de México.

Digestibilidad in vitro de la materia seca (DIV). Los maíces con mejor digestibilidad fueron Ancho (M05099 y M05002); Mushito (M05082, M05081 y M05072); Tabloncillo (M05024, M05023 y Tabloncillo típico); Tuxpeño (INIFAP30) y Elotes Occidentales (M05053). La DIV de estos materiales osciló entre 75.3 y 83.8% (Anexo 3).

El forraje seco de maíz es menos digerible al madurar la planta porque aumenta el contenido de lignina, la cual dificulta a las bacterias del rumen degradar la celulosa y hemicelulosa en compuestos asimilables para el ganado (Wattiaux, 1994). Lundval et al. (1994) señalan que la digestibilidad de hojas y tallos en maíz difiere entre genotipos con valores que van del 58.0 a 67.6% y de 26.2 a 65.0% respectivamente. En el presente estudio se estimó la digestibilidad del total de la planta, por lo que los valores aquí informados son ligeramente diferentes a los del citado autor. Como el muestreo se efectuó con el grano maduro, las plantas del presente trabajo se encontraban en un estado de fenológico más avanzado, con menor humedad, más fibras estructurales, y más almidones en el grano, a diferencia de la etapa fenológica de elote citada en la literatura. Laurer et al. (2001) informan que la digestibilidad del forraje de maíces para grano varía entre 54 y 86%. En el presente estudio, los valores más altos de digestibilidad de diez colectas, se encuentran entre 75 y 83.8%, así que el grupo de colectas con mejor DIV son de interés, porque a pesar de la madurez de la planta, una proporción considerable de su materia seca está disponible para nutrir al rumiante. Los grupos raciales a los que pertenecen estos materiales son Ancho, Tabloncillo, Mushito y Tuxpeño, que además superaron en DIV al híbrido testigo LUG21xLUG282. Estos resultados muestran que los maíces nativos tienen un grado de digestibilidad tan bueno como el de los híbridos, y pueden ser valiosos para una mejor alimentación del ganado.



**Gráfico 7** Promedio de % digestibilidad de 14 grupos raciales y generaciones avanzadas de híbridos del occidente de México.

## Conclusiones

Las colectas con mayor ENG pertenecen a las razas Ancho (M05099 y M0502); Mushito (M05082, M05081 y M05072); Tabloncillo (M05024, M05023 y Tabloncillo típico); Tuxpeño (INIFAP30) y Elotes Occidentales (M05053), con un rango entre 1.17 y 1.42 Mcal kgMS<sup>-1</sup>; el híbrido de grano amarillo LUG21xLUG282 (ENG=1.07) estadísticamente es inferior.

Colectas de Tabloncillo Perla (M05090, M05094, M05093, e INIFAP23); Mushito (M05050 y M05080); y Tabloncillo (M05091), tienen el mayor contenido de materia seca, entre 80 y 91%.

Tabloncillo Perla, de ciclo intermedio precoz y 65 días a flor masculina, es más eficiente para acumular materia seca que razas de ciclo más largo, como Mushito, Tuxpeño y Elotes Occidentales, de 75 a 80 días a espigamiento.

Las colectas con menor lignina de Mushito (M05052, M05048, M05049, M05068 y M05072), Tabloncillo Perla (M05093 e INIFAP14), Elotes Occidentales (M05053 y M05089), Elotero de Sinaloa (M05098), Ancho (M05002), Onaveño (INIFAP26) y Tabloncillo (INIFAP46), con un rango de 19.28 a 22.15% de LIG.

Las colectas con mejor DIV mostraron entre 75 y 83%; son de Ancho (M05099 y M05002); Mushito (M05082, M05081 y M05072); Tabloncillo (M05024, M05023 y Tabloncillo típico); Tuxpeño (INIFAP30) y Elotes Occidentales (M05053).

Los resultados de este trabajo permiten conocer una parte del potencial aun no aprovechado que existe en las poblaciones nativas de maíz, razón por la cual el acervo genético que está en manos de los agricultores tradicionales debe ser preservado, tanto in situ como ex situ en bancos de germoplasma, y ponerlo a disposición de los programas de fitomejoramiento y de ganaderos.

## Referencias

Allen, M. S. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *J. Dairy Sci.* 80:1447-1462.

Arguillier, O., V. Medichin y J. Barriere. 2000. Inbred line evaluation and breeding for digestibility-related traits in forage maize. *Crop Sci.* 40:1596-1600.

Alpura, 2000. Evaluación de híbridos de maíz para ensilar. Verano 2000. Ganaderos productores de leche pura S.A. de C.V. Cuautitlán Izcalli, México. 21 p.

Báez Duran S., C. Aguilar Ruiz, H. Gutiérrez Quiroz, A. Herrera Avilés y B. Martínez Pando. 1999. Evaluación de híbridos para ensilar. Departamento de servicios técnicos agropecuarios Alpura 20 pp

Báez Duran S., C. Aguilar Ruiz, H. Gutiérrez Quiroz, A. Herrera Avilés y B. Martínez Pando. 2000. Evaluación de híbridos para ensilar. Departamento de servicios técnicos agropecuarios Alpura 20 Pp.

Báez Duran S., C. Aguilar Ruiz, H. Gutiérrez Quiroz, A. Herrera Avilés y B. Martínez Pando. 2001. Evaluación de híbridos para ensilar. Departamento de servicios técnicos agropecuarios Alpura, 21 pp

Clark, P. W. and L. E. Armentano. 1993. Effectiveness of neutral detergent fiber in whole cottonseed and dried distillers grain compared with alfalfa haylage. *J. Dairy Sci.* 76:2644-2650.

Chandler, Paul T. 1997. Evaluación de variedades para producir ensilados en vacas lecheras. In: III conferencia internacional sobre nutrición y manejo. Gerencia de asistencia técnica LALA alimentos S.A. de C.V. Gómez Palacio, Dgo.

Faz Contreras, Rodolfo, Gregorio Núñez Hernández y Rolando Herrera Saldaña. 2000. Híbridos de maíz y sorgo forrajeros para ensilar en La comarca Lagunera. Primavera 2000. SAGAR, INIFAP, Gerencia técnica del grupo LALA, S.A. de C.V. 13p.

Firkins, J. L. 1977. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 80:1426-1437.

Fonseca, A.J.M., A.R.J. Cabrita, A.M. Lag y E. Gomes. 2000. Evaluation of chemical composition and particle size of maize silages produced in north- west of Portugal. *Anim. Feed Sci. Tech.* 83: 173-183.

Herrera y Saldaña, R., F. Eduardo Contreras, R. Faz Contreras y G. Núñez. 1997. Resultados de la evaluación de 17 híbridos de maíz y 8 variedades de sorgo en la Comarca Lagunera. III Conferencia Internacional sobre Nutrición y Manejo. Gómez Palacios, Dgo. México, 122 pp.

Laurer, J., J.G. Coors and R. Shaver. 2001. Corn silage brown midrib, waxy high oil and others. In: Proceedings of the 31th State California alfalfa and forage symposium. Cooperative Extension Service, University of California. Modesto, CA.

Lundval J. P., D. R Buxton, A. R. Hallauer y J. R. George. 1994. Forage quality variation among maize inbreds: in vitro digestibility and cell-wall components. *Crop Sci.* 34: 1672 – 1678.

Mertens, D. R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463-1481.

Matsuo, T. 1975. Adaptability, stability and productivity of varieties in crop plants. In: Adaptability in plants. T. Matsuo (ed.) JIBP synthesis. 6:173-177.

Martín López, José G., José Ron Parra, José J. Sánchez González, Lino de la Cruz Larios, Moisés M. Morales Rivera, José A. Carrera Valtierra, Alejandro Ortega Carmona, Víctor A. Vidal Martínez y Manuel de J. Guerrero Herrera. 2008. Caracterización agronómica y morfológica de maíces nativos del noroccidente de México. *Rev. Fitotec.* Vol. 31(4):331-340.

National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. Seventh revised edition. The National Academy of Sciences. U.S.A. 381 pp.

Núñez H.G., G.F. Contreras G., C.R. Faz y S.R. Herrera 1999. Componentes tecnológicos para la producción de ensilajes de maíz y sorgo. SAGAR INIFAP. Centro Regional Norte Centro Campo Experimental La laguna. Torreón, Coahuila, Méx. 52 pp.

Núñez H.G., G.F. Contreras G., C.R. Faz y S.R. Herrera 2003. Características agronómicas y químicas en híbridos de maíz para forraje de alto valor energético. Tec. Pec. Mex. 41(1):37-48.

Peña R. A., H.G. Núñez y F. González C. 2002. Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. Tec. Pec. Mex. 40(3):215-228.

Pioneer Hi-Bred International, Inc. 1990. Pioneer forage manual, a nutritional guide. Des Moines, Iowa, EUA. 24p.

Pond, W.G. y D.C. Church. 2003. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales, Editorial Limusa, 205 pp.

Ramírez Vega, Humberto. 2006. Parámetros fenoproducidos del maíz forrajero y su asociación con el índice potencial de rendimiento lechero. Tesis doctorado en ciencias. Universidad de Colima. Tecomán, Colima. 106 p.

Rivera Palacios, Felipe de J. y Fernando Galván Castillo. 2003. La producción de forraje como alternativa para mejorar los sistemas agropecuarios en el estado de Guanajuato. Dir. Gral. de Agric. Sria. de Desarrollo Agropecuario y Rural del Estado de Guanajuato. 12 p.

Swain, S. M. and L. E. Armentano. 1994. Quantitative evaluation of fiber from nonforage sources used to replace alfalfa silage, J. Dairy Sci, 77: 2318 – 2331.

Tejada de Hernández, I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México, A. C. Km. 15.5 Carr. México-Toluca, Palo Alto, D. F. p. 276.

Van Soest, P. J. y R. H. Wine, 1968. Chemical Analysis. J. Assoc. of Chem. Anals 51:780.

Van Soest P.J., J. B. Robertson, y B.A. Lewis 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharids in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74: 3583-3597.

Vaughan, K. K., S. M. Swain and L. E. Armentano. 1991. Effectiveness of NDF from ground corn cobs and wheat middlings compared to alfalfa silage. J. Dairy Sci. 74, Suppl. 1:220.

Wattiaux, Michel A. 1994. Guia Técnica Lechera. Nutrición y Alimentación. Traducción de J. Homan, Ma. Carmen Moreno y Ana María Rodríguez. Instituto Babcock para Investigación y Desarrollo Internacional para la Industria Lechera. Programa Internacional de Agricultura. Universidad de Wisconsin, Madison, E.U.A. 130 p.

Wiersma, D.W., P.R. Carter, K.A Albrecht and J.G. Coors. 1993. Kernel milkline stage and corn forage yield, quality and dry matter content. J. Prod. Agric. 6:94-99.

## Potencial biotecnológico de *Tagetes lucida* Cav. y *Helianthus laciniatus* A. Gray como fuentes de colorantes naturales para la industria textilera

PADILLA-ESCAMILLA, Jazmín Patricia\*†, LÓPEZ-RAMÍREZ, Varinia, MORALES-VARGAS, Adán y CARRILLO-LANDELL, Felipe

*Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, Irapuato, Gto.*

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

Algunos de los metabolitos secundarios producidos por plantas han sido utilizados por el hombre como colorantes. *Tagetes lucida* Cav. y *Helianthus laciniatus* A. Gray, son dos malezas de amplia abundancia en el Bajío y utilizadas principalmente para fines medicinales. En este trabajo se evaluó su potencial como fuentes de colorantes para textiles. Las flores fueron colectadas de los terrenos del ITESI y los pétalos fueron secados a 65°C y 110°C y posteriormente pulverizados. Los extractos metanólicos concentrados se sometieron a pruebas de tinción a 100, 120 y 140°C. Se evaluaron dos mordientes diferentes; NaOH al 30% y (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 25%. El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas entre el contenido de pigmentos (antocianinas y carotenoides) ( $P < 0.05$ ) según la especie de planta estudiada, además la temperatura de secado de los pétalos influyó sobre la estabilidad de los pigmentos ( $P < 0.05$ ). En los experimentos de tinción se observaron diferencias significativas para todas las variables independientes estudiadas ( $P < 0.05$ ). Las pruebas señalan que estas especies tienen potencial biotecnológico para teñir firmemente tejidos de algodón para su aplicación en la industria textil.

### Pigmentos, textiles, biotecnología

### Abstract

The secondary metabolites from plants have been used by human as dyes. *Tagetes lucida* Cav and *Helianthus laciniatus* A. Gray, are two weeds of wide abundance in the Bajío zone and primarily used for medicinal purposes. Into this work was evaluated their potential as dyes in textiles. The flowers were obtained from the land of the school (ITESI) and the petals were dried at 65 °C and 110 °C and then pulverized. The methanolic extracts concentrates were tested for staining reactions at 100, 120 and 140 °C. Were also tested two different mordants; 30% NaOH (30%) and (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (25 %). The analysis of variance (ANOVA) showed meaningful differences between the content of pigments (anthocyanins and carotenoids) ( $P < 0.05$ ) according to the tested, also the drying temperature of the petals influenced the stability of the pigments ( $P < 0.05$ ). In the staining experiments significant differences were observed in all the independent studied variables ( $P < 0.05$ ). The tests point out that these species have biotechnological potential to dye strength the cotton tissues for their application in the industry.

### Pigments, textil, biotechnology

**Citación:** PADILLA-ESCAMILLA, Jazmín Patricia, LÓPEZ-RAMÍREZ, Varinia, MORALES-VARGAS, Adán y CARRILLO-LANDELL, Felipe. Potencial biotecnológico de *Tagetes lucida* Cav. y *Helianthus laciniatus* A. Gray como fuentes de colorantes naturales para la industria textilera. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias* 2015, 2-3:477-489

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: 5patyescamilla@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

El metabolismo secundario comprende una serie de reacciones desencadenadas principalmente en respuesta a diferentes tipos de estrés. En plantas la producción de metabolitos secundarios representa una importante respuesta ante patógenos. Estos metabolitos pueden afectar de manera considerable la salud de los organismos atacantes, incluso para los humanos; sin embargo, en el reino vegetal se encuentran ampliamente distribuidos metabolitos secundarios benéficos, que el hombre ha utilizado desde hace siglos, constituyendo, entre otras cosas, la base para la farmacéutica actual y para la formulación de productos ecológicos (Wink, 2010).

Existen diferentes tipos de metabolitos secundarios, los cuales se agrupan en función de su estructura química. En este trabajo nos enfocamos en la determinación de carotenoides y antocianinas y para su aplicación en la tinción de telas, a partir de dos tipos de malezas que comúnmente se emplean en la medicina tradicional *Tagetes lucida* Cav. y *Helianthus laciniatus* A. Gray.

**Revision de literatura**

Una característica de las plantas y otros organismos sésiles, los cuales no pueden correr en caso de peligro, ni tienen un sistema inmune para combatir patógenos, sino sólo una respuesta sistémica (He et al., 2002), es su capacidad para sintetizar una enorme variedad de compuestos de bajo peso molecular, llamados metabolitos secundarios. En la Tabla 1 se proporciona un estimado del número de metabolitos secundarios descritos en plantas (Wink, 2010)

**Biosíntesis de metabolitos secundarios**

Algunos metabolitos secundarios son producidos en todos los tejidos, pero su formación es generalmente específica de órganos, tejidos y células. Aunque en la mayoría de los ejemplos no se han elucidado detalles, puede asumirse que los genes del metabolismo secundario son también regulados de forma específica. Esto significa que una batería de factores de transcripción y respuestas tempranas por diversos elicitores (Vasconsuelo y Boland, 2007) específicos cooperan a medida que los genes del metabolismo secundario se activan y transcriben. Estos reguladores maestros, controlan la maquinaria general de rutas biosintéticas, transporte y almacenamiento (Wink, 2010).

Los sitios de biosíntesis están compartimentalizados en la célula vegetal. Mientras la mayoría de las rutas biosintéticas ocurren (al menos parcialmente) en el citoplasma, hay evidencia de que algunos alcaloides (tales como conina, quinolizidinas y cafeína), furanocumarinas y algunos terpenos (como mono- y di-terpenos, fitol, y carotenoides que se forman por la ruta del piruvato/gliceraldehído fosfato) son sintetizados en el cloroplasto (Wink, 2010)

**Biosíntesis de terpenoides**

La clase más grande de metabolitos secundarios es, indudablemente, la de los terpenoides o isoprenoides. Han sido reportados más de 36,000 miembros individuales de esta clase y nuevas estructuras están siendo añadidas a una tasa de cerca de 1000 cada año. Las compilaciones de terpenos recientemente descritos aparecen periódicamente.



Los terpenoides no sólo son numerosos sino también extremadamente variables en estructura, presentando miles de esqueletos de carbono diferentes y una gran clasificación de grupos funcionales. A pesar de su diversidad, todos los terpenoides están unificados por el modo en que se sintetizan: la fusión de unidades de C5 con una estructura isoprenoide (IPP).

La ruta biosintética de terpenoides esta formada por cuatro etapas, la primera involucra la formación de IPP, la unidad biológica de isopreno de cinco carbonos. Las plantas sintetizan IPP y su isómero alílico, DMAPP (Dimetilalil difosfato), por alguna de las dos rutas, mejor conocidas como la ruta del ácido mevalónico y la ruta del metileritritol fosfato. En la segunda etapa, las unidades básicas de C5 se condensan para generar tres prenils difosfato más grandes; geranyl difosfato (GPP, C10), farnesil difosfato (FPP, C15) y geranylgeranyl difosfato (GGPP, C20). En la tercera etapa, los compuestos difosfato de C10-C20 sufren un amplio rango de ciclizaciones y rearrreglos para producir esqueletos de carbono parentales de cada clase de terpeno. El GPP es convertido a los monoterpenos, FPP es transformado a sesquiterpenos y GGPP forma los diterpenos. FPP y GGPP pueden también dimerizarse para formar precursores de C30 y C40, respectivamente (Wink, 2010). En las plantas superiores el 15-cis-fitoeno (precursor formado por la dimerización de geranylgeranyl difosfato o GGPP) experimenta una serie de deshidrogenaciones dependientes de NAD<sup>+</sup> que lo transforman en licopeno. Este compuesto se cicla por acción de la enzima dependiente de FAD<sup>+</sup> para originar carotenoides cíclicos, que presentan anillos terminales de ionona (Fett-Neto, 2010).

La última y cuarta etapa comprende una variedad de oxidaciones, reducciones, isomerizaciones, conjugaciones y otras transformaciones por las cuales el esqueleto carbonado parental de cada clase de terpeno es convertido a miles de metabolitos terpénicos distintos (Wink, 2010)

Tipo de metabolito secundario	No. aproximado de estructuras conocidas
<b>Con Nitrógeno</b>	
Alcaloides	21,000
Proteínas no aminoácidas	700
Aminas	100
Glicósidos cianogénicos	60
Glucosinolatos	100
Alcámidas	150
Lecitinas, péptidos, polipéptidos	2,000
<b>Sin Nitrógeno</b>	
Monoterpenos (C10)	2,500
Sesquiterpenos (C15)	5,000
Diterpenos (C20)	2,500
Triterpenos, esteroides, saponinas (C30)	5,000
Tetraterpenos (C40)	500
Flavonoides, taninos	5,000
Fenilpropanoides, lignina, cumarinas, lignanos	2,000
Poliacetilenos, ácidos grasos	1,500
Policétidos	750
Carbohidratos, ácidos orgánicos	200

**Tabla 1** Número de metabolitos secundarios conocidos en plantas superiores (Wink, 2010)

### Biosíntesis de antocianinas

Las antocianinas, sintetizadas por la ruta de flavonoides, han brillado en el interés de biólogos, químicos y enólogos por contribuir en el color (naranja, rosa, rojo, azul y púrpura) de uvas y productos vitivinícolas.

Los compuestos fenólicos a los cuales pertenece el grupo de los flavonoides y por lo tanto las antocianinas, son sintetizados por varias rutas, entre las que destacan la ruta del ácido shikímico y la del ácido malónico. En el caso de la biosíntesis de flavonoides, el p-cumaroil-CoA, derivado de L-fenilalanina en el metabolismo general de los fenilpropanoides, se condensa con tres moléculas de malonil-CoA por medio de la enzima chalcona sintasa (CHS) para formar la naringenina-chalcona. En uva (*Vitis vinifera*) hay al menos tres genes que codifican para CHS: Chs1 (AB015872), Chs2 (AB066275), and Chs3 (AB066274), que se transcriben bajo distinto control. Sin embargo, su producto, la naingenina-chalcona no solo es usado en la síntesis de antocianinas o proantocianidinas, sino en la formación de otros compuestos fenólicos (He et al., 2010).

Existen diversos factores que afectan la estabilidad de las antocianinas como son el pH, donde las antocianinas extraídas de trigo azul y morado se muestran más estables en un medio ácido que en un medio neutro o alcalino (Aguilera et al., 2011). Como fue el caso de la antocianina extraída de exocarpo de frutos de *Renealmia alpina*, la cual mostró coloraciones más fuertes en un rango de pH de 4 a 6 (Noriega et al., 2011).

### Aplicaciones de carotenoides

Los carotenoides proporcionan una amplia variedad de funciones fisiológicas que benefician la salud humana, sirviendo como antioxidantes en ambientes lipofílicos y como filtros de luz azul en la retina humana. Estos compuestos de la dieta sirven como precursores de un conjunto único de compuestos de hidrólisis de carotenoides, incluyendo a los retinoides (Linting, 2010).

Dentro de los beneficios a la salud también destaca su importante papel como precursores en la síntesis de las vitaminas A y E. Mecanismos como los ya antes mencionados, se han perfeccionado con herramientas de ingeniería metabólica y genética para lograr mejor comprensión de la interacción entre los metabolismos de diferentes especies. Además, son pigmentos importantes así como complementos nutricionales de interés (DellaPenna y Pogson, 2006).

### Descripción de los modelos de estudio

#### *Tagetes lucida* Cav.

Conocida como “pericón”, es una especie típica del paisaje en las regiones templadas; se utiliza en varias ceremonias agrícolas, y como medicinal y ornamental. Esta es una planta herbácea perenne, erecta, la cual puede alcanzar una altura de 80 cm con un periodo de floración de julio a diciembre (Calderón y Rzedowski, 2008).

Esta especie ha sido ampliamente utilizada tanto tradicional como científicamente sobretodo en el territorio mexicano. Dentro de los usos medicinales, destaca su aplicación para el tratamiento de diferentes enfermedades del sistema nervioso central, principalmente la depresión; aunque por otro lado también se ha observado un efecto potencial adverso del comportamiento sexual masculino en ratones a diferentes concentraciones (Guadarrama-Cruz et al., 2008). También se ha usado como aditivo alimenticio y evaluado la extracción del colorante a distintas temperaturas de secado (Siriamornpun et al., 2012).

De este mismo género, se han identificado fitoquímicos y compuestos bioactivos que presentan actividad antimutagénica y anti oxidativa y como herbicidas (Li-wei et al., 2012).

## Helianthus laciniatus A. Gray

Coloquialmente conocido como girasol silvestre, esta especie se ha reportado en alrededor de 15 estados de la República Mexicana. Esta planta perenne puede alcanzar longitudes mayores a 1 m. Su floración es amarilla en forma de disco y se encuentra distribuido ampliamente entre las malezas.

Los estudios de este tipo de flor tienen una mayor tendencia sobre *Helianthus petiolaris*, que *Helianthus laciniatus*. Los estudios van dirigidos a su variedad silvestre desde el punto de vista morfológico y genotípico (Gutiérrez et al., 2009).

## Metodología

### Diseño general de trabajo

La fase experimental del proyecto comprende cuatro etapas. La primera de estas se refiere a la recolección de las flores y su correspondiente secado a dos temperaturas diferentes. En la siguiente etapa se realizó la cuantificación de los carotenoides totales de los pétalos de flores. La tercera etapa comprendió la cuantificación de antocianinas totales y, finalmente, la última etapa hace referencia a las pruebas de tinción (Figura 1).

### Descripción del área de estudio

Las muestras de los modelos de estudio, *Tagetes lucida* Cav. y *Helianthus laciniatus* A. Gray, fueron colectadas en los terrenos del Instituto Tecnológico Superior de Irapuato (ITESI) en la época posterior a las lluvias y analizadas en los laboratorios de las áreas químico-biológicas del ITESI.

## Secado de los pétalos

Los pétalos de las flores de *Tagetes lucida* Cav. y *Helianthus laciniatus* A. Gray fueron separados después de su recolección para su deshidratación en un horno de secado a dos temperaturas:  $65 \pm 3^\circ\text{C}$  y  $110 \pm 3^\circ\text{C}$ . Los dos tratamientos en condiciones de oscuridad hasta llegar a peso constante. Los pétalos secos fueron molidos hasta polvo fino y éste último guardado en oscuridad envuelto en papel aluminio para su posterior uso.

## Preparación de extractos colorantes

La preparación de los extractos se realizó a partir de muestras de pétalos deshidratados ( $65$  y  $110^\circ\text{C}$ ) y pulverizados siguiendo el protocolo descrito por Siriamornpun et al., (2012). A 20 g de los respectivos pétalos de cada especie vegetal se colocaron 50 ml de metanol/HCl (100:1, v/v) e incubaron por 12 h a  $37^\circ\text{C}$  en completa oscuridad. El macerado obtenido fue centrifugado a 5,000 rpm durante 5 min y el sobrenadante fue recuperado y concentrado a temperatura controlada ( $65 \pm 3^\circ\text{C}$ ) y baja presión (rotavapor). El rendimiento final del colorante vegetal se obtuvo por diferencia de pesos entre la masa inicial de los pétalos sometidos a la extracción menos la masa final después de la extracción y concentrado.

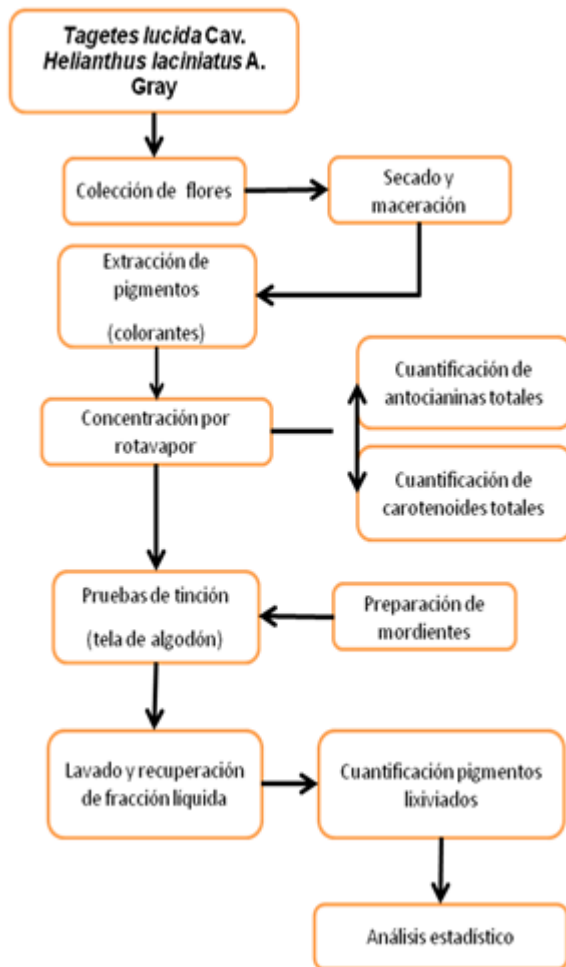


Figura 1 Diagrama general de trabajo.

### Cuantificación de carotenoides totales

La extracción de los carotenoides se realizó adicionando 25 ml de acetona a 20 g de pétalos secos hasta obtener una pasta, la cual fue recuperada por filtración al vacío con un embudo Buchner. Esta operación se repitió cuatro veces hasta la decoloración total de la masa. El filtrado fue recuperado y transferido a un matraz con 40 ml de éter de petróleo e incubado por 1 h y centrifugado por un pulso de 1 min a máxima velocidad. Al sobrenadante recuperado se adicionaron 15 g de sulfato de sodio anhidro y se aforó a 50 ml con éter de petróleo.

La cuantificación de carotenoides totales se realizó siguiendo el método de Jaeger de Carvalho et al. (2012) con algunas modificaciones. El contenido total de carotenoides fue determinado usando un espectrofotómetro marca Spector 210. Las muestras de extractos fueron leídas a 450 nm. Los tratamientos se trabajaron por triplicado. El contenido total de carotenoides fue calculado usando la siguiente fórmula:

$$\text{Contenido carotenoides } (\mu\text{g/g}) = \frac{A \times V(\text{mL}) \times 10^4}{A_{1\%1\text{cm}} \times P(\text{g})}$$

Dónde: A= absorbancia, V= volumen total del extracto en ml, P= peso de la muestra en gramos,  $A_{1\%1\text{cm}} = 2592$  (coeficiente de extinción del  $\beta$ -caroteno en éter de petróleo)

### Cuantificación de antocianinas totales

La extracción de antocianinas consistió en resuspender 1 g de muestra en 200 ml de etanol al 20% y pH 2, durante 60 minutos a 90 °C, la cual fue filtrada a través de papel Wattman con la ayuda de una bomba de vacío. Una alícuota de 1 ml del extracto se diluyó en un volumen de 25 ml de cloruro de potasio (pH 1) y acetato de sodio (pH 4.5).

Al igual que en la cuantificación de carotenoides, se hicieron tres réplicas con tres repeticiones cada una. Para ello se realizaron cuatro determinaciones de absorbancia, a un pH de 1 y 4.5 y a una longitud de onda de 520 nm y 700 nm, respectivamente. La diferencia entre absorbancias a distintos pH's se le llama absorbancia diferencial, de la cual se saca el promedio entre las repeticiones de cada réplica y posteriormente se calcula la concentración de antocianinas

La cuantificación de antocianinas totales se realizó siguiendo el procedimiento descrito por Lee et al. (2008).

A las soluciones diluidas se les determinó el contenido de antocianinas según el método de pH diferencial utilizando el espectrofotómetro UV-Vis. Los tratamientos se realizaron por triplicado. Su contenido se expresó como cianidina-3-glucósido, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{Antocianinas totales (mg/L)} = A \times PM \times FD \times 1000 / (e \times l)$$

Donde A = (Abs.Extracto a pH 1.0 – Abs.Extracto a pH 4.5); PM = 449.2 g/mol para cianidina-3-glucósido; FD = Factor de Dilución = 0.04; (e x l) = l = longitud de paso de celda = 1 cm; e = 26,900 = Coeficiente de extinción molar para cianidina-3-glucósido; 1000 = factor de conversión de g a mg

### Pruebas de tinción con extractos vegetales

Para las pruebas de tinción se utilizó tela de algodón blanca. Se probaron los diferentes extractos vegetales obtenidos de las dos especies de plantas, así como un control positivo (colorante comercial marca Mariposa con un tono del No. 612 amarillo).

Los mordientes utilizados fueron hidróxido de sodio (NaOH) al 30% y sulfato de amonio ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) al 25%. Las pruebas de tinción también se realizaron en ausencia de mordiente. La solución mordiente se introdujo a la tela de algodón de manera que cubriera toda la fibra. Se calentó hasta llevar a ebullición y continuó en calentamiento por 30 min con agitación constante. Se retiró del fuego y se dejó enfriar.

Para los baños de tinción se preparó un volumen final de 200 ml en una relación extracto:tela de 1:10 (p/p). La tinción se llevó a cabo a una temperatura de 100 ± 3 °C, 120 ± 3 °C y 140 ± 3 °C. El tiempo de incubación fue de 45 min para cada tratamiento.

Después de transcurrido éste tiempo se hicieron tres lavados sucesivos con el mismo volumen de agua destilada. Para evaluar la fijación del colorante, se recuperó el agua de enjuague final y se midió su absorbancia a 520 nm. Por diferencia de absorbancias, la inicial antes de teñir y la final después de teñir, entre la absorbancia inicial, se calculó el porcentaje de fijación del pigmento (colorante).

### Variables dependientes

Se consideraron como variables de respuesta: la concentración total de carotenoides-antocianinas en la etapa de extracción y el porcentaje de fijación del pigmento a las fibras en las pruebas de tinción (por diferencia de absorbancias).

El análisis estadístico se realizó mediante Análisis de Varianzas (ANOVA's) de los tratamientos, usando el software estadístico Minitab versión 15. Se usó un nivel de significancia de 0.05 para todas las pruebas.

### Variables independientes

Las variables de control en este estudio fueron: 1) la temperatura de secado de los pétalos, 2) la temperatura de fijación del pigmento, 3) tipo de mordiente empleado y 4) fuente del pigmento (tipo de planta). Para cada variable independiente se emplearon tres niveles, excepto para la temperatura de secado de pétalos y la fuente del pigmento en los que se usaron sólo dos niveles. Se propuso un diseño factorial con las últimas tres variables de control, del cual resultaron 27 tratamientos por duplicado para la variable de respuesta “porcentaje de fijación del pigmento” (ver Tabla 4). En la determinación de carotenoides y antocianinas totales solamente se emplearon dos niveles para la temperatura de secado y tres réplicas.

## Resultados y Discusión

### Rendimiento de extractos

Respecto a los rendimientos de los extractos colorantes, se obtuvo un 2.9 % para *Helianthus laciniatus*, mientras que para *Tagetes lucida* se obtuvo un 3.67%. La optimización de los rendimientos ha sido un parámetro sujeto a experimentación en diferentes modelos vegetales. Se han desarrollado diferentes estudios donde se ha observado que los rendimientos no superan el 2% por métodos similares al aplicado pero con diferentes modelos vegetales. Por otro lado se ha observado que el método de extracción, desde los tipos de solventes, así como la temperatura de secado previo a la extracción o el efecto del ultrasonido influyen de manera importante en el rendimiento (Siriamornpun et al. 2012; Sivakumar et al. 2011; Almahy et al., 2013).

### Determinación de carotenoides

Para evaluar la concentración de carotenoides totales se hicieron tres réplicas por tratamiento con tres repeticiones cada una de acuerdo a la Tabla 2. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los modelos vegetales estudiados y entre las temperaturas de secado probadas ( $P < 0.05$ ). Por lo tanto, en el rango de temperaturas de 65 a 110 °C, la estabilidad de los carotenoides se ve afectada, sugiriendo que cada especie vegetal tiene distinta sensibilidad al calor. Los carotenoides son pigmentos estables en su ambiente natural, pero cuando los alimentos se calientan, o cuando son extraídos en disoluciones aceitosas o en disolventes orgánicos, se vuelven mucho más lábiles. La concentración de los carotenoides totales puede ser expresada en diferentes unidades de acuerdo al método de cuantificación.

En los modelos vegetales evaluados se obtuvieron concentraciones que iban desde  $111,37 \pm 2,51$  hasta  $195,96 \pm 1,88$   $\mu\text{g/g}$  y se puede apreciar que el aumento de la temperatura de secado sobre el contenido de carotenoides tiene un impacto negativo, independientemente de la especie vegetal (Tabla 2). Se puede observar en la misma tabla que la especie vegetal más sensible al calor fue *H. laciniatus*, con un 40% de pérdida de carotenoides totales al aumentar la temperatura de secado de la materia prima, mientras que para la otra especie la pérdida fue de tan sólo el 21%. Si bien, no existe un referente para el método aplicado a estos modelos vegetales, ensayos evaluados en frutos de calabaza muestran concentraciones que oscilan entre 234  $\mu\text{g/g}$  y 404.9  $\mu\text{g/g}$  (Jaeger de Carvalho et al., 2012), lo que sitúa a los tejidos florales estudiados en este trabajo con un contenido medio de estos metabolitos. Asimismo, la cantidad de carotenoides también se ha visto afectada negativamente en el procesamiento de vegetales a alta presión (McInerney et al., 2007).

Los factores que afectan el contenido medio de carotenoides y antocianinas totales se han realizado en diferentes estudios (McInerney et al., 2007; Noriega et al., 2011; Siriamornpun et al., 2012) como prueba presuntiva para brindar una perspectiva del valor de frutos y vegetales como alimentos nutraceuticos ingenierizados con rutas metabólicas (Diretto et al., 2007) o como fuente de ingredientes activos para la industria textil (Interiano-Ramírez y Servellon-Padilla, 2008; Osorio-Cuellar, 2011) y alimentaria (Restrepo-Gallego, 2007)

### Determinación de antocianinas

En la Tabla 3 se puede apreciar que al igual como ocurrió con carotenoides, la temperatura de secado de los pétalos tuvo un efecto significativo (65°C y 110°C) sobre la concentración de antocianinas totales.

Y esta variación también fue notoria entre las dos especies vegetales estudiadas. No obstante, los valores obtenidos son parecidos a los encontrados en fresa fresca (0.422 mg/g), pero no así en sus respectivos productos procesados (néctar y jugo pasteurizado), lo que sugiere la sensibilidad de antocianinas al calor, las cuales se cuantificaron mediante el método de pH diferencial (Klopotek et al., 2005), el cual ha resultado ser tan bueno como el método por HPLC (Lee et al., 2008). Los resultados de este trabajo también fueron muy similares a los reportados en granos de maíz pigmentado tales como azul, rosa y morado con cantidades relativamente altas de antocianinas, especialmente en el maíz morado (1277 µg/g) (Aguilera et al., 2011).

Carotenoides totales (µg/g)		
T. secado (°C)	<i>T. lucida</i>	<i>H. laciniatus</i>
65	195,96±1,88 <sup>a</sup>	186,92±5,11 <sup>a</sup>
110	153,65±0,70 <sup>b</sup>	111,37±2,51 <sup>c</sup>

Diferencias significativas entre las medias ± Desviación estándar de los tratamientos (a, b, c) con un  $\alpha=0.05$ . Valores de  $P<0.05$  para cada variable independiente.  $n=3$

**Tabla 2** Concentración de carotenoides totales en pétalos deshidratados de *T. lucida* y *H. laciniatus* a dos temperaturas de secado

Cabe señalar que las antocianinas fueron mucho más sensibles al calor que los carotenoides, pues la especie vegetal *T. lucida* mostró una reducción en el contenido de antocianinas de 2.61 veces al aumentar 45°C la temperatura de secado de los pétalos. *H. laciniatus* presentó una reducción de 1.5 veces en el nivel de antocianinas con el mismo diferencial de temperatura. La diferencia no fue más sutil al comparar las dos especies vegetales a una misma temperatura de secado (Tabla 3).

### Pruebas de tinción

Para las pruebas de tinción se realizaron dos réplicas por tratamiento y se determinó el porcentaje de fijación del pigmento (Tabla 4). El análisis de varianza (ANOVA) indicó que las tres variables de control (fuente del colorante, temperatura de tinción y tipo de mordiente) mostraron diferencias significativas sobre el porcentaje de fijación del pigmento ( $P<0.05$ ).

Como puede apreciarse en la tabla 4 y la figura 2, la especie vegetal *T. lucida* mostró un mayor porcentaje de fijación del pigmento comparado con *H. laciniatus* y ambas tuvieron porcentajes de fijación menores respecto del control positivo (colorante comercial). La mejor temperatura de tinción fue observada a 100°C y usando al sulfato de amonio como mordiente, aunque cabe señalar que no hubo diferencias significativas cuando se empleó NaOH como mordiente y cuando éste estaba presente (control negativo).

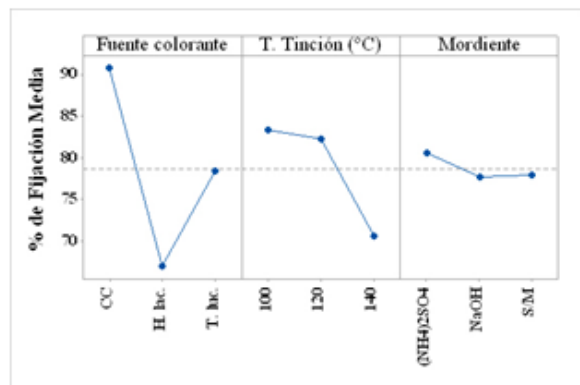
Antocianinas totales (mg/l)		
T. secado (°C)	<i>T. lucida</i>	<i>H. laciniatus</i>
65	1,28±0,01 <sup>a</sup>	0,51±0,029 <sup>b</sup>
110	0,49±0,04 <sup>b</sup>	0,34±0,012 <sup>bc</sup>

Diferencias significativas entre las medias ± Desviación estándar de los tratamientos (a, b, c) con un  $\alpha=0.05$ . Valores de  $P<0.05$  para cada variable independiente.  $n=3$

**Tabla 3** Concentración de antocianinas totales en pétalos deshidratados de *T. lucida* y *H. laciniatus* a dos temperaturas de secado.

Tanto en las figuras 2 y 3 se presentan los análisis de efectos principales y de efectos de interacción entre variables, respectivamente. Inesperadamente la temperatura de tinción más baja fue la que influyó de manera más importante en la fijación del pigmento.

También se observó que el sulfato de amonio como mordiente contribuyó de forma significativa en el proceso de tinción.



**Figura 2** Gráfica de efectos principales para el porcentaje de fijación del pigmento sobre fibras de algodón. CC= Colorante comercial; H. lac.=H. laciniatus; T. luc.= T. lucida; S/M= Sin mordiente (control negativo).  $\alpha = 0.05$ . Valores de  $P < 0.05$  para las tres variables.

Fuente del colorante	T. de tinción (°C)	Tipo de mordiente	% Fijación	
			R1	R2
<i>T. lucida</i>	100	(-)	84,52	84,48
<i>T. lucida</i>	100	1	84,56	84,52
<i>T. lucida</i>	100	2	88,96	88,93
<i>T. lucida</i>	120	(-)	84,37	84,26
<i>T. lucida</i>	120	1	84,70	84,48
<i>T. lucida</i>	120	2	91,30	91,26
<i>T. lucida</i>	140	(-)	70,37	70,04
<i>T. lucida</i>	140	1	63,63	63,78
<i>T. lucida</i>	140	2	53,30	53,41
<i>H. laciniatus</i>	100	(-)	69,15	69,30
<i>H. laciniatus</i>	100	1	69,37	69,22
<i>H. laciniatus</i>	100	2	80,22	80,33
<i>H. laciniatus</i>	120	(-)	67,37	67,59
<i>H. laciniatus</i>	120	1	67,67	67,81
<i>H. laciniatus</i>	120	2	73,81	73,63
<i>H. laciniatus</i>	140	(-)	56,11	56,26

<i>H. laciniatus</i>	140	1	60,93	60,70
<i>H. laciniatus</i>	140	2	57,37	57,67
CC	100	(-)	89,84	89,61
CC	100	1	90,06	89,87
CC	100	2	93,45	93,06
CC	120	(-)	89,77	88,87
CC	120	1	89,94	86,65
CC	120	2	93,58	93,81

...Continuación Tabla 4

CC	140	(-)	89,84	89,71
CC	140	1	89,97	90,26
CC	140	2	93,52	93,26

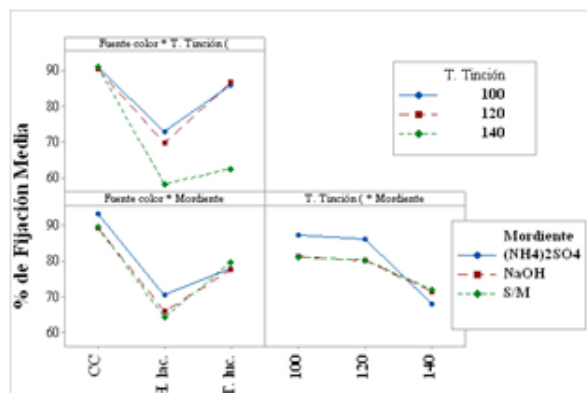
R1 y R2 = Réplicas 1 y 2 de cada tratamiento.

CC =Colorante comercial; (-) = Control sin mordiente; 1= NaOH y 2= (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.  $\alpha = 0.05$ . Valores de  $P < 0.05$  para cada variable independiente en el ANOVA.

**Tabla 4** Diseño experimental para el % de fijación del pigmento sobre telas teñidas a diferentes temperaturas y con dos mordientes distintos.

Existe un gran número de factores que influyen en la estabilidad del colorante en la tinción de fibras como son: la naturaleza de la fibra, la naturaleza del colorante, el tipo de mordiente y su compatibilidad con el colorante y con la tela a teñir, la temperatura de tinción, la concentración de los colorantes y de los mordientes, el tiempo de contacto, las condiciones de lavado y enjuague que permitan minimizar la pérdida tras lavados (Bechtold y Mussak, 2009).





**Figura 3** Gráfica de interacción entre variables para el porcentaje de fijación del pigmento. CC= Colorante comercial; H. lac.=H. laciniatus; T. luc.= T. lucida; S/M= Sin mordiente (control negativo).  $\alpha = 0.05$ .

Uno de los metabolitos donde más se ha observado el efecto de la temperatura es en los carotenoides. La influencia de la temperatura en la estabilidad de los pigmentos es clara; tanto para reacciones anhidras como hidratadas, siempre actúa como acelerador de la reacción de degradación. Esto se ve reflejado en el análisis estadístico, donde la temperatura mostró diferencia significativa en los niveles establecidos ( $P < 0.05$ ) para las pruebas de tinción (Figuras 2 y 3). Debido a que el tiempo de contacto durante el proceso de tinción se mantuvo fijo a 45 min, se sugiere, en estudios posteriores, aumentar ligeramente el tiempo de contacto de la fibra a una temperatura de 100°C, sin llevar a ebullición (Interiano-Ramírez y Servellon-Padilla, 2008).

En la figura 3 se puede apreciar que H. laciniatus mantuvo porcentajes de fijación del orden de 70%, mientras que T. lucida se aproximaba al 80% con cualquier tipo de mordiente empleado. También se aprecia entre la interacción de variables “Fuente del colorante” Vs “Temperatura de Tinción” que la temperatura de 100°C mantuvo los niveles de fijación más altos en T. lucida más no en H. laciniatus.

No se observaron diferencias entre los porcentajes de fijación con el sulfato de amonio a 100 y 120°C y lo mismo se puede decir del NaOH.

## Conclusiones

El secado de los pétalos a 65°C es preferente sobre la estabilidad de los pigmentos en los extractos colorantes de las especies vegetales probadas.

El modelo vegetal T. lucida mostró niveles más altos de carotenoides y antocianinas. Además sus extractos concentrados tuvieron los porcentajes más altos de fijación del pigmento.

La temperatura de tinción y la fuente del colorante muestran tener un efecto importante en la tinción de tela de algodón, por lo que se debe alargar el tiempo de contacto entre la fracción colorante y las fibras, manteniendo una temperatura de reacción mínima.

El sulfato de amonio como mordiente mostró los niveles más altos en el porcentaje de fijación. Sin embargo, no funcionó bien a 140°C. En estudios posteriores es posible omitir el uso de cualquiera de estos dos mordientes.

## Referencias

Aguilera Ortíz Miguel, Reza Vargas María del Carmen, Chew Madinaveitia Rodolfo Gerardo y Meza Velázquez Jorge Armando (2011). Propiedades funcionales de las antocianinas. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud de la Universidad de Sonora. 8: 16-22.

Almahy H.A., Ali M.A. and band Ali A.A. (2013). Extraction of Carotenoids as Natural dyes from the *Daucus carota* Linn (carrot) using Ultrasound in Kingdom of Saudi Arabia. Research Journal of Chemical Sciences. 3: 63-66.

- Bechtold T. y Mussak R. (2009). Handbook of natural colorants. USA. Wiley, 234-312.
- Calderón G. y Rzedowski J. (2008). Flora del bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 157. Instituto de Ecología. 12-123.
- DellaPenna D. y Pogson B. (2006). Vitamin Synthesis in Plants: Tocopherols and Carotenoids. *Annu. Rev. Plant Biol.* 57:711–738
- Diretto G., Al-Babili S., Tavazza R. y Giuliano G. (2007). Metabolic Engineering of Potato Carotenoid Content through Tuber-Specific Overexpression of a Bacterial Mini-Pathway. *Plos ONE* 4: 350-357.
- Fett-Neto A. G. (2010). Plant Secondary Metabolism Engineering Methods and applications. Londres, Inglaterra. Humana Press. 201-212.
- Guadarrama-Cruz G., Alarcón-Aguilar F. J., Lezama-Velasco R., Vazquez-Palacios G. y Bonilla-Jaime H. (2008). Antidepressant-like effects of *Tagetes lucida* Cav. in the forced swimming test. *Journal of Ethnopharmacology* 120: 277–281.
- Gutiérrez A., Delucchi C. y Proverene M. (2009). Inheritance of disc flower color in *Helianthus petiolaris*. *Helia* 32 (50): 51-58.
- He C.Y., Hsiang T, Wolyn D.J. (2002). Induction of systemic disease resistance and pathogen defence responses in *Asparagus officinalis* inoculated with nonpathogenic strains of *Fusarium oxysporum*, *Plant Pathol.* 51: 225–230.
- He F., Mu L., Yan G., Liang N, Pan Q. y Wang J. (2010). Biosynthesis of Anthocyanins and Their Regulation in Colored Grapes. *Molecules* 15: 9057-9091.
- Interiano-Ramirez C. I. y Servellon-Padilla I. Y. (2008). Obtención de un colorante natural a partir de las hojas de *Pteridium aquilinum* (helecho común) para su aplicación en la industria textil.
- Jaeger de Carvalho L. M., Barros Gomes P., Oliveira Godoy R. y Ramalho Ramos S. R. (2012). Total carotenoid content,  $\alpha$ -carotene and  $\beta$ -carotene, of landrace pumpkins (*Cucurbita moschata* Duch): A preliminary study. *Food Research International* 47: 337-340.
- Klopotek Y., Otto K. y Bohm V. (2005). Processing Strawberries to Different Products Alters Contents of Vitamin C, Total Phenolics, Total Anthocyanins, and Antioxidant Capacity. *Journal of Agricultural and Food Chem.* 53(14): 5640-5646.
- Lee J., Rannaker C. y Wrolstand R. E. (2008). Correlation of two anthocyanin quantification methods: HPLC and spectrophotometric methods. *Food Chemistry* 110: 782–786.
- Linting J. (2010). Colors with functions: Elucidating the Biochemical and Molecular Basis of Carotenoid Metabolism. *Annu. Rev. Nutr.* 30:35–56.
- Li-wei X., Juan C., Huang-yang Q. I. y Yan-ping SHI. (2012). Phytochemicals and Their Biological Activities of Plants in *Tagetes* L. *Chinese Herbal Medicines*, 4(2): 103-117.
- McInerney J. K., Seccafien C. A., Stewart C. M. y Bird A. R. (2007). Effects of high pressure processing on antioxidant activity, and total carotenoid content and availability, in vegetables. *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 8: 543–548.

Noriega Rivera P., Coba Santamaría P., Naikiai J. y Abad J. (2011). Extracción, pruebas de estabilidad y análisis químico preliminar de la fracción colorante obtenido a partir del exocarpo del fruto de *Renealmia alpinia*. *La Granja* 13(1): 13-20.

Osorio-Cuellar M. O. (2011). Extracción de un colorante natural a partir de los desechos de la corteza de *Myroxylon balsamum*. Tesis de licenciatura. El Salvador: 16- 28.

Restrepo-Gallego M. (2007). Sustitución de colorantes en alimentos. *Rev Lasillista de Investigación*. 4(1): 35-39.

Siriamornpun S., Kaisoon O. y Meeso N. (2012). Changes in colour, antioxidant activities and carotenoids (lycopene,  $\beta$ -carotene, lutein) of marigold flower (*Tagetes erecta* L.) resulting from different drying processes. *Journal of Functional Foods*, 4: 757-766.

Sivakumar V., Vijaeeswarri J. y Anna L. (2011). Effective natural dye extraction from different plant materials using ultrasound. *Industrial Crops and Products* 33(1): 116-122.

Vasconsuelo A. y Boland R. (2007). Molecular aspects of the early stages of elicitation of secondary metabolites in plants. *Plant Science* 172: 861–875.

Wink M. (2010). Biochemistry of Plant Secondary Metabolism. *Annual Plant Review*: 1-19.

## Patrón de actividad de lipoxigenasa en relación con la maduración y senescencia de frutos de chayote (*Sechium edule* Jacq. sw.)

DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés\*†, ROJAS-REYES, José Orlando, VELA-GUTIÉRREZ, Gilber y GARCÍA-GALINDO, Hugo Sergio

\*Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Av. 25 Pte. No. 100 Col. Reserva Territorial. C.P. 94100. Huatusco, Veracruz, México. <oscardelangel.coronel@hotmail.com>

†Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos. Instituto Tecnológico de Veracruz. Calz. Miguel Ángel de Quevedo 2779. C.P. 91897. Veracruz, México.

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

El patrón de actividad de la enzima lipoxigenasa (LOX) (Linoleato:oxígeno oxidoreductasa EC 1.13.11.12), fue estudiada en frutos de chayote (*Sechium edule* Jacq. sw.) variedad *virens levis* y por vez primera se evaluó el efecto de esta enzima sobre el periodo completo de maduración y senescencia. La máxima actividad de LOX se registró 24 h después del corte con valores promedio de 377.1 unidades por mg de proteína por minuto. Esta actividad enzimática presentó correlación positiva alta con la mayor concentración de ácidos linoleico y linolénico, lo que sugiere que estos lípidos poliinsaturados pueden ser el principal sustrato de la enzima en el mesocarpio de chayote. Adicionalmente, también se midió la actividad enzimática relativa de LOX en otros órganos de la planta de chayote como la raíz, tallo y hoja, encontrándose una menor actividad comparada con la obtenida en frutos, por lo que es probable que esta mayor concentración de la enzima pueda tener relación con el carácter vivíparo del fruto.

**Actividad enzimática, frutos no climatéricos, vida postcosecha, ácidos grasos poliinsaturados.**

### Abstract

The lipoxigenase activity pattern (LOX) (Linoleate:oxygen oxidoreductase EC 1.13.11.12) was studied in chayote fruit cv. *virens levis*. The enzyme effect in the whole ripening and senescence process was evaluated for first time in *Sechium edule* (Jacq.) Sw. At 24 h postharvest was recorded the maximum of LOX activity with an average of 377.1 units per mg of protein per min<sup>-1</sup>. A positive correlation between enzymatic activity and the highest percentage of linoleic and linolenic acids may suggest that these polyunsaturated fatty acids may be the principal substrate for LOX in chayote fruit. In addition, relative enzymatic activity for LOX also was measured in other chayote plant tissue, as root, stem and leaves, but these were lower than fruit, it is probably due to the viviparous condition of *Sechium edule*.

**Enzymatic activity, non-climacteric fruit, postharvest life, polyunsaturated fatty acids.**

**Citación:** DEL ÁNGEL-CORONEL, Oscar Andrés, ROJAS-REYES, José Orlando, VELA-GUTIÉRREZ, Gilber y GARCÍA-GALINDO, Hugo Sergio. Patrón de actividad de lipoxigenasa en relación con la maduración y senescencia de frutos de chayote (*Sechium edule* Jacq. sw.). Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3: 490-499

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: oscarangel.coronel@hotmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La lipoxigenasa (LOX) (Linoleato:oxígeno oxidoreductasa EC 1.13.11.12), también conocida como “lipoxidasa” y “caroteno oxidasa”, es una enzima de peso molecular cercano a los 100 kDa que ha sido reportada ampliamente en levaduras, algas, hongos, plantas y animales, que cataliza la incorporación de oxígeno molecular en los ácidos grasos poliinsaturados para formar ácidos grasos hidroperoxidados, y constituye una gran familia de isoenzimas que contienen hierro no hémico que le permite ser activada u oxidada por su propio producto lipídico hidroperoxidado (Forster et al., 1999; Feussner & Wasternack, 2002; Whitaker & Lester, 2006; Baysal & Demirdöven, 2007).

Muchas isoformas de LOX han sido identificadas en diferentes compartimentos celulares y su actividad ha sido asociada a membranas de diferente origen, como cloroplasto (Farmaki et al., 2007), mitocondrias (Braidot et al., 2004), cuerpos lipídicos (Hause et al., 2000), tonoplasto (Tranbarger et al., 1991) y membranas plasmáticas aisladas (Feussner & Wasternack, 2002), por lo que la presencia de un gran número de isoformas en diferentes compartimentos subcelulares dificulta la asignación de una función específica para cada una.

Se ha demostrado en frutos de tipo climatérico, como el jitomate, que la actividad de LOX está directamente relacionada con el proceso de maduración y senescencia, y que existen diversas isoformas de la enzima que actúan cada una en diferentes etapas del desarrollo del fruto y que pueden expresarse con cierta especificidad en diferentes partes de la planta.

Así, para jitomate, Griffiths et al. (1999) reportan cinco isoformas de LOX denominadas tomloxA, B, C, D, y E, de las cuales solo tomloxB se expresa únicamente en fruto y es asociada con los síntomas de ablandamiento y senescencia del mismo.

Por otra parte, existen evidencias que sugieren la participación de LOX durante la germinación de algunas especies de la familia Cucurbitácea –a la cual pertenece el chayote-, (Rudolph et al., 2011). Mientras que en otras especies no tan cercanas taxonómicamente a chayote, como algunas semillas de leguminosas (p.ej.: la soya), se ha propuesto que LOX está involucrada en la movilización de lípidos de reserva durante la germinación, y que durante este proceso solo se involucran algunas isoformas específicas que pueden participar ya sea a nivel de tejido parenquimático en cotiledón, o mayoritariamente a nivel de citoplasma y vacuolas de semillas germinadas (Wang et al., 1999). En semillas oleaginosas, como el girasol, Rodríguez et al. (1998) reportan el aumento de la actividad de LOX entre el día 0 y 9 de germinación asociada a híbridos con alto contenido de ácido linoleico, mientras que esta actividad disminuye cuando las concentraciones de oleico son mayores que de linoleico, por lo que dichos autores concluyen que los cuerpos lipídicos ricos en ácido oleico pueden actuar como un inhibidor de la actividad de la enzima en cotiledones de girasol. Por todo lo expuesto anteriormente, es factible que los frutos de chayote estén fuertemente influenciados por la actividad de LOX durante las etapas de maduración, germinación y senescencia, y que en cada una de estas etapas se activen diferentes isoformas de LOX.

Hasta el momento, solo los trabajos de Flick et al. (1977 & 1978) y Brunette & Flick (1977) han estudiado la actividad enzimática de lipoxigenasa, polifenol oxidasa y fosfatasa en etapas tardías de la maduración de frutos de *Sechium edule*, pero sin encontrar resultados concluyentes (ausencia de actividad), por lo que para el presente trabajo se estableció la hipótesis de que la enzima lipoxigenasa (LOX) podría jugar un papel fundamental en el deterioro de los frutos de chayote durante la maduración, y que también puede estar involucrada con el carácter vivíparo de la especie.

## Materiales y metodos

### Material vegetal

Un total de 40 frutos de chayote cv. *virens levis* en estado de madurez fisiológica (18-21 días post-antesis) fueron cosechados entre 7:00 y 9:00 am en un huerto comercial del municipio de Huatusco, Veracruz, México. Cada fruto fue lavado con agua y detergente líquido previo a la aclimatación en laboratorio a 25°C por un periodo de 29 días. Las evaluaciones de actividad enzimática se iniciaron 24 horas después de la cosecha (día uno) y las mediciones subsecuentes fueron evaluadas cada cuatro días (1, 5, 9, 13, 17, 21, 25 y 29) durante la vida postcosecha hasta que los frutos presentaron una apariencia totalmente inaceptable para el mercado.

### Preparación de extracto crudo

La extracción de la enzima se obtuvo homogenizando 10 g de mesocarpio de fruto de chayote con 50 mL de agua destilada desionizada con ayuda de un Braun® Multipractic MR 400 HC de 200 W de potencia y frecuencia de operación de 60 Hz.

Posteriormente la mezcla fue centrifugada a 14,000 rpm a 4°C por 20 minutos en una centrífuga Allegra 64R (Beckman Coulter®) como se describe en Rojas et al. (2014). Finalmente, el sobrenadante que contiene a LOX fue filtrado con una membrana Millipore® de 0.22 µm para ser utilizado de inmediato, o en su defecto congelado a -70°C hasta su uso.

### Actividad de lipoxigenasa

La actividad de LOX fue medida de acuerdo al método de Gökmen et al. (2002 & 2007), usando ácido linoleico como sustrato (93% de pureza, Sigma®). La solución sustrato fue preparada mezclando 157.2 µL de ácido linoleico con 157.2 µL de Tween® 20 y 10 mL de solución amortiguadora de fosfato de sodio 0.1 M pH 7.0. La solución fue clarificada por adición de 1 mL de NaOH 1 N y diluida a 200 mL con amortiguador de fosfato de sodio 0.1 M pH 7.0 para una concentración final de 2.5 mM de ácido linoleico (solución stock). La solución stock se almacenó en frasco ámbar y se mantuvo en refrigeración hasta su uso por no más de tres horas.

Posteriormente para los ensayos de actividad enzimática, 1.32 mL de solución stock fueron colocados en una celda de cuarzo (de 3 mL de capacidad) y se le añadieron 680 µL de amortiguador de fosfato de sodio 0.1 M pH 7.0 y 20 µL de extracto crudo enzimático. La preparación de la muestra blanco fue similar pero sin el extracto crudo, en su lugar se utilizó el mismo volumen de agua destilada desionizada estéril. Seguidamente, la actividad de LOX fue medida a 30°C por 10 minutos en intervalos de 30 s a 234 nm con un espectrofotómetro Beckman® DU 7500.

La actividad enzimática fue estimada en base a su velocidad inicial por un factor de dilución de 50 mL, donde una unidad de actividad de LOX fue definida como un incremento en la absorbancia de 0.001 a 234 nm por  $\text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$  de proteína bajo las condiciones de ensayo. Mientras que la actividad relativa de lipoxigenasa se expresó como porcentaje calculado como:

$$\text{Actividad relativa (\%)} = \frac{\text{Actividad en la muestra}}{\text{Valor de la actividad más alta}} * 100$$

### Extracción de aceites totales, ácido linoleico y linolénico

Los aceites totales fueron extraídos por el método de Folch (1956) modificado por Olaeta et al. (1999) para extracción de aceites en productos vegetales, usando una proporción de 1:2:1 de cloroformo:metanol:cloroformo en el mesocarpio del fruto. Después de la extracción, las muestras de aceites fueron derivatizadas de acuerdo a la metodología de Ortega et al. (2004) e inyectadas en un cromatógrafo de gases HP 6890 para la obtención del perfil lipídico expresado como porcentaje del ácido graso. De todo el perfil obtenido se reportan únicamente los datos para ácido linoleico y linolénico como principales lípidos de interés en actividad de lipoxigenasa.

### Diseño experimental y análisis de datos

Todos los datos de actividad de lipoxigenasa fueron sometidos a análisis de varianza de una vía y prueba de comparación de medias de Tukey ( $P \leq 0.05$ ), utilizando el programa estadístico de computo Minitab® v.17, bajo un diseño experimental completamente al azar. Adicionalmente también se realizó un análisis de correlación entre la actividad de la enzima y el contenido de ácidos grasos poliinsaturados (linoleico y linolénico)

Las lecturas de actividad se evaluaron cada cuatro días, iniciando desde las 24 h después del corte (día uno) hasta el día 29, con un total de ocho lecturas. La unidad experimental fue de un fruto y se midieron cinco repeticiones en cada lectura, para un total de 40 frutos. Para observar las tendencias de comportamiento de la enzima, los datos fueron graficados con ayuda del programa Sigma Plot v.10, usando los valores promedio y sus respectivas desviaciones estándar ( $P \leq 0.05$ ).

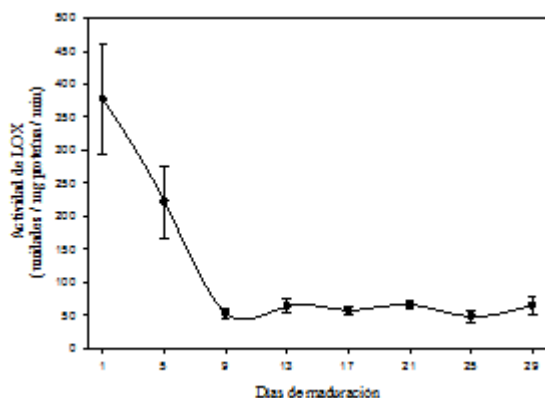
### Resultados y discusión

#### Actividad enzimática durante la maduración

La actividad de LOX fue monitoreada en relación a todas las posibles alteraciones asociadas a la maduración de frutos de chayote durante la vida postcosecha, la cual comenzó con la colecta de frutos en una edad cronológica de 18 a 21 días post-antesis, hasta los 29 días de vida de anaquel a 25°C. Los ensayos espectrofotométricos del extracto de proteína cruda del mesocarpio de chayote revelaron un máximo de actividad enzimática a una absorbancia de 234 nm 24 horas después de que el fruto fue removido de la planta. De acuerdo con Yadav & Bhatla (2011), los ensayos espectrofotométricos para LOX son basados en el incremento en la absorbancia a 234 nm debido a la formación de enlaces dobles conjugados en el hidroperóxido formado durante la acción de LOX.

En la Figura 1 se muestra gráficamente el cambio que ocurrió en las unidades de actividad de LOX durante la vida de anaquel de los frutos de chayote. Donde una unidad de actividad enzimática se definió como un incremento en la absorbancia de 0.001 a 234 nm por minuto por miligramo de proteína, a pH 7.0 y 30°C (Gökmen et al., 2002).

Bajo estas condiciones, la mayor actividad de la enzima se registró en los primeros nueve días de evaluación observándose diferencias altamente significativas entre ellos ( $P \leq 0.001$ ). Siendo el primer día de lectura (24 h después del corte) el que registró el valor más elevado con un promedio de  $377.1 \pm 82.4$  unidades, seguido por los días cinco ( $221.9 \pm 55.1$  unidades) y nueve ( $52.47 \pm 8.35$  unidades), a partir del cual ya no se registraron diferencias estadísticas hasta el final del periodo evaluado.



**Figura 1** Actividad enzimática de LOX durante la vida de anaquel de frutos de chayote.

Al comparar estos valores de actividad de LOX en chayote con los reportados en otras especies, es posible notar que las unidades de actividad pueden diferir significativamente de un cultivo a otro, e inclusive entre tejidos diferentes en la misma planta. Así, por ejemplo, Gökmen et al. (2002) reportaron más de 1,000 unidades de actividad de LOX en chícharos verdes cuando las pruebas se ensayaban a  $30^{\circ}\text{C}$ . Mientras que Gökmen et al. (2007), registraron para trigo valores de alrededor de cinco unidades de actividad de la enzima bajo las mismas condiciones de temperatura ( $30^{\circ}\text{C}$ ), y valores máximos de siete unidades cuando la temperatura fue elevada a  $40^{\circ}\text{C}$ .

Otro ejemplo se observa en el trabajo de Seta et al. (2014) quienes reportaron cambios del orden de 0.4 y 1.0 unidades de actividad de LOX en óvulos de *Larix kaempferi* (Lamb) durante la megasporogénesis, específicamente entre la etapa de división celular de la megaspora madre y el desarrollo de la megaspora funcional. Otro trabajo que reporta variaciones interesantes en la actividad de LOX de semillas de pepino es el de Rudolph et al. (2011), sin embargo, sus datos son expresados como actividades relativas de la enzima por lo que no pueden hacerse comparaciones con respecto a las unidades de actividad registradas en chayote.

En cuanto al patrón de actividad de LOX observada en la maduración de frutos de chayote, no se encontraron referencias que mostraran una tendencia similar en otras especies de frutos. El patrón de actividad de la enzima en chayote fue decreciente en los primeros nueve días de maduración y posteriormente se estabilizó, justo antes de la aparición de los primeros brotes germinativos. Este tipo de tendencia, se ha reportado para otras enzimas características de pared celular como celulasa y xiloglucan-endotransglucosilasa (Payasi et al., 2009).

En algunas semillas oleaginosas, como el girasol, se ha reportado que el patrón de actividad de LOX puede estar asociada a la germinación de la semilla. Por ejemplo, Yadav & Bhatla (2011) observaron que no había cambio en la absorbancia a 234 nm cuando las semillas de girasol estaban en un estado de imbibición, indicando que la actividad de LOX era muy baja o completamente nula. Sin embargo, después de la germinación de las semillas la actividad se incrementó en el momento de aparición de plántula, pero después de esto disminuyó nuevamente.

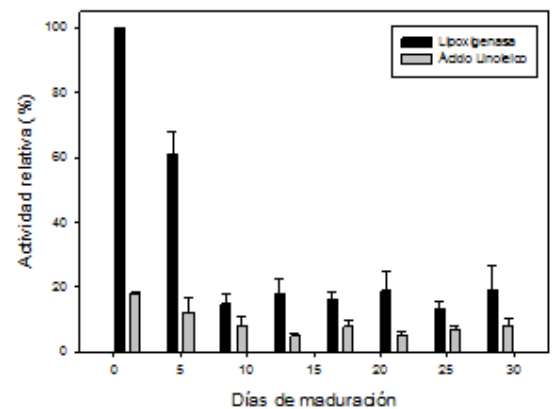


Rudolph et al. (2011), en cotiledones de pepino observó que el primer producto de LOX, el 13-HPO, se genera desde las primeras horas de iniciada la germinación (12 h) y su concentración aumenta gradualmente hasta las 96 h después, a expensas del consumo del ácido linoleico (principal sustrato de LOX).

### Correlación entre actividad de lipoxigenasa y contenido de ácidos linoléico y linolénico

La actividad de LOX presentó una ligera correlación negativa con la pérdida de peso y volumen del fruto ( $r = -0.7$ , en ambas variables), así como también una buena correlación positiva con las concentraciones de ácidos linoleico ( $r = 0.85$ ) y linolénico ( $r = 0.87$ ). Esto puede ser atribuido principalmente a dos factores: 1) la pérdida de agua ocasionada por la transpiración normal del tejido; y 2) la pérdida ocasionada por la desestabilidad estructural de las membranas celulares, debido a la liberación de fosfolípidos por acción de LOX, como se ha señalado en frutos como melón (Nuñez et al., 2008) y jitomate (Griffits et al., 1999b). De acuerdo con Rudolph et al. (2011), en pepino se observó la degradación de cuerpos lipídicos en las membranas de los cotiledones durante la germinación de las semillas y esto coincidió con la liberación de fosfolípidos de la membrana, donde el primer producto de LOX, el 13-HPO, fue medido desde una etapa temprana de la germinación (12-24 h) y su concentración fue aumentando gradualmente, mientras que el contenido de ácido linoleico esterificado (sustrato de LOX) disminuyó de  $875 \text{ nmol} \cdot \text{mg}^{-1}$  después de 18 h hasta  $220 \text{ nmol} \cdot \text{mg}^{-1}$  después de 96 h de haber iniciado el proceso germinativo, lo que representó una pérdida del 75% del ácido graso. Estos autores sugieren que hubo una movilización de éstos lípidos para ser usados como fuente de carbono para el crecimiento del brote vegetativo en la etapa de post-germinación.

Los hidroperóxidos derivados de la actividad de LOX no fueron medidos en el presente trabajo, sin embargo, dado que la máxima acción enzimática mostró correlación positiva con la máxima concentración de ácido linoleico y ácido linolénico en mesocarpio, es posible sugerir una relación directamente proporcional, donde a mayor concentración de estos ácidos grasos corresponde una mayor actividad relativa de LOX (Figura 2). Esto ha sido propuesto por Rodriguez et al. (1998) para semillas híbridas de girasol ricas en ácido linoleico. Por otra parte, cuando las cantidades de ácido linoleico y linolénico disminuyeron entre el día 1 y 13, también la actividad enzimática mostró un decremento altamente significativo ( $P \pm 0.001$ ) pasando desde un 100% de actividad relativa hasta un  $18.2 \pm 4.4\%$  en el mismo tiempo (Figura 2).



**Figura 2** Actividad relativa de LOX en relación al contenido de ácido linoléico en chayote.

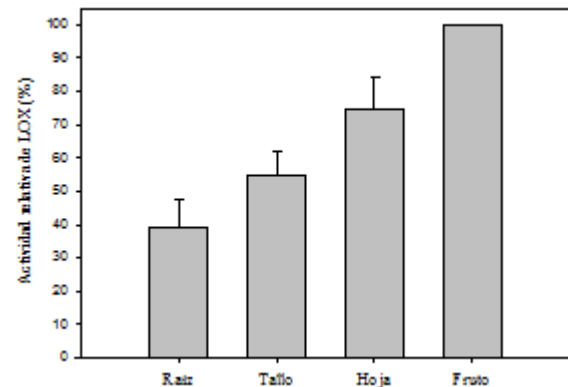
Estos resultados sugieren que el ácido linoleico y linolénico pueden ser los principales sustratos de LOX en frutos de chayote. Aunque no existen referencias para *S. edule*, la hipótesis puede ser soportada por los numerosos reportes que señalan que los sustratos de LOX son predominantemente los ácidos linoleico y linolénico, y cuya abundancia en plantas superiores coincide con la ocurrencia de múltiples isoformas específicas de LOX que oxigenan estos ácidos grasos poliinsaturados, justo después de la inducción de fosfolipasas.

Por varios estresores que son disparados después de la disrupción de membranas celulares (Baysal et al., 2007; Gökmen et al., 2007; Boeglin et al., 2008; Dainese et al., 2010; Lemeza et al., 2010). De acuerdo con Maaleku et al. (2006), la actividad de LOX juega un papel clave en el contenido de lípidos y preservación de la integridad de las membranas. Estos autores sugieren que la utilización de los ácidos linoleico y linolénico por actividad de LOX resulta en un daño de las membranas por reducción de su contenido lipídico en chile, por lo que ellos asocian una mayor degradación de los ácidos grasos de la membrana con un aumento en la presencia de otros ácidos grasos libres y una mayor pérdida de agua de fruto.

Por tanto, el papel de la actividad de LOX en relación al contenido de los ácidos grasos libres en chayote, y especialmente los ácidos linoleico y linolénico, así como la pérdida de peso de fruto, pueden sugerir que durante la maduración del fruto, el cambio en estas variables ocurre por la degradación de las membranas, y de manera adicional, es probable que exista una relación con el evento de germinación de frutos de chayote, ya que este evento coincidió con el momento en el cual el ácido linoleico y linolénico disminuyeron hasta alcanzar una concentración mínima constante en el día 13 de evaluación, justo cuando fueron observados los primeros síntomas de aparición de brote en un 12.5% de los frutos evaluados. Aunque este comportamiento se asemeja a lo reportado por Rudolph et al. (2011) para semillas de pepino, se requerirán investigaciones posteriores para determinar si el papel de LOX también está directamente asociado al proceso de germinación en semillas de chayote.

### Actividad relativa de lipoxigenasa en planta y fruto

La actividad enzimática de LOX exhibió diferentes respuestas dependiendo de la fuente del tejido evaluado. El análisis de varianza reveló que la máxima actividad relativa fue registrada en mesocarpio de fruto (100% de actividad relativa), la cual fue significativamente diferente de los porcentajes registrados para los tejidos de hoja ( $74.6 \pm 9.9\%$ ), tallo ( $54.9 \pm 6.8\%$ ) y raíz ( $39.1 \pm 8.7\%$ ). La presencia de LOX en diferentes órganos de la planta de chayote puede observarse de manera gráfica en la Figura 3.



**Figura 3** Actividad relativa de LOX en diferentes tejidos de chayote.

La presencia de LOX en diferentes órganos de la planta de chayote está bien justificada debido a que la enzima está implicada en varios procesos fisiológicos, tales como la señalización, respuesta a condiciones de estrés abiótico, mecanismos de defensa contra ataques de patógenos, crecimiento y desarrollo (Seta et al., 2014), mientras que en fruto su presencia se ha asociado a la desregulación del funcionamiento de las membranas, acelerando el proceso de maduración y/o senescencia (Griffiths et al., 1999; Rudolph et al., 2011). En adición a lo anterior, la presencia de LOX también ha sido demostrada en diferentes órganos de plantas superiores, como semillas, cotiledones, plántulas, raíces, hojas.

Frutos, flores, inflorescencias y anteras de diversas especies vegetales (Rudolph et al., 2011; Seta et al., 2014), sin embargo, en todos estos reportes la actividad de la enzima solo muestra para un solo órgano de la planta, sin mostrar ningún comparativo entre las diferentes estructuras de la planta, como el que es presentado aquí para chayote.

### Conclusiones

La actividad de la enzima lipoxigenasa fue medida por vez primera en durante un periodo largo de vida de anaquel de frutos de chayote, observándose que los valores más altos de actividad enzimática se obtienen entre el día 1 (377.1 unidades por mg de proteína por minuto) y el día 13, momento a partir del cual empezaron a observarse los primeros síntomas de aparición de brotes en frutos. La alta correlación positiva observada entre la mayor actividad de LOX en los primeros días postcosecha con respecto a los altos niveles de ácidos linoleico y linolénico sugieren también que estos lípidos pueden ser los principales sustratos de la enzima en chayote, jugando un papel fundamental en el metabolismo de hidropoxidación de membranas, acelerando la deshidratación y senescencia del fruto, así como la aparición de brotes germinados. Al evaluar la actividad relativa de LOX en hojas, raíces y tallos se observó que éstos órganos contienen menor actividad que la registrada en los frutos, por lo que la función de esta enzima en la planta de chayote puede estar más relacionada con los mecanismo de defensa y respuesta a daños físicos, mientras que en frutos puede ser asociada con la desregulación de membranas y la aceleración del proceso de senescencia y germinación.

### Referencias

- Baysal, T.; A. Demirdöven. 2007. Lipoxygenase in fruits and vegetables: a review. *Enzyme and Microbial Technology*, 40: 491-496.
- Braidot, E.; E. Petrusa; S. Micolini; F. Tubaro; A. Vianello; F. Macrì. 2004. Biochemical and immunochemical evidences for the presence of lipoxygenase in plant mitochondria. *Journal of Experimental Botany*, 55(403):1655-1662.
- Boegling, W.E.; A. Itoh; Y. Zheng; G. Coffa; G.A. Howe; A.R. Brash. 2008. Investigation of substrate binding and product stereochemistry issues in two linoleate-9-lipoxygenases. *Lipids*, 43: 979-987.
- Burnette, F.S.; Flick, G.J. 1977. Acid-Phosphatase Activities of Skin, Flesh, and Seed in *Sechium-edule*, Sw, Chayote. *Journal of Food Protection*, 40: 373-374.
- Dainese, E.; C.B. Angelucci; A. Sabaticci; V. De Filippis; G. Mei; M. Maccarrone. 2010. A novel role for iron in modulating the activity and membrane-binding ability of a trimmed soybean lipoxygenase-1. *FASEB Journal*, 24: 1725-1736.
- Farmaki, T.; M. Sanmartín; P. Jiménez; M. Paneque; C. Sanz; G. Vancanneyt; J. León; J.J. Sánchez-Serrano. 2007. Differential distribution of the lipoxygenase pathway within potato chloroplasts. *Journal of Experimental Botany*, 58(3): 555-568.
- Feussner, I.; C. Wasternack. 2002. The lipoxygenase pathway. *Annual Reviews in Plant Biology*, 53: 275-297.

- Flick, G.J.Jr.; F.S. Burnette; L.H. Aung; R.L. Ory; A.J. St. Angelo. 1978. Chemical composition and biochemical properties of mirlitons (*Sechium edule*) and purple, green and white eggplants (*Solanum melongena*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26(5):1000-1005.
- Flick, G.J.Jr.; L.H. Aung; R.L. Ory; A.J. St. Angelo. 1977. Nutrient composition and selected enzyme activities in *Sechium edule*, Sw, The Mirliton. *Journal of Food Science*, 42:11-13.
- Folch, J.; M. Lees; G.H. Sloane-Stanley. 1956. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *The Journal of Biological Chemistry*, (-): 497-509.
- Forster, C.; H. North; N. Afzal; C. Domoney; A. Hornostaj; D.S. Robinson; R. Casey. 1999. Molecular analysis of a null mutant for pea (*Pisum sativum* L.) seed lipoxygenase-2. *Plant Molecular Biology*, 39: 1209-1220.
- Gökmen, V.; S. Bahçeci; J. Acar. 2002. Characterization of crude lipoxygenase extract from green pea using a modified spectrophotometric method. *European Food Research and Technology*, 215: 42-45.
- Gökmen, V.; A. Serpen; A. Atli; H. Köksel. 2007. A practical Spectrophotometric approach for the determination of lipoxygenase activity of durum Wheat. *Cereal Chemistry*, 84: 290-293.
- Griffiths, A.; C. Barry; A.G. Alpuche-Solis; D. Grierson. 1999a. Ethylene and developmental signals regulate expression of lipoxygenase genes during tomato fruit ripening. *Journal of Experimental Botany*, 50(335): 793-798.
- Griffiths, A.; S. Prestage; R. Linforth; J. Zhang; A. Taylor; D. Grierson. 1999b. Fruit-specific lipoxygenase suppression in antisense-transgenic tomatoes. *Postharvest Biology and Technology*, 17: 163-173.
- Hause, B.; H. Weichert; M. Hohne; H. Kindl; I. Feussner. 2000. Expression of cucumber lipid-body lipoxygenase in transgenic tobacco: lipid-body lipoxygenase is correctly targeted to seed lipid bodies. *Planta*, 210: 708-714.
- Lemeza, O.V.; Y.O. Zubo; V.V. Kusnetsov. 2010. Regulation of lipoxygenase gene expression in potato mini-tubers by phytohormones. *Russian Journal of Plant Physiology*, 57: 715-719.
- Maalekuu, K., Elkind, Y., Leikin-Frankel, A., Lurie, S., Fallik, E., 2006. The relationship between water loss, lipid content, membrane integrity and LOX activity in ripe pepper fruit after storage. *Postharvest Biology and Technology*, 42: 248-255.
- Núñez-Palenius, H.G.; M. Gómez-Lim; N. Ochoa-Alejo; R. Grumet; G. Lester; D.J. Cantliffe. 2008. Melon fruits: Genetic diversity, physiology, and biotechnology features. *Critical Reviews in Biotechnology*, 28:13-55.
- Olaeta, J. A.; Undurraga, P.; Schwartz, M. 1999. Determinación de la evolución y caracterización de los aceites en paltas (*Persea americana* Mill.) cvs. Fuerte y Hass cultivados en Chile. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5:117-122.
- Ortega, J., A. López Hernández, H. S. García, C. G. Hill Jr. 2004. Lipase-mediated acidolysis of fully hydrogenated soybean oil with conjugated linoleic acid. *Journal of Food Science*, 69(1). Published on web 12/05/2003.

Payasi, A.; N.N. Mishra; A.L. Soares-Chavez; R. Singh. 2009. Biochemistry of fruit softening: an overview. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 15: 103-113.

Rodríguez-Rosales, M.P.; L. Kerkeb; N. Ferrol; J.P. Donaire. 1998. Lipoxygenase activity and lipid composition and oil bodies of two sunflower hybrids. *Plant Physiology and Biochemistry*, 36(4): 285-291.

Rojas-Reyes, J.O.; V. Robles-Olvera; O. Carbajal-Zarrabal; C. Castro-Matines; K.N. Waliszewski; M.G. Aguilar-Uscanga. 2014. Purification and characterization of peroxidase from avocado (*Persea americana* Mill, cv. Hass). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94: 1844-1853.

Rudolph, M.; A. Schlereth; M. Körner; K. Feussner; E. Berndt; M. Melzer; E. Hornung; I. Feussner. 2011. The lipoxygenase-dependent oxygenation of lipid body membranes is promoted by a patatin-type phospholipase in cucumber cotyledons. *Journal of Experimental Botany*, 62(2): 749-760.

Seta-Koselska, A.; E. Szczuka; M. Spaczynski; E. Skorzynska-Polit. 2014. Activity and localization of lipoxygenase in the ovule of *Larix kaempferi* (Lamb.) Carr. During megasporogenesis. *Plant Growth Regulators*. DOI 1007/s10725-014-9987-8.

Tranbarger. T.J.; V.R. Franceschi; D.F. Hildebrand; H.D. Grimes. 1991. The soy-bean 94- kilodalton vegetative storage proteine is a lipoxigenase that is localized in paravenial mesophyll cell vacuoles. *Plant Cell*, 3: 973-987.

Yadav, M.K.; S.C. Bhatla. 2011. Localization of lipoxygenase activity on the oil bodies and in protoplast using a novel fluorescence imaging method. *Plant Physiology and Biochemistry*, 49: 230-234.

Wang, C.; K.P.C. Croft; U. Järlfors; D.F. Hildebrand. 1999. Subcellular localization studies indicate that lipoxygenases 1 to 6 are not involved in lipid mobilization during soybean germination. *Plant Physiology*, 120: 227-235.

Whitaker, B.D.; G.E. Lester. 2006. Cloning of phospholipase  $D_{\alpha}$  and lipoxygenase genes CmPLD $\alpha$ 1 and CmLox1 and their expression in fruit, floral and vegetative tissues of 'Honey Brew' hybrid honeydew melon. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 131(4): 544-550.

## Caracterización de la matriz polimérica de poli(ácido acrílico-co-acrilato de butilo) reforzada con nanotubos de carbono

NUNEZ-RIVERA, J. C.\*† y NÚÑEZ-PÉREZ, Francisco``

``UNADM, Puebla #14, Col. Roma, CP. 06700, México DF. .

``Universidad Politécnica de Lázaro Cárdenas Michoacán, Avenid Galeanas SN, Las 600 casas, CP. 60950, Lázaro Cárdenas Michoacán

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

### Resumen

En este trabajo fueron preparados nanocompuestos, utilizándose nanotubos como material reforzante de una matriz de poli(ácido acrílico-co-acrilato de butilo) [poli(AA-co-AB)]. Los nanotubos de carbono se prepararon por la técnica de deposición química en fase vapor (CVD) utilizando alúmina como soporte. Purificándose con vapor de agua sobrecalentado o una disolución de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>). Para la funcionalización se utilizó cloruro de tionilo (SOCl<sub>2</sub>, espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR) Se tomaron micrografías por las técnicas de microscopía electrónica de barrido de alta resolución (HRSEM).

### Abstract

In this work were prepared nanocomposites , using nanotubes as reinforcing material in a matrix of poly (acrylic acid -co-butyl acrylate ) [ poly ( AA -co- AB ) ] . Carbon nanotubes were prepared by the technique of chemical vapor deposition (CVD ) using alumina as support. Purifying with superheated steam or a solution of nitric acid (HNO<sub>3</sub> ) . Thionyl chloride ( SOCl<sub>2</sub> chloride , infrared spectroscopy was used Fourier transform ( FT- IR for functionalization ) micrographs were taken by the techniques of scanning electron microscopy high resolution ( HRSEM ) .

**Citación:** NUNEZ-RIVERA, J. C. y NÚÑEZ-PÉREZ, Francisco. Caracterización de la matriz polimérica de poli(ácido acrílico-co-acrilato de butilo) reforzada con nanotubos de carbono. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3: 500-510

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

Los nanotubos de carbono (CNTs) son estructuras tubulares con diámetros nanométricos que exhiben extraordinarias propiedades mecánicas, químicas y eléctricas, debido a ello, desde su descubrimiento, han llamado la atención de la comunidad científica. Los CNTs se aislaron por vez primera por Iijima en 1991 durante un experimento relacionado con la síntesis de los fullerenos. Anteriormente, en 1952, Radushkevich y Lukyanovich obtuvieron micrografías de transmisión electrónica de nanofibras, o “partículas de hollín”. En ese entonces se estableció que la formación de filamentos de carbono podría ser producto de la interacción entre hidrocarburos y otros gases de origen orgánico con metales, tales como hierro, cobalto y níquel.

En la década de 1960 se desarrollaron las fibras de carbono (típicamente con un diámetro de 7-10  $\mu\text{m}$ ) mientras que las nanofibras de carbono (con diámetros externos típicos de 50-200 nm) fueron producidas en la década de 1980. En 1985 el buckminsterfullerano C<sub>60</sub> (un alótropo de carbono también conocido como buckyball o simplemente fullerano), fue observado por primera vez por Kroto et. al; lo cual hizo posible que obtuviera el premio Nobel de química en 1997.

Existen dos tipos principales de CNTs cuya estructura puede ser claramente diferenciable: los nanotubos de carbono de pared sencilla (SWNT), que consisten en hojas de grafeno envueltas en forma de un tubo cilíndrico y los nanotubos de carbono de pared múltiple (MWNT), que están comprimidos y concéntricamente anidados alrededor de un hueco central con separación intercalada de ~ 0.34 nm. Los SWNT poseen diámetros en el rango de 0.7 a 1.4 nm y se ha reportado que sus longitudes puede alcanzar más de 4 mm.

Se sabe que los CNTs pueden ser obtenidos por distintos métodos: vaporización inducida por pulsos láser (PLV), descarga de arco, deposición química en fase vapor (CVD), alta presión (HiPCO), pirólisis catalítica de hidrocarburos y por plasma. En la década de 1990 la deposición química catalítica en fase vapor con plasma mejorado (C-PECVD) hizo posible un control adicional del crecimiento de nanoestructuras de carbono. La técnica de síntesis más conveniente es la de CVD por la pureza de las nanoestructuras finales y la posibilidad de alcanzar una alineación controlada. La CVD, además, hace posible una producción a gran escala a temperaturas relativamente bajas, permitiendo un control sobre la alineación, la densidad y el diámetro de los CNTs.

## Experimentación

### Reactivos utilizados

Los reactivos que se usaron en este trabajo para preparar los nanotubos de carbono son: alcohol etílico 96% (Fermont), nitrato férrico 98.2% (Golden Bell), ácido clorhídrico 2 N (Golden Bell) y gas argón con una pureza mayor al 99%. La preparación del poli(AA-co-AB) fue hecha por polimerización en emulsión y para la síntesis se utilizó ácido acrílico 99% (Sigma-Aldrich), acrilato de butilo 99% (Sigma-Aldrich), dodecilsulfato de sodio (SDS) 99% (Sigma-Aldrich), persulfato de potasio (KPS) 99% (Alfa Aesar), agua bidestilada y gas nitrógeno. Para el tratamiento de los CNTs con ácido nítrico se utilizó HNO<sub>3</sub> 68% (Golden Bell), mientras que para la funcionalización se usó cloruro de tionilo (SOCl<sub>2</sub>) (Aldrich). Para la caracterización de los copolímeros y los materiales compuestos se usó tetrahidrofurano (THF) marca Analytyka y n-octano 99.5% (Fluka AG).

### **Preparación de nanotubos de carbono “crudos”**

En este trabajo se llamarán nanotubos de carbono “crudos” a los CNTs que se obtengan directamente de la síntesis por la técnica de CVD utilizando un soporte de alúmina. Para ello se preparó una solución al 5% en peso de nitrato férrico en alcohol etílico y en ella se sumergieron los botes de alúmina durante 24 horas. Posteriormente, los botes se colocaron dentro de un tubo de acero (que funciona como soporte para los botes) previamente lavado y secado. Dicho tubo se introdujo en un horno tubular (se mete únicamente un bote de alúmina por preparación).

### **Purificación de los nanotubos de carbono “crudos” con una solución de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>)**

El tratamiento de CNTs con HNO<sub>3</sub> ha sido llevado a cabo con anterioridad por Hui Hu et. al. En este trabajo, para llevarlo a cabo, se tomó un gramo de CNTs “crudos” y se colocaron en un filtro de papel (cartucho) que a su vez fue introducido en la cámara de un equipo Soxhlet. Se utilizó un reactor de dos bocas como depósito para contener 150 mL de HNO<sub>3</sub> a una concentración 7 M, donde también se introdujo una barra magnética (mosca). En la parte superior del Soxhlet se adaptó un condensador Allihn (rosario) sometido a enfriamiento constante. El depósito se calentó en un baño de aceite de silicón en contacto con una parrilla hasta conseguir una temperatura de 130 °C. La limpieza se desarrolló bajo agitación constante de una mosca magnética manteniendo el sistema a reflujo constante durante 6 horas.

Transcurridas las 6 horas, se dejó enfriar el equipo Soxhlet para luego desmontarlo. El filtro de papel fue retirado de la cámara y se colocó sobre una caja de Petri, donde se dejó escurrir el ácido nítrico de exceso.

Finalmente el ácido se evaporó en el interior de una campana de extracción durante 1 hora. La caja de Petri con el filtro de papel se introdujo a una estufa de vacío a una temperatura de 50 °C. Después de 24 horas se retiró el filtro de papel y se recuperaron los CNTs purificados. Posteriormente los CNTs fueron pesados y depositados en un vaso de precipitados. Entonces se agregaron 100 mL de agua bidestilada y la dispersión se calentó a una temperatura de 70 °C bajo agitación constante con una mosca magnética. De esta forma se lavaron los CNTs durante 8 horas agregando agua bidestilada eventualmente. Finalmente los CNTs se secaron en una estufa de vacío a una temperatura de 50 °C y se mantuvieron en su interior hasta ser tratados en una reacción posterior.

### **Funcionalización de los CNTs purificados con HNO<sub>3</sub> utilizando cloruro de tionilo (SOCl<sub>2</sub>)**

La funcionalización de los CNTs purificados con HNO<sub>3</sub> por un tratamiento con cloruro de tionilo (SOCl<sub>2</sub>) se llevó a cabo siguiendo un trabajo previo reportado por Yi Lin et. al. En un tratamiento típico se emplearon 0.32 g de los CNTs y se sometieron a un tratamiento a reflujo en un equipo Soxhlet, de manera similar a como se hizo para la purificación con HNO<sub>3</sub>, pero ahora en el depósito se agregaron 90 mL de SOCl<sub>2</sub>. El procedimiento es muy delicado, debido a que el SOCl<sub>2</sub> es un reactivo sumamente corrosivo que reacciona con agua y otros reactivos produciendo ácido clorhídrico (HCl) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Por ello se evitó en todo momento tener contacto con ambientes húmedos. El sistema fue llevado a una temperatura de 110 °C y mantenido así por 24 horas en una campana de extracción. Terminado esto, se retiró la fuente de calor y con cuidado se quitó el matraz donde estaba el SOCl<sub>2</sub> tapando sus dos bocas. Transcurrida una hora aproximadamente se llevó a confinamiento el SOCl<sub>2</sub> usado.



El matraz fue colocado nuevamente en la parte inferior del Soxhlet. El condensador fue retirado y por la parte superior del extractor se agregaron 90 mL de cloroformo, se recogió del matraz el cloroformo antes agregado con la ayuda de una pipeta para volver a añadirlo al sistema. Se repitió este procedimiento 4 veces, se retiró el cartucho con los CNTs ya lavados y se desmontó el equipo. Entonces se colocaron los CNTs en una caja de Petri donde se dejó evaporar el cloroformo remanente en el interior de una campana de extracción durante 30 minutos. La caja de Petri fue introducida en una estufa de vacío donde permaneció a 50 °C durante tiempo indefinido. Para evitar reacciones indeseables, los CNTs funcionalizados estuvieron en la estufa evitando su contacto directo con el medio ambiente. Los materiales de vidrio utilizados fueron enjuagados con cloroformo antes de ser lavados con agua y jabón.



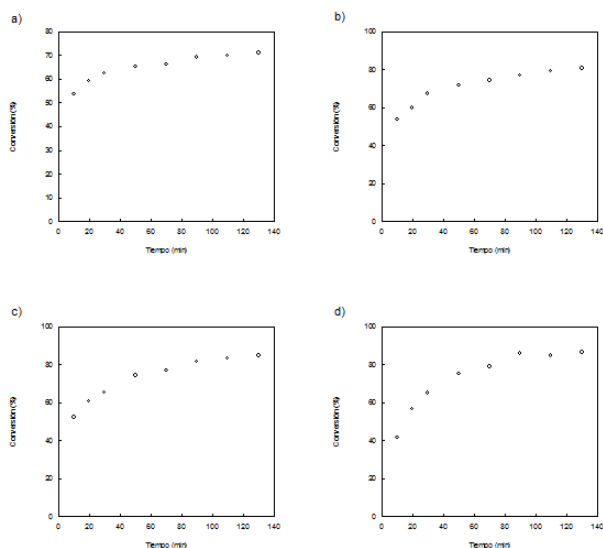
**Figura 1** Sistema usado para funcionalizar CNTs con SOCI<sub>2</sub>.

### Caracterización por microscopía electrónica de barrido de alta resolución (HRSEM)

Las micrografías obtenidas por esta técnica se tomaron utilizando un microscopio electrónico de barrido marca JEOL JSM7000F operando a 10.0 kV y equipado con emisión de campo (FEM). Para estos experimentos se depositó una película de oro sobre la muestra. La Figura 3.7 muestra una fotografía del equipo empleado.

### Cinética de la polimerización de ácido acrílico y acrilato de butilo

Para estudiar la polimerización de ácido acrílico y acrilato de butilo se obtuvieron las cinéticas de polimerización de los copolímeros sintetizados a todas las relaciones monoméricas descritas. Se encontró que a las 2 horas y 10 minutos de iniciada la reacción se alcanza el máximo de conversión (independientemente de la relación monomérica usada). Las conversiones máximas fueron 71, 81, 85 y 86 % para las relaciones monoméricas 20/80, 40/60, 60/40 y 80/20 (AA/AB) respectivamente. Destaca que la conversión aumenta conforme se incrementa la cantidad de ácido acrílico en la formulación inicial [Fig. 4.2]. Una tendencia similar se encontró cuando se sintetizaron los nanocompuestos.



**Figura 2** Gráficas de conversión (global) contra tiempo para la síntesis del poli(ácido acrílico-co-acrilato de butilo) y poli(ácido acrílico) para las relaciones monoméricas de AA/AB en % peso: a) 20/80, b) 40/60, c) 60/40 y d) 80/20.

En una copolimerización, un comonómero puede presentar una tendencia a reaccionar consigo mismo o con el otro monómero dependiendo de las relaciones de reactividad. Por tal motivo, se calcularon las relaciones de reactividad para el AA ( $r_1$ ) y el AB ( $r_2$ ) en base al esquema Q-e de Alfrey-Price:

$$r_1 = k_{11}/k_{12} = Q_1/Q_2 \quad e^{( [-e]_1 (e_1 - e_2) )} \quad (1)$$

$$r_2 = k_{22}/k_{21} = Q_2/Q_1 \quad e^{( [-e]_2 (e_2 - e_1) )} \quad (2)$$

Donde Q y e corresponden a las medidas de reactividad y polaridad respectivamente de un monómero vinílico. Se eligió que Q1 y e1 representaran las medidas de reactividad y polaridad del AA mientras que Q2 y e2 las de reactividad y polaridad para el AB. En la Tabla 4.1 se listan los valores de Q y e encontrados en la literatura.

Valores de Q y e		
Monómero	Q	E
Ácido acrílico	0.83	0.88
Acrilato de butilo	0.38	0.85

**Tabla 1** Valores de Q y e para la copolimerización por radicales libres del AA y el AB.

Calculando  $r_1$  y  $r_2$  con las ecuaciones 1 y 2 respectivamente, se encontró que, el AA presenta una relación de reactividad  $r_1 = 2.13$ , mucho mayor a la del AB,  $r_2 = 0.47$ . Por tal razón se obtuvieron conversiones más elevadas al incrementar el contenido de AA en la formulación inicial.

Adicionalmente el AA es un monómero soluble en agua, que es el medio continuo de una polimerización en emulsión directa [como el utilizado para la síntesis del poli(AA-co-AB)], lo que permite que haya un buen suministro de monómero de AA hacia las partículas en crecimiento. Las formulaciones para polimerización en emulsión a nivel industrial frecuentemente involucran comonómeros solubles en agua como los ácidos acrílico, metacrílico e itacónico; los látex así preparados se caracterizan por su alta estabilidad coloidal, tal y como los sintetizados en este trabajo. ,

La alta reactividad del AA y el análisis de los termogramas de los látex de los nanocompuestos presentados en la sección 4.9 permite presentar la hipótesis de que durante la síntesis del poli(ácido acrílico-co-acrilato de butilo) también se formaría poli(ácido acrílico) como producto secundario. Esto es, el material en forma de película obtenido de la polimerización de AA y AB podría ser en realidad, una mezcla del copolímero de poli(AA-co-AB) y del homopolímero poli(AA). Las curvas de conversión contra tiempo del poli(ácido acrílico-co-acrilato de butilo) presentadas en la Figura 4.2 podrían entonces, ser curvas de conversión global, esto es, involucran la formación de poli (AA-co-AB) y de poli(AA).

Para tener elementos para probar esta hipótesis se hizo una purificación de las películas formadas durante la polimerización de AA y AB, con el interés adicional de evaluar en su caso el rendimiento en la síntesis del poli(AA-co-AB). Como el agua disuelve al poli(AA), se llevó a cabo el siguiente procedimiento de purificación: las películas fueron recortadas en trozos pequeños, las cuales se colocaron en un vaso de precipitados al que se le agregaron 60 mL de agua destilada a una temperatura de 50 °C. El sistema se agitó vigorosamente durante 60 minutos con una barra agitadora. Pasado este tiempo, el líquido que probablemente contenía poli(AA) disuelto fue decantado hacia un tubo para centrífuga, mismo que fue introducido en una centrífuga Marca Beckman Coulter modelo Allegra X-22. La centrifugación fue hecha a una velocidad de 9000 rpm durante 10 minutos dos veces. El líquido del tubo de la centrífuga fue decantado y vertido en una caja de Petri. El líquido se eliminó por evaporación en una estufa de venteo donde se mantuvo durante 24 horas a una temperatura de 60 °C. Transcurrida la evaporación se obtuvo un sólido color amarillo paja muy tenue, el cual se analizó por FT-IR. El espectro de dicho sólido pudo ser identificado como el espectro del poli(AA). Esto probó que sí se lleva a cabo la síntesis de poli(AA) simultáneamente a la del copolímero de poli(AA-co-AB). Por gravimetría se determinó la cantidad de poli(AA) presente en la mezcla de poli(AA) y poli(AA-co-AB). Los resultados obtenidos se listan en la Tabla 4.2.

Relación monomérica en % peso (AA/AB)	Poli(AA) en % peso
20/80	9
40/60	24
60/40	37.5
80/20	38.4

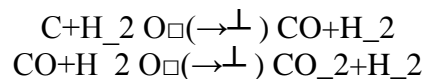
**Tabla 2** Cantidad de poli(AA) en % peso presente en la mezcla de poli(AA) y poli(AA-co-AB) para las polimerizaciones realizadas a las relaciones monoméricas en % peso: 20/80, 40/60, 60/40 y 80/20 (AA/AB).

Como cabría esperar, el contenido del homopolímero de poli(AA) se incrementa conforme la formulación inicial es más rica en el monómero de AA. Es evidente que para las relaciones de AA/AB más ricas en AA, el contenido de poli(AA) es significativo.

### Síntesis de los nanotubos de carbono “crudos”

Los nanotubos de carbono “crudos” se sintetizaron por la técnica de CVD utilizando un soporte de alúmina. Estas nanoestructuras a base de carbono tienen propiedades mecánicas, eléctricas y químicas únicas debidas a los arreglos de enlace en sus paredes y a las posibles configuraciones electrónicas de los átomos de carbono en dichas paredes. Estos factores son cruciales en las propiedades de los CNTs.<sup>32</sup> De hecho, los CNTs ya sea de pared sencilla o múltiple pueden ser conductores o semiconductores de la electricidad. En base a esto, una manera sencilla de comprobar la formación de los CNTs en el bote de alúmina, es haciendo pasar un imán por el vial que los contenía. De esta manera fue posible observar una clara influencia del campo magnético del imán sobre los CNTs

La purificación de los CNTs con vapor sobrecalentado se basa en las siguientes reacciones de descomposición<sup>9</sup>:



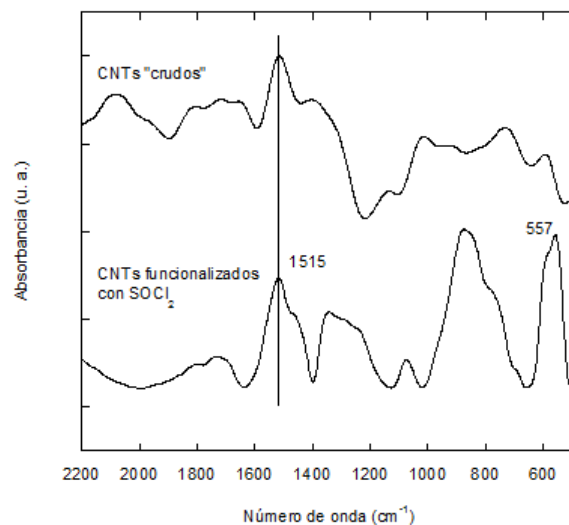
### Para la purificación se tomó un gramo de CNTs “crudos” de los cuales solamente 0.89 g fueron recuperados

Para la purificación con HNO<sub>3</sub> se pesó un gramo de CNTs “crudos”. Al final del proceso se recuperaron 0.876 g de CNTs. Inicialmente se intentó hacer la purificación en un sistema de reflujo de ácido nítrico utilizando un equipo Soxhlet.

Sin embargo, después de cierto tiempo, los CNTs abandonaron el filtro de papel donde se depositaron y fueron arrastrados por el flujo de HNO<sub>3</sub>

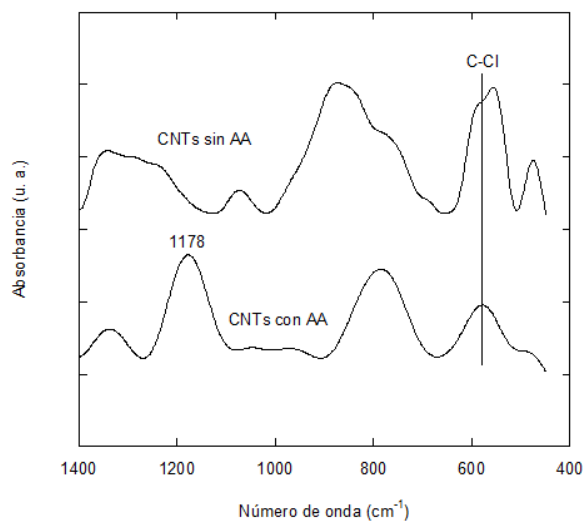
Para hacer la funcionalización de los CNTs previamente purificados con HNO<sub>3</sub>, se tomaron 0.32 g de éstos, y al final del proceso se recuperaron 0.225 g. Algunos CNTs se perdieron por arrastre con el flujo de SOCl<sub>2</sub> durante el proceso de funcionalización. En un primer experimento, se observó que el filtro de papel no estaba bien colocado en posición vertical en la cámara del Soxhlet y el nivel de SOCl<sub>2</sub> condensado en dicha cámara superó la altura del cartucho, provocando el arrastre de los CNTs. En experimentos posteriores, se utilizó un filtro de papel con altura suficiente para evitar que los CNTs fueran arrastrados.

Se realizó un análisis de los espectros IR de los CNTs funcionalizados con SOCl<sub>2</sub> y de los CNTs “crudos”. Los espectros de estas nanoestructuras se muestran en la Figura 4.2. Para los CNTs funcionalizados con SOCl<sub>2</sub> se observa un pico a 557 cm<sup>-1</sup> debido a la vibración del enlace C-Cl característico del grupo cloruro de acilo. Este pico no se detectó en el espectro de los CNTs “crudos”. Por otra parte, ambos tipos de CNTs muestran un pico en 1515 cm<sup>-1</sup>, y corresponde a uno de los modos característicos de estiramiento C-C de los segmentos cilíndricos de los CNTs del tipo zigzag y armchair.



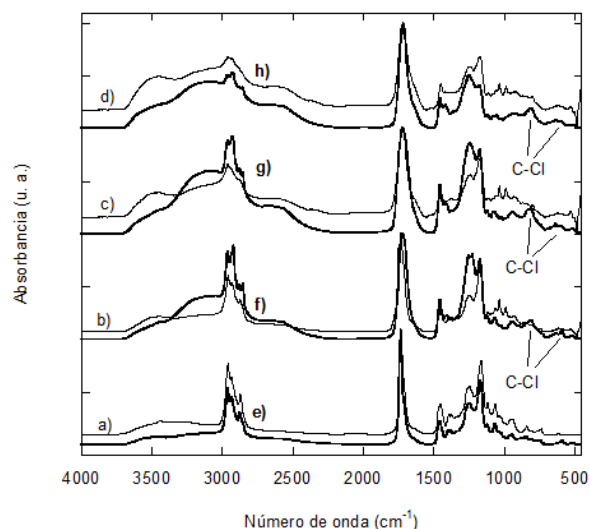
**Figura 3** Espectros IR de CNTs “crudos” y de CNTs funcionalizados con SOCl<sub>2</sub>.

En la Figura 3 se presentan espectros IR de los CNTs funcionalizados con SOCl<sub>2</sub> antes y después de reaccionar con AA durante las polimerizaciones denominadas de “siembra”. Destaca el agotamiento, en el espectro de los CNTs, que se hicieron reaccionar con AA, del pico característico del enlace C-Cl después de que los CNTs funcionalizados reaccionaron con el AA; a su vez aparece un pico de absorción a 1178 cm<sup>-1</sup> que ilustra la formación de los enlaces C-O de los grupos anhídridos obtenidos por reacción entre los grupos C-Cl de los CNTs y los grupos OH de la matriz de poli(AA-co-AB).



**Figura 4** Espectros IR de CNTs funcionalizados con SOCl<sub>2</sub> antes y después de reaccionar con AA.

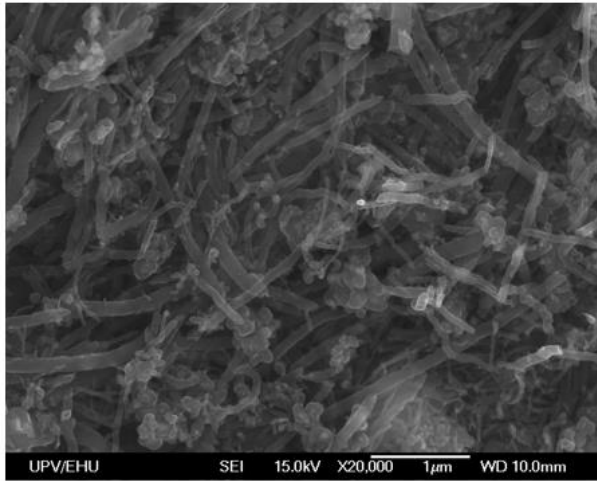
Se hizo un análisis por espectroscopia infrarroja del copolímero de poli(AA-co-AB) y de los nanocompuestos preparados con CNTs funcionalizados. En la Figura 4, se muestran los espectros de los copolímeros y los nanocompuestos preparados a las relaciones monoméricas mencionadas en la sección experimental. Los nanocompuestos fueron preparados por polimerización in situ sembrando los CNTs que ya habían reaccionado con parte del AA necesario para cada formulación. En los ocho espectros se observa el pico de absorción característico para las vibraciones de estiramiento de los grupos hidroxilos (OH) libres (que forman parte de los ácidos carboxílicos) en 3520 cm<sup>-1</sup>. También se distingue el pico de absorción característico para las vibraciones de estiramiento del grupo carbonilo (C=O) en 1760 cm<sup>-1</sup>. Ambas contribuciones espectrales son características del AA.



**Figura 5** Espectros IR de los copolímeros de poli(AA-co-AB) preparados a las relaciones AA/AB en % peso de: a) 20/80, b) 40/60, c) 60/40 y d) 80/20 y de los nanocompuestos también preparados a las relaciones AA/AB en % peso de: e) 20/80, f) 40/60, g) 60/40 y h) 80/20.

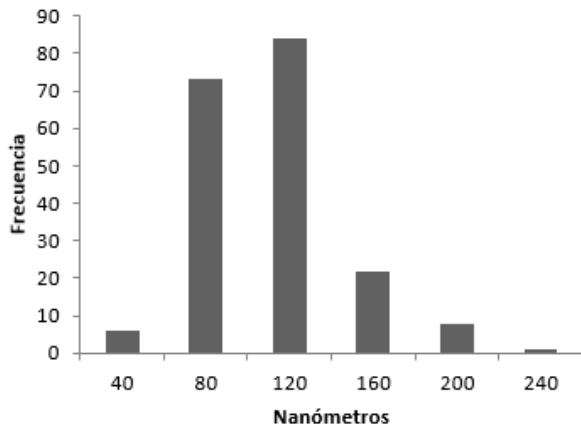
### Caracterización de los CNTs por microscopía electrónica de barrido de alta resolución (HRSEM)

Los CNTs obtenidos por CVD fueron caracterizados por microscopía electrónica de barrido de alta resolución (HRSEM). En la Figura 5 se muestra una micrografía de las nanoestructuras obtenidas. Por la capacidad de la microscopía HRSEM sólo se pueden medir longitudes y diámetros externos de los CNTs. El análisis se hizo utilizando el programa Image 6 - Pro Plus.



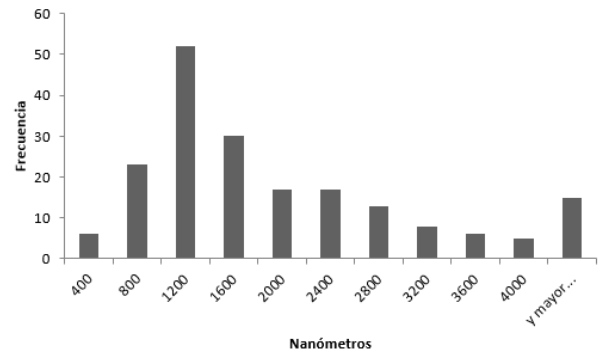
**Figura 6** Micrografía de CNTs crudos obtenida por HRSEM.

En la Figura 6 se muestra un histograma obtenido de la evaluación de una población de 194 CNTs “crudos” estudiados con el programa mencionado. Se determinó que los CNTs alcanzan diámetros externos en el rango de 34 – 216 nm con un promedio de  $90 \pm 27$  nm. Esto concuerda con lo reportado previamente por Kirsten Edgar y John L. Spencer para MWNTs.



**Figura 7** Histograma de los diámetros externos de una población de CNTs crudos.

Las longitudes de los CNTs se representan en el histograma de la Figura 7. La longitud mínima de los CNTs es de 197 nm y la longitud máxima es de 12  $\mu$ m. La longitud promedio de los CNTs está en el rango de  $1897 \pm 1057$  nm, lo que indica una distribución de tamaños bastante amplia, como ha sido reportado en la literatura. La población de CNTs analizados fue de 192.



**Figura 7** Histograma de la población de longitudes de los CNTs crudos evaluados.

## Conclusiones

En este trabajo se sintetizaron CNTs por la técnica de deposición química en fase vapor (CVD). Los CNTs sintetizados se purificaron con vapor sobrecalentado o  $\text{HNO}_3$  y se funcionalizaron con  $\text{SOCl}_2$ . Se encontraron las condiciones adecuadas para lograr la purificación con vapor sobrecalentado y  $\text{HNO}_3$  y la funcionalización con  $\text{SOCl}_2$ . Los CNTs obtenidos, fueron caracterizados por las técnicas de: a) espectroscopia infrarroja; b) espectroscopia Raman; c) microscopía electrónica de barrido y d) microscopía electrónica de transmisión.

Mediante espectroscopia infrarroja se observaron diferencias apreciables entre los CNTs “crudos” y los CNTs funcionalizados con  $\text{SOCl}_2$ .

En los espectros de los CNTs funcionalizados se detectaron las contribuciones espectrales de la vibración de los átomos de cloro presentes en los CNTs funcionalizados. Esta es una prueba del éxito de la funcionalización

## Referencias

- S. Iijima, *Nature (London)*; 354, 56 (1991). (sintesis nanotubos/review nanotubos.pdf p.2)
- L. V. Radushkevich and V. M. Lukyanovich, *Zh. Fiz. Khim*; 26, 88 (1952). (sintesis nanotubos/review nanotubos.pdf p.2)
- G. G. Tibbetts, M. G. Devour: Regulation of pyrolysis methane concentration in the manufacture of graphite fibers, U.S. patent 4,565,684 (1986). (Nanocomposites/composites3.pdf p.1)
- H. W. Kroto, J. R. Heath, S. C. O'brien, R. F. Curl, and R. E. Smalley, *Nature (London)*; 318, 162 (1985). (sintesis nanotubos/review nanotubos.pdf p.2)
- Ray H. Baughman, Anvar A. Zakhidov, Walt A. de Heer, *Science*; 297 (2002). (Nanocomposites/review composites8.pdf p.2)
- Awasthi, K.; Srivastava, A.; Srivastava, O. N. J. *Nanosci. Nanotechnol.* 5, 1616 (2005). (Nanocomposites/Polymer nanocomposites containing carbon nanotubes.pdf. p.2)
- Satish Kumar, Tao Liu, T.V. Sreekumar, Tetsuya Uchida and Xiefei Zhang. *Proceedings of SAMPE 2004, Long Beach, CA (2004)* (Nanocomposites/composites3.pdf).
- Limin Huang, Xiaodong Cui, Brian White, and Stephen P. O'Brien. *J. Phys. Chem B*; 108, 16451 (2004). (sintesis nanotubos/CVD con etanol.pdf p.1)
- Melechko A. V.; Merkulov V.I.; McKnight T.E.; Guillorn M.A.; Klein K.L.; Lowdnes D.H. and Simpson M.L. *J. Appl. Phys*; 97, 041301 (2005). (sintesis nanotubos/review nanotubos.pdf p.2)
- Limin Huang, Xiaodong Cui, Brian White, and Stephen P. O'Brien. *J. Phys. Chem B*; 108, 16451 (2004). (sintesis nanotubos/CVD con etanol.pdf p.1)
- Hui Hu, Bin Zhao, Mikhail E. Itkins, and Robert C. Haddon. *J. Phys. Chem. B*; 107, 13838. 2003 (purificar y funcionalizar/purificar/purif acido nítrico.pdf p.1)
- Yi Lin, Apparao M. Rao, Bindu Sadanadan, Edward A. Kenik, and Ya-Ping Sun. *J. Phys. Chem. B*; 106, 1294. 2002. (purificar y funcionalizar/funcionalizar/func con aminopolimeros.pdf. p.2)
- J. Brandrup, E. H. Immergut, and E. A. Grulke. *Polymer Handbook*. 4th ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1999.
- Buscall, R. J. *Chem. Soc., Faraday Trans. 1*; 77, 909, 1981. (Matriz polimérica/ Effects of Poly(AA) Electrosteric...pdf p.1)
- Napper, D. H. *Polymeric stabilization of colloidal dispersions*; Academic: London, 1983. (Matriz polimérica/ Effects of Poly(AA) Electrosteric...pdf p.1)
- Li Han, Wendy Wu, F. Louis Kirk, Jin Luo, Mathew M. Maye, Nancy N. Kariuki, Yuehe Lin, Chongmin Wang, and Chuan-Jian Zhong. *Langmuir*; 20, 6019, 2004. (Nanocomposites/A direct route toward assembly of nanoparticle-carbon nanotube composite materials.pdf p.1)
- R. M. Silverstein and Francis X. Webster. *Spectrometric Identification of Organic Compounds*. 6th ed., John Wiley & Sons, Inc., New York, 1998.

Takashi Yumura, Daijirou Nozaki, Shunji Bandow, Kazunari Yoshizawa, and Sumio Iijima. J. Am. Chem. Soc; 127, 11769, 2005. (end-cap effects on vibrational structures of finite-length CNTs.pdf p.6)

Barbara H. Stuart. Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications (Analytical techniques in the sciences). John Wiley & Sons, Ltd; England, 2004. (de internet)

Boon-Siang Yeo, Zhi-Hua Chen, and Wee-Sun Sim. Langmuir; 19, 2787, 2003.

Kirsten Edgar, L. John Spencer. Current Applied Physics; 4, 121, 2004. (Nanocomposites/review composites8.pdf p. 5)



## **Tendencias en el consumo de alimentos y capacidad de compra en la Región V del Estado de México**

VAQUERO, Alejandro\*†, MORENO, Miguel Ángel, BECERRA, Ma del Rocío y ROMERO, Nallely Alejandra

Recibido 3 de Abril, 2015; Aceptado 25 de Junio, 2015

---

### **Resumen**

La información es importante para contrastar la preferencia de los consumidores con los sistemas de producción agrícola de la región. Es decir, cuál es la motivación de los productores de alimentos en la región para obtener certificaciones de calidad, inocuidad, o agricultura orgánica, e identificar si existe un segmento de mercado en la región que prefiera productos que a nivel mundial se demandan cada vez más.

**Agronegocios, calidad, consumo.**

### **Abstract**

The information is important to test the preference of consumers with agricultural production systems in the region. That is, what is the motivation for food producers in the region to be certified in quality, food safety, or organic products, and identify whether there is a market segment in the region than prefer products as worldwide are demanding ever more.

**Agribusiness, quality, consumption.**

---

**Citación:** VAQUERO, Alejandro, MORENO, Miguel Ángel, BECERRA, Ma del Rocío y ROMERO, Nallely Alejandra. Tendencias en el consumo de alimentos y capacidad de compra en la Región V del Estado de México. Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias 2015, 2-3: 511-518

---

---

\* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: alejandro\_vaquero@uptecamac.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

**Introducción**

Las modificaciones en los estilos de vida y patrones alimenticios, el aumento en la demanda de comida saludable y el deseo de los consumidores para conocer más sobre los alimentos que eligen, están provocando tendencias radicales en la industria alimentaria. Se espera que en un futuro esta tendencia en la manera de comprar alimentos se incremente (Sloan, 2015).

Esta propensión en el consumo de alimentos es mayor en los países desarrollados y se ha orientado a la adopción de un estilo de vida saludable, socialmente responsable y en armonía con el medio ambiente. Estos hábitos son el resultado de un proceso de conciencia colectiva al observar e investigar los efectos de las prácticas de la agricultura industrial promovida en la década de los 60's con un alto uso de insumos químicos que a largo plazo incidió en la salud de los consumidores, en la contaminación de suelos y cuerpos de agua, principalmente por el uso de pesticidas, y de la economía de estas sociedades.

Sin embargo, en países en desarrollo como México, la pérdida del poder adquisitivo en las últimas cuatro décadas ha disminuido considerablemente su capacidad de compra. Esto ha ocasionado que las personas compren sus alimentos sin observar su origen y sin considerar que tipo de insumos se utilizan en sus procesos de producción primaria, selección y empaque.

Pero los productores tienen sus propios problemas. Por un lado la necesidad de incrementar sus rendimientos ante la caída de los precios motivó el uso indiscriminado de insumos químicos como plaguicidas, herbicidas y fertilizantes químicos.

Por otro lado, el proceso de reversión en los sistemas de producción requiere certificaciones de calidad, inocuidad o agricultura orgánica que puede ocasionar un decremento en los rendimientos y un incremento en costos cumplimiento de la certificación.

Esto ocasiona que los productos certificados tengan mayores costos medios y en el caso de México, no toda la población puede pagar el precio de productos certificados.

Por ello los productores se han visto en la disyuntiva de adaptar sus técnicas de producción y abandonar poco a poco prácticas tradicionales e implementar tecnología que permita ofrecer un producto libre de contaminantes.

En países desarrollados, los alimentos demandados son aquellos que cuenten con certificaciones o sellos que brinden al consumidor confianza, como en el caso de Canadá. En este país, la población come de manera saludable y exige tanto calidad como variedad en sus frutas y verduras (Viramontes, 2015).

La información que proporciona el mercado a fin de entender su comportamiento es una manera en que los productores pueden entender cómo han evolucionado las preferencias y mediante ello puedan tomar decisiones en su forma de producir. Los productores agrícolas también son afectados por la competencia de otros países que por el uso de economías de escala pueden ofrecer sus productos a precios competitivos y además si existe demanda de productos certificados en países desarrollados, se abre una oportunidad para la exportación de estos productos.

Cabe preguntar si la población de productores y consumidores de países en desarrollo estamos condenados a producir y consumir alimentos que nos van a causar daños a la salud, al medio ambiente y a la economía de México; y en contraste, los países desarrollados tendrán cada vez mayor acceso a productos de calidad, y tendrán mejores recursos naturales, sociales y económicos a largo plazo. Esto remarcaría las diferencias de desigualdad en la población mundial entre los países.

Este documento pretende identificar y analizar las preferencias del consumidor de la Región V del Estado de México; identificar las variables que influyen en su decisión de compra; y explicar como esta información se relaciona con la situación del productivo del sector agrícola.

La estructura del artículo abarca cuatro secciones: La primera da un respaldo teórico de las preferencias del consumidor, del poder adquisitivo y de las certificaciones en la producción de alimentos. La segunda menciona la metodología utilizada para la recopilación de información de fuentes primarias mediante la aplicación de encuestas a los consumidores y la explicación de las variables analizadas: Ingresos, escolaridad, precio, calidad y lugar de compra. En la tercera parte se describen los principales resultados y la discusión de sus implicaciones para el sector productivo. El artículo finaliza con las conclusiones de este documento.

### **Las preferencias del consumidor**

Son un factor determinante que representan los elementos subjetivos del consumidor que lo llevan a decidirse por determinados bienes y servicios que desea obtener.

Para efectos del análisis se tienen que considerar dos aspectos:

La cantidad de dinero disponible que posee el consumidor para determinado consumo (ingreso).

Los precios de los productos entre los cuales ha de elegir.

Elementos que pueden influir en las preferencias del consumidor: Estos pueden depender de las necesidades, gustos, modas, caprichos, publicidad, precios, estatus social, etcétera.

El consumidor o la unidad familiar tienen completa información acerca de todo lo relacionado con sus decisiones de consumo, es consciente de la existencia de bienes y servicios que le producen reacciones de preferencia entre unos y otros, donde también influye el monto de su ingreso.

La llamada unidad consumidora que puede ser tanto un individuo como una llamada unidad familiar, percibe satisfacción mediante la utilización de un producto por cierto periodo de tiempo. Con la intención de alcanzar su objetivo el consumidor compara presupuestos y evalúa alternativas a fin de preferir entre ellas. (James Mora, 2002).

### **El poder adquisitivo**

El poder adquisitivo es un concepto nos interesa porque representa el valor de la de nuestra moneda en relación a la capacidad de proveernos de bienes y servicios necesarios para vivir.

El poder adquisitivo se puede medir por la cantidad de bienes adquiribles con cierta cantidad de dinero en un cierto periodo de tiempo, o bien, el precio de una canasta de ciertos bienes de consumo en un cierto tiempo (Medina & Noriega, 2001).

### **Certificaciones en la producción de alimentos**

Se consideran tres principales certificaciones en relación a la calidad de alimentos: Inocuidad que requiere certificaciones de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y Buenas Prácticas de Manufacturas (BPM); La certificación de Agricultura Orgánica, que consiste principalmente en evitar el uso de insumos químicos en la producción; y otras certificaciones de calidad, en México principalmente la denominada: México Calidad Suprema, aunque existen otros sistemas como Kosher.

**Inocuidad alimentaria.** Se define como la garantía de que los alimentos no causarán daños al consumidor cuando se preparen y/o consuman de acuerdo con el uso a que se destinan” (FAO, 2002).

Un alimento inocuo es aquel que está libre de agentes contaminantes (microbiológicos, químicos y físicos) que puedan dañar la salud de los consumidores de manera inmediata o en el mediano y largo plazos. La certificación para inocuidad está ligada a las BPA y BPM.

**Agricultura orgánica.** Es una estrategia de desarrollo que trata de cambiar algunas de las limitaciones encontradas en la producción convencional. Más que una tecnología de producción, la agricultura orgánica es una estrategia de desarrollo que se fundamenta no solamente en un mejor manejo del suelo y un fomento al uso de insumos locales.

Pero también un mayor valor agregado y una cadena de comercialización más justa (Soto, 2003). Las Normas se dividen en tres áreas básicas: producción, procesado de alimentos y comercialización.

**Kosher.** Las leyes de la dieta Kosher determina que alimentos son adecuados para que sean consumidos por la población judía. El mercado de este tipo de alimentos actualmente no es sólo de judíos. Los consumidores en general valoran la calidad de los productos con la marca Kosher y la certificación ha sido utilizada como estrategia para incrementar y expandir ventas abriéndose a nuevos mercados (Regenstein, 2009).

**México Calidad Suprema.** El gobierno mexicano creó la Marca México Calidad Suprema, marca oficial mexicana, como garantía de calidad, inocuidad y sanidad de los productos agroalimentarios y pesqueros mexicanos.

Pretende identificar y diferenciar aquellos productos que cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y las Normas Mexicanas (NMX) y Normas Internacionales.

Los beneficios de la certificación para los productores y empacadores son consolidar el potencial exportador de los productos mexicanos de calidad superior a los mercados internacionales (Quintero, 2014).

### **Metodología**

La investigación se llevó a cabo en la Región V del Estado de México que comprende los siguientes municipios: Acolman, Axapusco, Ecatepec, Nopaltepec, Otumba, San Martín de las Pirámides, Tecámac, Temascalapa Y Teotihuacán.

Se diseñó una encuesta para identificar las preferencias del consumidor identificando las variables: Género, ingresos, escolaridad, y las que afectan las decisión de compra: Precio, calidad, lugar de compra. El estudio se realizó en el periodo Enero – Abril de 2015.

Tamaño de muestra: El método empleado para la recolección de datos fue el probabilístico y la distribución de la muestra se seleccionó por el muestreo estratificado donde se determinó el número de cuestionarios a realizar a partir de número de hogares que hay en la zona de estudio.

Estratificación: Para determinar los municipios en los que se aplicó la encuesta se consideraron solo los municipios con la población representativa de la zona: Acolman, Ecatepec, Tecámac y Teotihuacán.

Debido a que el universo excede los 500,000 individuos la fórmula que se empleó es la que se utiliza para muestras infinitas (Augusto, 2006).

$$\text{Fórmula: } n = (\sigma^2 pq) / e^2 \quad (1)$$

Donde:  $\sigma$  = nivel de confianza  
 p = probabilidad a favor  
 q = probabilidad en contra  
 n = número de elementos (tamaño de la muestra)  
 e = error de estimación (precisión de resultados)  
 Valores:  $\sigma = 2.58$   
 p = 50%  
 q = 50%  
 e = 10%  
 n = muestra  
 Sustituyendo: n = 166 (Número de encuestas)

Una vez obtenido el número de cuestionarios a realizar, se determinó la cantidad de cuestionarios correspondientes a cada municipio quedando de la siguiente manera:

Municipio	Hogares	%	Encuestas a realizar
Acolman	32,477	5.87	9
Ecatepec	412,401	74.58	124
Tecámac	95,640	17.29	29
Teotihuacán	12,477	2.26	4
TOTAL	552,995	100.00	166

Tabla 1 Distribución de la muestra.

Las encuestas se aplicaran en el centro de las principales localidades a fin de encontrar la mayor afluencia de individuos y se analizaron los resultados con el software SPSS® Statistics Versión 22.

## Resultados

En este capítulo se analizaran los resultados arrojados por la muestra seleccionada para la aplicación del cuestionario para cada variable analizada:

Género: De los 166 cuestionarios aplicados el 96.4 % fueron mujeres y el 3.6% hombres. Aunque se encuestaron a más hombres, los cuestionarios eran anulados debido a la pregunta filtro (¿Es usted quien realiza habitualmente las compras en su hogar?). Esto implica que en la región de estudio, quien toma la decisión de compra de frutas y hortalizas es la mujer, alto si se compara con el estudio que realizó Avendaño, Sierra, Acosta, & Arrollo (2012), donde se encontró que el 72% de las decisiones recaen en ellas.

Escolaridad: De los resultados por escolaridad son los siguientes: primaria, 29.4%; secundaria, 36.2%; preparatoria, 25.8% y nivel profesional 8.6%.

Es decir, dos terceras partes de los encuestados sólo tienen estudios de primaria y secundaria.

**Ingreso:** El ingreso mensual se encontró que el rango entre \$1,000 y \$3,000 ocupó el 40.4%; el rango entre \$3,001 y \$6,000 ocupó el 41.6%; el rango entre \$6,001 y \$10,000 ocupó el 16.9%; y el rango de más de \$10,000 ocupó el 1.2%. Esta variable se relaciona con la de escolaridad, de manera que a menor escolaridad, menor ingreso.

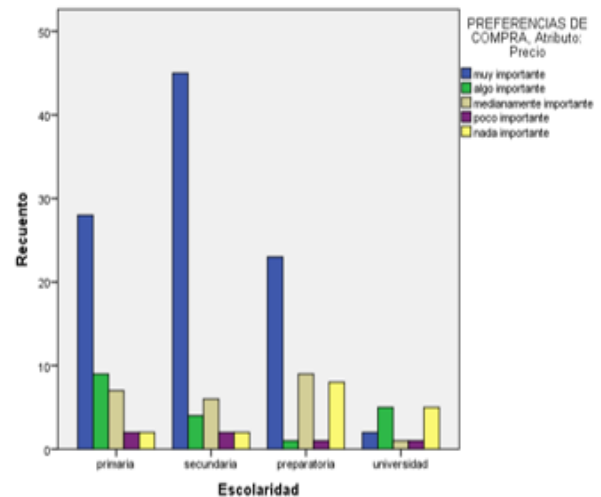
**Lugar de compra:** Del total de entrevistados, el 42.2% compran en tianguis; el 18.1% en mercados; el 22.3% en la “tienda de la esquina”; el 17.5% en el centro comercial. Esta variable se asocia al precio. En la región, los tianguis ofrecen precios bajos, pero sin control de calidad certificada.

**Precio:** es el atributo de mayor importancia para el consumidor: el 60.8% considera que es “muy importante” para la decisión de compra de sus alimentos; el 11.4% considera “algo importante” el factor precio; el 13.9% dijo que el precio es “medianamente importante” al momento de decidir sus compras; el 3.6% mencionó que el precio es “poco importante” y el 10.2% dijo que el precio “no es importante” al momento de decidir sus compras. Esto nos dice que el factor precio es un factor preponderante, por encima de la calidad y del lugar de compra.

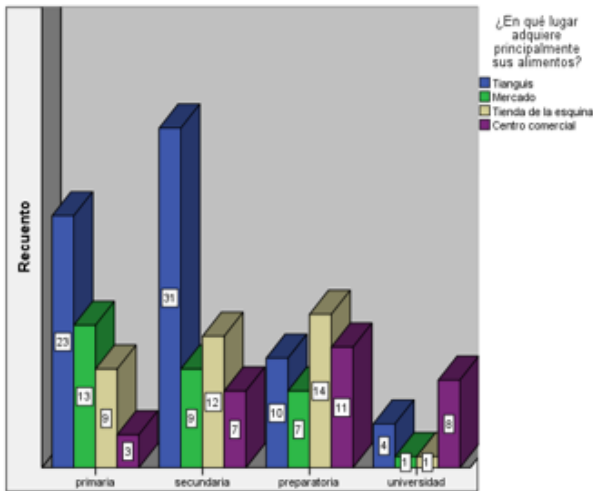
**Calidad:** del total de encuestados, el 15.1% dijo que es “nada importante” la calidad al momento de decidir sus compras; el 29.5% dijo que es “poco importante”; el 32.5% dijo que es “medianamente importante”; el 17.5% dijo que es “algo importante”; y sólo el 5.4% de los encuestados dijo que era un atributo “muy importante”. Es decir, se sacrifica la calidad por el precio.

Estableciendo un análisis entre la razón principal de compra (precio) y la escolaridad se puede observar que existe una relación. Es decir, a menor escolaridad, menor ingreso y por lo tanto, el atributo principal en la decisión de compra de frutas y hortalizas es el precio. Esto se observa de manera gráfica en el gráfico 1. En contraste, a mayor escolaridad, se asumen mayores ingresos y el atributo que toma importancia, precisamente es la calidad. En este caso, el lugar de compra, también se mueva a los centros comerciales, como se muestra en el gráfico 2.

Las familias mexicanas ven como cada día su dinero alcanza menos y tienen que trabajar más para adquirir lo mínimo necesario para poder alimentarse, a pesar de los discursos y estadísticas oficiales (Centro de Análisis Multidisciplinario UNAM, 2012).



**Gráfico 1** Estadística del atributo: precio y su relación con escolaridad.



**Gráfico 2** Estadística de lugar de compra de frutas y hortalizas y su relación con escolaridad.

El comportamiento de los consumidores en la región no está desligado al de los hogares mexicanos que viven en condiciones de pobreza, los que presentan patrones de ingreso y consumo en los niveles más bajos de la distribución del ingreso. De acuerdo al documento: estudios económicos de la OCDE, en los cuatro años de 2007 a 2010, México registró una reducción acumulada de más de 5% en el ingreso real disponible de los hogares, una de las caídas más pronunciadas en los países miembros (OCDE, 2015).

En comparación con los consumidores europeos, el 60% de los consumidores ha cambiado en el transcurso de los últimos 5 años, atendiendo cada vez más a la calidad esperada de los productos, y al impacto ambiental de los productos comprados (El observatorio CETELEM Consumo en Europa 2015, 2015).

### Agradecimiento

El documento forma parte del proyecto de investigación:

Competitividad del sector agroalimentario en la región V del Estado de México, liderado por el Dr. Alejandro Vaquero Vera con el apoyo de los integrantes del Cuerpo Académico en Formación “Negocios Internacionales” de la Universidad Politécnica de Tecámac. Apoyado por el Programa para el Desarrollo Profesional Docente (PRODEP).

### Conclusiones

El libre comercio de alimentos ha ayudado a que el sector agroexportador se consolide. Sin embargo, la gran mayoría de los productores del sector han sido afectados por los grandes importadores que ofrecen precios bajos. A pesar de las tendencias globales en el consumo de alimentos, los sectores de la población con bajos recursos, seguirán buscando precios bajos al momento de comprar frutas y hortalizas.

Al respecto, el sector productivo no tiene un aliciente para mejorar y certificar la calidad de sus productos, ocasionando que sólo algunos productores cumplan estándares internacionales de calidad e inocuidad, abriendo más la brecha de desigualdad en el país.

Consideramos que es importante fomentar el consumo responsable para propiciar mejoras en la salud de la población, la responsabilidad social y el respeto al medio ambiente. Esto se dará en la medida en que la educación vaya permeando en mayor escala a todos los niveles socioeconómicos.

Con esto se espera incrementar la competitividad de los productores del sector agropecuario, y mediante la colaboración entre el sector productivo, centros de investigación y gobierno, lograr desde las diferentes trincheras un mayor bienestar para la sociedad.

Finalmente, los productores deberán incluir en sus sistemas de producción algún sistema de calidad pensando en que los consumidores están evolucionando, además, la competencia de otros países productores de alimento sí están trabajando en el cumplimiento de las certificaciones, poniendo en desventajas la competitividad de los productores agrícola mexicanos.

### Referencias

- Avendaño, B., Sierra, O., Acosta, A., & Arrollo, J. (2012). Preferencias del consumidor de frutas y verduras en Baja California. México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Centro de Análisis Multidisciplinario UNAM. (2012). Poder adquisitivo del salario y la precarización del nivel de vida de los trabajadores mexicanos. 2012. México: UNAM.
- El observatorio CETELEM Consumo en Europa 2015. (2015). Consumo en Europa 2015: 2009-2014 los años en los años en los que todo cambió. España: CETELEM.
- FAO. (2002). Sistemas de calidad e inocuidad en alimentos. Manual de capacitación sobre higiene de los alimentos. Roma: FAO.
- INEGI. (Abril de 2015). México en Cifras . Obtenido de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx>
- James Mora, J. (2002). Introducción a la Teoría del Consumidor. Cali: ICESI.
- Medina, L., & Noriega, A. E. (2001). Evidencia empírica sobre la paridad del poder adquisitivo en México. Acta Universitaria, 33-38.
- OCDE. (2015). Estudio económicos de la OCDE México. México: OCDE.
- Quintero, L. (2014). Capacitación y apoyo que genera confianza: MCS. Revista oficial México Calidad Suprema, 6-7.
- Regenstein, J. (2009). Leyes Kasher que impactan la tecnología de alimentos. Mundo lácteo y cárnico, 14-17.
- Sloan, E. (Abril de 2015). Énfasis Alimentación. Obtenido de <http://www.alimentacion.enfasis.com/articulos/66687-tendencias-alimentos>
- Soto, G. (2003). Agricultura Orgánica: una herramienta para el desarrollo rural sostenible y la reducción de la pobreza. Turrialba: Multiprint.
- Viramontes, E. (11 de Abril de 2015). Tierra Fértil. Obtenido de Oportunidades en las cadenas de autoservicio para el sector primario: [http://tierrafertil.com.mx/oportunidades-en-las-cadenas-de-autoservicio-para-el-sector-primario/?utm\\_source=Descarga+Revista+Tierra+F%C3%A9rtil&utm\\_campaign=8cb73178ca-Opini\\_n\\_Tierra\\_F\\_rtil\\_64\\_11\\_2015&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_67c511f228-8cb73178ca-8870](http://tierrafertil.com.mx/oportunidades-en-las-cadenas-de-autoservicio-para-el-sector-primario/?utm_source=Descarga+Revista+Tierra+F%C3%A9rtil&utm_campaign=8cb73178ca-Opini_n_Tierra_F_rtil_64_11_2015&utm_medium=email&utm_term=0_67c511f228-8cb73178ca-8870)



## Instrucciones para Autores

A. Envió de artículos con las áreas de análisis y la modelación de los problemas en Ciencias Naturales y Agropecuarias

B. La edición del artículo debe cumplir las siguientes características:

- Redactados en español o en inglés (preferentemente). Sin embargo, es obligatorio presentar el título y el resumen en ambos idiomas, así como las palabras clave.

- Tipografía de texto en Time New Roman #12 (en títulos- Negritas) y con cursiva (subtítulos- Negritas) #12 (en texto) y # 9 (en citas al pie de página), justificado en formato Word. Con Márgenes Estándar y espaciado sencillo.

- Usar tipografía Calibre Math (en ecuaciones), con numeración subsecuente y alineación derecha: Ejemplo;

$$\sigma \in \sum: H\sigma = \cap_{s < \sigma} Hs \quad (1)$$

- Comenzar con una introducción que explique el tema y terminar con una sección de conclusiones.

- Los artículos son revisados por los miembros del Comité Editorial y por dos dictaminadores anónimos. El dictamen será inapelable en todos los casos. Una vez notificada la aceptación o rechazo de un trabajo, su aceptación final estará condicionada al cumplimiento de las modificaciones de estilo, forma y contenido que el editor haya comunicado a los autores. Los autores son responsables del contenido del trabajo y el correcto uso de las referencias que en ellos se citen. La revista se reserva el derecho de hacer los cambios editoriales requeridos para adecuar los textos a nuestra política editorial.

C. Los artículos pueden ser elaborados por cuenta propia o patrocinados por instituciones educativas ó empresariales. El proceso de evaluación del manuscrito no comprenderá más de veinte días hábiles a partir de la fecha de su recepción.

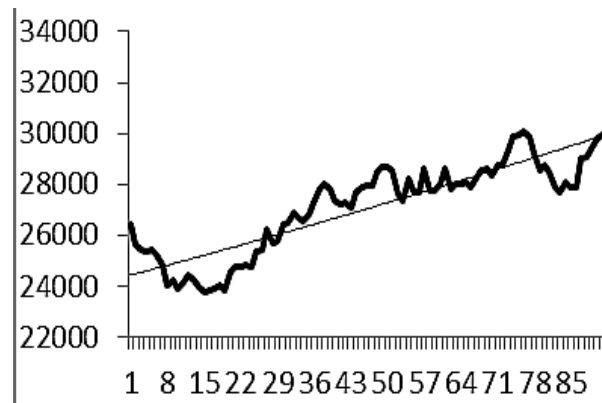
D. La identificación de la autoría deberá aparecer únicamente en una primera página eliminable, con el objeto de asegurar que el proceso de selección sea anónimo.

E. Los cuadros, gráficos y figuras de apoyo deberán cumplir lo siguiente:

- Deberán explicarse por sí mismos (sin necesidad de recurrir al texto para su comprensión), sin incluir abreviaturas, indicando claramente el título y fuente de consulta con referencia abajo con alineación izquierda en tipografía número 9 con negritas.

- Todo el material de apoyo será en escala de grises y con tamaño máximo de 8cm de anchura por 23cm de altura o menos dimensión, además de contener todo el contenido editable

- Las tablas deberán ser simples y exponer información relevante. Prototipo;



Gráfica 1. Tendencia determinista versus estocástica

F. Las referencias bibliográficas se incorporarán al final del documento con estilo APA.

La lista de referencias bibliográficas debe corresponder con las citas en el documento.

G. Las notas a pie de página, que deberán ser usadas sólo excepcionalmente para proveer información esencial.

H. Una vez aceptado el artículo en su versión final, la revista enviará al autor las pruebas para su revisión. ECORFAN-Bolivia únicamente aceptará la corrección de erratas y errores u omisiones provenientes del proceso de edición de la revista reservándose en su totalidad los derechos de autor y difusión de contenido. No se aceptarán supresiones, sustituciones o añadidos que alteren la formación del artículo. El autor tendrá un plazo máximo de 10 días naturales para dicha revisión. De otra forma, se considera que el (los) autor(es) está(n) de acuerdo con las modificaciones hechas.

I. Anexar los Formatos de Originalidad y Autorización, con identificación del Artículo, autor (s) y firma autógrafa, de esta manera se entiende que dicho artículo no está postulado para publicación simultáneamente en otras revistas u órganos editoriales.

**Formato de Originalidad**



Sucre, Chuquisaca a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20\_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables por lo que deberán firmar los autores antes de iniciar el proceso de revisión por pares con la reivindicación de ORIGINALIDAD de la siguiente Obra.

Artículo (Article):

---

Firma (Signature):

---

Nombre (Name)

**Formato de Autorización**



Sucre, Chuquisaca a \_\_\_\_ de \_\_\_\_ del 20\_\_\_\_

Entiendo y acepto que los resultados de la dictaminación son inapelables. En caso de ser aceptado para su publicación, autorizo a ECORFAN-Bolivia a difundir mi trabajo en las redes electrónicas, reimpresiones, colecciones de artículos, antologías y cualquier otro medio utilizado por él para alcanzar un mayor auditorio.

I understand and accept that the results of evaluation are inappealable. If my article is accepted for publication, I authorize ECORFAN-Bolivia to reproduce it in electronic data bases, reprints, anthologies or any other media in order to reach a wider audience.

Artículo (Article):

\_\_\_\_\_  
Firma (Signature)

\_\_\_\_\_  
Nombre (Name)

ISSN-2410-356X



[www.ecorfan.org](http://www.ecorfan.org)